ARROZ:

CIAT
COLECCION HISTORICA

Investigación y Producción

CIAT
BIBLIOTECA
059417

Referencia de los cursos de Capacitación sobre Arroz dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical

Compilado y Editado por:

Eugenio Tascón J. y
Elías García D.

PNUD

CIAT

1985

CONTENIDO

Prólogo VII

Autores IX

EL ARROZ EN EL MUNDO Y AMERICA LATINA. R. Posada 1

CAPITULO I : ECOLOGIA DEL CULTIVO 17

EL ARROZ Y SU MEDIO AMBIENTE. J.P. Vargas 19

ECOSISTEMAS EN RELACION AL MEJORAMIENTO DEL ARROZ 37
P.R. Jennings

CAPITULO II : ORIGEN, TAXONOMIA Y MORFOLOGIA 45

ORIGEN, TAXONOMIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE ARROZ 47
J. González

MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE ARROZ. J. González, 65
M. Rosero, O. Arregocés

CAPITULO III : FISIOLOGIA Y NUTRICION 81

CRECIMIENTO Y ETAPAS DE DESARROLLO DE LA PLANTA DE ARROZ 83
F. Fernández, B.S. Vergara, N. Yapit, O. García

LOS MACRONUTRIMENTOS EN LA NUTRICION DE LA PLANTA DE 103
ARROZ. M.A. Perdomo, J. González, Y.C. de Galvis,
E. García, O. Arregocés

EL DIAGNOSTICO DE PROBLEMAS EN ARROZ Y SU APLICACION 133
C. A. Flor

ANARANJAMIENTO Y TOXICIDAD DE HIERRO EN ARROZ 149
R.H. Howeler

CAPITULO IV : ADECUACION DE SUELOS Y SIEMBRA 157

ADECUACION DE TIERRAS PARA LA SIEMBRA DE ARROZ 159
A. Díaz, J. Carbonell

METODOS DE SIEMBRA EN ARROZ. E. Tascón J. 183

CAPITULO V : FITOMEJORAMIENTO 203

EL MEJORAMIENTO DEL ARROZ. P.R. Jennings, W.R. Coffman, H.E. Kauffman 205

MEJORAMIENTO EN ARROZ DE SECANO PARA AMERICA LATINA C. P. Martínez 233

PRINCIPIOS Y APLICACIONES DEL CULTIVO DE TEJIDOS EN EL FITOMEJORAMIENTO DEL ARROZ. J. Narváez, W.M. Roca 243

DIFERENTES ALTERNATIVAS EMPLEADAS EN LA OBTENCION DE VARIEDADES RESISTENTES A P. oryzae. C.P.Martínez 257

PRUEBAS REGIONALES COMO ETAPA BASICA EN LA OBTENCION DE VARIEDADES DE ARROZ. J.P.Vargas 277

CAPITULO VI : SUELOS Y FERTILIZACION DEL CULTIVO 285

QUIMICA DE LOS SUELOS INUNDADOS. L.A. León, O.Arregocés 287

FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DEL ARROZ. L.A. León, O. Arregocés 307

EL FOSFORO Y LA FERTILIZACION FOSFORICA EN LOS SUELOS ARROCEROS DE LA AMERICA LATINA. L.A. León, O. Arregocés. 341

ACIDEZ, ENCALAMIENTO Y FERTILIZACION CON CALCIO, MAGNESIO Y POTASIO PARA EL CULTIVO DEL ARROZ. L.A. León 367

CAPITULO VII : AGUA Y RIEGO 385

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO Y MANEJO DE AGUA. M. Grillo F. 387

REQUISITOS DE AGUA Y METODOS DE RIEGO EN EL CULTIVO DEL ARROZ. E. Tascón J. 401

CAPITULO VIII : MALEZAS 417

PRINCIPALES MALEZAS EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN AMERICA LATINA J. González, R. Zelaya, O. Arregocés 419

MANEJO DE LAS MALEZAS EN ARROZALES. J. González F. 445

EL ARROZ ROJO Y SU CONTROL. J. González F. 459

CAPITULO IX : PLAGAS DEL CULTIVO 477

DESCRIPCION Y DAÑO DE LOS INSECTOS QUE ATACAN EL ARROZ EN AMERICA LATINA. Y. de Galvis, J. González, J. Reyes, O. Arregocés 479

DINAMICA DE LA POBLACION DE INSECTOS EN EL CULTIVO DEL ARROZ CON RIEGO. Y.C. de Galvis, C. Cardona, J.González 511

MANEJO DE PLAGAS EN ARROZ. J.A. Reyes 525

INSECTOS QUE ATACAN LOS GRANOS ALMACENADOS Y SU CONTROL R.L.Cheaney, E. Tascón J. 539

VERTEBRADOS PLAGAS EN EL CULTIVO DEL ARROZ. D.Valencia G. 555

CAPITULO X : ENFERMEDADES 565

PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL ARROZ Y SU CONTROL EN AMERICA LATINA. J. Castaño Z. 567

LA SOGATA Sogatodes oryzicola Y EL VIRUS DE LA HOJA BLANCA EN ARROZ. A. Pineda, P.R. Jennings 599

CAPITULO XI : COSECHA Y BENEFICIO DEL GRANO 611

MADUREZ, COSECHA Y TRILLA DEL ARROZ. E. Tascón J. 613

MOLINERIA, N.I. Rodríguez 629

CAPITULO XII : PRODUCCION DE SEMILLAS, VARIEDADES 635

DISTRIBUCION Y MANTENIMIENTO DE VARIEDADES MEJORADAS DE ARROZ. C.P. Martínez 637

PRODUCCION Y BENEFICIO DE SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ. J. González, J. Douglas, O. Arregocés 645

CONTROL DE CALIDAD DE LAS SEMILLAS DE ARROZ EN EL LABORATORIO. E. Burbano O. 663

CARACTERISTICAS DE ALGUNAS VARIEDADES DE ARROZ QUE SE CULTIVAN EN COLOMBIA Y OTROS PAISES. E. García D. 673

PROLOGO

Si algún cultivo ha tenido éxito en América Latina en aumentar sus rendimientos para ayudar a satisfacer la demanda creciente de alimento, ha sido el arroz. El incremento rápido en las cosechas de este cereal se inició a finales de la década del sesenta con la introducción de las variedades enanas de alto rendimiento, la primera de ellas la IR-8, traída del IRRI, Filipinas, por uno de sus creadores, el Dr. Peter Jennings. Hasta ese entonces el panorama de la producción arrocera en América Latina estaba dominado por el Blue Bonet 50, el Star Bonet, el Blue Belle y el Belle Patna, provenientes de los Estados Unidos y por otras variedades seleccionadas de diferentes fuentes, como el Magnolia, el Rexoro, el Nira y el Tapuripa y los Nilos introducidos de Surinam. Desde 1968, la investigación agrícola que se efectuó en el CIAT, (que había sido iniciada por la Fundación Rockefeller y el ICA en Colombia), y que luego se extendió a la colaboración con otras naciones, generó las variedades mejoradas de la serie CICA (CICA-4, CICA-6, CICA-7, CICA-8, CICA-9) y sus parientes de distintos nombres en varios países.

Conjuntamente con el mejoramiento, prueba e introducción de esas variedades de alto rendimiento y resistentes a sogata y a piricularia y hoja blanca, se desarrollaron mediante la investigación mejores métodos agronómicos y de manejo del cultivo, se expandió el área bajo irrigación y se aumentó y tecnificó la producción de semilla. Simultáneamente se capacitaron numerosos profesionales, investigadores, extensionistas y educadores, especializados en arroz. Así mismo, en el Asia se aumentó el conocimiento sobre el cultivo. Este proceso de investigación, capacitación y producción continúa hoy en día hacia el futuro, y es necesario para enfrentar nuevos problemas y desafíos en la producción. Para ayudar a este proceso, hemos tomado en el CIAT la iniciativa de producir este manual sobre investigación y producción de arroz, en forma de un compendio de artículos de diversos autores, cada uno de ellos autoridad en el tema.

Este libro pretende ofrecer a los investigadores, extensionistas, productores, instructores y estudiantes universitarios, un texto de referencia y un material de enseñanza, complementario a sesiones de discusión y práctica con especialistas en el cultivo. Para su integración se han seleccionado los tópicos más importantes relacionados con la investigación que el CIAT realiza en arroz y con otros aspectos de la producción de arroz en el trópico de América Latina. Se han incorporado también los resultantes de investigaciones y experiencias individuales de numerosos investigadores y de otros profesionales de los países de la región. Los artículos incluídos provienen de los materiales de capacitación que bajo los auspicios de la Oficina de Capacitación Científica y del Programa de Arroz del CIAT, durante quince años se han venido preparando por parte de investigadores del Centro y de otras instituciones colaboradoras, como el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA; la Federación Nacional de Arroceros, FEDEARROZ; la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, Palmira; y la empresa privada. Estos materiales de enseñanza cubren todos los temas principales sobre la tecnología de producción del arroz en la actualidad y se han utilizado ya

extensamente en programas de capacitación posgrado de numerosos profesionales, tanto en el CIAT como en muchos países de América Latina, han probado su efectividad y han sido refinados y actualizados año a año.

Igual de importante, las variedades, tecnologías y métodos de que trata este manual, donde están siendo aplicadas, logran aumentos de rendimiento, que como en el caso de Colombia se han duplicado desde los comienzos de la década de los años setenta hasta el presente. Si bien este impacto ha sido sobre todo, hasta ahora, en zonas de cultivo bajo riego; en varias partes del libro se cubren temas referentes al arroz de secano favorecido, y los métodos de investigación que se presentan son aplicables en gran parte a las condiciones de secano. A través de los 12 capítulos con 38 artículos, los cuales han sido revisados por los autores y adaptados por los editores técnicos, Ingenieros Eugenio Tascón y Elías García, se ha procurado mantener el estilo y contenido propios de cada original.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a todos los autores y a las demás personas gracias a cuya labor ha sido posible levantar los textos, elaborar las ilustraciones e imprimir esta publicación, especialmente a Libia de Benavides, Luz Stella Pérez y Alcira Arias. Igualmente al personal de artes gráficas y publicaciones de la Unidad de Servicios de Comunicación e Información del CIAT.

Finalmente, a los usuarios de este libro, confío en que lo encontrarán interesante, útil y motivador para que contribuyan a la producción del arroz y al avance del conocimiento y la tecnología sobre este importante alimento humano.

Fernando Fernández de C.
Coordinador,
Capacitación Científica
CIAT

AUTORES

Las personas para quienes no se especifique la Institución pertenecen al CIAT:

Oscar Arregocés, Ing. Agr. Materiales Didácticos
Edgar Burbano, M.Sc. Especialista en Semillas - Unidad de Semillas
Javier Carbonell, M.Sc. Estación Experimental
César Cardona, Ph.D. Entomólogo, ICARDA
Jairo Castaño A., Ph.D. Fitopatólogo, Programa de Fríjol
W. Ronnie Coffman, Ph.D. Fitomejorador IRRI
Robert Cheaney, M.Sc. Agrónomo, AID-Haití
Alfonso Díaz Durán, M.Sc. Superintendente Estaciones Experimentales
Johnson Douglas, M.Sc. Especialista en Semillas - Unidad de Semillas
Fernando Fernández de Córdoba, Ph.D. Edafólogo, Capacitación Científica
Carlos A. Flor, M.Sc. Edafólogo, Capacitación Fríjol
Yolanda C. de Galvis, Ing. Agr. HOECHST
Elías García D., Ing. Agr. Capacitación Arroz
Oscar A. García, B.S. Capacitación. IRRI
Joaquín A. González, M.S. Agrónomo, CIAT-INIPA
Reinhardt Howeler, Ph.D. Edafólogo, Programa de Yuca
Peter R. Jennings, Ph.D. Fitomejorador, Programa de Arroz
Harold E. Kauffman, Ph.D. Fitopatólogo, IRRI
César P. Martínez, Ph.D. Fitomejorador, Programa de Arroz
Javier Narváez, Ing. Agr. Fisiólogo
Marco A. Perdomo, Ing. Agr.
Alicia Pineda, Tecnólogo Hoja Blanca y Sogata
Rafael Posada, Ph.D. Economista, FEDEARROZ
Jesús A. Reyes, M.Sc. Entomólogo, Capacitación Yuca
William M. Roca, Ph.D. Fisiólogo
Néstor I. Rodríguez, Ing. Mecánico, FEDEARROZ
Manuel Rosero, Ph.D. Fitomejorador, IRRI - CIAT
Eugenio Tascón J., Ing. Agr. Capacitación Arroz
Danilo Valencia G., Ing. Agr. Especialista Vertebrados, ICA
J. Patricio Vargas, M.Sc. Agrónomo, FEDEARROZ
Benito S. Vergara, Ph.D. Fisiólogo, IRRI
Noemí M. Yapit, B.S. Capacitación, IRRI

EL ARROZ EN EL MUNDO Y AMERICA LATINA

R. Posada

En este artículo se revisan en la primera parte, las tendencias de la producción de arroz, los rendimientos y el área sembrada en el mundo y en América Latina, con el objeto de dar una perspectiva más clara de la importancia del arroz en la región, su desarrollo más reciente y probable estructura futura. A pesar de que América Latina representa solo un pequeño porcentaje del área sembrada con arroz y del total de la producción en el mundo, el arroz ha empezado a ser un producto importante en la dieta de la región, a medida que se incrementa el consumo percápita, principalmente como resultado del incremento de la producción en casi todos los países.

La segunda parte presenta una vista general de la producción de arroz en América Latina, haciendo énfasis especial a los sistemas de producción que actualmente se utilizan en cada país, o que pueden tener probabilidades para un desarrollo futuro. Aquí se planea ilustrar dos aspectos importantes de la investigación de arroz en América Latina: a) por una parte lo complejo del sector, inducido por la gran variedad de sistemas de producción y b) por otra parte, la dependencia del sector en políticas gubernamentales para guiar su futuro desarrollo.

En la parte final se hacen algunas preguntas, aún sin respuesta, relacionadas con la estructura futura del sector arrocero en América Latina. Las respuestas a éstas serán muy importantes como ayuda a formar criterios para la distribución de los recursos de investigación, entre algunos sistemas de producción. Teniendo en cuenta algunos problemas inesperados como la intervención gubernamental, los sistemas de producción y la capacidad nacional para la investigación en arroz se propone una lista de investigaciones económicas. Específicamente se sugiere un modelo de simulación del sector arrocero.

TENDENCIAS DEL ARROZ

Las tendencias de la producción de arroz en el mundo, las áreas y los rendimientos, se han mantenido estables durante las últimas dos décadas. El área cosechada creció a una proporción anual de 1.09 por ciento durante el período 1960-69 y de 1.02 por ciento durante el período de 1970-79. El incremento absoluto del rendimiento de arroz fue de 390 kg/ha en los años 60 y 290 kg/ha en los 70. Por lo tanto, la producción ha estado creciendo regularmente durante los últimos veinte años con dos excepciones notables, las cosechas de los años 1965-66 y 1972-73.

La proporción del arroz molinado se ha mantenido igual durante todo el período analizado. Las exportaciones en proporción con la producción de grano molinado, también se han mantenido constantes, puesto que tanto el volumen de las exportaciones como el de la producción, se han duplicado. La información de los setenta, muestra una tendencia a un aumento de estas exportaciones. Las reservas se han triplicado durante los últimos 20 años, pero cuando se midió como porcentaje de utilización, sólo se incrementó entre 5.5 y 9.5 por ciento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tendencias mundiales en área, rendimiento, producción, existencias, exportaciones y consumo per cápita.

	Area cosechada millon ton.	Rendimiento ton/ha	Producción (arroz cáscara) millón ton.	Existencia (molinada) millon ton.	Export. (molinada) millon ton.	Consumo aparente kg/persona/año
1960-62	120.7	1.98	238.9	8.0	6.7	52.7
1970-72	131.5	2.37	311.6	15.4	8.6	56.4
1978-80	143.6	2.66	381.9	26.0	12.6	58.0

Fuente : USDA, Foreing Agricultural Circular, FG-38-80 Dic.19.1980

En América Latina se produjeron incrementos en la producción, el área y los rendimientos. Una excepción es Brasil, donde los incrementos en producción son principalmente debido a los incrementos en el área sembrada, mientras que los rendimientos están estancados. Lo mismo ocurre en los países templados (Cuadro 2).

En términos de comercio, la región ha cambiado de ser un neto exportador a un neto importador. En efecto algunos cambios en la estructura de comercio pueden ser observados. Brasil, México y Ecuador fueron exportadores y ahora importan, mientras que Colombia, Venezuela, Costa Rica y Panamá fueron importadores y ahora exportan (Cuadro 3).

Los costos de producción y los precios son más difíciles de obtener y además no pueden ser promediados sobre una base mundial. La información más asequible es la de los precios internacionales con que se hacen las grandes transacciones. Sin embargo, aún con esta información es difícil tener una idea clara, ya que hay once categorías diferentes. Tomando las cuatro mayores categorías, se puede observar de que hay una tendencia hacia una baja de precios en los mercados internacionales y durante la segunda parte de los setenta (Cuadro 1).

Definitivamente, se puede observar una relación inversa entre las existencias y los precios internacionales. Como resultado a todas estas tendencias, la disponibilidad de arroz blanco para consumo percápita, como se puede observar en el Cuadro 4, se ha incrementado en un diez por ciento con respecto a los niveles de 1960-62.

Vale la pena anotar que casi todo el arroz producido en el mundo, se utiliza para consumo humano, lo que no ocurre con otros cereales como el trigo y el maíz. En América Latina han ocurrido grandes cambios en el consumo. Con algunas excepciones como Brasil, México y Argentina, el consumo percápita aparentemente se ha incrementado en todos los países del área (Cuadro 5). Los cambios más dramáticos han ocurrido en la parte tropical de Sur América, y en algunos casos como Colombia y Venezuela, se ha duplicado el consumo percápita.

AREAS, RENDIMIENTOS Y PRODUCCION MUNDIAL

La producción mundial está altamente concentrada en dos regiones, el Lejano Oriente-Oceanía y en el Sur-Sur Oriente de Asia (Cuadro 6). Las dos regiones suman el 90 por ciento de la producción mundial. Sin embargo, observando este conjunto de información, es posible concluir que las condiciones de producción no son iguales en las dos regiones. Los rendimientos del lejano Oriente-Oceanía, incluye países como Japón y Australia, son dos veces mayores a aquellos del Sur-Sur Oriente de Asia. Regiones en el hemisferio norte, como Europa Occidental, Europa Oriental-URSS y el Medio Oriente, tienden a tener altos niveles de rendimiento. Las regiones en las áreas tropicales, tienen más bajos rendimientos que aquellos en las áreas no tropicales, promediando sólo 2 ton/ha.

América Latina tiene los más bajos rendimientos del mundo, por consiguiente, aún tiene la capacidad de incrementarlos sustancialmente con

Cuadro 2. Tasas de crecimiento para producción, área y rendimientos en América Latina. 1970-1980

País	Producción	Area	Rendimientos
Brasil	2.04*	2.24**	-0.21
México	1.61	-0.29	1.89**
Sur América Tropical	7.18***	4.84***	2.34***
Bolivia	3.83	2.61	1.26
Colombia	8.93***	6.44***	2.49***
Ecuador	7.45**	5.68*	1.77
Paraguay	4.27	4.32***	-0.06
Perú	-0.79	-1.47	0.66
Venezuela	14.89**	7.01**	7.89***
América Central	4.83*	2.87***	1.96***
Costa Rica	9.85***	8.17***	1.69
El Salvador	1.06	2.09	-1.13
Guatemala	9.43***	3.75	5.88***
Honduras	17.52***	12.98***	4.44***
Nicaragua	-4.60*	-6.21***	1.60
Panamá	4.17	1.61	2.57***
Caribe	5.50***	2.43**	3.07***
Cuba	4.07***	2.90	1.09
Rep. Dominicana	7.60***	5.15**	2.46*
Haití	3.98	-4.11*	8.11***
Jamaica	22.84***	24.00***	1.45
Trinidad	9.71***	9.08***	0.12
Sur América Templada	3.30*	3.94***	-0.64*
Argentina	-1.14	0.75	-1.90**
Chile	7.55	6.69**	0.90
Uruguay	8.55***	8.32***	0.29
Total América Latina	3.50**	2.67***	0.83*

*,**,*** significativo al nivel de 10%, 5% y 1% respectivamente.
Fuente: FAO Production Yearbook

Cuadro 3. Comercio neto de arroz, América Latina. 1960-1980. Exportaciones netas están en números negativos. Todos los datos en miles de toneladas.

País	1960/62 Arroz molinado	1970/72 Arroz molinado	1978/80 Arroz molinado
Brasil	- 65	- 78	264
México	- 15	2	20
Sur América Tropical	25	- 19	70
Bolivia	4	--	--
Colombia	13	- 3	- 57
Ecuador	- 17	--	15
Paraguay	--	--	--
Perú	11	--	142
Venezuela	14	- 16	- 30
América Central	6	13	- 20
Costa Rica	--	8	- 40
El Salvador	2	- 2	3
Guatemala	--	2	3
Honduras	1	6	7
Nicaragua	2	- 11	15
Panamá	1	10	- 8
Caribe	227	287	284
Cuba	180	218	177
Rep. Dominicana	--	3	15
Haití	--	--	18
Jamaica	19	35	41
Trinidad	28	31	33
Sur América Templada	- 35	- 96	-223
Argentina	- 17	- 72	-100
Chile	- 1	24	11
Uruguay	- 17	- 48	-134
Total América Latina	-836	- 80	257

Fuente : FAO, Trade Yearbook.

Cuadro 4. Precios internacionales, algunas categorías 1974-1980 - US$/ton[a]

Categoría	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
5% quebrado	556	369	254	271	373	337	438
10% quebrado	529	341	238	250	355	322	419
15% quebrado	526	338	236	247	349	317	409
20% quebrado		335	233	244	345	312	404

Fuente : Reporte de Arroz Reuter, Varias publicaciones.

a. Precio FOB en Tailandia,Bangkok

Cuadro 5. Consumo aparente de arroz per cápita en América Latina durante el período 1960-1980. Estimado como:(Producción + Comercio neto*)/ población

País	1960/62 arroz cáscara Kg/persona/año	1970/72 arroz cáscara Kg/persona/año	1978/80 arroz cáscara Kg/persona/año
Brasil	71	76	70
México	8	7	7
Sur América Tropical	27	30	47
Bolivia	7	15	17
Colombia	33	39	67
Ecuador	30	26	41
Paraguay	9	18	20
Perú	36	39	40
Venezuela	13	14	39
América Central	22	22	24
Costa Rica	46	52	60
El Salvador	10	13	12
Guatemala	3	3	5
Honduras	11	5	11
Nicaragua	26	30	32
Panamá	95	89	87
Caribe	45	50	57
Cuba	76	77	74
Rep.Dominicana	41	47	69
Haití	4	15	25
Jamaica	20	27	32
Trinidad	57	55	63
Sur América Templada	8	10	8
Argentina	7	8	5
Chile	12	11	13
Uruguay	12	19	16
Total América Latina	29	38	41

*Comercio neto en arroz molinado ha sido convertido a comercio neto en arroz cáscara,usando una tasa de rendimiento en molino de 65%

Fuente: FAO, Production Yearbook; FAO, Trade Yearbooks; U.N. Demographic Yearbook.

Cuadro 6. Arroz en el mundo: Area, rendimiento y producción por regiones, promedio 1970-1980

	Area cosechada millon/ha	%	Rendimiento ton/ha	Producción arroz cáscara millon ton	%	Comercio neto impor-export arroz molinado miles ton	Consumo aparente per cápita Kg/persona/año
Europa Occidente	.3	0.2	5.0	1.5	0.3	312	5.5
Europa Oriental y URSS	.7	0.5	3.7	2.6	0.7	729	5.5
Lejano Oriente y Oceanía	41.3	28.8	4.1	169.3	44.3	- 1172	106.7
Sur y Sureste de Asia	87.1	60.7	2.0	174.2	45.6	- 785	90.4
Medio Oriente	.5	0.3	3.7	1.9	0.5	1506	21.8
Africa	4.5	3.1	1.8	8.1	2.1	1751	24.2
América del Sur	6.5	4.5	1.8	11.7	3.2	- 351	30.3
América Central y Caribe	0.8	0.6	2.4	1.9	0.5	251	13.0
USA1/	1.9	1.3	5.7	10.8	2.8	- 2241	21.6
TOTAL	143.6	100.0	2.6	381.9	100.0	0	

1/ Estimado como residuo

Fuente: USDA, Foreign Agricultural Circular FG38-80, Diciembre 19.1980

nueva tecnología. Además, su crecimiento promedio de áreas sembradas en arroz es mucho mayor que en otras áreas del resto del mundo, lo cual sugiere que la importancia de esta región, en términos de producción de arroz, se incrementará en un futuro cercano.

En el Cuadro 6 se puede observar el comercio neto del arroz. Las más grandes regiones importadoras son Medio Oriente y América, seguidos por Europa y URSS, América Latina comprende Sur América, América Central y el Caribe, están cerca de su autoabastecimiento. Las exportaciones están principalmente dominadas por USA, con el 50 por ciento del total de exportaciones, y el Lejano Oriente-Oceanía.

PRODUCCION DE ARROZ EN AMERICA LATINA

En términos generales el arroz es producido bajo dos sistemas: con riego y en secano. El sistema de producción con riego tiene como principal característica el control sobre el manejo del agua y se obtienen mayores rendimientos. El sistema de producción en secano es caracterizado por las lluvias como única fuente de agua. La distribución y la cantidad en las lluvias a través de las regiones, es una de las razones para la gran variedad de rendimientos observados en el sistema. Otras razones para ello son la calidad del suelo y los factores del medio ambiente agrícola. Existe la necesidad de asignar una importancia potencial relativa de cada sistema para establecer una estrategia de investigación.

México

En México existen dos sistemas de producción: Uno basado en el riego y el otro que es abastecido por las lluvias. El sistema de riego está localizado principalmente en la región del Pacífico, representando un 57 por ciento del área sembrada. El sistema de secano está localizado en el sur en Yucatán. En términos de futuras tendencias, se espera un énfasis en la disminución del sector de riego, debido a los altos costos de producción y la competencia con las cosechas de hortalizas. Por otro lado, se espera un aumento en el sector de secano, debido a los costos bajos y a la decisión del gobierno de extender el área para arroz secano en el Sur y Sur-Oriente. En efecto, ha ocurrido una disminución de 15.000 hectáreas en el total de área sembrada bajo condiciones de riego entre los años 1969 y 1978 (Cuadros 7, 8 y 9).

América Central y el Caribe

El sistema de producción de arroz predominante en América Central es el de secano, con un área equivalente al 87 por ciento del total de la región.

Los mayores productores en el Caribe son Cuba y República Dominicana. El sistema de producción predominante es el de riego y está concentrado en Cuba. En el Caribe, tanto el incremento en área como en rendimiento son igualmente importantes en la explicación del aumento total de la producción de arroz (Cuadros 7, 8 y 9).

Cuadro 7. Area sembrada en arroz, América Latina. Período 1960-1980

País	1960/62 000.has	1970/72 000.has	1978/80 000.has
Brasil	3163	5074	5757
México	141	152	144
Sur América Tropical	503	634	940
Bolivia	7	49	59
Colombia	248	252	434
Ecuador	99	67	101
Paraguay	7	23	31
Perú	86	134	113
Venezuela	56	109	202
América Central	206	196	255
Costa Rica	53	37	77
El Salvador	11	14	15
Guatemala	10	10	13
Honduras	13	6	20
Nicaragua	23	39	24
Panamá	96	90	106
Caribe	174	288	336
Cuba	148	133	165
Rep . Dominicana	19	76	108
Haití	--	75	52
Jamaica	3	--	3
Trinidad	4	4	8
Sur América Templada	105	146	197
Argentina	52	87	93
Chile	36	26	40
Uruguay	17	33	64
Total América Latina	4792	6490	7629

Fuente : FAO, Production Yearbooks.

Cuadro 8. Producción total de arroz, América Latina, 1960-1980

País	1960/62 000.ton	1970/72 000.ton	1978/80 000.ton	%
Brasil	5248	7421	8210	57.5
México	322	406	455	3.2
Sur América Tropical	1151	1864	3392	23.8
Bolivia	24	72	92	0.6
Colombia	503	865	1847	13.0
Ecuador	161	164	297	2.1
Paraguay	17	46	61	0.4
Perú	361	548	483	3.4
Venezuela	85	169	612	4.3
América Central	260	361	552	3.9
Costa Rica	59	86	192	1.4
El Salvador	24	51	55	0.4
Guatemala	14	15	34	0.2
Honduras	22	7	32	0.2
Nicaragua	37	81	62	0.4
Panamá	104	121	177	1.2
Caribe	412	632	984	6.9
Cuba	254	335	461	3.2
República Dominicana	130	205	380	2.7
Haití	17	81	115	0.8
Jamaica	4	1	6	--
Trinidad	7	10	22	0.2
Sur América Templada	333	535	677	4.7
Argentina	174	329	296	2.1
Chile	101	76	127	0.9
Uruguay	58	130	254	1.7
Total América Latina	7726	11219	14270	100.0

Fuente : FAO, Production Yearbooks.

Cuadro 9. Rendimientos de arroz, América Latina, 1960-1980

País	1960/62 kg/ha	1970/72 kg/ha	1978/82 kg/ha
Brasil	1660	1463	1420
México	2280	2671	3167
Sur América Tropical	2288	2940	3608
Bolivia	400	1469	1584
Colombia	2023	3433	4249
Ecuador	1613	2448	2938
Paraguay	2296	2000	1974
Perú	4170	4089	4252
Venezuela	1533	1550	3020
América Central	1262	1841	2164
Costa Rica	1106	2324	2497
El Salvador	2270	3643	3650
Guatemala	1416	1500	2608
Honduras	1626	1167	1072
Nicaragua	1620	2077	2513
Panamá	1080	1344	1672
Caribe	2367	2194	2928
Cuba	1703	2519	2824
Rep. Dominicana	823	2697	3533
Haití	-	1080	2220
Jamaica	1640	-	3073
Trinidad	1113	2500	2788
Sur América Templada	3171	3664	3436
Argentina	3353	3782	3182
Chile	2790	2923	3132
Uruguay	3523	3939	3942
Total América Latina	1800	1728	1870

Fuente : FAO, Production Yearbooks.

Sur América Tropical

La mayoría de la producción, más no del área sembrada en arroz de los países tropicales de Sur América, ocurre bajo el sistema de riego. Colombia, Paraguay, Perú y Venezuela, tienen más tierra dedicada a la producción con riego que en secano. Ecuador tiene más o menos la misma superficie dedicada a cada sistema, mientras que Bolivia es neto productor de secano. Los rendimientos del sistema con riego son significativamente más altos que los de secano en estos países. Con la excepción de Perú, la producción de arroz ha aumentado rápidamente en esta región. Si estas tendencias de producción persisten en el futuro, estos países habrán doblado su actual producción en 12 años. Dichas tendencias deben tomarse con alguna precaución.

En Colombia, Ecuador y Venezuela ha existido un gran porcentaje de adopción de las variedades enanas, lo que explica el rápido incremento de los rendimientos en estos países. El crecimiento de los rendimientos futuros podrá ser más lento, mientras que en Bolivia y Paraguay la adopción de variedades enanas ha sido limitada.

Por otro lado, debido a los altos costos de producción con riego en Venezuela, se espera una limitación en el aumento futuro de este sector, aunque hay un potencial de producción en secano en el delta del Orinoco. En Colombia la expansión del sistema de riego está limitado por los altos costos en su infraestructura para el control del agua. La expansión del sistema de secano mecanizado favorecido en los Llanos Orientales de Colombia, está condicionada por la disponibilidad de variedades apropiadas. En Ecuador, Bolivia y Perú se espera un aumento en la producción de arroz secano puesto que los tres países se enfrentan a limitaciones relacionadas con infraestructura de riego y el abastecimiento total de agua. En Paraguay el sector de secano decaería en términos de área sembrada debido a problemas de sequía (Cuadros 7, 8 y 9).

Sur América, Cono Sur

Brasil es el mayor productor de arroz en América Latina. Del total del área que siembra, el 86 por ciento corresponde al sector de secano. En términos de producción, el secano contribuye con el 66 por ciento del total. Los rendimientos en riego son 4.0 ton/ha, mientras que los rendimientos de secano son de 1.28 ton/ha. Durante la última década, los aumentos en la producción se han obtenido principalmente a través de aumentos en el área sembrada porque los rendimientos se han mantenido constantes. (Cuadros 7, 8 y 9). En términos de desarrollo futuro, se espera un aumento en ambos sectores, el de riego y el de secano, pero el objetivo final es aumentar el sector de riego hasta realizar una relación de producción de 1:1 para los dos sistemas. En la región del Sur Oriente, específicamente en Rio Grande do Sul, región productora de arroz con riego, un cambio dramático está en camino. Se espera que una variedad enana, la IRGA 409, incremente el promedio de rendimientos en una tonelada. Si las 600 mil hectáreas de arroz en esta región son sembradas con esta nueva variedad, la producción nacional se aumentaría en un 10%*.

---

* Este cambio realmente se ha efectuado durante 1983-84. Nota de editor.

Los países de la zona templada de Sur América son productores de arroz con riego. En términos de la producción, la contribución de Argentina, Chile y Uruguay es menos del 5 por ciento del total en América Latina. En Chile y Uruguay la producción de arroz ha estado aumentando rápidamente, mientras que en la Argentina se nota una tendencia a la disminución de la producción de arroz. Las condiciones del medio ambiente para la producción de arroz en esta región, varían con respecto al resto del áerea, debido principalmente al clima frío. Los rendimientos son tan altos como en cualquier otra parte del mundo con clima templado (Cuadros 7, 8 y 9).

Otros

La información de Guyana y Surinam es escasa. Estos países son básicamente productores de arroz con riego, aunque Guyana tiene algo en secano. Los rendimientos están alrededor de 3.0 ton/ha. En tendencias futuras, se espera un incremento en el área de riego, pero dicho incremento puede verse limitado por los altos costos en la infraestructura, así como también por los mercados, puesto que ambos países producen principalmente para exportación.

INVESTIGACIONES ECONOMICAS

Las proyecciones de tendencias indican que América Latina podrá satisfacer su demanda total de arroz durante las próximas dos décadas. Esta es una apreciación muy optimista puesto que hay algunos países, como Brasil y México, donde el crecimiento de la demanda es mayor que el crecimiento de la producción. No se sabe si el resto de los países del área, con el potencial para el comercio exterior, podrían competir en precios con otras regiones exportadoras. Por ésto se hace necesario identificar países y sistemas con el mayor potencial de incremento y con bajos costos de producción. Dicha información puede contribuír al establecimiento de las prioridades para la investigación, así como para dar recomendaciones que apoyen programas nacionales. Tres problemas actuales, altamente interrelacionados, deben ser examinados con el fín de intentar trazar posibles estructuras futuras, para la producción de arroz:

1. En la mayoría de los países el arroz es un cultivo comercial, lo que hace que el mayor objetivo de los agricultores es el de producirlo para la venta, buscando una ganancia razonable de acuerdo a su inversión. Por lo tanto, la ganancia relativa en la producción de arroz, comparada con la de otras actividades, es un determinante importante del nivel de inversión y producción. De México a la Argentina es posible encontrar algún grado de intervención gubernamental, que resulta ser distorsionante, tanto positiva como negativamente para el sector arrocero. En casi todos los países la intervención gubernamental más directa es con relación a los precios de sustentación; otras formas incluyen créditos subsidiados, imposición de precios, la construcción de infraestructura (principalmente proyectos de distritos de riego), gastos en investigación y extensión. Todas estas variables pueden ser relacionadas con un nivel de aceptación o el uso de nuevas variedades liberadas por el programa nacional de cada país. Por lo tanto, un proyecto dirigido a predecir la adopción de nueva tecnología para

arroz en América Latina, debe incluír un cuidadoso repaso del comportamiento del gobierno y sus objetivos con respecto al arroz y otros cultivos.

2. Otro problema a considerar es el número de sistemas de producción disponibles en cada país. El sistema que prevalece en cierto país o región, depende de los siguientes costos: a) Infraestructura, b) Costos de transporte y c) Costos de producción. Igualmente depende de otros factores como: tierra, recursos disponibles, objetivos gubernamentales y tecnología disponibles para cada sistema. La identificación de estos costos y factores es esencial para cuantificar las relaciones económicas, de los cuales uno de los más importantes es el grado de sustitución o complementabilidad que existe entre los dos mayores sistemas de producción: secano y riego.

3. La generación y difusión de las nuevas variedades en cada país, están altamente correlacionadas con la fortaleza del programa nacional. Aunque algunos datos están disponibles, un inventario de la capacidad actual de investigación en arroz es necesario y las proyecciones del estado del conocimiento de la producción de arroz, deben hacerse en el futuro.

   Diferentes estrategias de investigación dependen de las posibilidades que los programas nacionales puedan tener para una investigación adaptiva o innovativa. Los países con un pequeño capital humano, solo estarían en capacidad de adaptar materiales en estados avanzados de selección, mientras que los países con programas fuertes de investigación, podrían trabajar con materiales de generaciones tempranas.

   Una evaluación de programas de extensión es también importante, puesto que su fortaleza está relacionada con el promedio de adopción de las nuevas variedades liberadas.

Por lo anterior, se puede deducir la complejidad y el tamaño de la tarea de predicción del desarrollo del sector arrocero en América Latina. De cualquier forma "un vistazo" general sería errado puesto que hay muchos parámetros que constantemente están cambiando, lo cual afecta la estructura final del sector. Aparentemente, técnicas de simulación podrían ser usadas en esta situación. La construcción de un modelo de simulación requeriría investigación en un número de tópicos: a) la evaluación de parámetros críticos como precio y elasticidad de ingreso de oferta y demanda, b) identificar y cuantificar relaciones específicas como precios de sustentación y promedios de adopción de nueva tecnología; cambios tecnológicos y precios de tierras etc.; c) observar como la producción total responde a los cambios sistemáticos en el valor de los parámetros. Una vez el modelo de simulación está ensamblado puede usarse de dos formas: 1) para evaluar las implicaciones de las políticas seleccionadas y 2) para sugerir investigaciones futuras con el fin de mejorar la capacidad del modelo de predecir situaciones prevalecientes, i.e. modificando parámetros y relaciones.

CIAT BIBLIOTECA

CAPITULO I

ECOLOGIA DEL CULTIVO

EL ARROZ Y SU MEDIO AMBIENTE

ECOSISTEMAS EN RELACION AL MEJORAMIENTO DEL ARROZ

EL ARROZ Y SU MEDIO AMBIENTE

J.P. Vargas

El arroz se cultiva en una diversidad de condiciones ambientales y algunos autores sostienen que es un cultivo especial para las zonas húmedas del trópico o para climas con temperaturas altas. Otros consideran que el arroz florece en un amplio rango de condiciones que van desde los 45 grados de latitud norte a 40 grados al sur del Ecuador. También se afirma que el arroz se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2.500 metros de altitud, lo cual permite que en las áreas arroceras, la temperatura y la longitud del día, al igual que las condiciones de disponibilidad de agua sean muy diversas.

Las diferentes consideraciones en el análisis de los factores que regulan el crecimiento de la planta de arroz, ha hecho que muchos investigadores estudien los limitantes relacionados con el desarrollo y adaptabilidad del arroz al medio.

El punto de vista en el cual coinciden la mayoría de los investigadores, es que una temperatura alta y abundante radiación solar, son necesarias para el arroz, sin embargo, un concepto universal es que una alta disponibilidad de agua, es el requisito más crítico en su producción y que la magnitud del gasto de agua es una función de la evapotranspiración local, combinada con factores de pérdidas por percolación y escorrentía.

De acuerdo a lo anterior, se analizan separadamente los distintos factores ambientales que influyen en la producción del cultivo del arroz.

FACTORES CLIMATICOS QUE AFECTAN EL ARROZ

TEMPERATURA

La temperatura afecta no solo el crecimiento, sino el desarrollo de la planta de arroz. No todas las distintas fases de desarrollo para su normal manifestación tienen los mismos rangos de temperatura, sino que cada una de éstas son favorecidas por diferentes temperaturas. Los fitomejoradores desarrollan variedades que pueden adaptarse bien a los distintos rangos de temperatura. Estudios sobre el efecto de temperaturas bajas en la planta de arroz, se han hecho principalmente al punto de congelación, sin embargo un interrogante se presenta a temperaturas por encima del punto de congelación entre 10 y 21°C, rango en el cual los cambios bioquímicos ocurridos en la planta de arroz, no han sido bien estudiados y por el contrario entre 0 y 4°C están bien determinados.

El arroz expuesto a temperaturas bajas durante el estado de plántula, puede sufrir un estancamiento en su crecimiento, debido a la disminución en las reacciones químicas y procesos físicos, pero este fenómeno puede ser reversible por cuanto la planta se recupera cuando las condiciones favorables de temperatura se presentan.

El proceso de elongación de las hojas se afectará únicamente en aquellas hojas que se formen durante la exposición a la temperatura baja, mientras aquellas que se forman después de temperaturas normales, tendrán un tamaño normal.

Condiciones de temperaturas bajas pueden causar en otros estados de desarrollo un daño irreversible y la planta puede sufrir un colapso permanente y en algunos casos hasta la muerte. Ejemplo de lo anterior se presenta cuando por temperaturas bajas, el vaneamiento de los granos puede ser total, mientras que la muerte puede llegar a ocurrir como consecuencia de un intenso amarillamiento de las hojas, causado posiblemente por la importancia de las raíces al absorber nutrimentos del suelo.

Temperaturas bajas del orden de 15° a 19°C durante el estado de meiosis en las células madres, 10 a 11 días antes de la floración, causa alta esterilidad (Stake, 1969).

Por otro lado Nakayama (1974), sostiene que el efecto de temperaturas altas es considerado como un factor adverso a la producción, inclusive en algunas regiones frías del Japón. La combinación de temperaturas altas y baja radiación solar durante la maduración del grano, causa un acortamiento en este período, siendo un factor determinante en los rendimientos pobres.

En condiciones controladas, Moriya y Nara (1971) observaron un alto porcentaje de esterilidad y granos parcialmente llenos, cuando la planta de arroz fue expuesta durante el estado de floración a un promedio de temperatura de 31.5°C siendo la máxima temperatura de 36°C y la mínima 27°C. Resultados similares fueron encontrados por Sato y otros (1973) y Kusanagi y Washio (1973) con temperaturas máximas de 35 a 30°C y mínima de 35 a 25°C.

TEMPERATURAS CRITICAS

Las temperaturas críticas para la planta de arroz, están generalmente por debajo de 20°C y superiores a 30°C, y varían de acuerdo con el estado de desarrollo de la planta. Por otro lado, éstas cambian con la variedad, el tiempo de duración de la temperatura crítica, los cambios diurnos y nocturnos y el estado fisiológico de la planta. El Cuadro 1 muestra la variación de la temperatura con las distintas fases de desarrollo de la planta.

Cuando se somete la planta a una temperatura por debajo de 20°C durante el estado de reducción en la división celular del polen, normalmente se induce a un alto porcentaje de esterilidad (Stake 1969). Sin embargo, temperatura hasta de 12°C no producirán dicha esterilidad, si el tiempo de exposición no sobrepasa los dos días, pero causará hasta un 100% de esterilidad, si la exposición se prolonga por seis días.

La esterilidad producida por temperaturas bajas es generalmente atribuída a efectos de temperatura durante la noche, pero una temperatura alta en el día, puede contrarrestar el efecto de la temperatura baja en la noche. Lo anterior se pudo demostrar mediante la exposición de la planta de arroz a una temperatura constante de 14°C (día y noche) durante nueve

días en el estado de reducción celular, lo cual causó una esterilidad del 41% sin embargo, el porcentaje de esterilidad se redujo a 12% aumentando la temperatura diurna a 26°C.

Cuadro 1. Respuesta del arroz a la variación de temperaturas en diferentes estados de desarrollo.

Etapas de desarrollo	Temperaturas críticas (°C) (1)		
	Baja	Alta	Óptima
Germinación	10	45	20-35
Emergencia y establecimiento de plántulas	12-13	35	25-30
Enraizamiento	16	35	25-28
Elongación de hojas	7-12	45	31
Macollamiento	9-16	33	25-31
Iniciación de panícula	15		
Diferenciación de panícula	15-20	38	
Antesis (floración)	22	35	30-33
Maduración	12-18	30	20-25

Tomado de Yoshida, 1977A.
(1) Se refiere a la temperatura media diaria, excepto para la germinación.

EFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL ARROZ

Dentro del rango crítico de bajas y altas temperaturas, éstas pueden afectar el rendimiento de la planta, a través de su influencia sobre el macollamiento, la formación de espiguillas y su maduración, lo cual puede cambiar de acuerdo con la variedad.

Experimentos realizados por Yoshida (1973) demuestran que la tasa de crecimiento de la planta de arroz aumenta linealmente con la temperatura dentro del rango de 22 a 31°C (Figura 1). Durante el estado inicial, comprendido entre 20 a 35 días después de la siembra, la temperatura afecta muy levemente el macollamiento y la relativa tasa de crecimiento, excepto a la temperatura más baja estudiada (22°C).

El mismo autor encontró que el efecto de la temperatura sobre el macollamiento es regulado por la intensidad de radiación solar. Básicamente determinó que con temperaturas altas, se aumentó la tasa de emergencia de

Figura 1. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento de IR-8 en condiciones controladas (Tomado de Yoshida, 1973).

hojas y permitió un mayor número de yemas (macollas), sin embargo, en condiciones de iluminación baja, algunas de las yemas no se desarrollan hasta convertirse en macollas por deficiencia de carbohidratos necesarios para su crecimiento.

Por otro lado, el mismo experimento mostró que durante la fase reproductiva de la planta, el número de espiguillas por planta aumentó cuando la temperatura disminuyó, lo cual indica que a la inversa de lo anterior, la temperatura óptima cambia de alta a baja, a medida que se avanza en el crecimiento de la planta, de la fase vegetativa a la reproductiva.

La temperatura media óptima para la maduración de las variedades japónicas está reportada en un rango de 20 a 22°C (Aimi y otros, 1959, Matsushima y otros, 1957; Matsushima y Tsunoda, 1959). Resultados de experimentos realizados por Murata (1976), mostraron que el peso de 1.000 granos de la misma variedad varía de 24 a 21 gramos, cuando se expuso la planta a un cambio de temperatura de 22 a 28°C durante un período de 21 días a partir de la floración (Figura 2).

Figura 2. Efecto de la temperatura sobre el peso de 1.000 granos durante el período de maduración de arroz.

Por otro lado, en el trópico a una temperatura promedia diurna de 29°C no resulta muy perjudicial en presencia de suficiente radiación solar, lo cual permite concluir que las variedades del tipo índica se adaptan mejor a temperaturas altas, mientras que las japónicas necesitan de temperaturas bajas para una adecuada madurez del grano, como lo demuestra el trabajo de Yoshida y Hara (1977) quienes encontraron en experimentos bajo condiciones controladas, que la temperatura promedia diaria para el llenado del grano del arroz de tipo índica está entre 10 y 25°C, mientras que para el tipo japónica varía de 16 a 22°C (Figura 3).

Figura 3. **Relación entre el peso de 1.000 granos y la temperatura media para dos variedades de arroz (Adaptado de Yoshida and Hara 1977), promedio de 3 experimentos.**

EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA Y DEL AIRE SOBRE EL ARROZ

El desarrollo de la planta de arroz en condiciones de inundación y bajo diferentes niveles de lámina de agua, es afectado directamente por la temperatura. En estas condiciones la mayor dependencia está relacionada con la posición de los puntos de crecimiento respecto a la profundidad del agua (Tsunoda y Matsushima, 1962). Desde los primeros estados hasta la iniciación de la panícula, las yemas responsables de las hojas, macollas y panícula permanecen bajo agua y su desarrollo es afectado por la temperatura del agua. Sin embargo, el crecimiento y elongación de la planta es influenciada por las dos temperaturas, del aire y del agua, principalmente porque el ciclo de vida es completado en un ambiente aéreo.

A medida que la panícula se desarrolla y sobresale del nivel del agua, la influencia de la temperatura del agua para el crecimiento y madurez de la panícula disminuye y aumenta la dependencia de la temperatura del aire (Tsunoda y Matsushima, 1962; Matsushima y otros 1964). Por lo anterior se puede concluír que el efecto de la temperatura del aire y del agua varían con el estado de crecimiento de la planta. Así, de acuerdo con Matsushima, 1964C durante los estados iniciales de la planta, la temperatura del agua afecta los rendimientos a través de su influencia sobre el número de panículas por planta, número de granos por panícula y el porcentaje de granos maduros, mientras que en los estados más avanzados, la temperatura del aire puede afectar el rendimiento, influenciando el porcentaje de granos llenos y su peso.

Se ha establecido que el efecto de la temperatura del agua es determinado por su magnitud y la profundidad de la lámina aplicada. En la mayoría de los casos, la temperatura del agua es mayor que la del aire y a medida que se aumenta la profundidad de la misma, se hace mayor la dependencia del crecimiento de la panícula de la temperatura del aire. Así, cuando la temperatura del aire desciende por debajo del nivel crítico, aumentando la profundidad del agua hasta 15 o 20 cms durante el estado de reducción en la división celular, se protegerá la planta contra la esterilidad que puede causar la temperatura baja del aire (Nishiyama y otros, 1969).

"Stress" causado por temperaturas bajas.

Dependiendo del estado de desarrollo, la planta puede sufrir daños cuando la temperatura promedia diaria desciende por debajo de 20°C. Así, el daño por frío, puede ocurrir no sólo en las regiones templadas, sino durante el verano en el trópico y subtrópico. Se han reportado diferentes países con daños causados por frío, entre los cuales están Australia, Blangadesh, China, Colombia, Cuba, India, Indonesia, Irán, Japón, Corea, Nepal, Pakistán, Perú, Sri Lanka, USA, URSS y otros. Entre los principales efectos se han observado: no germinación de la semilla, retraso en la emergencia de la plántula, enanismo, amarillamiento de las hojas, esterilidad apical, emergencia parcial de la panícula, retraso en la floración, alto porcentaje de granos vanos y maduración desuniforme, (Yoshida, 1978).

Estudios realizados por Sasaki y Wada, 1973, indican que el arroz tiene su mayor susceptibilidad a temperaturas bajas durante el "embuchamiento", alrededor de 14 a 7 días antes de la salida de la panícula, mientras que la floración le sigue en importancia. Por otro lado Shibata, 1970, encontró que cuando la planta de arroz es sometida a temperatura baja durante tres días, ésta es más sensible en el estado de floración, es tan sensible, e incluso más, que en el "embuchamiento".

"Stress" causado por temperaturas altas.

Un alto porcentaje de esterilidad se puede presentar cuando la temperatura excede los 35°C en el estado de antesis y el tiempo de exposición sobrepasa al de una hora. Yoshida, 1978, reporta que cuando la planta de arroz es expuesta a temperaturas superiores a 35°C, los daños causados en la planta dependen del estado de desarrollo de la misma. Así, durante la fase vegetativa se pueden observar síntomas tales como: la punta blanca de la hoja, bandas cloróticas, reducción en el macollamiento y la altura. La fase reproductiva también puede ser afectada mediante la aparición de la panícula blanca, reducción del número de granos y mayor esterilidad, mientras que en la etapa de maduración se reduce el número de granos llenos por panícula.

El mismo autor concluye que el estado de desarrollo más sensible a temperaturas altas es el de la floración, seguido por el "embuchamiento" alrededor de nueve días antes de la salida de la panícula. Una o dos horas de temperatura alta durante la antesis, es definitiva en el porcentaje de esterilidad.

Interacción entre la temperatura y el suministro de nutrimentos.

En la mayoría de los casos lo que determina el rendimiento, es el número de granos por unidad de área. Yoshida, (1978), reporta que existe una alta correlación positiva entre el número de granos por unidad de área y el total del nitrógeno tomado por la planta al momento de la floración. El observó que el número de granos es mayor a medida que aumenta la cantidad de nitrógeno suministrado. Por otro lado en un ensayo similar realizado bajo condiciones controladas, se encontró que el número de granos aumenta a medida que la temperatura disminuye bajo un determinado nivel de nitrógeno, siendo más evidente este resultado con un mayor nivel de nitrógeno. Sin embargo, la mayor eficiencia es alcanzada con las temperaturas y al nivel de nitrógeno más bajos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la temperatura sobre el número de granos y la eficiencia del nitrógeno para producir granos.

Temperatura día/noche (°C)	Número de granos por M2			Número de granos por mg de N absorbido		
	50 N	100N	150N(1)	50N	100N	150N
35/27	24.400	28.800	27.800	2.9	2.0	1.4
32/24	27.500	30.800	29.900	3.0	2.2	1.6
29/21	28.800	31.300	37.600	3.3	2.3	2.1
26/18	32.600	40.900	48.200	3.2	2.5	2.2

(1) Kg N/ha
Tomado de IRRI(1978)

Experimentos realizados por Sasaki y otros (1973), demostraron que el nitrógeno puede variar el porcentaje de esterilidad causado por bajas temperaturas durante la reducción de la división celular. Cuando la temperatura está por encima o muy por debajo de la temperatura crítica, el suministro de nitrógeno tiene muy poco efecto sobre la esterilidad, sin embargo bajo una temperatura moderada a (16°C) el porcentaje de esterilidad se aumenta con un incremento en el nivel del nitrógeno. Otras experiencias reportadas por Sasaki y Wada (1975), indican que los efectos negativos de una alta dosis de nitrógeno en condiciones de temperatura baja durante la fase reproductiva, puede ser contrarrestada mediante el aumento en el nivel del fósforo aplicado, (Figura 4).

RADIACION SOLAR

La mayoría de la energía solar proveniente del sol, tiene una longitud de onda comprendida entre 0.3 y 3.0 micrones y normalmente se denomina radiación de onda corta. Por otro lado la tierra emite radiación de onda larga entre 3 y 50 micrones.

El tejido verde de las hojas utiliza para su fotosíntesis la energía solar en una longitud de onda de 0.4 a 0.7 micrones, la cual se ha llamado normalmente como "Radiación fotosintética activa" (PAR) o simplemente luz solar y el total de la radiación solar está alrededor de 0.50, tanto en el trópico como en la zona templada (Monteith, 1972).

La unidad de radiación solar más conveniente empleada en agricultura es Cal/cm2/día, aunque muchos físicos y científicos emplean otras unidades. Yoshida (1978), afirma que la radiación solar media en 26 sitios de 15 países arroceros varía de 50 Cal/cm2/día en Milano (Italia) a 700 cal/M2/día, o más en Junio-Julio en Lisboa (portugal) y Davis (California, USA). Sin embargo, la mayoría de los sitios reciben un promedio alrededor

de 300 cal/cm2/día o un poco más, durante el período de madurez del arroz.

Figura 4. **Efecto de la aplicación de fósforo (P_2O_5) sobre la esterilidad (%) causado por baja temperatura en el estado de reducción (Sasaki y Wasa, 1975).**

REQUERIMIENTOS DE LA RADIACION SOLAR EN LOS DIFERENTES ESTADOS DE DESARROLLO DEL ARROZ.

Las necesidades de radiación solar para el cultivo del arroz varían con los diferentes estados de desarrollo de la planta. Una baja radiación solar durante la fase vegetativa, afecta muy ligeramente los rendimientos y sus componentes, mientras que en la fase reproductiva existe una marcada disminución en el número de granos. Por otro lado durante el período de llenado a maduración del grano, se reducen drásticamente los rendimientos por disminución en el porcentaje de granos llenos.

Una relación cuantitativa entre el rendimiento y la radiación solar, se puede observar en el Cuadro 3, presentado por Yoshida y Parao (1976). Dicho cuadro muestra que la radiación solar tiene su mayor influencia sobre

los rendimientos durante la fase reproductiva de la planta, seguida por la fase de maduración, mientras que durante la fase vegetativa tiene muy poco efecto (Figura 5).

Figura 5. **Efecto de la radiación solar en diferentes etapas de crecimiento sobre el rendimiento de IR-747b2-6 (tomado de Yoshida y Parao, 1976).**

FOTOSINTESIS

Fotosíntesis es el proceso por medio del cual la energía solar es atrapada por el tejido verde de las plantas y convertida en energía química, para ser almacenada en forma de carbohidratos. Cerca de 80 a 90% del peso de la materia seca de las plantas verdes, es derivado de la fosotíntesis, mientras que el resto, normalmente proviene del suelo como minerales.

La fotosíntesis en un cultivo de arroz está principalmente determinada por la incidencia de la radiación solar, la tasa de fotosíntesis por unidad de área foliar, el índice de área foliar, la orientación de la hoja. Sin embargo, es importante anotar que una alta radiación solar es un pre-requisito para una tasa alta de fotosíntesis.

PRECIPITACION

El arroz se cultiva no solamente en condiciones de irrigación, sino también en zonas bajas con alta precipitación, zonas con láminas de agua profundas y en secano en condiciones regularmente drenadas. En estas circunstancias el arroz puede estar sujeto a daños causados por la sumersión de la planta debido a la inundación de las tierras bajas, mientras que en zonas altas, la sequía puede presentarse muy frecuentemente.

Cuadro 3. Efecto de baja radiación solar durante diferentes estados de desarrollo sobre el rendimiento y los componentes de IR747 B2-6

Luz solar (%)	Rendimiento Kg/ha	No. granos n/M2(x100)	Granos llenos (%)	Indice cosecha	Peso-1000 granos(gr)
		Fase Vegetativa			
100	7.110	41.6	88.9	0.49	20.0
75	6.940	40.6	89.9	0.48	19.9
25	6.300	38.1	84.3	0.51	19.8
		Fase Reproductiva			
100	7.110	41.6	88.9	0.49	20.0
75	5.710	30.3	87.8	0.47	20.3
50	4.450	24.4	89.4	0.40	19.5
25	3.210	16.5	89.4	0.36	19.1
		Fase Maduración			
100	7.110	41.6	88.9	0.49	20.0
75	6.530	41.1	81.1	0.49	20.0
50	5.160	40.6	64.5	0.44	19.5
25	3.930	41.7	54.9	0.38	19.1

Tomado de Yoshida y Parao (1976)

Se tiene conocimiento que la precipitación puede agravar características de volcamiento de la planta; factores tales como hojas largas, pesadas y húmedas, tienden a juntarse y causar volcamiento.

En la explotación del arroz con agua lluvia y cuando la temperatura se encuentra dentro del rango de los niveles críticos, la precipitación es el factor limitante. Cuando se hace suministro de riego, el crecimiento y los rendimientos de la planta, están determinados en gran proporción por la temperatura y la radiación solar.

TRANSPIRACION

La transpiración se refiere a la pérdida de agua en forma de vapor a través de la superficie de la planta. En este orden de ideas, la planta se marchitará o morirá, al menos que se suministre agua para compensar la pérdida por transpiración. Este proceso normalmente se lleva a cabo a través de los estomas, y una pequeña proporción, a través de la cutícula.

La pérdida de agua en la transpiración está directamente relacionada con la tasa de crecimiento, así la transpiración se puede considerar como el número de gramos de agua transpirada por cada gramo de materia seca producida. Sin embargo ésto varía con la humedad del suelo, el clima, la variedad, estado de crecimiento y el período vegetativo. Según Matsushima (1962), Yoshida (1975), normalmente esta relación varía entre 250-350 gramos de agua por gramo de materia orgánica seca producida.

REQUERIMIENTOS DE AGUA

El agua es indispensable para la vida de la planta de arroz. El contenido del agua en la planta varía de acuerdo con la estructura y con el estado de desarrollo de la misma. La mayoría del agua empleada por la planta para su formación es tomada a través de las raíces. La planta emplea menos del 15% del agua absorbida mientras que el resto se pierde a la atmósfera por medio de la transpiración de las hojas. Un adecuado suministro de agua es uno de los factores más importantes en la producción de arroz. En muchas áreas el arroz sufre los excesos de agua o sequía, especialmente por la irregularidad en las lluvias y/o suministro de irrigación.

La principal razón para la inundación en el cultivo del arroz es porque la mayoría de las variedades de arroz presentan un mejor crecimiento y mayor rendimiento cuando se cultivan bajo inundación del suelo. La función esencial del agua es la modificación de las características físicas de la planta, el status nutricional y físico de los suelos y la naturaleza y extensión del crecimiento de las malezas.

En el medio del cultivo de arroz de riego se pierde agua a través de la transpiración, evaporación y percolación. Dentro de las pérdidas, las ocasionadas por percolación son las más variables y están afectadas por factores de suelos como son: textura, topografía y nivel freático.

Un promedio de requerimientos de agua para arroz irrigado en 43 diferentes localidades del mundo, se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Requerimientos de agua en arroz irrigado

Pérdida de agua	mm/día
Transpiración	1.5 - 9.8
Evaporación	1.0 - 6.2
Percolación	0.2 -15.6
Total pérdida diaria	5.6 -20.4
Operación de campo	
Semilleros	40 mm
Preparación de tierras	200 mm
Irrigación de campo	1000 mm
Total	1240 mm/cosecha

Kung (1971)

VIENTO

El viento juega un papel muy importante durante la vida de la planta de arroz. Está reportado que el viento con una velocidad lenta, aumenta los rendimientos por acción de la turbulencia en el medio de una comunidad de plantas. Yabuki y otros (1972), afirman que la tasa de fotosíntesis es mayor con el aumento suave de la velocidad del viento, ya que el aumento en la turbulencia incrementa el suministro de gas carbónico (CO_2). Wadswoeth (1959) encontró que velocidades mayores de 0.3 a 0.9 metros por segundo, no tienen mayor efecto en la fotosíntesis de la planta.

Por otro lado vientos fuertes con características de vendaval, son perjudiciales para la planta, como quiera que aumenta el volcamiento. También vientos muy secos han mostrado causar secamiento de las hojas, fenómeno éste que es grave en condiciones de secano. También vientos secos y calientes, pueden causar laceraciones de hojas y granos, presentando además en muchos casos abortos en las flores

HUMEDAD RELATIVA

La evaporación es una función inversa de la humedad relativa (contenido de vapor de agua en el aire). Se ha demostrado que teniendo los demás factores constantes, un aumento en la humedad relativa reduce la intensidad de la evapotranspiración, ya que el gradiente de presión de vapor de agua, entre la atmósfera y la superficie húmeda, es baja. La

capacidad del aire de retener vapor de agua aumenta rápidamente con la temperatura, por lo tanto, el aire caliente del trópico toma mayor vapor de agua que el aire frío de otras zonas.

SUELOS

El suelo en el cual se puede desarrollar el arroz es tan variado, como el rango de climas, al cual se puede exponer el cultivo. La textura varía de arena a arcilla, con extremos de pH entre 3.0 a 10; contenido de materia orgánica del 1 a 50%, concentraciones de sal de 0-1% y disponibilidad de nutrimentos desde muy marcadas deficiencias hasta el exceso. La productividad de la tierra empleada para arroz, está determinada en su mayoría por las condiciones del suelo y el agua disponible.

El arroz es el único cultivo que se produce en suelos saturados de agua, e incluso sumergidos durante parte o todo el ciclo de vida de la planta y por esta razón las propiedades físicas del suelo son relativamente poco importantes a medida que haya un adecuado suministro de agua.

La textura del suelo juega un papel muy importante en el manejo del agua de riego y de la fertilización. Un tamaño pequeño en los poros de suelos de textura fina, permite un lento movimiento del agua, mientras un excesivo suministro de ella y fertilizantes en suelos de textura liviana, aumenta las pérdidas por lavado y percolación.

El arroz soporta bien suelos con pH entre 4.0 y 8.4 sin embargo su mejor desarrollo lo obtiene cuando la acidez no baja de 5.0 ni pasa de 6.5. Tolera bastante la salinidad, permitiendo buenas producciones en suelos salinos, los cuales a su vez van siendo lavados con los permanentes riegos requeridos por la planta de arroz.

BIBLIOGRAFIA

Aimi, R., H. Sawamura, and S. Konno. 1959. Physiological studies on mechanism of crop plants - the effect of the temperature upon behavoir of carbohydrates and relate enzymes during the ripening of the rice plant. Proc. Crop. Sc. Soc. Jpn. 27 405-407.

Kusanagi, T. and O. Washio. 1973. The phytotron at chugoku National. Agricultural Experimental Station. Bull. Chugoku Natl. Agr. Exp. Stn. A. 23-53-90.

Matsushima, S., T., Tanaka, and T. Hoshino, 1964. Analysis of yield determining process and its application to yield prediction and culture improvement of lowland rice.LXXI. Combined effect of air temperature and water temperatura at different stages of growth on the growth and morphological characteristic of rice plants. Proc. Crop. Sci. Soc. Jpn. 33:135-140.

_____, K Manaka and K. Thunoda. 1957. Analysis of developmental factors determining yield and yield prediction and culture improvement of lowland rice. XXXIV. On the mechanism ripening (5). On the mechanism of ripening (6) Proc. Sci. Soc. Jpn. 25:203-206.

_____, and K. Tsunoda, 1957. Analysis of developmental factors determining yield and its application to yield prediction and culture improvement of lowland rice XLV. Effects of temperature and its daily range upon the growth, grain yield and its constitutional factors. Proc. Crop. Sci. Soc. Jpn. 26:243-244.

Monteith, J.L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems J. Appl. Ecol. 9:747-766.

_____,1977. Climate, Pages 1-27 in: P. de T. Alvim and T.T. Kozlowski, eds. Ecophysiology of tropical crops. Academic Press, New York.

Moriya, M. and M. Nara 1971. Influence of air temperature on ripening of lowland rice. Pages 110-115 in: Studies on maximizing rice yields-research report 49. Ministry of Agriculture, Forestry and fisheries.

Murata, Y. 1976. Productivity of rice in different climatic regions of Japan. Pages 449-470, in: International Rice Research Institute. Climate and Rice. Los Baños Philippines.

Nakayama, H.1974. Panicle senescense in rice plant. Bull, Hokiriku Natt. Apric. Exp. Stn. 16:15:17.

Nishiyama, I., ITO, H. Hayase, and T. Satake. 1969. Protecting effect of temperature and depth of irrigation water from sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage of rice plants. Proc. Crop. Sci. Soc. Jpn. 38:554-555

Sasaki, K. and S.Wada. 1973. Varietal differences in cold tolerance at different stages of panicle development in rice. Hoku-No. 40(8): 7-14

_____, and S. Wada. 1975. Effects of nitrogen, phosphoric acid and potash on the percentage of sterile grains in rice plants. Proc. Crop. Sei. 44:250-254.

_____, H. Moeda, and S. Wada. 1973. Effects of nitrogen and temperature on sterility at meiotic stage. Hoku-No(Japan) 40 (90): 1-7.

Stake, T. 1969. Research on cool injury of paddy rice plant in Japan. Jpn. Agr. Res.Q. 4(4) 5-10.

Stato, K., K. INABA, and M. Tozawa. 1973. High temperature injury of ripening in rice plant. (1) The effects of high temperature treatments at different stages of panicle development on the ripening. Proc. Crop. Sci. Soc. Jpn. 42-207-213.

Shibata, M.K. Sasaki, and Y. Shimzazaki, 1970. Effects of air temperature and water temperature on the percentage of sterile grains. Proc. Crop. Sci. Soc. Jpn. 39:401-408.

Tsunoda, K. and S. Matsushima 1962. Analysis of yield determining process and its application to yield prediction and culture improvement of lowland rice. LXII. Effects of irrigation water temperature under different water depths on the growth, grain yield and yield components of rice. Proc. Crop. Sei. Soc. Jpn. 31:19-22.

_____, S. 1972. Photosynthetic efficiency in Rice and Wheat. Pages 471-482. In: International Rice Research Institute Rice Breeding. Los Baños Philippines.

_____, and A.H. Khan, 1968. Differences among strains of rice in the photosynthetic tissues. I.A. comparative leaf anatomy of indica an japonica. Tohoku J. Agric. Res. 19:17.

Yoshida, S. 1973. Effects of temperature on growth of the rice plant (Oryza sativa) in a controlled environment. Soil Sci. Plant Nutr. 19:299-310.

Yoshida. 1977. Rice. Pages 57-58. In: Paulo de T. Alvim and T.T. Kozlowski, eds. Ecophysiology of tropical crops. Academic Press, Inc. New York, 502 p.

_____.1978. Tropical climate and its influence on rice. IRRI Res. Papl. Serv.20 .

_____, and F.T. Parao. 1976. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. Pages 471--494. In Irri. Climate and Rice.Los Baños Philippines.

_____, and T. Hara. 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and japonica rice (Oriza sativa)under controlled environmental conditions. Soil Seis. Plant. Nutr.

ECOSISTEMAS EN RELACION AL MEJORAMIENTO DEL ARROZ

P.R. Jennings

Las variedades de arroz se comportan en forma diferente en los distintos sistemas de producción. En este artículo el término "Sistema de producción" se sustituye por el de "Ecosistema", el cual comprende todas las interacciones de una variedad con el medio ambiente -el clima y el suelo-, las prácticas de cultivo y los agentes biológicos que la afectan: patógenos, plagas y malezas.

Se conoce que las variedades apropiadas para el cultivo de secano, no lo son para arroz con riego y variedades de riego, con pocas excepciones, no se adaptan bien en secano. De igual manera una variedad de secano de Costa Rica, no tendría valor en secano de Brasil y viceversa. Una buena variedad de arroz con riego de Colombia, tampoco se comportaría satisfactoriamente en Chile, ni la variedad chilena en Colombia. Entonces, el factor que determina la adaptabilidad y utilidad de una variedad es el "Ecosistema".

ECOSISTEMAS EN ARROZ CON RIEGO

El sistema de riego ha recibido más investigación, ha demostrado más progreso, tiene rendimientos más altos y es más fácil de mejorar que el sistema de secano. Esto es debido a que el agua controlada en el riego reduce bastante los limitantes, de tal manera que los ecosistemas de riego son menos complejos, más estables y uniformes que los de secano. Arroz con riego del Asia tiene más en común con el arroz de riego en Colombia, que el arroz de riego en Colombia con arroz de secano en el Brasil.

En comparación con los ecosistemas de secano, arroz con riego en América Latina es relativamente estable y uniforme, y es posible dividirlo en dos grandes ecosistemas:

1. Zona templada representada por Chile, Uruguay, Argentina y Rio Grande do Sul en Brasil.

2. Zona tropical que comprende desde México hasta Perú

La división anterior se basa en un solo factor que es la temperatura ambiental, la cual exige en el Cono Sur variedades tolerantes al frío. En el resto de América Latina, desde Perú hasta México, una variedad de amplia adaptabilidad, como CICA 8 o Bg 90-2, ha producido rendimientos excelentes y estables.

Esta uniformidad de la variedad en el ecosistema de riego, donde el agua reduce la complejidad del ecosistema, no caracteriza al arroz de secano. Específicamente los efectos del agua de riego sobre el suelo y el cultivo son:

a. Efectos químicos:

1. El suelo no tiene oxígeno, excepto en una capa delgada de la superficie, o sea que está reducido.

2. El pH sube en suelos ácidos (excepto en suelos hidromórficos) y baja en suelos calcáreos a niveles no dañinos.

3. Reduce los compuestos de hierro, de férrico a ferroso, liberando cantidades aprovechables de Fe.

4. Aumenta la disponibilidad del N,P,Si, Fe y Mn.

5. Favorece la fijación de nitrógeno del aire por bacterias, Azolla y algas verde-azuladas.

b. Controla parcialmente las malezas

c. Elimina "estrés" por la sequía

d. Permite nivelación precisa del suelo

e. Reduce la intensidad de plagas, enfermedades y desórdenes fisiológicos, tales como :

- Cucarro	Euetheola sp.
- Gusanos blancos	Phyllophaga sp.
- Verraquito de tierra	Gryllotalpa (Neocurtilla) hexadactyla
- Chinche de la raíz	Blissus leucopterus
- Barrenador menor del maíz	Elasmopalpus lignosellus
- Piricularia, Quemado	Pyricularia oryzae
- Helminthosporium	Helminthosporium oryzae
- Rhynchosporium	Rhynchosporium oryzae
- Nemátodos	Meloidogyne sp.; Aphelenchoides sp.
- Clorosis	Deficiencia de hierro en suelos

El riego trae como desventaja la incidencia de algunas plagas, enfermedades y desórdenes fisiológicos, tales como:

- Gorgojito de agua	Lissorhoptrus oryzophilus
- Minador de la hoja	Hydrellia sp.
- Cercospora	Cercospora oryzae
- Pudrición del tallo	Leptosphaeria salvinii (Sclerotium oryzae)
- Bronceado	Deficiencia de Zn
- Anaranjamiento	Toxicidad indirecta del hierro en suelos ácidos
- Espiga erecta	Relacionado con falta de drenaje y factores del suelo

Se puede considerar el arroz con riego de América Latina tropical, como un ecosistema relativamente uniforme en los limitantes importantes con las excepciones de "Sogata" (Sogatodes oryzicola) y Piricularia (Pyricularia oryzae), la cual es problema severo en ciertas combinaciones de suelo y clima. Piricularia es menos importante en zonas templadas. Es posible que un Centro Internacional como el CIAT desarrolle líneas de arroz de buen comportamiento para todo el área tropical, si el programa de mejoramiento trabaja en sitios donde se presentan los limitantes más importantes.

ECOSISTEMAS EN ARROZ DE SECANO

En comparación con el arroz de riego, el cultivo en secano es más difícil. Secano se refiere al cultivo que depende de las lluvias para su normal crecimiento, sin caballones o muros en el campo, y que por lo tanto, no puede retener una lámina de agua sobre la superficie.

La ausencia de una lámina produce interacciones entre la variedad, la acción de los herbicidas, la nutrición mineral (deficiencias de elementos menores y desbalances de elementos mayores), la sequía, las plagas y enfermedades, resultando así un complejo de limitantes diferentes a los de arroz con riego. Por ejemplo el arroz de secano es atacado por patógenos considerados como problemas menores en arroz de riego. El caso clásico es Helminthosporium oryzae. Además otros patógenos causan: escaldado (Rhynchosporium oryzae), añublo de la vaina (Thanatephorus cucumeris), pudrición de la vaina (Acrocylindrium oryzae) y mancha ojival (Drechslera gigantea).

Hay tres conclusiones al respecto:

1. El arroz de secano, es más inestable, variado y complejo que el de riego.
2. Mejoramiento de secano es más difícil, con más limitantes y variabilidad en los ecosistemas, por lo cual se tiene menos probabilidad de avance genético.
3. Mejoramiento de secano requiere materiales genéticos y métodos distintos a los empleados en el cultivo con riego. Esto debido a que en secano se trabaja mucho más con tolerancias varietales, mientras que en riego con resistencias varietales.

TIPOS DE ECOSISTEMAS DE SECANO EN AMERICA LATINA

Observemos los diferentes tipos de secano desde el punto de vista del clima, el suelo, los patógenos y las prácticas culturales, en relación con el mejoramiento varietal. Entre los ecosistemas de secano, cada uno tiene su propio grupo de limitantes. Tratemos de definir cuáles ecosistemas son posibles de mejorar y cuáles son difíciles. Ante todo conviene establecer que no se puede decir con precisión donde termina un ecosistema y comienza el otro. Así pues, para estudiarlos se ha optado por agrupar los ecosistemas en dos categorías amplias: favorecidos y no

favorecidos. La buena fertilidad del suelo y la adecuada humedad son los factores constantes que distinguen el secano favorecido del no favorecido. La densidad de siembra es función agronómica de la humedad en el suelo. La tendencia es utilizar una alta densidad cuando la capacidad de retención de humedad del suelo es baja, resultando en "estrés" de sequía.

A. ECOSISTEMAS DE SABANA.

Secano moderadamente favorecido a desfavorecido. Existen tres tipos diferentes de ecosistemas los cuales se describen a continuación:

Tipo 1. Secano de Sabana. Llanos Orientales de Colombia

- Suelos muy ácidos, infértiles y erosionables, con toxicidad de AL, deficiencias de fósforo, potasio y de bases intercambiables.
- Excelente cantidad y distribución de lluvia, donde la sequía("Veranico") no es problema
- Suelos livianos fácilmente mecanizables
- La densidad de siembra normal, es similar a la utilizada en riego
- Las malezas no son problema grave en las primeras siembras. Piricularia, hoja blanca, manchado del grano y escaldado de la hoja son importantes
- Otros factores limitantes

Requisito: Variedad tolerante a altas concentraciones de aluminio en el suelo, tales como las brasileras, africanas y Monoalaya (tradicional de la zona).
Estrategia: Insumos mínimos y sembrar en surcos, aplicando calcio + fósforo en banda, debajo de la semilla.

Se estima un rendimiento potencial de 2 ton/ha con variedades criollas altas y 3 ton/ha con las variedades mejoradas de porte intermedio, resistentes a enfermedades y tolerantes al aluminio. Este es un ecosistema teórico, puesto que el arroz de secano en el área, está restringido a suelos aluviales o de vegas, el cual corresponde a un secano favorecido.

Tipo 2. Secano moderadamente favorecido. Areas de Mato Grosso, Maranhao y Pará en el Brasil.

- Parecido al No. 1, quizá con suelos no tan ácidos. El régimen de lluvias es menos favorable, pero aceptable, pues la sequía no es muy fuerte.
- Densidad normal de siembra, con rendimientos de 3 a 4 tons/ha posibles.
- Perspectivas favorables: áreas vastas y de bajo costo con buena lluvia para un sistema de cultivo económico.

Soluciones genéticas para los tipos 1 y 2. Tres requisitos importantes que las variedades obtenidas deben cumplir:

a. Que sean tolerantes a problemas de fósforo y aluminio
b. Que sean toleantes a Piricularia y otras enfermedades fungosas
c. Tolerantes a sequía moderada

Estas tolerancias se encuentran en las variedades nativas, criollas de sabanas del Africa y América del Sur.

Tipo 3. Secano no favorecido, Sao Paulo, Minas Gerais, Goiás (Brasil)

- Caracteristicas: Suelos ácidos e infértiles. Lluvias menores y mal distribuídas. Sequía (canícula)fuerte.
- Densidad de siembra muy baja, con surcos hasta de 60 centímetros entre sí.
- Requisitos genéticos: La tolerancia a sequía es crucial; tolerancia a Piricularia y variedades altas (debido a densidad baja). El rendimiento promedio de 1.0 ton/ha se debe tratar de subir a 1.5 ton/ha.

Este sistema ha persistido no obstante los bajos rendimientos obtenidos, debido a subsidios gubernamentales en forma de crédito barato y seguro de cosecha. La decisión de tratar de aumentar la productividad del ecosistema es más política que científica, ya que existen otras áreas con mejor precipitación.
Problema: Las variedades brasileras figuran entre las mas tolerantes a la sequía en el mundo. Parece muy difícil, aunque es posible, aumentar ligeramente el nivel actual de tolerancia a la sequía.

El intento de aumentar el rendimiento debe concentrarse más en la tolerancia a la sequía que en Piricularia o en el suelo, como factor limitante. Esto requeriría estudios básicos de dos tipos:

a) El sistema de raíces en relación a la tolerancia a sequía. Algunas variedades de porte bajo tienen un sistema radicular profundo, típico de variedades altas.

b) Reducción de la transpiración de la hoja para combatir la tensión por sequía.

Estrategias en mejoramiento:

1) Entrecruzar las mejores variedades mundiales en cuanto a tolerancia a sequía (Brasil x Africa x Asia), para aumentar nivel de tolerancia. Si los mecanismos de la tolerancia tienen genes diferentes, existe posibilidad de aumentar la tolerancia.

2) Irradiar variedades Brasileras y seleccionar plantas más bajas con mejor macollamiento y probarlas a una mayor densidad de siembra en surcos a menos de 60 centímetros entre sí.

En relación con los tres ecosistemas de Sabana puede concluirse que existen mayores posibilidades genéticas para zonas de alta precipitación y pocas para zonas de baja precipitación.

B. ECOSISTEMAS DE CENTRO AMERICA Y COSTA NORTE DE COLOMBIA

Secano favorecido a moderadamente favorecido.

Características:

- Zona originalmente cubierta con bosque, con suelos ligeramente ácidos, livianos y más fértiles que los de sabana.
- Precipitación total buena a excelente, "canícula" corta presente en algunos años.
- Densidad normal: Siembra en surcos de 17 a 34 centímetros.
- Cultivo mecanizado y con alto uso de insumos.
- Las malezas son más limitantes que en sabana a causa de los suelos fértiles.
- Deficiencias en elementos tales como zinc, azufre, manganeso, hierro y fósforo.
- Las enfermedades son un factor limitante. Entre otras Pyricularia oryzae, Helminthosporium oryzae y Rhynchosporium oryzae
- Los rendimientos van desde cero en años malos hasta 5.0 tn/ha en años excelentes, con promedios de 2.5-3.0 ton/ha.

Las variedades de riego han tenido cierto impacto, desplazando a las tradicionales. Los productores en el ecosistema siembran semienanas, fertilizan, aplican herbicidas y el cultivo es mecanizado. La ventaja principal del tipo semienano es facilitar la mecanización de la cosecha debido a poco vuelco. Los rendimientos han aumentado en los últimos años.

Las variedades IR 8, CICA 4 y Tikal 2 entre otras, han sido inestables debido a la sequía, o "canícula", situación que agrava los problemas de deficiencias nutricionales y enfermedades, mientras que Costa Rica 1113 y otras seleccionadas localmente se comportan mucho mejor.

Estrategias para mejorar el rendimiento:

a. Seleccionar progenitores del tipo semienano, con resistencia estable a Piricularia y tolerantes a sequía.

b. Seleccionar en la zona a partir de la F2 y no con líneas avanzadas (F_{5-6}) de los centros internacionales.

c. Sembrar poblaciones segregantes en surcos de 25 o 30 centímetros por 5-10 centímetros entre plantas con una planta por sitio.

d. Método de selección masal modificado (F_{2-5})

e. Someter las poblaciones segregantes a presiones fuertes de:

1. Suelo liviano, alto y en período de sequía
2. No regar durante la "canícula"
3. Aplicar cantidades moderadas de nitrógeno y cero, o poco fósforo
4. No aplicar insecticidas o fungicidas.
   Solamente aplicar insecticidas cuando aparezca Spodoptera sp. en cultivos jóvenes

f. Alternar sitios de selección de semestre a semestre, para ganar una segunda generación por año, pero sin riego en el segundo semestre.

g. Ensayos de rendimientos: conducir la mayoría en fincas típicas y usar diseño de parcelas largas y angostas, para aprovechar variabilidad en el suelo y en la humedad. Estudiar las variables nitrógeno y fósforo principalmente.

ECOSISTEMA DE BOSQUE HUMEDO

Sur de México, Chocó en Colombia, Amazonía en Perú y Brasil, Bolivia y Darién en Panamá.

Secano tradicional, pequeños productores de 1/2 a 1 ha sistema "primitivo" en tecnología. Características de producción:

a. Tumba del bosque y quema

b. No hay roturación del suelo

c. Suelo fértil por las cenizas. Suelo básico variable: frecuentemente infértil como en Perú o fértil en Bolivia

d. Precipitación favorable

e. Siembra a "espeque" o "chuzo", aproximadamente a 50 x 50 y 5-20 semillas por sitio

f. Mano de obra en el 100% de las labores

g. Malezas de hoja ancha son predominantes

h. Rotación, después de 2 cosechas abandonan el lote y siembran uno nuevo

i. Enfermedades normalmente leves por la densidad baja

j. No utilizan plaguicidas ni fertilizantes

k. Variedades criollas

l. Rendimiento 0.5-1.0 ton/ha

m. Cosecha panícula por panícula. El grano generalmente no es comercializado

En este sistema hay pocos problemas evidentes, fuera del bajo rendimiento. El sistema, en base de variedades criollas, está en balance con el ecosistema total.

Los problemas que se observan con la introducción de variedades modernas en densidades altas son:

a. Panículas pequeñas que complican la cosecha

b. Si se aplican fertilizantes o se aumenta la densidad (lo cual es necesario para las variedades modernas), aparecen problemas con patógenos, debido a cambios en el microclima dentro del follaje o cambios en base de la alimentación de los microorganismos.

Existen dos alternativas de solución para el ecosistema:

1. No hacerle nada. No correr el riesgo de empeorar la situación por falta de entendimiento de ello. Definitivamente olvidarse del nitrógeno, la alta densidad y la mecanización.

2. Convertir al agricultor de parcela pequeña a productor mediano, con crédito, reforma agraria, cooperativas e intervenciones sociales, para permitir mecanizar la preparación del suelo y sembrar manualmente 5-20 hectáreas con variedades mejoradas y cosecha manual. Solo así la cosecha total de la finca llegará a una cifra que le permita al productor ganar y ahorrar dinero.

CAPITULO II

ORIGEN, TAXONOMIA Y MORFOLOGIA

ORIGEN, TAXONOMIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE ARROZ

MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE ARROZ

ORIGEN, TAXONOMIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

J. González F.

Los procesos naturales de evolución han causado en la planta de arroz una alta variabilidad genética, demostrada por el gran número de variedades que hoy existen. La extensión del cultivo es un fenómeno sin interrupción, siendo una de las plantas de cultivo más antigua, y base alimenticia de los continentes de mayor población del mundo como son: Asia, Africa y América.

ORIGEN Y DISTRIBUCION

Hay dos especies de arroz cultivadas, una de origen asiático *Oryza sativa* L. y otra de origen africano *Oryza glaberrima* Steud. La expansión del cultivo se debe a la primera especie, puesto que la segunda solo existe en el Oeste del Africa (Angladette, 1969).

Por ser el arroz una de las plantas más antiguas, ha sido difícil establecer con exactitud la época en que el hombre inició su propagación. La literatura china hace mención de él, 3000 años antes de Cristo, donde consideraban el inicio de la siembra de arroz como una ceremonia religiosa importante que estaba reservada a su Emperador. También se menciona el arroz como el más importante de cinco cultivos en la alimentacion. En el Valle del Yang-Se Kiang se han encontrado restos de arroz, los cuales se supone existieron 3000 a 4000 años antes de Cristo (Angladette, 1969).

Varios autores en diferentes escritos están de acuerdo en que el origen de *Oryza sativa* L. está al sur de la India, donde hay condiciones favorables para el cultivo y existe una gran cantidad de especies silvestres. Roschevicz, citado por Angladete, cree que *Oryza sativa* L. se originó en el sudeste asiático, principalmente en la India o en la Península Indochina, donde *Oryza fatua* Koening, antepasado directo de *Oryza sativa*, se encuentra en estado silvestre.

Se admite que el arroz se propagó desde el sudeste asiático, la India hasta China en una época intermedia, pero superior a los 3000 años antes de Cristo; después de la China fue introducido a Corea y de allí, o desde China, fue introducido al Japón, parece ser en el Siglo I antes de Cristo (Cheaney 1974).

Es probable que desde China el arroz se introdujera a Filipinas, donde se cultiva desde 2000 años antes de Cristo. Del sur de la India llegó a Indonesia y de allí penetró a Ceilán hoy Sri-Lanka. El arroz llegó más tarde al Asia Occidental y a la Cuenca del Mediterráneo, parece ser bajo el imperio Persa, sembrándose en la Mesopotamia, el Eufrates y Siria. A consecuencia de la invasión a la India por Alejandro Magno en el año 320 antes de Cristo, los griegos lo introdujeron a su país; aún cuando pueden haberlo conocido desde antes por los contactos que tenían con los viajeros árabes que visitaban la costa occidental de la India, antes de la invasión de Alejandro.

Los árabes fueron muy eficientes en la expansión del cultivo, desde el siglo IX antes de Cristo cuando lo introdujeron a Egipto, hasta los siglos VIII al X en que hicieron la introducción del arroz asiático de grano largo al Africa Oriental en el noreste de Madagascar, y lo llevaron a Marruecos y a España cuando la invasión de la Península Ibérica (Angladette, 1969). Gracias a las colonias portuguesas, holandesas y españolas de Africa, se introdujeron las variedades asiáticas a ese continente.

No ha sido posible establecer con exactitud de donde vino y cuando llegó el arroz al Hemisferio Occidental, algunos autores afirman que Cristóbal Colón, en su segundo viaje en 1493, trajo semillas, pero no germinaron (Cheaney, 1974). El historiador Simón, citado por Jennings, 1961, afirma que en el Valle del Magdalena en Colombia hubo siembras en 1580.

Los holandeses y los portugueses a finales del siglo XVII introdujeron el arroz a América del Norte, más exactamente a Carolina. Un barco procedente de Madagascar dañado por una tempestad tocó puerto en Charleston y dejó 40 libras de semilla en 1685 (Cheaney, R.L. 1974).

La otra especie cultivada Oryza glaberrima Steud, es originaria del Oeste de Africa, posiblemente del delta Central del Rio Niger y su área de dispersión está circunscrita a su lugar de origen (Angladette, 1969).

Según Porter 1959, el cultivo de arroz africano comenzó 1500 años antes de Cristo, y durante este período ha evolucionado con limitación. Oryza glaberrima Steud, no es cultivada fuera de su zona de origen. y actualmente está en retroceso, las variedades que allí se cultivan disminuyen poco a poco y son sustituídas por variedades asiáticas con mayor adaptación y que en general tienen la cariopside de color blanco, más aceptado que el rojo del Oryza glaberrima. La figura 1 muestra las posibles rutas colonizadoras del cultivo, según Cheaney, 1974.

TAXONOMIA

El arroz es una Fanerógama, tipo espermatofita, subtipo angiosperma

Clase Monocotiledonea

Orden Glumiflora

Familia Gramínea

Subfamilia Panicoideas

Tribu Oryzae

Subtribu Oryzineas

Género Oryza (Angladette, González, Porter)

Figura 1. Movimiento del arroz en el mundo desde su punto de origen. (Cheaney, 1974).

TRIBU ORYZAE *

Se caracteriza por las espiguillas en racimo o en panícula, unas veces uniflorales con frecuencia carentes de glumas, o bien con dos o tres flores, las inferiores poseen una sola pieza, la glumela, siendo fértil la flor terminal únicamente. Los estambres son frecuentemente seis, pero a veces son menos e incluso pueden reducirse a uno. Según Prodoehl y Bewo, citados por Angladette, la tribu comprende dos subtribus: a) Las oryzineas y b) Las zizanineas que incluyen cuatro géneros según sus características sexuales y la presencia o ausencia de glumas.

SUBTRIBU ORYZINEAS: Espiguillas bisexuales

- Presencia de glumas : Con frecuencia rudimentarias, pero bien visibles.

- Espiguillas comprimidas lateralmente, aristadas o múticas, cariopside estrechamente encerrada por las glumas endurecidas... Género Oryza

- Sin glumas :

  . Espiguillas sobre pedúnculos muy cortos, múticas, muy comprimidas lateralmente bastante parecidas a las de Oryza pero más pequeñas 3 a 4 mm. ..... Género Leercia

  . Espiguillas sobre pedúnculos de longitud variable, solitarias o poco numerosas, lanceoladas, de glumelas papiraceas. Género Hygroryza

SUBTRIBU ZIZANINEAS: Espiguillas unisexuales

- inflorescencia en panícula estrecha, numerosas ramas suberectas, sin glumas, glumelas membranosas, estrechas y oblongas prolongándose la inferior por una larga arista de 8 a 10 mm en la espiguilla macho y de 15 a 20 mm las espiguillas hembras..... Género Zyzania

Género Oryza

Las distintas especies del género Oryza, con la excepción de la especie sativa L., no llamaron la atención de los botánicos hasta hace 2 siglos. Las especies de este género son numerosas y han sido motivo de diversas clasificaciones por investigadores taxónomos.

---

* Adaptado de Angladette, A. 1969

Durante el año 1931, R.Y. Roschevicz, citado por Hang 1964, publicó los resultados de sus investigaciones sobre la sistemática del género Oryza, en cuatro secciones :

- Sección sativa, Roschev. abarca las especies cultivadas y la mayoría de las especies silvestres. En esta sección el mayor número de especies son anuales.

- Sección granulata, Roschev. se encuentran en el sureste de Asia, todas las especies son perennes.

- Sección coarctata, Roschev. distribuída en diferentes partes del mundo,la mayoría son perennes.

- Seccion rhynchoryza, Roschev. el tipo de planta de esta sección es diferente a los otros tipos.

En esta clasificación se admiten 19 especies descritas y una especie no descrita.

En el Simposio Internacional sobre Genética y Citogenética realizado en los Baños, Filipinas, en 1963, admitieron 19 especies claramente diferenciadas y 6 inciertas.

Actualmente se menciona un número de 28 especies de este género, la mayoría de las cuales están descritas en el Cuadro 1 (Zhukovsky, 1971). Existe la posibilidad de que se descubran especies nuevas y que los estudios de morfología, anatomía y citogenética, permitan su reagrupación o señalen la conveniencia de desmembración de otras 6 especies, cuya validez en el momento actual es incierta, según la conclusión del Simposio de 1963.

En las especies del género Oryza el número base de cromosomas es 12 y por transploidización a partir de este número, se habría formado una serie de poliploides. Es por éllo que las especies Oryza cuyo número cromosomático es 24, pueden considerarse como tetraploides, y las de 48 como octaploides.

En la especie Oryza sativa L. se consideran tres grupos o tipos de arroz: "Indica", "Japónica" y "Javánica o bulú". Su origen puede ser el resultado de las selecciones hechas en los procesos de domesticación de arroces silvestres, bajo diferentes ambientes (Chandler, 1979.) Los arroces índica y japónica fueron considerados como subespecies de Oryza sativa, y ahora son consideradas como razas ecogeográficas.

Las variedades tradicionales de tipo "índica" cultivadas en los trópicos tienen como característica su altura mayor, macollamiento denso, hojas largas e inclinadas de color verde pálido, y grano de medio a largo, contenido medio y alto amilosa, lo cual le da aspecto seco, blando y poco desintegrado en la cocción.

Los trabajos de mejoramiento han producido variedades de arroz tipo índica, de estatura corta, macollamiento abundante y respuesta a nitrógeno, produciendo rendimientos tan altos como los de japónica.

Cuadro 1. Especies del género oryza, regiones de orígen y número de cromosomas.

Especies	Regiones originarias	Cromosomas No. (2n)
1. O. sativa L.	Extremo Oriente (India Indochina)	24
2. O. perennis Moench	Muchas subespecies en todo el mundo	24
3. O. latifolia Desv.	América Tropical, Indochina	48
4. O. coarctata Roxb.	India, Pakistan y Birmania	48
5. O. granulata Ness y Arn ex-Watt	India, Ceilán, Tailandia, Birmania Malasia, Camboya, Vietnam, Indonesia	
6. O. officinalis Wall ex-Watt	India, Birmania	24
7. O. minuta J.S. Presl. ex C.B. Presl.	Malasia, Indonesia, Filipinas	24
8. O. fatua Koening	India, Birmania, Tailandia, Indochina, Filipinas	24
9. O. meyeriana (Zoll y More, ex-Steud.) Baill	Tailandia, Indochina, Indonesia, Filipinas	24
10. O. ridleyi Hook	Tailandia, Malasia, Camboya, Indonesia, Nueva Guinea	48
11. O. schelechteriana Pilger	Nueva Guinea	
12. O. australiensis Domin.	Australia	
13. O. malempuzhiensis Krisch y Chand	India	48
14. O. glaberrima Steud	Africa Occidental	24
15. O. punctata Kotschy ex-Steud	Africa Tropical N.E. (Occidental)	24
16. O. braciyantha Chev. y Roehr	Africa Occidental, Central, Sudán	24
17. O. breviligulata Chev. y Roehr	Africa Occidental, Central, Sudán	24
18. O. perrieri Camus	Madagascar	
19. O. tisseranti Chev.	Africa Central y Occidental	
20. O. eiciengeri A. Peter	Africa Occidental	48
21. G. ubaghensis Chev.	Africa Tropical, Congo	24
22. O. angustifolia Hubbard	Rodesia del Norte	
23. O. longiglumis Jansen	América del Sur	48
24. O. grandiglumis (Doell.)	América del Sur	48
25. O. alta Swallen	América del Sur y Central	48

Fuente: Angladette 1969 y Zhukovsky 1971

Las variedades de tipo "japónica" tienen hojas erectas de color verde intenso, con menor capacidad de macollamiento que las índicas, con mayor respuesta al nitrógeno en rendimiento; son insensibles al fotoperíodo y tolerantes a bajas temperaturas. Los granos son cortos y anchos, con contenido de amilosa bajo, son pegajosos y tienden a desintegrarse en la cocción.

El tipo "javánica o bulú", es morfológicamente similar al tipo japónica, pero sus hojas son más anchas y pubescentes, su macollamiento es bajo, pero la planta es fuerte y rígida, insensible al fotoperíodo y los granos son aristados.

ANATOMIA DE LA PLANTA *

DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS RAICES

La estructura anatómica de las raíces es similar a la de las plantas acuáticas, aún cuando difiere de éllas por poseer pelos absorbentes en abundancia. Consta de seis diferentes estructuras, como puede apreciarse en la Figura 2.

EPIDERMIS: Es la primera capa de células y en élla se inician los pelos absorbentes, los cuales tienen vida corta, pues en poco tiempo desaparecen.

EXODERMIS: Es la capa más exterior de la corteza, formada por una o más capas de células. Está diferenciada como tejido protectivo y sus células contienen corcho en las paredes.

ESCLERENQUIMA: Se encuentra debajo de la exodermis, protege a la raiz después de la desaparición de las dos capas antes mencionadas. Está formada por capas de células con paredes gruesas que son un aislamiento al paso de agua hacia dentro y fuera de la raíz.

PARENQUIMA CORTICAL: Compuesto por células con protoplasma vivo nucleado, concernientes con las actividades metabólicas de la planta. Sus células varían en tamaño, forma y espesor de las paredes. Los tejidos del parénquima tienen espacios intercelulares grandes. La parte central del tejido cortical es la que ocupa el mayor volumen, se compone de varias capas, con agua en las raíces jóvenes, siendo una unidad compacta; pero conforme crece la planta se separan en espacios aéreos, que forman cámaras de aire típicas en las plantas que se desarrollan en suelos inundados y tienen una función importante en la respiración de las raíces, usándose el término "Parénquima".

CILINDRO VASCULAR: Son tejidos vasculares que asocian el tallo a las raíces y comprenden las siguientes partes :

---

* Adaptado de Chan, T.T. y C. Loresto, 1968

Células de la superficie externa

Sección cortical

Figura 2. Corte transversal de una raíz (Vasconcellos, 1963).

- Endodermis, células alargadas de paredes gruesas en la raíces desarrolladas.

- Periciclo o parénquima medular, que es la parte de los tejidos de la raíz que forman la estela localizada entre el endodermis.

- Floema, es el principal tejido conductor de alimentos dentro de las plantas vasculares, básicamente está compuesto por elementos criba, células de parénquima, fibras y escleroides.

- Xilema, es el tejido principal conductor de agua, se caracteriza por sus elementos en forma de tráquea.

- Médula, también llamada vaso leñoso central es un crecimiento celular en el centro, la médula generalmente se desarrolla cuando aún no se ha formado el xilema en el centro.

COFIA : Masa de células en forma de dedal que cubre el meristema apical de la raíz, sirve de capa protectora del meristemo y ayuda a la penetración de la raíz en el suelo.

DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS DEL ENTRENUDO

La Figura 3 nos muestra un corte de un entrenudo desarrollado en el cual se diferencian 7 estructuras.

EPIDERMIS: Capa de células con paredes gruesas, sus funciones son restricción a la transpiración, protección mecánica, intercambio gaseoso a través de los estomas y almacenamiento de agua y productos del metabolismo, comprende :

- Células guardas, en los estomas, son dos células que al cambiar en turgencia abren o cierran la apertura del estoma

- Tricomas, crecimientos hacia afuera de la epidermis, variables en tamaño

- Células cortas que son vivas, se dividen en: células sílice, las cuales han perdido su protoplasto al madurar y subsecuentemente se llenan de sílice, y células de corcho, suberizan sus paredes siendo impermeables al agua.

- Células largas, onduladas, con paredes delgadas epidermales

ESCLERENQUIMA: Es un complejo de células de paredes delgadas, generalmente limnificadas, las cuales dan resistencia a la planta. Tiene varias capas cuyo resultado es darle fortaleza contra el doblez, el peso y la presión; estas células de esclerénquima están interconectadas formando bandas delgadas hacia la panícula.

Corte transversal de entrenudo maduro

Epidermis de un entrenudo

Figura 3. Corte transversal y epidermis de un entrenudo maduro.

PARENQUIMA: Son células vivas, con paredes delgadas en forma de poliedro y tienen que ver con las actividades metabólicas.

ESPACIOS INTERCELULARES LISIGENOS: Son espacios dentro del parénquima, células de tejidos resultantes de la disolución de otras células cuando maduran. Los tejidos lisígenos de los nudos más bajos, conectan los entrenudos adyacentes proveyendo pasos de aire de la parte del tallo que crece fuera de la tierra hacia las raíces; estos tejidos son llamados aerénquima.

HACES VASCULARES. Están envueltos por una vaina u hoja de células de esclerénquima. Existen cuatro tipos de haces vasculares y son :

- Floema, el cual a su vez comprende : elementos o vasos cribados que son células longitudinales para la conducción de materiales alimenticios; células de parénquima para almacenamiento y translocación de sustancias alimenticias; células de esclerénquima, fibras de esclerénquima para soporte y en algunas oportunidades puede almacenar alimentos.

- Xilema: son elementos en forma de tráquea para la conducción de agua.

- Fibras para soporte y almacenar alimentos; célula parénquima para almacenamiento y translocación de sustancias energéticas.

- Fibras : Células de esclerénquima alargadas, ahusadas, con pared delgada y una pared secundaria con o sin lignina para soporte.

MEDULA : Es el tejido central, la médula se convierte en una porción hueca cuando el entrenudo madura.

MERISTEMO INTERCALAR : Tejido derivado del meristemo apical que continúa sus funciones meristemáticas a alguna distancia del meristemo principal, está localizado en las axilas.

DESCRIPCION DE LOS TEJIDOS DE LA HOJA

Deben diferenciarse en ella dos partes : la vaina y la lámina. La vaina se caracteriza por la presencia de lagunas aeríferas en el mesófilo, que se hacen más importantes con la altura, los haces vasculares están dispuestos en dos círculos concéntricos, uno de haces pequeños exteriores, otro de haces grandes que alternan con los primeros hacia el interior.

ESTRUCTURAS DE LA VAINA DE LA HOJA (Figura 4A)

Epidermis:

Se diferencia de la epidermis de la lámina de la hoja, principalmente en la ausencia de células mótrices. La epidermis protege los tejidos de la pérdida excesiva de agua y ofrece protección mecánica. Las células exteriores contienen celulosa en la cutícula.

Células epidermales :

Formadas por dos tipos de células :

- Células largas

- Células cortas, que comprenden células de : silice, tricomas y células guardas, encerrando los estomas.

Fibras:

Manojo de células en forma de U, o en forma de barra, adyacente a los haces vasculares, cerca a la epidermis abxial de la vaina en bandas irregulares.

Parenquima :

El exterior consta de 3 o 4 capas de células conteniendo cloroplastos e interconectadas con los haces vasculares. El interno formado por células de parénquima sin cloroplastos y con grandes espacios intercelulares, lagunas aeríferas. Gránulos de almidón son encontrados frecuentemente en estas células.

Haces vasculares

- Floema, xilema, parénquima del floema

- Vaina de haces, capas de células encerrando un grupo de vasos, puede consistir en parénquima o esclerénquima.

ESTRUCTURA DE LA LAMINA DE LA HOJA (Figura 4B)

Epidermis

Protege los tejidos de la hoja de la pérdida excesiva de agua y también ofrece protección mecánica, gracias a la cutícula, de células con celulosa. Está formada por : células largas; células cortas formadas por células de sílice y de corcho, por los tricomas que son pelos y papilas, y por las células guardas de los estomas; células motoras, son células epidermales agrandadas que ocurren en surcos longitudinales de células similares, cuya función es el enrollamiento y desenrollamiento de la lámina foliar.

Mesófilo

Son tejidos de parénquima fotosintetizantes de la lámina de la hoja, localizados entre dos capas epidermales, con lagunas aeríferas. En el mesófilo no hay diferenciación de células de parénquima dentro de palizada y esponja. Sin embargo los surcos de células debajo de las capas epidermales tienen un arreglo más regular que el resto del mesófilo.

Fibras

Son un manojo de células en forma de U o forma de barra, adyacentes a

A. Corte transversal de la vaina de la hoja

B. Corte transversal de la lámina de la hoja

Figura 4. Corte transversal de la lámina y de la vaina de la hoja.

los haces vasculares; en la lámina foliar están en posición abxial y adxial, son bandas irregulares en la epidermis de la lámina.

Haces vasculares :

Floema, xilema, y parénquima del floema. La vaina de haces vasculares, son capas de células que envuelven un grupo vascular y puede consistir de parénquima o de esclerénquima y células suberizadas.

La nervadura central

Es una hilera doble de haces vasculares, una hacia la haz y otra hacia el envés de la hoja, y entre los dos parénquimas contiene lagunas aeríferas

DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS DEL EJE PRINCIPAL DE LA PANICULA

El eje principal conecta el tallo con la base de la panícula. Soporta las estructuras reproductivas de la planta y tiene actividad fotosintética. Su prolongación en élla se conoce como raquis, el cual posee nudos y ramas primarias y secundarias. Consta de las siguientes partes (Figura 5)

EPIDERMIS: Semejante a nudos y tallo

HIPODERMIS: Capas de células de parénquima debajo de la epidermis, corresponde a la exodermis de las raíces. La capa exterior, con clorofila y la interior, sin clorofila.

HACES VASCULARES EXTERIORES: Separan los parénquimas y haces internos

CANAL MEDULAR: Continuación del tallo

DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS DE LA SEMILLA

El fruto del arroz es una cariopside, en la cual la semilla se encuentra adherida a la pared del ovario maduro o pericarpio.(Figura 6). El grano maduro incluye además las glumas. Se une al raquis por el pedicelo.

GLUMAS : Cubierta exterior del grano, con varias estructuras asociadas.

- Lemma, palea, arista, no siempre presente
- Lemmas estériles situadas a cada lado del fruto sobre la base de grano o raquilla
- Raquilla: unión del pedicelo y la semilla
- Caripside: Compuesto por varias capas exteriores y el endospermo.
- Pericarpio. Posee consistencia fibrosa, variable en espesor; está seguido hacia adentro por el mesocarpio y la capa de células entrecruzadas.

Corte transversal del axis de la panícula

Células de hipodermis

Figura 5. Corte transversal del axis o eje de la panícula.

- El tegumento y la aleurona se encuentran a continuación y constituyen la cubierta interior de la semilla la cual está compuestá por el embrión y el endospermo.

NOTA : La taxonomía y la anatomía hasta aquí descritas son la base que permite continuar con el estudio de la morfología de la planta de arroz, que también está en relación directa con el crecimiento, desarrollo y producción del arroz, y cuyo conocimiento sirve a fitomejoradores, agrónomos, productores de semilla, fisiólogos y cultivadores para un mejor conocimiento del cultivo.

BIBLIOGRAFIA

Angladette, A. 1969. El arroz, Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume, primera edición, Barcelona 867p.

Bayer Quimicas Unidas. 1962. Bosquejo histórico social del arroz. Arroz XI 126. Fedearroz, Bogotá.

Chandler, R.F., Jr. 1979. Rice in the tropics. A guide to the development of national programs. Interagriculture development service, Westview press Colorado, P.256, Fred. A. Praeger Publisher.

Chang, T.T. 1964, present knowledge of rice genetics and cytogenetics.IRRI Tech. Bull 1. Los Baños, The Philippines.

_____ and Loresto, G.C.1968. The anatomical and histological features of the rice plant. IRRI (Documento sin publicar)

Cheaney, R.L. 1974. Historia del arroz como cultivo importante. CIAT Programa arroz 1974.

Efferson, J. 1956. The story of rice. Rice Journal. Annual Issue.

González H. 1981. Origen y morfología de la planta de arroz. Curso de adiestramiento en producción de arroz. 1-29, INIPA, Chiclayo, Perú.

González F.J. 1975. Morfología de la planta de arroz. Curso de Arroz, primera parte. Fedearroz. Temas de orientación agropecuaria No.112, Bogotá.

International Rice Research Institute (IRRI). 1964. Rice genetics and cytogenetics symposium. Feb. 1963. El Servier Publishing Co. N.Y.

Jennings, P.R. 1961. Historia del cultivo de arroz en Colombia. Agricultura tropical. Vol. XVII, No. 2 Bogotá, Colombia

Mahatatra, I.C. and Sharma, A.C. 1970. Studies on the growth and development of the rice plant. Ilriso 19(1) 55-79

Poehlman, J.M. 1979. Breeding field crops. 2ed. AVI Publ. Co. Westport Com.

Porter, C.O. 1959. Taxonomy of flowering plants. W.H. Freeman and Col. San Francisco

Pureglobe. J.W. 1972. Tropical crops: monocotiledons I. Primera edicion Long mand group limited, London 334 B.

Rice Information Cooperative Effort. 1967. Rice Production Manual. University of the Philippines and International Rice Research Institute Los Baños Laguna, 345p.

Vasconcellos, J. de C.E. 1963. O Arroz, 2nd. ed.307 pp. Min. de Econ., Lisboa.

Zhukovsky. P.M. 1971. Las plantas cultivadas y sus ancestros.

MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE ARROZ

J. González, M. Rosero y O. Arregocés

El conocimiento de la planta de arroz (Oriza sativa L.) y de su morfología, es importante en la investigación porque en él se basa la diferenciación de las variedades y los estudios de fisiología y mejoramiento. En este artículo se describen la forma de los órganos de la planta: raíz, tallo, hojas, inflorescencia, grano y la germinación de la semilla.

MORFOLOGIA GENERAL

El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, hojas de lámina plana, unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4 m (enanas) hasta 7.0 m (flotantes).

Para efecto de esta descripción, los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos:

a. Organos vegetativos, o sean las raíces, los tallos y las hojas.

b. Organos reproductores, es decir las flores y las semillas

ORGANOS VEGETATIVOS

Raíz

Durante su desarrollo, la planta de arroz tiene dos clases de raíces: Las seminales o temporales, y las adventicias o permanentes. También se las denomina primarias y secundarias.

Las raíces seminales, poco ramificadas, sobreviven corto tiempo después de la germinación, y son reemplazadas por las raíces adventicias que brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes; en algunos casos también de nudos aéreos, como en arroz flotante. (Figura 1).

En los primeros estados de crecimientos las raíces son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas, a medida que la planta crece, se alargan, adelgazan y se vuelven flácidas, ramificándose abundantemente.

Las raíces adventicias maduras son fibrosas, con raíces secundarias y pelos radicales. Con frecuencia forman verticilos a partir de los nudos que están sobre la superficie del suelo.

La punta de la raíz está protegida por una masa de células de forma semejante a la de un dedal, llamada coleorriza la cual facilita su penetración en el suelo.

Figura 1. Radícula y raíces secundarias.

El crecimiento y desarrollo de las raíces son características varietales, afectadas por el medio de cultivo y los niveles de fertilización. La longitud de las raíces decrece cuando se incrementa el nivel de nitrógeno en el medio de cultivo. Las raíces de las variedades de baja respuesta al nitrógeno son más largas que las variedades de alta respuesta, cuando existe poco nitrógeno en el suelo.

En las variedades de arroz flotante se forman raíces adventicias en los nudos de la parte del tallo sumergida en el agua.

En suelos inundados la superficie exterior de las raíces activas, se torna de color crema hasta amarillo rojizo, debido a la precipitación de compuestos férricos; en suelos aireados las raíces mantienen su color blanco. Las raíces pueden tomar color negro cuando crecen en suelos altos en compuestos sulfurosos.

Tallo

El tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudos. En

cada nudo o región nodal, se forman una hoja y una yema, esta última puede desarrollarse y formar un hijo. La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina (Figura 2A).

Figura 2. Partes del tallo de la planta (A). Detalle del nudo (B).

El septo es la parte interna del nudo que separa dos entrenudos adyacentes (Figura 2B). El entrenudo maduro, con excepción a los inferiores en el tallo es hueco, finamente estriado con superficie glabra. Su brillo y color dependen de la variedad. La longitud del entrenudo varía, siendo mayor en los entrenudos de la parte superior del tallo. Los entrenudos en la base del tallo son muy cortos y se van engrosando hasta formar una sección sólida.

La altura de la planta de arroz es una función del número y la longitud de los entrenudos. Tanto la longitud como el número de los entrenudos, son caracteres varietales definidos y pueden variar por efecto del ambiente, pero en condiciones semejantes, tienen valores constantes. La altura del tallo se mide desde el nivel del suelo hasta la base de la panícula que es el nudo ciliar. La altura de la planta incluye la panícula.

Los hijos se desarrollan en orden alterno en el tallo principal. Un hijo es un tallo con sus hojas. Los hijos primarios se originan en orden ascendente en los nudos más bajos, a su vez producen hijos secundarios. Estos últimos producen hijos terciarios. El conjunto de hijos y el tallo

principal forman la macolla característica de la especie Oriza sativa.

Los hijos primarios van emergiendo del primero, segundo y siguientes nudos del tallo principal. Los hijos secundarios nacen a partir del segundo nudo de cada hijo primario, lo mismo que los hijos terciarios (Figura 3).

El ángulo que forman los hijos secundarios y terciarios en relación con el eje principal origina los siguientes tipos de ramificación:

Erecto, ángulo menor de 30 grados
Abierto, cercano a los 60 grados
Disperso, ángulo mayor de 60 grados

Procumbente, ángulo de 90 grados; el tallo o la parte más baja de éste está sobre la superficie del suelo.

Figura 3. Modelo de macollamiento.

El número total de hijos por planta es una característica varietal, que puede variar según el sistema de cultivo y el medio ambiente: En campos con poca densidad se ajusta una curva común en la mayoría de los procesos de crecimiento, la cual declina después del máximo macollamiento por la mortalidad de algunos hijos, para continuar luego paralela al eje de las abcisas, representando los hijos fértiles o válidos (Figura 4).

Hoja

Las hojas de la planta de arroz se encuentran distribuídas alternadamente a lo largo del tallo. La primera hoja que aparece en la base

del tallo principal o de los hijos se denomina prófilo (Figuras 1 y 2), no tiene lámina y está constituído por dos brácteas aquilladas. Los bordes del prófilo aseguran por el dorso los hijos jóvenes al tallo.

En cada nudo, con excepción al nudo de la panícula, se desarrolla una hoja; la superior que se encuentra debajo de la panícula se la conoce como la hoja bandera.

En una hoja completa se distinguen las siguientes partes: la vaina, el cuello y la lámina (Figura 5). La vaina o base de la hoja, parte de un nudo y envuelve el entrenudo inmediatamente superior, en algunos casos hasta el nudo siguiente. Está dividida desde su base, finamente surcada y es generalmente glabra. Puede tener pigmentos antocianos en la base o en toda su superficie.

El pulvínulo de la vaina es una protuberancia situada encima del punto de unión de la vaina con el tallo, en algunos casos es confundido con el nudo (Figura 2B).

El cuello es la unión de la vaina y la lámina y en él se encuentran la lígula y las aurículas. La lígula es una estructura triangular apergaminada o membranosa, localizada en el interior del cuello, contigua a la vaina y que difiere en tamaño, color y forma según la variedad del arroz.

Las aurículas son dos apéndices que se encuentran en el cuello, tiene forma de hoz con pequeños dientes en la parte convexa y abrazan el tallo.

La lígula y aurícula de la planta de arroz pueden servir para diferenciarla de algunas malezas comunes en estado de plántula.

La lámina es de tipo lineal, punta aguda, larga y más o menos angosta, según las variedades. En la haz, o cara superior, sobresalen venas paralelas que conforman el sistema vascular (5B). La nervadura más prominente en el envés de la hoja es la vena central y sobre ella, en algunos casos se enrolla la lámina (5C).

Según la presencia de vello, las hojas se clasifican como glabras, intermedias o pubescentes.

La presencia de pigmentos antocianos en los márgenes, o en la lámina, son caracteres varietales de expresión variable, según condiciones ambientales.

En las hojas se reconocen los siguientes colores y combinaciones de colores: verde pálido, verde, verde oscuro, verde con márgenes púrpura o manchas púrpura, completamente púrpura.

Figura 4. Curva representativa del número de hijos por planta. Mx = máximo número de hijos. N = hijos reproductivos (con panícula).

Figura 5. Hoja y detalle del haz y el envés.

Figura 6. Angulos formados por la hoja bandera y su tallo.

La lâmina de la hoja bandera es más corta y ancha que las anteriores; según la variedad, forma diferentes ângulos con el tallo: erecto, intermedio, horizontal o descendente (Figura 6). Su tamaño está altamente correlacionado con la fertilización nitrogenada.

En el tallo principal se desarrolla mayor número de hojas que en los hijos primarios y en éstos más que en los secundarios. El número total de hojas cambia mucho entre variedades (de 9 a 23 hojas en el tallo principal) Los arroces fotosensitivos pueden desarrollar mayor número de hojas, por su fase vegetativa retardada.

La vida de las hojas es corta y para la época de floración solamente hay 4 o 5 hojas verdes en cada tallo o hijo y de éllas, las dos hojas superiores son responsables de la fotosîntesis de un 75% de los carbohidratos que van al grano.

ORGANOS REPRODUCTORES

Panícula

Las flores de la planta de arroz estân agrupadas en una inflorescencia compuesta denominada panícula (Figura 7).

La panícula está situada sobre el nudo apical del tallo, llamado nudo ciliar o base de la panícula, y generalmente tiene la forma de un arco ciliado. El nudo ciliar carece de hojas y yemas, pero allí pueden originarse la primera o hasta cuatro primeras ramificaciones de la

panícula y se toma como punto de referencia para medir la longitud del tallo y de la panícula.

El entrenudo superior del tallo en cuyo extremo se encuentra la panícula se denomina pedúnculo. Su longitud varía considerablemente según la variedad de arroz; en algunas variedades puede extenderse más allá de la hoja bandera o quedar encerrado en la vaina de ésta.

Después de la floración, la emergencia de la panícula con relación al cuello de la hoja bandera, se clasifica así:

- Emergencia completa: la base de la panícula sale completamente de la vaina y está distante del cuello de la hoja bandera.
- Emergencia semicompleta: la base de la panícula está arriba del cuello de la hoja.
- Emergencia: la base de la panícula coincide con el cuello de la hoja bandera.
- Emergencia parcial: la base de la panícula está abajo del cuello de la hoja bandera.
- Sin emerger: la panícula está encerrada dentro de la vaina de la hoja bandera.

Figura 7. Estructura de la panícula.

Raquis

El raquis o eje principal de la panícula es hueco, y de sus nudos nacen las ramificaciones. Las protuberancias en la base del raquis se denominan pulvínulos paniculares.

En cada nudo del eje principal nacen, individualmente o por parejas, ramificaciones que a su vez dan origen a ramificaciones secundarias de donde brotan las espiguillas.

Las ramificaciones secundarias se encuentran en diferentes densidades, según lo cual se clasifican de la siguiente manera:

- Ausentes: No se presentan ramificaciones secundarias
- Escasas: Se presentan pocas ramificaciones secundarias
- Intermedias: Hay muchas ramificaciones secundarias, incluso varias por cada ramificación primaria.
- Abundantes: Las espiguillas se presentan en grupos sobre las ramificciones secundarias.

Las panículas pueden clasificarse en abiertas, cerradas o intermedias, según el ángulo que formen las ramificaciones al salir del eje de la panícula (Figura 8).

Figura 8. **Clasificación de las panículas según el ángulo que formen las ramificaciones con el eje de la panícula. A. Abierta, B. Cerrada y C. Intermedia.**

Tanto el peso como el número de espiguillas por panícula cambian segú la variedad y el desarrollo de cada planta o hijo.

La panícula se mantiene erecta durante la floración, pero generalmente se dobla debido al peso de los granos maduros. Existen algunas variedades de tipo muy cerrado que no se doblan al madurar.

Espiguilla

La espiguilla es la unidad de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. La espiguilla del género Oryza se compone de tres flores, pero sólo una es fértil y se desarrolla.

Una espiguilla consta de la raquilla, la florecilla y de dos lemas estériles (Figura 9). Las lemas estériles o glumas rudimentarias son las brácteas alargadas del pedicelo. La raquilla es el eje que sostiene la flor y las lemas estériles la envuelven por debajo de la raquilla.

Las brácteas superiores llamadas glumas florales, o simplemente glumas, son: la lema, que tiene la forma de un bote con cinco nervios, y la palea, con tres nervios y ocupa la posición opuesta. Estas brácteas superiores posteriormente formarán la cáscara de la semilla.

Figura 9. Estructuras de una espiguilla.

El nervio central de la lema, llamado quilla, puede ser liso o pubescente. La arista, una prolongación de la quilla, es una formación filiforme ubicada con el ápice de la lema, y puede ser corta o larga (Figura 9); su tamaño está condicionado por factores hereditarios e influenciado por el medio ambiente. Después de la floración completa es posible detectar la presencia, la cual puede ser parcial en la panícula, o ausencia de arista.

La flor

La flor consta de seis estambres y un pistilo. Los primeros son filamentos delgados que sostienen las anteras alargadas y bífidas, las cuales contienen los granos de polen. En el pistilo se distinguen el ovario, el estilo y el estigma. El ovario es de cavidad simple y contiene un solo óvulo. El estilo es corto y termina en un doble estigma plumoso (Figura 10).

Según la variedad el estigma presenta diferentes colores: blanco, verde pálido, amarillo, púrpura pálido o púrpura.

Figura 10. Estructuras de una florecilla.

Las lodículas son dos protuberancias redondeadas y transparentes que se encuentran en la base de la flor responsables de la apertura floral.Durante la antesis las lodículas se ponen turgentes logrando que la lema y la palea se separen, simultáneamente se alargan los estambres y las anteras emergen. La dehiscencia de las anteras puede efectuarse antes o al mismo tiempo en que se abren las glumas, mostrando tendencia a la cleistogamia. Después de que las anteras hayan derramado el pólen las glumas se cierran, lo cual dura de 5 a 60 minutos.

Estructura de la semilla

La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente. Consta de la cáscara, formada por la lema y la palea con sus partes asociadas, lemas estériles, la raquilla y la arista; el embrión situado en el lado ventral de la semilla cerca de la lema, y el endospermo, el cual provee alimento al embrión durante la germinación (Figura 11).

Figura 11. Estructuras de una semilla de arroz.

Debajo de la lema y la palea se encuentran el pericarpio formado por 3 capas de células fibrosas muy duras. Debajo de éstas se encuentran dos capas ricas en proteínas, el tegumento y la aleurona.

Cuando las espiguillas maduran, las glumas fértiles, lema y palea, presentan diferentes colores según la variedad: color de paja, dorado, surcos dorados, manchas oscuras marrones sobre fondo paja, marrón amarillento, rojizo a púrpura, púrpura o negro.

La lamea y la palea que presentan diferentes grados de pubescencia según la variedad, pueden ser: glabras, pubescentes en la quilla de la lema, pubescente en la porción más alta y de vellosidad muy corta o larga (Figura 12).

Figura 12. Tipos de grano de arroz.

El embrión se encuentra separado de endospermo por el escutelo, consta de la plúmula u hojas embrionarias y la radícula o raíz embrionaria primaria. La plúmula está cubierta por el coleóptilo, y la radícula está envuelta por la coleorriza.

El grano de arroz descascarado es un cariópside, conocido como arroz integral, y aún conserva el pericarpio. Este puede ser de los siguientes colores: blanco, marrón pálido, rojo, púrpura leve o intenso. El denominado arroz rojo tiene el pericarpio de color rojo y en algunos tipos también el tegumento es coloreado.

En las variedades con endospermo glutinoso o ceroso, la fracción almidonosa es opaca, compuesta casi íntegramente por amilopectinas. Se la reconoce porque toman una coloración marrón rojiza en presencia del lugol mientras en los tipo comunes de endospermo almidonoso, o no glutinoso, la fracción almidonosa contiene amílosa más amilpectina, y se tornan azul oscuro con el lugol.

La apariencia de los granos de arroz descascarados y pulidos depende de su transparencia. Los granos pueden ser translúcidos, semitranslúcidos y opacos. Pueden presentar manchas no translúcidas en su abdómen, en el centro o en el dorso.

El endospermo blanco consiste principalmente en gránulos de almidón, envueltos en una matriz proteínica; contiene además vitaminas, azúcar, grasas, fibra cruda y cenizas o minerales.

Los granos de arroz descascarados pueden clasificarse según longitud en :

Extralargos (EL)	7.5 mm o más
Largos (L)	6.6 a 7.5 mm
Medios (M)	5.6 a 6.5 mm
Cortos (C)	5.5 mm o menos

Germinación de la semilla

Las semillas de arroz sin latencia pueden germinar inmediatamente después de su maduración. Las semillas con latencia están en período natural de reposo, por un período más o menos largo. Este puede romperse artificialmente descascarándolas o sometiéndolas a tratamientos especiales para que puedan germinar.

Muchas de las estructuras de la semilla en germinación son temporales, como el coleóptelo y la coleorriza y sus funciones son proteger otras estructuras o establecer la plántula mientras se desarrollan estructuras permanentes.

Si las semillas germinan bajo agua el coleóptilo, que contiene las hojas embrionarias, emerge antes que la coleorriza (Figura 13). Cuando las semillas germinan en un ambiente aireado, como el de los suelos con buen drenaje, surge primero la coleorriza.

Poco después de emerger la radícula rompe la coleorriza y se alarga. La siguen dos o más raíces seminales, las cuales desarrollan raíces laterales (13C). Estas raíces posteriormente mueren y son reemplazadas por raíces secundarias adventicias.

El coleóptilo emerge como una estructura cilíndrica, y al romperse por el ápice sale la hoja primaria y posteriormente la secundaria. (13E).

El mesocótilo se alarga cuando las semillas germinan bajo el fuego a fin de elevar el coleóptilo sobre la superficie del suelo, lo cual permite a la plúmula emerger.

Figura 13. Germinación de la semilla de arroz. Desarrollo de órganos a partir del embrión.

BIBLIOGRAFIA

Chang Te-Tzu and Eliseo A. Bardenas. 1965. The Morphology and varietal characteristics of the rice plant. IRRI Tech. Bull.4.

Font Quer, P. 1973. Diccionario de Botánica. Barcelona, España, Labor.1 V.

International Rice Research Institute. 1980. Descriptors for Rice Oryza sativa L. Manila, Philippines. 21p.

León, Jorge. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales, IICA.

Yoshida, Shouichi. 1977. Physiological consequences of altering plant type and maturity. International Rice Commission New letter No. 25.

CAPITULO III

FISIOLOGIA Y NUTRICION

CRECIMIENTO Y ETAPAS DE DESARROLLO DE LA PLANTA DE ARROZ

LOS MACRONUTRIMENTOS EN LA NUTRICION DE LA PLANTA DE ARROZ

EL DIAGNOSTICO DE PROBLEMAS EN ARROZ Y SU APLICACION

ANARANJAMIENTO Y TOXICIDAD DE HIERRO EN ARROZ

CRECIMIENTO Y ETAPAS DE DESARROLLO DE LA PLANTA DE ARROZ

F. Fernández, B.S. Vergara, N. Yapit y O. García

Un claro entendimiento de como se desarrolla la planta de arroz es esencial para los científicos que trabajan en la investigación y producción de este cultivo. Variaciones en la investigación son mejor comprendidas y los resultados son mejor interpretados cuando son relacionados con el ciclo completo de crecimiento o con una etapa específica.

Ensayos genéticos, de rendimiento, fertilización, ataque de insectos, etiología de enfermedades, resistencia a sequía, adaptación a inundación y aguas profundas, y de prácticas agronómicas, tienen relación con una o más etapas de crecimiento y desarrollo. El manejo efectivo de parcelas experimentales también depende del conocimiento que se tenga sobre el crecimiento de la planta.

La escala (de 0 a 9) de las etapas de desarrollo del sistema de evaluación estándar para arroz, es utilizada en este manual para la identificación de cada etapa. Se espera que esta descripción ayudará a los usuarios de la escala SES. (Standar Evaluation System).

Los datos e ilustraciones aquí presentados han sido tomados de la variedad moderna enana IR 36, de alto rendimiento (8 ton/ha), de ciclo corto (105 días) e insensible al fotoperíodo y sembrada mediante el sistema de transplante. Para la mayoría de los casos y con las excepciones anotadas, las etapas y descripciones se aplican a la generalidad de las plantas de arroz.

FASES DE DESARROLLO

El crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico contínuo que comprende un ciclo completo desde la germinación hasta la maduración del grano. Este crecimiento muestra un patrón común en el tiempo, que puede variar ligeramente dependiendo de características genéticas de la planta o la influencia del ambiente.

El ciclo de vida de la planta de arroz está generalmente comprendido en un rango de 100 a 210 días, con la moda entre 110 a 150 días (7). Variedades con ciclos de 150 a 210 días son usualmente sensibles al fotoperíodo y plantadas en áreas de aguas profundas.

El crecimiento de la planta de arroz puede ser dividido en tres fases:

- Fase vegetativa: De la germinación de la semilla a la iniciación de la panícula;
- Fase reproductiva: De la iniciación de la panícula a floración; y
- Fase de maduración: De floración a madurez total. También se le denomina como llenado del grano y maduración

Estas fases se sobreponen unas con otras en un cultivo o en una "postura" de arroz transplantado, especialmente por la diferente edad de los hijos, lo cual representa un desarrollo secuencial: tallo principal, hijos primarios, hijos secundarios, etc.

El crecimiento y desarrollo de la planta de arroz son principalmente afectados por la temperatura y la longitud del día.

El Cuadro 1 ilustra el comportamiento de crecimiento en los trópicos, de una variedad insensible al fotoperíodo que madura en 105 días (IR 36) o en 120 días (IR 8), comparadas con una variedad tradicional sensible al fotoperíodo y que madura en 150 días (Peta). La duración de la fase reproductiva (35 días) y de maduración (30 días), son más o menos constantes para las tres variedades bajo condiciones tropicales. La diferencia en la duración total del crecimiento es el período vegetativo retardado que ocurre en la parte final de la fase vegetativa que incluye el máximo macollamiento, la iniciación de la panícula y la elongación del entrenudo (11). En la variedad de maduración temprana, estos tres estados ocurren casi simultáneamente o se traslapan en un corto período; la iniciación de la panícula ocurre en un solo tiempo, independiente del fotoperíodo. En las variedades de período fotosensitivo largo, primero las plantas alcanzan su máximo número de hijos, y continúa la fase vegetativa retardada, durante la cual sigue produciendo nuevos hijos, mientras que otros mueren, y la elongación del tallo hasta cuando los días cortos inducen la iniciación de panícula. La longitud de la fase vegetativa depende de la sensibilidad de la variedad a la duración del día, a la temperatura y a su fase vegetativa básica heredada.

Si IR 8 es cultivada en áreas templadas o altas latitudes en los trópicos, la duración del crecimiento puede ser tan larga como 180 a 210 días comparada con 120 días en las tierras bajas de los trópicos. La dilación en la madurez es el efecto de la baja temperatura, principalmente en las fases vegetativas y de maduración. La fase de maduración se prolonga de 25 a 35 días bajo condiciones tropicales hasta 60 días en condiciones templadas.

EXPRESIONES CUANTITATIVAS DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO

El desarrollo de la planta puede ser medido cuantitativamente por varios parámetros, por ejemplo altura, número de hijos, número de hojas, índice de área foliar, acumulación de materia seca, producción de carbohidratos y absorción de nutrimentos. De éstos, el número de hijos será discutido en las etapas de macollamiento y máximo macollamiento.

En esta sección se tratarán la altura de la planta y el desarrollo de las hojas, y las raíces que ayudarán a entender mejor las etapas de crecimiento de la próxima sección. La acumulación de materia seca, la absorción de nutrimentos y la producción de carbohidratos serán discutidos al final.

Cuadro 1. Ocurrencia en tiempo de las etapas de crecimiento para variedades de tres ciclos de crecimiento.

FASES	Fase vegetativa 51 días					Fase reproductiva 31 días			Fase de Maduración 30 días		
ETAPAS	Germinación a emergencia	Plántula	Macollamiento	Máximo macollamiento	Elongación del tallo	Iniciación de la panícula	Desarrollo de la panícula	Floración	Etapa lechosa	Etapa pastosa	Etapa de maduración
	0	1	2		3	4	5	6	7	8	9
105 días de cultivo	3		18	(60)	44	52	70	75	82	92	105
120 días de cultivo	3		18	(55)		66	85	90	97	107	120
150 días de cultivo	3		18	Variable		85		120	127	137	150

Altura de la planta

La altura de la planta, a menudo la característica más notable, es usada como un criterio de crecimiento, especialmente donde la temperatura es baja o cuando el agua es profunda. Es normalmente medida de la superficie del suelo al extremo superior de la hoja más alta o la panoja.

Después del lento crecimiento durante el estado de plántula, la altura de la planta aumenta rápida y casi linealmente (Figura 1) hasta la floración cuando el crecimiento vertical cesa. Un atraso temporal del crecimiento ocurre generalmente después del transplante a medida que se inicia el macollamiento activo.

Las variedades enanas alcanzan una altura menor de 1.0 m. las semi-enanas crecen hasta 1.3 m y las variedades altas tradicionales alcanzan 1.5 m; éstas se vuelcan especialmente cuando se les fertiliza con nitrógeno y la densidad es alta.

Variedades altas se encuentran bajo condiciones de aguas profundas (1.5 m o más), donde las variedades crecen por la elongación de los entrenudos a medida que aumenta la profundidad del agua, alcanzando longitudes de tallo de 2.0 hasta 4.0 m. En las áreas de aguas profundas, la altura de la planta es un parámetro importante, puesto que a menudo determina la sobrevivencia de la planta.

La estatura baja y la dureza del tallo son cualidades esenciales en variedades de altos rendimientos, ya que minimizan el volcamiento y poseen una mayor relación grano/paja; por otro lado, las variedades altas son más competitivas con las malezas y más adaptadas a áreas de secano. El rendimiento y la respuesta al nitrógeno de las variedades de arroz están a menudo correlacionadas inversamente con la altura de la planta (12).

La altura de la planta es también un criterio importante para determinar el ataque de barrenadores, el efecto de enfermedades virales y el daño de roedores.

Desarrollo de las hojas

El patrón de desarrollo foliar ha sido usado como un indicador de crecimiento en maíz (2) y en sorgo (10), en los cuales el tallo lo define en forma fácil de seguir. Sin embargo en arroz, especialmente el transplantado, ésto no es fácil debido a la producción de macolla en cada postura, la variación en el número de hojas entre variedades y el corto tiempo de vida de la mayoría de las hojas. El desarrollo de las hojas en el tallo principal y en las macollas de IR 36 muestra un patrón de hojas de corta duración, las cuales se desdoblan (cuello visible) sucesivamente. En esta variedad que posee un total de 14 hojas, la primera se marchita y se muere al doceavo día, la segunda y la tercera permanecen en la planta por 25 días; la cuarta hasta la doce, tienen un promedio de vida de 35 días y las dos últimas permanecen hasta el final del ciclo de crecimiento de la planta, por 47 y 35 días respectivamente. Solamente 4 ó 5 de las 14 hojas están presentes en el tallo o hijos, a la floración; de éllas las dos hojas superiores permanecen hasta el final y son responsables por la fotosíntesis

Figura 1. Desarrollo de la planta a través de las etapas de crecimiento.

del 80 por ciento de los carbohidratos que van al grano (Figura 2).

Figura 2. Desarrollo de las hojas en IR 36.

El número de hojas varía extremadamente entre variedades de 9 a 23 hojas en el tallo principal y hay una correlación positiva entre el tiempo de maduración y el número de hojas (5). El número de hojas puede variar también de estación a estación para una variedad dada, por ejemplo Peta, desarrolla 21 hojas en la estación seca y solamente 16 durante la estación lluviosa. Una variedad fotosensitiva también cambia el número de hojas con la variación en la duración en la fase vegetativa, dependiendo de la época en la cual se siembre.

Las variedades del ciclo largo tienen mayor número de hojas en el tallo principal.

El tamaño de las hojas se incrementa linealmente en orden de emergencia, hasta la treceava en IR 36. La última hoja u hoja bandera, (la número 14 en IR 36), es más pequeña que sus predecesoras y usualmente más

ancha.

Otro aspecto importante lo representa la medida de las hojas en relación con la superficie. El cálculo del número de hojas por unidad de área es impráctico por su poco significado. Más significativo es el índice de área foliar o área de las hojas por metro cuadrado, la cual se relaciona con el rendimiento.

Crecimiento de la raíz

Si las semillas germinan en agua el coleóptilo emerge antes que la coleorriza; cuando las semillas germinan en un ambiente aireado, surge primero la coleorriza, luego la radícula rompe la coleorriza poco después de que ésta aparece. Durante los primeros siete días después de la siembra, la radícula y las raíces seminales crecen y desarrollan raíces laterales. Estas raíces son temporales y son reemplazadas por raíces fibrosas permanentes, raíces adventicias, que se desarrollan a partir del primer nudo del tallo arriba del escutelo, y luego a partir del segundo, tercero y más nudos, en la base del tallo. Al momento de la floración, la planta ha desarrollado al máximo el sistema radical que se inició con las raíces nodales o adventicias, en la etapa 1 (plántula).

El crecimiento y desarrollo de la raíz es característica varietal afectada por el medio de cultivo y los niveles de fertilización (1.9). La longitud de las raíces decrece con un incremento en el nivel de nitrógeno en el medio de cultivo. Las raíces de las variedades de baja respuesta al nitrógeno son más largas que las de las variedades de alta respuesta, en condiciones de bajo nivel de nitrógeno (9). La longitud de las raíces también puede ser afectada por la concentración de aluminio en la solución; la relación entre la longitud de la raíz a 30 ppm y a 3 ppm de Al, a las tres semanas de edad de la planta, se llama longitud radicular relativa (LRR) e indica la tolerancia al aluminio (1).

Un sistema radical profundo con una alta relación raíz/parte aérea es una característica deseable para variedades de secano. Sin embargo, un argumento en contra de una alta relación raíz/parte áerea, es la menor distribución de asimilados en la parte aérea, lo cual puede ser una barrera para alcanzar altos rendimientos (12).

ETAPAS DE DESARROLLO

Las etapas de desarrollo de la planta son fácilmente identificables, marcan cambios fisiológicos y morfológicos de gran importancia en la vida de la planta. El Cuadro 1 da los diez principales estados con un código de un solo dígito y que identifica una característica principal en relación con el tiempo, para variedades de diferentes ciclos. Hay que anotar en relación al desarrollo que el máximo número de hijos y las etapas iniciación de la panícula y elongación del tallo, coinciden sustancialmente en las variedades tempranas como la IR 36, pero ocurren en sucesión o con ligero traslape, para las variedades tardías.

Germinación a emergencia (Etapa 0)

De la siembra a la aparición de la primera hoja a través del coleóptilo. La siembra usualmente se efectúa después de remojar e incubar las semillas por períodos sucesivos de 24 horas. Durante esta pregerminación, las semillas absorben agua, se hinchan, comienzan el metabolismo de sus reservas de almidón y proteína y se inicia el crecimiento del embrión (7). La rata de respiración viene a ser alta durante este período.

A una temperatura media de 26°C la emergencia ocurre dos a tres días después de la siembra de semillas pregerminadas. La primera hoja, la cual carece de lámina, rompe el coleóptilo y viene a ser visible sobre la superficie del suelo. Cuando la siembra se efectúa con semilla seca en suelo seco, el proceso de germinación se dilata en función de la humedad y de la profundidad de siembra, puede demorar entre 5 y 10 días.

Plántula (Etapa 1)

De la emergencia hasta justo antes de aparecer la primera macolla. Durante esta etapa, cuatro hojas emergen totalmente y la primera hoja muere al día doceavo (Figura 2). En los semilleros el macollamiento se inhibe debido a la alta densidad.

Al principio la plántula depende totalmente de la energía, proteínas y minerales de la semilla. Entre el séptimo y el octavo día, la plántula comienza a fotosintetizar sus propios requerimientos de energía y a absorber nutrimentos y entonces viene a ser independiente de la semilla. De aquí en adelante, la acumulación de materia seca en la plántula se incrementa más rápidamente.

El transplante (Estado 1T) se hace usualmente cuando la planta tiene tres a cinco hojas totalmente desarrolladas a los 16-18 días, algunas veces más temprano, o más tarde, especialmente para variedades tardías o en ambientes más frescos donde el desarrollo es lento y se planta entre 25 y 45 días de edad.

Macollamiento (Etapa 2)

De la aparición del primer hijo hasta cuando la planta alcanza el máximo número de éllos, o hasta el comienzo del siguiente estado. El macollamiento es el estado más largo y tarda de 45 a 50 días para variedades tempranas (105 días) y variedades tardías (150 días) respectivamente. Aún puede ser mayor en variedades fotosensitivas.

A 26°C, en arroz transplantado, los hijos comienzan a emerger lentamente, luego ocurre más rápidamente a medida que surgen hijos secundarios y terciarios.

Los hijos primarios emergen secuencialmente del primero, segundo, tercero y nudos siguientes del tallo principal. Los hijos secundarios emergen después del desarrollo de cada hijo primario en su primer, segundo y tercer nudo. Hijos terciarios emergen del primer nudo de los hijos

secundarios. Algunas variedades alcanzan a producir hijos cuaternarios.

En el Cuadro 2 se da el número de hijos producidos por la planta de IR 36 separados en primarios, secundarios y terciarios. A medida que los hijos se desarrollan en arroz transplantado, la base de la planta aumenta el diámetro y las hojas inferiores del tallo principal se desplazan y se parten, a medida que los hijos crecen y producen sus propias raíces. Puede observarse también en el cuadro la simultaneidad en el macollamiento con las dos etapas posteriores, puesto que la precocidad de la variedad hace que el máximo macollamiento (2 Mx) se alcance después de la diferenciación del primordio.

De las 14 hojas producidas por una variedad temprana transplantada, seis han muerto cuando se alcanza el máximo macollamiento.

A lo largo del estado de macollamiento, las raíces adventicias continuan su desarrollo a partir de nudos inferiores de los hijos primarios, secundarios y terciarios expandiendo considerablemente el sistema radical fibroso.

Número máximo de hijos

Esta parte del ciclo de crecimiento es muy importante porque tiene una estrecha relación con el mejoramiento del cultivo y de las prácticas agronómicas. En variedades tempranas el número máximo de hijos se alcanza casi simultáneamente con la iniciación de la panícula o ligeramente después (Figura 3), pero en variedades tardías puede bien presidir la elongación del tallo y la iniciación de la panícula (7,8).

En arroz transplantado se pueden desarrollar más de 30 macollas por planta o 750 por metro cuadrado, cuando se transplanta una planta por sitio a 20 x 20 cm y se aplica abundante fertilizante; alcanza el máximo macollamiento en 60 días. En siembras directas densas, en hileras o al voleo, se alcanza el número máximo de hijos a los 30 días y se desarrollan sólo dos o tres hijos primarios por planta, pero hasta un máximo de aproximadamente 1000 por metro cuadrado (Figura 3). El número de macollas puede incrementarse con fertilización con N y P. Plantas aisladas en variedades de alto macollamiento pueden presentar hasta más de 100 hijos.

Incrementando el número de plántulas por postura o acortando la distancia de transplante, cada planta produce menos hijos. Un máximo aproximado de 1000 hijos por metro cuadrado se puede alcanzar haciendo caso omiso de la población inicial, ya sea con una densidad normal de transplante o mayor de 100 kg/ha en siembra directa. Independiente del número de hijos que la planta alcance en la etapa de macollamiento máximo, el número de hijos efectivos alcanza alrededor de 450 por metro cuadrado. En ciertos ambientes donde las plantas crecen poco es posible encontrar 700 o más hijos válidos en siembras densas. El número de panículas que la planta tenga es determinado en el estado de iniciación de la panícula.

Elongación del tallo (Etapa 3)

Desde el momento que el cuarto entrenudo del tallo principal por

Cuadro 2. Número acumulado de hijos primarios, secundarios y terciarios, producidos en el estado de macollamiento máximo por IR 36 transplantado, una planta por sitio, espaciado a 20 x 20 cm.

ETAPA	DIAS	HIJOS			TOTAL
		PRIMARIO	SECUNDARIO	TERCIARIO	
2	23	1	—	—	1
	28	2	—	—	2
	30	3	—	—	3
	33	3	2	—	5
	37	4	4	—	8
	42				
3	44	4	8	1	13
	49				
4	51	6	13	7	26
	53	7	14	8	29
2 Mx	60	8	14	8	30

Figura 3. **Números de hijos en diferentes sistemas y densidades de siembra en IR 36. Se observa cambio en el momento de máximo macollamiento (Mx).**

debajo de la inflorescencia, comienza a hacerse notable en longitud, hasta cuando está totalmente elongado o hasta cuando el siguiente estado comienza. En variedades fotosensitivas y tardías la elongación del tallo comienza después del máximo macollamiento y se alarga considerablemente antes de la iniciación de la panícula, que es iniciada por fotoperíodos de días cortos (7,8,11). En variedades semienanas, fotoinsensibles y tempranas, el cuarto entrenudo debajo de la panícula se elonga solamente 1 a 3 cms antes de que la panícula sea visible, pero continúa su elongación rápidamente inmediatamente después de la iniciación visual de la panícula, hasta que la inflorescencia esté completamente emergida sobre la hoja bandera.

Esta elongación coincide con el desarrollo de la inflorescencia y ocurre en los cuatro entrenudos debajo de la panícula. Los demás entrenudos debajo del cuarto nunca se elongan en arroces fotoinsensitivos y tempranos. Al mismo tiempo, la hoja número once emerge totalmente en el tallo principal de IR 36, mientras que las primeras tres hojas han muerto y sólo ocho quedan en el tallo.

Iniciación de la panícula (Etapa 4)

La diferenciación del meristema en el punto de crecimiento, inicia el primordio de la panícula (o diferenciación del nudo-cuello), y marca el final de la fase vegetativa y el comienzo de la fase reproductiva. Esta se traslapa con la elongación del tallo y el estado de máximo macollamiento, en variedades semi-enanas y tempranas (7,11), sucediendo a un tiempo fijo, independiente de la longitud del día. Mientras que en variedades fotosensitivas, la panícula se iniciará solamente cuando la planta que haya cumplido la fase vegetativa básica sea expuesta a días cortos, de este modo depende de la fecha de siembra y la época del año, por lo tanto el número de días de la siembra a la iniciación de la panícula será variable (11).

El primordio de la panícula no es aún visible en este momento. Solo viene a ser visible once días más tarde en el extremo del punto de crecimiento, como una estructura cónica plumosa de 0.5 a 1.5 mm de longitud la cual marca el final de la etapa (Figura 4).

Removiendo cuidadosamente la vaina de la hoja que están a su alrededor,se puede observar en este momento que en la joven panícula se inicia la diferenciación de los primordios de las ramas secundarias en el raquis, con lo cual se inicia el desarrollo de las espiguillas.

Durante el período entre la diferenciación del nudo del cuello y de los primordios de las espiguillas se determina el número potencial de granos localizados en la panícula (13). En este momento es cuando el rendimiento se afecta más severamente por condiciones adversas. La hoja número 12 emerge totalmente y en este momento en el tallo principal de IR 36 las primeras cinco hojas han muerto. En arroces fotoinsensitivos y densamente sembrados, la iniciación de la panícula ocurre uniformemente en el campo, pero no ocurre en arroz transplantado, donde hijos secundarios o terciarios brotan después del primario.

Figura 4. **Determinación de la iniciación del primordio de la panícula.**

Desarrollo de la panícula (Etapa 5)

Desde cuando la panícula diferenciada es visible hasta cuando la punta de ella está justo debajo del cuello de la hoja bandera. En variedades tempranas el desarrollo de la panícula sucede al mismo tiempo que la elongación del tallo. Cuando la panícula alcanza una longitud de 5 cm comienza la diferenciación de las espiguillas.

En esta etapa del primordio se diferencian las espiguillas, las cuales forman con el raquis la inflorescencia, que crece dentro de la vaina de la hoja bandera causando un abultamiento llamado comúnmente "embuchamiento" (Estado 5E). Esta etapa es muy crítica debido a que durante la diferenciación de las espiguillas el número total de granos por panícula es determinado. En este momento condiciones ambientales desfavorables afectan el rendimiento al reducir el número de espiguillas diferenciadas y fértiles.

La última hoja u hoja bandera, crece durante la etapa hasta casi

emerger totalmente. Cuando el cuello de la hoja bandera y la precedente están al mismo nivel, está ocurriendo la meiosis en las florecillas de la mitad de la panícula. En este estado las temperaturas frías prolongadas pueden causar esterilidad de las flores. El desarrollo de la panícula ocurre uniformemente en un campo sembrado directa y densamente con variedades fotoinsensibles, pero es ligeramente variable en arroz transplantado.

Floración (Etapa 6)

La salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera marca el comienzo de la etapa de floración, y es seguido inmediatamente por la antesis de las flores en el tercio superior de la panícula. Esto es notado por la salida de las anteras de apariencia blanquecina. Las flores en el medio y en el tercio inferior abren en los días sucesivos. La antesis en IR 36 se completa en cuatro días por panícula. Para completar la floración se tarda cuando mucho 7 días en variedades de ciclo largo, de panículas grandes y en temperaturas frías.

Vientos cálidos, secos o húmedos, afectan seriamente la fecundación de los estigmas, reduciendo el rendimiento considerablemente. También temperaturas excesivamente bajas del agua o el aire, pueden causar un efecto similar al impedir que las flores abran y se polinicen.

Debido a la diferencia en el tiempo de formación y crecimiento de las macollas, "el embuchamiento", la antesis y fertilización del ovario no ocurren uniformemente en cada sitio de transplante. El arroz transplantado, tarda hasta 10 días para completar la floración y fertilización de todas las espiguillas en un sitio, mientras que en el arroz en siembra directa y densa, se desarrollan tan sólo 1 ó 2 tallos por planta y la floración es muy uniforme, igual que en variedades sensibles al fotoperíodo. Aparte de lo anterior se presentan diferencias pequeñas entre plantas, debido a cierto grado de heterosis en variedades de polinización más abierta.

En este estado, la planta ha alcanzado, o está cerca de hacerlo, su máxima altura. El número de hijos fértiles se ha establecido alrededor de 450 por metro cuadrado y solamente cinco hojas están aún en el tallo principal de IR 36. Tres a cinco hojas pueden permanecer en cada tallo, siendo mayor el número en el tallo principal que en los hijos.

Etapa lechosa (Etapa 7)

Después de la fertilización de las flores, los carbohidratos almacenados son translocados rápidamente de los tallos y otras partes de la planta; muchos más son fotosintetizados y se mueven rápidamente para llenar el grano con un líquido lechoso (puede ser sacado a presión con los dedos).A los cinco días después de la antesis, los granos son todavía de un color verde y la panícula cuando se sostiene vertical se dobla en arco a 90° por el peso de los granos llenos en el tercio superior. En IR 36 la hoja 11 en el tallo principal envejece en este estado, quedando sólo tres los cuales producen 85 por ciento de los fotosintatos que van al grano, causando una rápida ganancia de su contenido en materia seca (Figura 5).

Etapa pastosa (Etapa 8)

La consistencia del grano cambia primero a pastosa suave y luego se endurece en cerca de quince días; el color cambia a verdoso amarillento. La panícula dobla su punta en arco de 180° y las ramas de la mitad del raquis a 90° formando un arco en su punta, debido a que sus granos incrementan en peso. La hoja 12 se marchita y sólo dos permanecen en cada macolla. La planta alcanza un máximo peso en materia seca y alrededor de la mitad de ésta se encuentra en el grano al final de esta etapa.

Etapa de maduración (Etapa 9)

A los 30 días después de la floración, los granos alcanzan el estado de madurez en el trópico cálido; en áreas más frescas el proceso se retarda con ganancia en el llenado y peso de los granos. La planta entera está fisiológicamente madura, cuando el 90 por ciento de los granos han madurado y muestran un color amarillo pajizo. Algunas espiguillas nunca se llenan y pueden permanecer de color verde.

Las dos hojas remanentes en todos los tallos están marchitas, aunque en algunas variedades permanecen de color verde pálido. La panícula se dobla a 180° y se apoya adelante en el nudo del cuello. Las ramas del raquis en la mitad de la panícula tienden a separarse y se cuelgan debido al peso de los granos.

La producción de materia seca ha cesado y puede presentarse una ligera disminución, lo cual se acentúa al sobremadurar el grano por la dehisencia del mismo. En la planta aún pueden permanecer algunos hijos que no desarrollaron, son los hijos no válidos.

PRODUCCION DE MATERIA SECA

La producción de materia seca en la planta de arroz es muy lenta durante los primeros 30 a 40 días, menos del 3 por ciento de las 15.6 toneladas producidas por IR 36 hasta la etapa pastosa. Después de los 40 días, la producción de materia seca viene a ser muy rápida por el inicio del macollamiento activo y el crecimiento de varias partes de la planta. Este incremento en la materia seca total es casi lineal en IR 36 hasta el comienzo de la etapa 9, mostrando una ligera disminución en la tasa de acumulación justo al terminar el estado de máximo macollamiento y durante la etapa de grano maduro. La Figura 5 muestra la distribución relativa de la materia seca en las partes de la planta durante los estados de crecimiento.

La cantidad de materia seca cambia con la variedad; está también influida por los factores ambientales y la disponibilidad de nutrimentos, pero el patrón de acumulación es similar en casi todos los arroces. Un quinto de acumulación en la planta ocurre antes de la iniciación de la panícula, etapas 1,2 y 3; la mitad se alcanza al estado de floración (etapas 1-6) y la otra mitad durante la formación del grano (etapas 7,8 y 9). En variedades de alto rendimiento, alrededor de la mitad de la materia seca total termina en los granos, dando como resultado un índice de cosecha

del 50% o una relación grano/paja cercana a la unidad. Al final casi el 18 por ciento de la materia seca viene a ser inactiva como hojas muertas, la mitad de ésta a partir del estado de floración.

Figura 5. **Producción de materia seca a través de las etapas de desarrollo de la planta de arroz.**

Acumulación de carbohidratos

Menos de 1/5 de los carbohidratos translocables (azúcar y almidón), formados en los tejidos verdes, son acumulados en la planta antes de la floración, la mayoría se encuentra en las vainas y en los tallos (Figura 6). Durante el desarrollo de la panícula, los azúcares van a las espiguillas.

Cuando los granos comienzan a llenarse después de la fertilización del ovario, ocurre una rápida translocación desde el tallo y las vainas al grano durante la etapa lechosa, lo cual se completa cuando la etapa pastosa comienza. Simultáneamente durante la etapa lechosa y en la etapa pastosa, la glucosa fotosintetizada por las últimas hojas viene al grano. En la madurez, alrededor del 95% de los azúcares de la parte aérea de la planta está en el grano y sólo un 5% permanece en tallos y hojas.

Figura 6. **Acumulación de carbohidratos translocables en las diferentes partes de la planta a través de las etapas de desarrollo.**

Es fácil concluir que daños en las hojas activas durante las etapas lechosa y pastosa, afectan seriamente los rendimientos, cosa muy diferente a lo que ocurre durante los primeros estados de crecimiento.

LOS ESTADOS DE DESARROLLO Y LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

El rendimiento en grano de las plantas de arroz está condicionado por tres factores:

1. El número de panículas por unidad de superficie

2. El número de granos llenos por panícula, y

3. El peso medio de los granos individuales.

El número de panículas por unidad de superficie (o por planta), es determinado en gran parte durante la fase vegetativa y depende del número de macollas formadas; las restricciones de nutrimentos, agua y de espacio,

limitan el número de macollas que producen panículas.

El número de granos por panícula es controlado durante la fase reproductiva. Numerosos estudios han demostrado que la disponibilidad de nutrimentos y el número de granos por panícula tienen una correlación positiva. También la actividad fotosintética, durante los estados de floración hasta maduración, tiene gran influencia. Debe considerarse una esterilidad normal de las espiguillas que fluctúa con la variedad entre un 8 y un 15%.

El peso medio del grano es determinado durante la fase de maduración. Las plantas expuestas a un óptimo suministro de N en cada fase de crecimiento, con numerosas hojas activas y en condiciones adecuadas de ambiente, producen gran cantidad de carbohidratos durante las fases reproductiva y de maduración, lo cual, a su vez, da como resultado un gran número de granos con buen peso por panícula.

La paja es el producto del crecimiento durante la fase vegetativa y el grano es el producto del crecimiento durante las fases reproductiva y de maduración, la suma de ambos es el rendimiento biológico total y la proporción de grano se denomina índice de cosecha.

Cuanto más largo sea el período de crecimiento de una variedad, tanto mayor será el peso total de la planta, en tanto que la proporción grano/paja disminuye. Así el rendimiento en grano aumenta al prolongarse el período de crecimiento, pero solo hasta alcanzar una duración óptima (120 a 140 días en el trópico) (4). Las variedades más precoces o tardías tienen menor capacidad para formar granos.

BIBLIOGRAFIA

CIAT. 1973. Informe anual de 1972.

Hanway, J.J. 1963. Growth stages of corn (Zea mays, L.) Agron. J.55: 487-497

International Rice Testing Program. 1976. Standard Evaluation for Rice. p.18. Int. Rice Res. Inst., Los Baños, Filipinas.

IRRI. 1963 Annual Report. Los Baños, Filipinas

Jennings, P.R. y Beachell, Henry. 1965. Breeding Rice for Nitrogen responsiveness The Mineral Nutrition of the Rice plant. Int.Rice Res. Inst. Johns Hopkins Press, Baltimore, 449-457

Matsubashi, M., R.T. Tokase, T. Nomato, y N. Yamada. 1963. Theory and practice of growing rice. Fuji Publishing Co. Tokio, Japon.

Matsushima, S. 1966. Crop science in rice. Theory of yield determination and its application. Fuji Publishing Co. Ltd. Tokio, Japon.

Tanaka, A.S., A. Navasero, C.V. García, F.I. Parao y E. Ramírez. 1964. Growth habit of the rice plant in the tropics and its effect on nitrogen response. Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull. 3 Los Baños, Filipinas.

Tanaka, Akira, 1965. Plant characters relation to Nitrogen response in Rice. Symp. at IRRI. Johns Hopkins Press, Baltimore.

Vanderlip, R.L. y M.E. Reeves. 1972. Growth stages of sorghum (Sorghum bicolor, L.) (Moench) Agron. Jour. 64: 13-16

Vergara, B.S. y T.T. Change. 1976. The flowering response of the rice plant to photoperiod: A review of the literature. Int. Rice Rs. Int. Tech. Bull. 8 Los Baños, Filipinas.

Yoshida, Shcuichi, 1977. Physiological consequences of altering plant type and maturity. International Rice Commission Newsletter #25.

Zandoks, J.C., T.T. Chang G. y C.I. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.

LOS MACRONUTRIMENTOS EN LA NUTRICION DE LA PLANTA DE ARROZ

M.A.Perdomo, J. González, Y.C. de Galvis, E. García, O. Arregocés

La siembra de las variedades de alto rendimiento y el manejo adecuado de los cultivos, permiten obtener mayor cantidad de grano por cada kilogramo de fertilizante aplicado, hasta un nivel óptimo de respuesta. El conocimiento de cómo los nutrimentos contribuyen a aumentar los rendimientos a través de las etapas de desarrollo es importante porque permite un uso eficiente de los fertilizantes.

El objetivo principal de una aplicación de fertilizantes es suministrar una cantidad razonable de nutrimentos cuando la planta lo demanda durante sus diferentes etapas de desarrollo.

Para comprender cómo la cantidad de nutrimentos afecta los rendimientos es preciso analizar en primer lugar, cómo se determina el rendimiento en grano a través de los procesos de acumulación de materia seca; luego las funciones de absorción y distribución, síntomas de deficiencia y requerimientos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

ETAPAS DE DESARROLLO Y COMO SE DETERMINA EL RENDIMIENTO

El rendimiento en grano de un cultivo de arroz está determinado por el número de panículas por unidad de área, por el número de espiguillas por panícula, por el tamaño de la cáscara y el peso de los carbohidratos (proteínas, grasas, etc.) almacenados en el grano.

El número de panículas por unidad de área lo determina el número de hijos formados durante la etapa de macollamiento, por el porcentaje de hijos efectivos que se decide unos 10 días después del estado de máximo macollamiento. El número de espiguillas por panícula y el tamaño de la cáscara (glumas) se establecen durante la etapa de desarrollo de la panícula.

La mayor cantidad de materia seca se produce después de la floración y el proceso es controlado por la fotosíntesis y la respiración durante el llenado de los granos; el contenido del grano determina su peso.

El número de panículas por unidad de área, el número de espiguillas llenas por panícula y el peso del grano, están correlacionados con la cantidad de nutrimentos absorbidos por la planta, durante sus etapas de desarrollo.

Las plantas con numerosas hojas en capacidad de intervenir en la fotosíntesis y con un óptimo suministro de nutrimentos en cada etapa de crecimiento, producen gran cantidad de carbohidratos durante las fases reproductiva y de maduración, lo que a su vez, da como resultado un gran número de granos llenos por panícula.

PRODUCCION DE MATERIA SECA

La producción de materia seca en la planta de arroz puede ser dividida en dos épocas :

a. Antes de la floración. Las sustancias producidas se almacenan en las hojas, raíces y los tallos.

b. Después de la floración. Un 90% de la materia seca total acumulada en los grano se produce después de la floración, el 10% restante procede de los tallos y de las hojas donde se acumuló antes de la floración. La materia seca producida durante este período, tiene una estrecha correlación con el rendimiento en granos.

La cantidad de materia seca producida depende de la variedad, de la disponibilidad de nutrimentos y también está influenciada por los factores ambientales; pero el patrón de acumulación es similar en casi todas las variedades de arroz.

La variedad CICA 8, para un rendimiento de 6.0 ton/ha en el CIAT (perdomo, et al, 1982) presenta una tasa de producción de materia seca, por día, desde la germinación hasta el inicio del macollamiento (30 días después de la siembra) de 3.5 kg/ha en promedio; hasta la iniciación de la panícula de 22.98 kg/ha; hasta la floración 41.08 kg/ha. Esta variedad al macollamiento ha producido el 0.87% de la materia seca total, a la iniciación de la panícula el 14.42%, a la floración el 36.20% y de este estado a la madurez se produce el 63.9% restante equivalentes a más de 200 kg de materia seca por día, lo cual es un indicativo de la muy alta actividad fisiológica durante el período (Figura 1).

La Figura 2 muestra la distribución relativa de la materia seca en la parte aérea de una planta de IR 36 durante sus etapas de crecimiento. Casi el 18% de esta materia seca total se pierde al quedar en las hojas muertas (Fernández, 1978).

FUNCION DE LOS MACRONUTRIMENTOS

La mayor o menor cantidad de granos es el resultado de la relación entre la fotosíntesis y la respiración, y estas son actividades que están influídas directa o indirectamente por el contenido de nutrimentos. Por ejemplo, el nitrógeno es un componente de las proteínas, las que a su vez son constituyentes del protoplasma, cloroplastos y enzimas. El fósforo, como fosfato inorgánico, es un compuesto rico en energía, y como una coenzima está directamente involucrado en la fotosíntesis. El potasio, al actuar en la apertura y cierre de los estomas, tiene que ver en el control de la difusión del CO_2 en los tejidos verdes, que es el primer paso de la fotosíntesis; el potasio también es esencial en la actividad de las enzimas.

Figura 1. Acumulación de materia seca durante las etapas de desarrollo de la variedad Cica 8. (Perdomo, *et al.*, 1982).

Figura 2. Producción de materia seca y su distribución en la parte aérea de la planta a través de las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 (Fernández, 1978).

El calcio hace parte de las paredes de las células y es necesario para la división celular. El magnesio es un componente de la clorofila. El azufre es parte de las proteínas y se requiere para la síntesis de las vitaminas.

Las funciones del silicio en el crecimiento del arroz no son muy claras, y aunque los resultados de varios estudios difieren, parece que un incremento en la absorción de este elemento por parte de las plantas, las protege de las infecciones de hongos y el ataque de insectos, mantiene erectas las hojas, disminuye tanto las pérdidas por transpiración como la absorción del hierro y el manganeso, e incrementa el poder oxidante de las raíces.

Síntomas de deficiencias

Los síntomas visibles aparecen en la planta cuando hay deficiencia aguda o toxicidad de algún nutrimento, o por interferencias de otras sustancias tales como ácidos orgánicos, CO_2 y H_2S.

La movilidad de los nutrimentos en la planta y la posición de la hoja en la cual aparecen los síntomas de deficiencia están relacionados. Cuando se trata de un nutrimento de poca movilidad, como el calcio y el hierro, por ejemplo, los síntomas normalmente aparecen en las hojas superiores. Por el contrario, cuando el elemento es móvil, los síntomas aparecen en las hojas inferiores, debido a que el nutrimento ha sido translocado a las hojas superiores o al punto de crecimiento. El nitrógeno, el fósforo, el potasio y el azufre son ejemplos de nutrimentos móviles.

La clorosis, en el caso de deficiencias, es diferente según el elemento que esté por debajo del nivel crítico; las deficiencias de potasio o magnesio causan clorosis intervenal, mientras que la de nitrógeno o azufre produce clorosis total.

Las plantas con deficiencia de nitrógeno son raquíticas y con pocos tallos. Con excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás son angostas, cortas, erectas y amarillentas. Las hojas inferiores presentan secamiento del ápice a la base.

Las plantas con deficiencia de fósforo son también raquíticas y con escaso macollamiento.Las hojas son angostas, cortas, erectas y con un color verde-grisoso opaco. Las hojas jóvenes son sanas y las inferiores se tornan de color marrón y mueren. Si la variedad tiene tendencia a producir pigmentos antocianinos las hojas pueden desarrollar un color púrpura o rojizo.

La deficiencia de potasio reduce el macollamiento y las plantas pueden sufrir de raquitismo moderado. A medida que las plantas crecen las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las venas y se inclinan. Con el tiempo las hojas inferiores se tornan de color marrón y la coloración amarillenta pasa a las hojas superiores.

La deficiencia de azufre es similar a la de nitrógeno y diferenciarlas visualmente es casi imposible. La deficiencia de calcio

afecta muy poco la apariencia general de la planta, excepto cuando es aguda, en cuyo caso el punto de crecimiento de las hojas superiores se torna blanco, enrollado y encrespado, la planta es raquítica y los puntos de crecimiento mueren.

La deficiencia de magnesio cuando es moderada, afecta levemente la altura y el macollamiento. Las hojas son onduladas y se doblan debido a la expansión del ángulo entre la lámina foliar y la vaina. La clorosis intervenal ocurre en las hojas inferiores y se caracteriza por un color anaranjado.

ABSORCION Y DISTRIBUCION DE LOS MACRONUTRIMENTOS Y DE SILICIO EN LA PARTE AEREA DE LA PLANTA DE ARROZ

El proceso de absorción de nutrimentos a través de las diferentes etapas de crecimiento es una función de las propiedades del suelo, cantidad de fertilizante aplicado, la variedad de arroz y el sistema de cultivo (Shizuka,1964); se ha observado también que la capacidad de absorción de nutrimentos por las raíces de las plantas de arroz, se adapta fácilmente a condiciones de crecimiento poco favorables, como lo demuestran experimentos bajo sombra y a baja temperatura (Yoshida, 1976).

La Figura 3 muestra las curvas de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio a través de las etapas de desarrollo de una planta de la variedad IR-36 bien fertilizada (130-40-40) que ha crecido en un suelo con adecuada disponibilidad de P y K; las raíces de las plantas fueron sumergidas en ZnO antes del transplante, para corregir deficiencia local de este micronutrimento.

El nitrógeno es absorbido rápidamente durante las primeras etapas de desarrollo hasta el final del período vegetativo, decae ligeramente durante el estado de máximo macollamiento y diferenciación y vuelve a ser absorbido con rapidez hasta la etapa de grano pastoso.

La absorción de fósforo es lenta hasta cuando se inicia el primordio floral, posteriormente es un poco más rápida hasta poco después de la floración, cuando las necesidades de fósforo de la planta están satisfechas.

El potasio es absorbido según el crecimiento de la planta hasta el final de la etapa lechosa del grano, luego decae alcanzando su máximo contenido en la planta al final de grano lechoso. La planta ya no requiere más potasio.

Figura 3. Absorción de N, P y K a través de las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada (Fernández, 1978).

En la Figura 4 se muestra la absorción de nitrógeno, fósforo y potasi por la variedad CICA 8, en el CIAT, Palmira.

Figura 4. Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio, por la variedad CICA 8 (Perdomo, *et al*, 1982).

Hasta el macollamiento (30 días después de la siembra) el cultivo h absorbido el 1.98% del nitrógeno total, a la iniciación de la panícula e 24.62% y a la floración el 51.91%; un 48% lo absorbe durante el llenado de grano.

Respecto al fósforo, hasta el macollamiento la planta ha utilizad el 1.26% del total, a la iniciacion de la panícula el 17.13% y a l floración el 37.61%. En cuanto a. potasio se observa que macollamiento la planta ha tomado el 2.27% del total, a la iniciación d la panícula el 27.31% y a la floración el 46.09%. La variedad CICA mantuvo continua la absorción de los tres elementos hasta el final d período.

DISTRIBUCION DEL NITROGENO

La mayoría del nitrógeno tomado por la planta es almacenado en lámina y vainas de las hojas hasta la etapa de floración, momento en el cual de todas las partes de la planta se transloca rápidamente al grano, tal proporción que alrededor de la mitad del nitrógeno almacenado en u planta, bien fertilizada, va a los granos (Figuras 5 y 6). La absorción d otro 50% del nitrógeno contenido en el grano ocurre después de la floraci

Figura 5. Absorción de nitrógeno por las variedades IR-22 y CICA 8 (González, *et al*, 1980).

Figura 6. Distribución del N en una planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández, *et al*, 1978).

DISTRIBUCION DEL FOSFORO

Cierta cantidad de fósforo se acumula en las raíces y en las hojas hasta la iniciación de la panícula. A medida que el tallo se elonga, una cantidad considerable de fósforo circula en el tejido vegetativo hasta la etapa de floración; de allí en adelante se transloca rápidamente a los granos donde se acumula alrededor del 75% del total del P tomado. Solamente un quince por ciento o menos permanece en la paja del IR-36 (Figura 7).

Figura 7. Distribución del fósforo en una planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández, *et al*, 1978).

DISTRIBUCION DEL POTASIO

A diferencia del nitrógeno y el fósforo, sólo una pequeña cantidad de potasio, menos del 12 por ciento del total tomado por IR-36,va al grano. Este elemento se acumula en las partes vegetativas donde sirven para su formación y permanece en el tallo hasta la cosecha. Alrededor del 90 por ciento del potasio absorbido del suelo y de los fertilizantes, permanece en la paja y eventualmente regresa al suelo.

Una pequeña cantidad del potasio de vainas y láminas se pierde después de la floración. (Figura 8).

Figura 8. Distribución del potasio en una planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández, *et al*, 1978).

ABSORCION Y DISTRIBUCION DE CALCIO, MAGNESIO Y AZUFRE

El calcio es absorbido de acuerdo con el crecimiento de la planta de manera contínua hasta la etapa pastosa. Al igual que en el caso d los elementos mayores la absorción aumenta paralelamente al increment de materia seca.

En la Figura 9 se observa la absorción de calcio, magnesio y azufr a través del período vegetativo. En la etapa de iniciación de l panícula el cultivo ha absorbido el 14.10% del total de calcio; de est período a la maduración toma el 85.90% restante. Respecto al magnesio hasta la iniciación de la panícula la planta toma el 12.71% y de esta época a la maduración el 87.28%. En cuanto al azufre hasta la etapa d iniciación del primordio floral la planta toma el 24.2% del total y de est etapa a la maduración el 75.8% (Perdomo, et al, 1982).

Figura 9. Absorción de elementos secundarios, calcio, magnesio y azufre (Perdomo, *et al*, 1982).

El contenido de calcio en las hojas y los tallos se incrementa después e la floración. El calcio muestra poca translocación de las hojas a la anícula y el aumento de la cantidad de calcio en la planta después de la loración es causado por el incremento de este elemento en la panícula Figura 10)

Figura 10. Absorción de calcio y magnesio por la planta de arroz en sus diferentes etapas de desarrollo (Ishizuka, 1964).

SORCION DE SILICIO

En el Cuadro 1 se observa el empleo de este elemento por el cultivo arroz, su absorción es paralela al aumento de materia seca a través las diversas etapas de desarrollo del cultivo. La cantidad empleada este elemento útil por el cultivo es mayor que la de los elementos nciales. Alto contenido de sílice (SiO_2) en los suelos mejora absorción de otros nutrimentos.

Cuadro 1. Absorción de silicio por la variedad CICA 8, en el CIAT (Perdomo, *et al.* 1982).

Edad de la planta días		Si Kg/ha
15		0.30
30		2.43
45		8.12
60		17.89
75		40.48
90		92.24
105	.paja	140.67
	.panícula	25.86
		166.53
140	.paja	242.47
	.grano	136.50
		378.97

CONTENIDO DE NUTRIMENTOS

El contenido de nutrimentos en la planta de arroz durante su crecimiento es afectado por la edad de la planta, el clima, las propiedades del suelo, dosis y clase de fertilizantes aplicados, la variedad y el sistema de cultivo.

La Figura 11 muestra los cambios en el contenido porcentual de nutrimentos de la variedad IR 8 en los órganos vegetativos (paja) y en el grano. El contenido de nitrógeno, fósforo y azufre en los órganos vegetativos es generalmente alto en las primeras etapas de crecimiento, pero luego decrece hasta que la planta alcanza su madurez, en contraste con el sílice, cuyo contenido aumenta continuamente, según estudio de Yoshida, 1981.

El contenido de calcio en los órganos vegetativos va aumentando a medida que transcurren las etapas de crecimiento, mientras que disminuye en el grano durante su formación. En esta variedad el contenido de magnesio y silicio en la paja y en el grano se comportan igual. El contenido de silicio en la paja, es a la madurez, casi el doble que en el estado de plántula, mientras que su contenido en el grano ha disminuído un 33% al madurar.

Al final del ciclo biológico, los contenidos de nitrógeno y fósforo son generalmente más altos en la panícula que en la paja (hoja + tallos), mientras que los contenidos de potasio, calcio, magnesio y sílice son más altos en la paja; el de azufre es más o menos igual en ambas partes.

Figura 11. Contenido de macronutrimentos y silicio a diferentes estados de crecimiento de la variedad IR 8, IRRI, 1968 estación seca (Yoshida, 1981).

En otro estudio hecho en el CIAT sobre aplicación de nitrógeno (Cuadros 3 y 4 adaptados de Rubí, 1982) se presentan los contenidos de nitrógeno de las variedades IR 42 y CICA 8 a los 35 días después de la siembra, al macollamiento, a la floración y a la madurez, cuando se hizo siembra directa y transplante. En general se observa que las dosis mayores de fertilizante resultan en altos contenidos de nitrógeno y que cuando se hizo transplante el contenido fue mayor para las dos variedades, en todas las etapas de crecimiento. La variedad IR 42 tiene más alto contenido de nitrógeno que la variedad CICA 8 en los primeros 35 días después de la siembra y en la etapa de máximo macollamiento, pero en la etapa de madurez la variedad CICA 8 presenta un contenido ligeramente mayor.

Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la nutrición

Leihner (1975) estudió el efecto de la fertilización nitrogenada en el contenido de nutrimentos de la variedad IR 8, en los Llanos Orientales de Colombia y encontró que con excepción del calcio, el magnesio y el silicio, el contenido de los demás elementos aumenta con la aplicación del nitrógeno (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido de nutrimentos de la variedad IR 8 en las etapas de máximo macollamiento y madurez, con dos dosis de N (Leihner, 1975).

Etapa	Dosis de N, kg/ha	N o/o	P o/o	K o/o	Ca o/o	Mg o/o	SiO_2 o/o
Máximo macollamiento*	0	2.15	0.28	2.55	0.20	0.11	9.5
Máximo macollamiento	120	2.93	0.35	3.05	0.19	0.12	10.0
Madurez**	0	0.71	0.12	2.02	0.34	0.06	9.8
Madurez	120	0.88	0.15	1.80	0.35	0.07	9.6

*Hijos anteros **Paja (hojas y tallos)

Cuadro 3. Contenido de nitrógeno de las tres hojas superiores de dos variedades bajo diferentes dosis de N a los 35 días después de la siembra, al máximo macollamiento, a la floración y a la madurez, en siembra directa (Rubí, 1982).

Dosis de nitrógeno kg/ha	Etapa de desarrollo del cultivo							
	35 Dds*		Max. Macollamiento		Floración		Madurez	
	IR-42	CICA-8	IR-42	CICA-8	IR-42	CICA-8	IR-42	CICA-8
	o/o de nitrógeno							
0	3.24	2.69	2.91	2.81	1.78	1.37	0.53	0.53
30	3.30	2.73	3.11	2.84	1.79	1.70	0.53	0.86
60	2.92	2.62	2.92	2.84	1.68	1.68	0.48	0.56
90	3.08	2.86	2.95	3.04	1.81	1.53	0.63	0.58
120	3.61	2.79	3.06	3.15	1.85	1.75	0.56	0.64
150	3.68	3.07	3.14	3.11	1.77	1.74	0.52	0.61
180	3.88	3.40	3.11	2.87	1.89	1.99	0.49	0.62
210	4.01	3.53	3.19	3.20	1.99	1.78	0.52	0.63

Dds* = Días después de la siembra

Para las dos variedades el contenido porcentual de nitrógeno en las hojas es más alto durante las primeras etapas de desarrollo, declina levemente al máximo macollamiento, baja drásticamente a la floración y llega al punto mínimo a la madurez; en promedio el contenido de nitrógeno con las diferentes dosis de este elemento fue 3.21-3.04-1.82 y 0.58 en las cuatro etapas de desarrollo.

Cuadro 4. Contenido de nitrógeno de las tres hojas superiores de tres variedades bajo diferentes dosis de N a los 35 días después de la siembra, al máximo macollamiento, a la floración y a la madurez, en siembra por trasplante (Rubí, 1982).

Dosis de nitrógeno kg/ha	Etapa de desarrollo del cultivo							
	35 Dds*		Max. Macollamiento		Floración		Madurez	
	IR-42	CICA-8	IR-42	CICA-8	IR-42	CICA-8	IR-42	CICA-8
kg/ha	o/o de nitrógeno							
0	4.08	3.89	3.26	2.92	2.31	2.12	0.60	0.56
30	4.19	3.89	3.30	2.89	2.24	2.25	0.55	0.66
60	4.88	3.96	3.15	3.00	2.23	2.09	0.58	0.58
90	4.30	4.29	3.24	3.06	2.42	2.28	0.63	0.72
120	3.99	3.90	3.32	3.13	2.39	2.18	0.59	0.53
150	4.42	3.97	3.33	3.12	2.55	2.25	0.73	0.86
180	4.49	4.23	3.40	3.24	2.56	2.50	0.82	0.68
210	4.17	4.29	3.27	3.00	2.62	2.52	0.75	0.78

Dds* = Días después de la siembra

Efecto similar de la dosis de nitrógeno sobre su concentración en el follaje se observa en el Cuadro 5. A la floración, el contenido de fósforo en el follaje es menor que a la cosecha y se nota poco efecto de la dosis de nitrógeno en el contenido de este elemento. En el caso del potasio, es mayor su contenido durante la floración y menor a la cosecha. El contenido de potasio aumenta con la dosis de nitrógeno, tanto en la etapa de floración como a la cosecha; el elemento que más contiene el follaje es el potasio, seguido por el nitrógeno y luego por el fósforo (Nossa 1980).

Cuadro 5. Efecto de las dosis de nitrógeno en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el follaje de la variedad CICA 8, antes de la floración y a la cosecha (Nossa, 1980).

		Dosis de nitrógeno, kg/ha			
		50	100	150	200
Antes de la floración	N, o/o	0.94*	1.03	1.10	1.23
	P, o/o	0.22	0.24	0.25	0.26
	K, o/o	1.93	1.98	2.11	2.18
A la cosecha	N, o/o	0.34	0.36	0.37	0.40
	P, o/o	0.40	0.40	0.42	0.44
	K, o/o	1.53	1.58	1.69	1.75

* Promedio de cinco formas de fraccionamiento

El contenido de nitrógeno en el grano determina la cantidad de este elemento que se retira del campo a la cosecha. En el Cuadro 6 se observa el efecto de ocho dosis de nitrógeno en el contenido de este elemento en el grano (Rubí 1982); se observa que aumenta a medida que se incrementa la dosis y que existe poca diferencia entre las tres variedades En promedio el grano contiene, respectivamente, de 0.95% y 1.19% con 0 y 210 kg/ha de nitrógeno aplicado.

Cuadro 6. Efecto de la dosis de nitrógeno aplicado en el contenido de nitrógeno en el grano de tres variedades, en siembra directa (Rubí, 1982).

Dosis de nitrógeno, kg/ha	Nitrógeno en el grano, o/o		
	Variedad		
	IR-42	CICA-8	CICA-4
0	1.00	0.90	0.97
30	0.99	0.93	0.93
60	0.96	1.01	0.96
90	1.04	1.06	1.00
120	1.12	1.05	1.08
150	1.06	1.04	1.01
180	1.15	1.17	1.15
210	1.17	1.19	1.20

NIVEL CRITICO INTERNO

El contenido crítico de varios elementos, por debajo del cual se pueden presentar deficiencias en la planta se incluye en el Cuadro 7. Estos datos solo deben ser usados como una guía para el diagnóstico de una deficiencia, ya que pueden variar según las condiciones del suelo, la etapa de desarrollo de la planta, la variedad y el sistema de cultivo. Durante el crecimiento los cambios de la disponibilidad de un elemento en el medio de cultivo tienen una marcada influencia en el contenido crítico. Cabe anotar que el conenido crítico obtenido en estudios de invernadero es a veces muy alto y no es aplicable a las condiciones de campo.

El contenido crítico de nutrimentos para una alta tasa fotonsintética se ha estimado en un 2% de N, 0.4% de P_2O_5, 1% de K_2O, 0.4% de MgO y 0.5% de SO_3.

Matsushima (1964), cita varios autores quienes confirman que las plantas de arroz necesitan durante las primeras etapas de desarrollo hasta el estado de máximo macollamiento una concentración óptima de 40 ppm o menos de nitrógeno para obtener altos rendimientos; para las siguientes etapas (elongación del tallo, iniciación y desarrollo de la panícula) 40 ppm o más, para la floración y la fase de maduración 20 a 40 ppm.

Cuadro 7. Contenido crítico de varios elementos para que haya deficiencia en la planta de arroz (Yoshida, 1981).

Elemento	Parte de la planta analizada	Etapa de crecimiento	Contenido crítico (%)
N	Lámina foliar	Macollamiento	2.5
P	Lámina foliar	Macollamiento	0.1
K	Paja	Madurez	1.0
	Lámina foliar	Macollamiento	1.0
Ca	Paja	Madurez	0.15
Mg	Paja	Madurez	0.10
S	Retoño	Macollamiento	0.16
	Paja	Madurez	0.06
Si	Paja	Madurez	5.0

La absorción de fósforo y los niveles críticos de este elemento en la planta de arroz han sido determinados por el IRRI (1963), Fageria (1976), Ageeb y Yousif (1978); estos últimos coinciden con el IRRI en que una concentración de 1000 ppm de P en la hoja es un nivel crítico para los rendimientos (Figura 12).

Figura 12. Rendimiento de arroz en relación con el contenido de P en la lámina foliar, a diferentes etapas de desarrollo (Ageeb y Yousif, 1978).

En cuanto al potasio, el IRRI (1976) cita como nivel crítico de este elemento en las hojas, en la etapa de máximo macollamiento, un contenido de 1.0%; posteriormente Fageria, (1976b) encontró que el contenido de potasio aumenta en la planta a medida que es mayor la concentración de este elemento en la solución nutritiva y con la edad de la planta y que el máximo crecimiento fue obtenido a una concentración de 250 uM de potasio en la solución nutritiva.

REQUERIMIENTOS MINERALES

La cantidad de nutrimentos removidos del suelo por las plantas de arroz depende de la cantidad de materia seca producida (kg/ha) y su contenido de nutrimentos, lo que a su vez varía según el contenido de nutrimentos del suelo disponibles para la planta.

En el Cuadro 8 se detalla la cantidad de nutrimentos removidos del suelo por algunas variedades, según diferentes autores. Se observa que la variedad CICA 8, en suelos con alto contenido de materia orgánica, utiliza los macroelementos en la siguiente proporción N > K > P. Sin embargo la misma variedad bajo condiciones de riego, en suelos de niveles medios de fertilidad, se comporta en forma similar a las demás variedades K > N > P. Para Perola e IAC 165, los resultados en cultivo de secano y en suelos de bajo nivel de fertilidad son semejantes al CICA 8, en suelos con alto contenido de materia orgánica (Perdomo et al, 1984).

Cuadro 8. Cantidad de macronutrimentos removidos del suelo por diferentes variedades de arroz en kilogramos por hectárea.

	Variedades							
Nutrimento	Tradicional[1]	IR-36[2]	CICA 8[3]	CICA 8[6]	IAC435[4]	IR8[5]	Perola[6]	IAC165[6]
	kg/ha							
N	90	146	162 x	81 xx	82	164	122	120
P	20	25	22	17	14	46	18	10
K	219	212	90	108	119	309	97	87
Ca	34	-	49	-	23	27	52	33
Mg	25	-	17	-	7	34	9	11
SiO2	1780	-	378	-	185	890[a]	—	—
S	-	-	13	-	-	14	13	18

x Suelos alto contenido M.O.
xx Suelos nivel medio fertilidad
xxx Como Si

1 IRRI, 1963
2 Fernández, et al. 1978
3 Perdomo, et al, 1982
4 Malavolta, 1978
5 Yoshida, 1981
6 Perdomo et al, 1984

Según Yoshida (1981), independientemente de la diferencia en rendimiento, la remoción de nitrógeno, fósforo y potasio es bastante similar entre las variedades de alto y moderado rendimiento. La diferencia en la cantidad de nitrógeno removido se explica por el índice de cosecha. Un cultivo con alto índice de cosecha requiere menos nitrógeno porque menor cantidad de este elemento es retenido por la paja.

En el Cuadro 9 se muestra la cantidad de cada uno de los elementos mayores, secundarios y de silicio, necesarios para producir 1 tonelada de arroz con cáscara en el IRRI y en el CIAT.

En promedio, para producir 1 tonelada de arroz en el trópico se necesitan de 18 a 27 kg de nitrógeno, 4-5 kg de fósforo y 15-35 kg de potasio; 3-8 kg de calcio, 3-4 kg de magnesio y de 1.5 a 2.5 kg de azufre.

Cuadro 9. Cantidad de nutrimentos necesarios para producir 1 tonelada de arroz con cáscara.

Nutrimento	IR 8[1]		CICA 8[2]	
	Total	Panícula	Total	Panícula
	kg		kg	
N	18.90	13.30	27.07	7.74
P	5.17	4.37	3.69	1.83
K	35.50	7.13	16.04	3.91
Ca	3.14	0.43	8.10	1.08
Mg	3.99	1.49	2.94	1.08
S	1.69	0.82	2.26	0.75
Si	102.0	27.0	63.16	22.75

[1] Yoshida, 1981

[2] Perdomo, *et al*, 1982.

La absorción de un nutrimento varía según la cantidad de fertilizante que se aplique. En el Cuadro 10 se observa que la cantidad total de nitrógeno que utilizan las variedades IR 42, CICA 8 y CICA 4 aumenta a medida que se incrementa la dosis de nitrógeno. Aunque hay diferencias entre variedades, se nota mayor absorción en plantas de la variedad CICA 4 en siembra directa; en este caso, la variedad absorbe la mayor cantidad de nitrógeno (163 kg/ha) a una dosis de 210 kg/ha de nitrógeno.

Según varios estudios efectuados en el CIAT, la utilización de los nutrimentos por planta de arroz es similar tanto en transplante como en siembra directa.

Cuadro 10. Absorción total de nitrógeno de tres variedades, a la madurez, bajo 8 dosis de nitrógeno y dos sistemas de siembra[1].

Dosis de nitrógeno, kg/ha	Variedades					
	IR 42		CICA 8		CICA 4	
	SD*	T*	SD	T	SD	T
	kg/ha					
0	100	90	77	98	89	69
30	108	85	79	96	86	91
60	102	103	108	110	87	87
90	129	105	100	132	101	109
120	133	118	111	114	110	113
150	129	136	116	125	116	119
180	143	126	132	135	125	136
210	141	141	137	161	163	139

[1] Rubí, 1982 SD* = Siembra Directa T* = Trasplante

En la parte aérea de la planta la proporción entre las cantidades extraídas de N, P y K es de 7:1:3 para la variedad CICA 8. Malavolta, (1978) reporta para la variedad IAC 435 una relación 6:1:4, mientras que Furlani et al, 1977 obtuvieron una relación 6:1:7. En el CIAT (Perdomo, et al, 1982) encontraron que para la variedad CICA 8 con 0 kg/ha de nitrógeno una relación de 7:1:3 y con 200 kg/ha de nitrógeno 8:1:3 (Cuadro 11); en este cuadro se presenta además la relación N:P:K en la parte aérea, para otras variedades y líneas con 0 y 200 kg/ha de N.

Cuadro 11. Relación N:P:K en la parte aérea de la planta de algunas variedades y líneas promisorias, en un suelo con alto contenido de materia orgánica[1].

Variedad	Dosis de nitrógeno, kg/ha	
	0	200
CICA 8	7:1:3	8:1:3
Metica 1	8:1:4	8:1:3
Metica 2	8:1:4	9:1:3
CICA 4	6:1:3	8:1:3
Oryzica 1	6:1:2	9:1:3
Líneas promisorias		
5715	8:1:3	6:1:2
5685	7:1:3	10:1:4
5709	7:1:4	7:1:3

[1] Perdomo, *et al*, 1982.

ADAPTABILIDAD DE LAS PLANTAS A BAJOS NIVELES DE FERTILIDAD EN EL SUELO

Durante los últimos años los científicos han reconocido la existencia de diferencias entre especies y variedades para tolerar factores adversos del suelo.

Un mejor entendimiento de las diferencias entre especies y variedades, es importante como base en la estrategia de uso de la menor cantidad de insumos en la producción de arroz, sin que disminuyan los rendimientos.

En el CIAT, 1971, compararon la respuesta a aplicaciones de cal y fósforo en arroz de secano y en maíz, sembrados al mismo tiempo en un Oxisol de los Llanos Orientales de Colombia. La Figura 13, muestra los resultados obtenidos; se observa que el arroz de secano no respondió al fósforo, mientras que el maíz requirió 50 kg/ha de P_2O_5 para obtener rendimientos en grano comparables a los del arroz. Las dos especies respondieron muy bien a la cal.

Los problemas de deficiencia de fósforo en suelos ácidos del trópico usualmente ocurren junto con la toxicidad de aluminio. Los dos problemas son difíciles de separar debido a la afinidad química entre ambos elementos. Consecuentemente, interacciones aluminio-fósforo tienen que ser consideradas al evaluar la tolerancia de variedades y especies a ambos problemas (Salinas y Sánchez, 1979.)

Figura 13. Diferencias entre la respuesta del maíz y del arroz de secano a aplicaciones de fósforo en un Oxisol de los Llanos Orientales de Colombia (Salinas y Sánchez, 1979).

La Figura 14 ilustra la reacción de dos variedades a la toxicidad de aluminio en un Oxisol de Carimagua, Colombia con 4.5 de pH y 80% de saturación de aluminio, antes de la aplicación de cal. La variedad alta Colombia 1 produce dos veces más sin cal que la variedad IR 5 de baja estatura. Colombia 1 responde positivamente solo al primer incremento de cal (0.5 ton/ha) y negativamente a mayores dosis; Spain et al (1979) atribuyen este comportamiento a una respuesta al calcio y al magnesio, contenidos en la cal dolomítica y al volcamiento cuando se incrementa la dosis de esta enmienda. En contraste, IR 5, desarrollada bajo condiciones de alta fertilidad en las Filipinas, responde de una manera cuadrática típica a la cal y logra su máximo rendimiento a la más alta dosis de cal, o sea la dosis necesaria para neutralizar un suelo hasta el 15% de saturación de aluminio. El máximo rendimiento alcanzado por la variedad IR 5, es más bajo que el máximo alcanzado por Colombia 1 con la décima parte de la cantidad de cal.

Las diferencias encontradas entre las variedades pueden ser explicadas por mécanismos fisiológicos como: diferentes tasas de absorción y translocación de fósforo y diferencias morfológicas en la extensión radical como respuesta al medio.

Figura 14. Respuesta de dos variedades, en secano en un Oxisol de Carimagua, Colombia, al porcentaje de saturación de aluminio y al encalamiento. (Adaptado por Sánchez y Salinas, 1981 de Spain *et al*, 1975).

Salinas, 1974 (datos no publicados), al trabajar con dos variedades de arroz, IR 5 y Bluebonnet 50, observó diferencias varietales en las tasas de absorción de fósforo, tal como ilustra la Figura 15. Estos resultados sugieren que IR 5 tiene un sistema radical más eficiente con relación al empleo de P que Bluebonnet 50, dado que la máxima absorción de fósforo de Bluebonnet 50 ocurrió a una concentración de 0.2 ppm, mientras IR 5 mostró la misma tasa de absorción de fósforo a una concentración de solo 0.05 ppm.

Bajo condiciones de campo en Tailandia, Koyama y Chammeck (1971) (citados por Salinas y Sánchez 1979) encontraron que a niveles altos de fósforo (100 kg/ha de P_2O_5) no hubo diferencias en los rendimientos de dos variedades de arroz (Figura 16). A niveles bajos de fósforo el rendimiento en grano de la variedad de arroz Muey naung fue significativamente menor que el rendimiento de la variedad Dawk mail 3 y cuando no se aplicó P las diferencias fueron mayores.

En el CIAT (1973) al evaluar la tolerancia a la acidez de las variedades de arroz, se adoptó la medida LRR (Longitud Relativa de la Raíz) como un índice de tolerancia al exceso de aluminio. Las variedades más tolerantes fueron: Colombia 1, Monolaya y Bluebonnet 50.

Recientemente en el CIAT, para conocer la influencia del tamaño y el grosor de las raíces en la tolerancia de la planta al aluminio, se comparó el desarrollo radical de las plantas de arroz de cuatro variedades IAC 25 y Monolaya (tradicionales), CICA 8 y Metica 1 (modernas) bajo diferentes tratamientos con fósforo y calcio. Los resultados obtenidos indican que IAC 25 y Monolaya tienen mayor capacidad de adaptación a los suelos ácidos con alto contenido de aluminio y sus raíces se desarrollan satisfactoriamente en condiciones adversas (Figura 17). Mientras que el pobre desarrollo de las plantas y la producción exigua de las variedades Metica 1 y CICA 8, no justifican su siembra en condiciones de suelos ácidos con altos contenidos de aluminio, ni aún en parcelas con niveles altos de fertilización.

Posteriormente (CIAT, 1983) se compararon en condición de secano 15 variedades en suelos ácidos de los Llanos Orientales de Colombia. Las variedades IAC 5544, Tox 1011-4-1 y otras cinco presentan rendimientos que superan las variedades testigos IAC 25 y Monolaya (Cuadro 12).

Figura 15. Relación entre el suministro externo de fósforo y la tasa de absorción de este elemento en dos variedades de arroz. (Salinas, y Sánchez, 1979).

Figura 16. Diferente respuesta de dos variedades de arroz a la aplicación de fósforo, en Tailandia (Koyana y Chammek, 1971, citados por Salinas y Sánchez, 1979).

Cuadro 12. Rendimiento de 15 variedades en suelo ácido, en los Llanos Orientales de Colombia (CIAT, 1983).

Variedad	Rendimiento ton/ha
IAC 5544	2.1
TOX 1011-4-1	2.0
Perola	1.8
IAC 165	1.7
TOX 1011-4-2	1.6
IAC 164	1.6
Pratao	1.5
IAC 25	1.3
IRAT 78	1.3
Metica 1	1.2
IRAT	1.0
Monolaya	1.0
Vioal 1328-81	0.8
Motao	0.7
Vermehlo comun	0.3

Figura 17. Desarrollo radical de 3 variedades de arroz cultivadas en secano, en un suelo ácido con alto % de saturación de aluminio y sin aplicar cal (CIAT, 1982).

La Figura 18 muestra los rendimientos relativos de algunas variedades de arroz a una dosis alta de superfosfato (1.363 kg/ha de P_2O_5) aplicado al voleo. Esta dosis provee un alto nivel de fósforo disponible (26 ppm de P por el método Mehlich 2). La mayoría de las variedades producen su máximo rendimiento con la dosis alta de fósforo pero a diferentes niveles de saturación de aluminio. Cuando la saturación de aluminio decrece a 63% por la adición de 500 kg/ha de cal, la cual suple calcio y magnesio como nutrimentos, las primeras tres variedades (Batatais, Flotante y la IAC 1246) no alcanzan el 80% del rendimiento máximo, como lo hacen las otras dos que tienen los más bajos requerimientos externos de fósforo (10 ppm) bajo condiciones de exceso de aluminio.(Sánchez y Salinas, 1981).

Cuando la saturación de aluminio se reduce al 38% por la adición de 1.5 ton/ha de cal, las variedades Flotante e IAC-1246 producen el 80% del rendimiento máximo, pero con una gran diferencia en los requerimientos externos de fósforo. La variedad Flotante requiere cuatro veces más fósforo disponible que la variedad IAC-47, la que, al igual que la Pratao Precoce, decrece en su requerimiento externo, lo cual indica una mejor utilización del fósforo a dosis bajas cuando se reduce la toxicidad de aluminio.

Figura 18. Rendimiento relativo de variedades de arroz (porcentaje del máximo rendimiento de cada variedad) como una función del fósforo disponible bajo tres niveles de saturación de aluminio, en un Oxisol del Brasil (Sánchez y Salinas, 1981).

BIBLIOGRAFIA

Ageeb, O.A.A. y Yousif H.Y. 1978. Pand K Nutrition of Rice (Oryza sativa)in the Sudan Kenana, Expl. Agric. 14 pp. 33-39.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1973. Annual Report 1972. Rice Production Systems p. 205-216.

_____. 1982. Annual Report. Rice Program 1981. Cali, Colombia.

_____. 1983. Annual Report. Rice Program 1982. Cali, Colombia.

Fageria, N.K. 1976. Effect of P, Ca, and Mg concentration in solution culture on growth and uptake of these ions by rice. Agron. J. (68): 726-732.

Fageria, N.J. 1976b. Influence of Potasium concentration on growth and Potasium uptake by Rice Plants. Plant and Soil 44, 567-573.

Fernández, F. 1978. Etapas de desarrollo de la planta de arroz para propósitos de evaluación y adiestramiento en el IRRI. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Seminario Interno. Serie SE-16-78. 10p.

Fernández, F., Vergara, B.S., Yapit, N. y García, O. 1978. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Mimeógrafo. 29 p. CIAT, Cali, Colombia.

Furlani, P.R.; Bataglia, O.C.; Furlani, A.M. 1977. Composiaco química inorgánica de tres cultivares de arroz. Gragantia (36): 109-115

González, J., Saa, L. y Tenorio, G. 1980. Translocación del nitrógeno y desarrollo de la planta de arroz. Nueva Agricultura Tropical. Vol. 32(1):6-9.

International Rice Research Institute. 1963. Annual Report of 1962. Plant Physiology. pp.35-60.

_____. 1976. Annual Report of 1975. Soil fertility and fertilizer management pp.239-256.

Ishizuka, Y. 1964. Nutrient uptake at different stages of growth- The mineral nutrition of the rice plant-Porc. of a Symp. at IRRI, John Hopkins Press, Baltimore. p. 199-219.

Leihner, D. 1975. Influences of planting season on growth, development, and yield performance of the rice plant (Oryza sativa L.) in the Llanos Orientales of Colombia, South America. Tesis Ph.D. Liebig. Alemania. Universidad Justus. 163p.

Malavolta, E. 1978. Nutricao mineral e adubacao do Arroz de sequeiro. E.S.A."Luiz de Queiroz" V.S.P. Piracicaba, S.P. Brasil.

Matsushina, S. 1964. Nitrogen requirements at different stages of growth. In the mineral nutrition of the rice plant. Proce. of a Symp. at IRRI. The Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland. 219-242.

Nossa, E. 1980. Respuesta de la variedad CICA 8 (Oryza sativa L.) a las aplicaciones fraccionadas de nitrógeno en condiciones de campo. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.

Perdomo, M; González, J.; García E. y de Galvis, Y.C. 1982. Nutrición mineral del arroz en las diferentes etapas de desarrollo de la planta. Variedad CICA 8. In XIV Seminario COMALFI, Villavicencio, Enero 27-29 1982. 30p.

Perdomo C, M.A., González F, J. 1984. Arroz: Nutrición mineral en suelos de sabana, in XVI Seminario Comalfi, Manizales, Marzo 28-30/1984. 35p.

Salinas, J.G., Sánchez, P.A. 1979. Relaciones suelo-planta que afectan las diferencias entre especies y variedades para tolerar baja disponibilidad de fósforo en el suelo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Traducido de Ciencias y Cultura 28(2): 156-168,1976.

Sánchez, P.A. y Salinas, J.G. 1981. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Advances in Agronomy 34:279-406.

Spain, J.M., Francis, C.A., Howeler, R.H. y Calvo, F. 1979. Diferencias entre especies y variedades de cultivos y pastos tropicales en su tolerancia a la acidez del suelo. In Bornemisza, E. y Alvarado, A., eds. Manejo de suelos en la América Tropical. Raleigh, North Carolina State University. pp. 313-335.

Yoshida, T. 1976. Climatic influence on growth and nutrient uptake of rice roots, with special reference to the growth unit theory. In proc.of the Symp. on Climate Rice at IRRI. pp.265-277.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crops Science. The International Rice Research Institute. pp. 111-176.

EL DIAGNOSTICO DE PROBLEMAS EN ARROZ Y SU APLICACION A LOS PROBLEMAS DE FERTILIDAD DE SUELOS

C.A. Flor

Según Font-Quer (6), el diagnóstico es "lo propio de la diagnosis o lo referente a la misma; es el conjunto de signos o síntomas que sirven para caracterizar una enfermedad". Diagnosis es "la acción de discernir, de juzgar". Patiño (16), señala la etimología de la palabra: gnosis, conocer: día, a través.

El diagnóstico es el proceso mediante el cual se intenta dar la definición de un problema determinando sus agentes causales primarios. Este proceso en muchas ocasiones es complicado y representa un verdadero reto para el investigador. Tanaka y Yoshida (19), indican que "diagnosticar un desorden nutricional en los vegetales, es tan importante como difícil". Por eso generalmente se acepta que el diagnóstico o definición del problema, es la parte más complicada del trabajo de un investigador.

Las técnicas y el proceso general del diagnóstico son estudiados en la Etiología, disciplina que tiene por objetivo el conocer la naturaleza y clasificación de los agentes primarios causantes de enfermedades. Es importante señalar que predomina la tendencia a asociar el término "enfermedad" con agentes primarios causales como hongos, virus y bacterias. Sin embargo, una conceptualización más amplia considera que también factores ambientales, como suelo y clima, pueden ser causantes de enfermedades. En otro sentido es muy frecuente asociar los términos "problema", "enfermedad", "disturbio", "desorden".

El diagnóstico es la fase inmediata a la "observación sensorial del problema". Según Muñoz (15), el diagnóstico de una enfermedad debe ser el punto de partida y la base científica para la formulación de planes de control. El papel del diagnóstico, dentro del esquema convencional de la metodología de la investigación científica puede apreciarse en el siguiente esquema:

Observación sensorial del problema
(Exámen directo de la planta)

Etapa clínica

Diagnóstico final

Diagnóstico preliminar

Obtención de información, pistas

Formulación de hipótesis

Prueba de hipótesis
(Recursos para el diagnóstico)

Problema Indefinido ← Diagnóstico avanzado

Comprobación del diagnóstico

Diagnóstico final

Tratamiento del Problema

El diagnóstico vegetal presenta algunas características especiales, en relación al diagnóstico en el caso de los animales:

1. En general, las estructuras (órganos, tejidos) vegetales son más sencillas que las estructuras animales.

2. Los animales exteriorizan en una forma más evidente los problemas que los afectan: aumento de temperatura, postración, sudores, diarreas, erizamiento.

3. También los animales manifiestan en forma más rápida el problema. Además es rápida, su reacción al tratamiento positivo del mismo.

4. Algunas manifestaciones del problema en los vegetales, como por ejemplo los síntomas, son de difícil interpretación.

5. Algunos de los órganos vegetales, por ejemplo las raíces, no son visibles y su exploración puede conducir a la muerte de la planta.

En el diagnóstico vegetal interesan las afecciones que comprometen a conjuntos de plantas, a poblaciones; el individuo aislado generalmente no tiene significancia en fitopatología; en cambio en el diágnostico humano y animal, el interés se centra básicamente en el individuo (Muñoz 15).

En el caso del diagnóstico de problemas en arroz, hay necesidad de precisar algunas situaciones especiales:

1. Generalmente el arroz crece mejor en suelos inundados que en suelos no inundados.

2. Las propiedades químicas, físicas y biológicas de un suelo seco cambian significativamente con la inundación. En estas condiciones predominan las reacciones de reducción.

3. El arroz responde en forma diferente al encalamiento y a la fertilización, según se siembre en suelos inundados o en suelos no inundados.

4. Los principales cambios que ocurren con la inundación son: a) cambio en el pH; b) disminución del potencial de reducción-oxidación (redox); c) aumento de la conductividad.

5. Cualquiera que sea el pH original del suelo, después de inundado llega, aproximadamente en tres semanas, a valores entre 6.5 y 7.5, los cuales se mantienen, mientras dura la inundación .

6. Diferentes problemas pueden presentar síntomas similares. Por otra parte, un mismo problema puede manifestarse en forma o en grados diferentes. Todo esto complica la caracterización visual del problema y conduce a tratar en el futuro de caracterizar, no síntomas típicos, sino "cuadros sintomatológicos" o "síndromes" del problema.

7. El comportamiento de diferentes variedades de arroz ante un mismo problema es diferencial. Por lo tanto pueden existir variedades que soporten mejor que otras ciertas condiciones limitativas del suelo y el ambiente en general.

8. Los requerimientos nutricionales del arroz son muy variables. El Cuadro 1 muestra la cantidad de macronutrimentos removidos del suelo por diferentes variedades y según varios autores.

9. El orden de absorción de nutrimentos de mayor a menor variedad CICA 8, es según Perdomo et al (17) Si, N, K, Ca, P, Mg y S.

10. Hay síntomas primarios y secundarios: algunas veces los síntomas de un problema secundario, enmascaran los síntomas de un problema primario.

11. En los estados finales o muy graves, muchos problemas conducen a una sintomatología similar, generalmente necrosis.

12. Los desórdenes nutricionales pueden ser causados por los efectos combinados de a) antagonismo (la presencia de un ión disminuye la

Cuadro 1. Cantidad de macronutrimentos removidos del suelo por diferentes variedades de arroz (Perdomo et al,17)

Nutrimento	Variedades				
	Tradicional[1]	IR-36[2]	CICA 8[3]	IAC 435[4]	IR 8[5]
	Kg/ha				
N	90	146	162	82	164
P	20	25	22	14	46
K	219	212	90	119	309
Ca	34	-	49	23	27
Mg	25	-	17	7	34
S	-	-	13	-	14
SiO_2	1780	-	378	185	890[a]

1 IRRI, 1963

2 Fernández, et al. 1978

3 Perdomo, et al 1982

4 Malavolta, 1978

5 Yoshida, 1981

a Como Si

absorción de otro, evitando la posible toxicidad de este último); b) sinergismo (la presencia de un ión aumenta la absorción de otro).

13. Todos los nutrimentos esenciales deben estar presentes en la planta, pero no todos los elementos presentes en ella son esenciales.

14 Algunas prácticas del cultivo como la nivelación, producen cortes en ciertas zonas del terreno, removiéndose por lo tanto algunos nutrimentos; el zinc por ejemplo que se distribuye especialmente en unos pocos centímetros del horizonte superior, produciéndose de esta manera parches con deficiencias de este nutrimento.

15. Las plantas con deficiencias nutricionales tienden a ser más susceptibles a la invasión de organismos patógenos, aunque aquellas plantas sanas y con una nutrición balanceada parecen ser más susceptibles a los virus (Barley, et al, I)

El proceso de diagnóstico, por otra parte, requiere de una serie de ayudas y de técnicas, llamadas corrientemente "recursos para el diagnóstico" y dentro de las cuales están:

- La caracterización visual de síntomas
- Los análisis químicos de suelos y de plantas, con los correspondientes "niveles críticos"
- La observación macroscópica y microscópica de la planta o parte de la planta afectada.
- El aislamiento de posibles patógenos y las pruebas de patogenicidad respectivas.
- La consulta bibliográfica
- La experimentación
- La observación de otras plantas y cultivos; plantas indicadoras.

Puede afirmarse en general que un proceso de diagnóstico, requiere del uso de varios de los anteriores recursos.

La caracterización visual de los síntomas

La experiencia adquirida en la caracterización visual de síntomas de deficiencias o toxicidades de nutrimientos, es un elemento de indudable importancia para el diagnóstico. Debe tenerse cuidado con el peligro de definir problemas con base en los "síntomas típicos"; el autor considera

* Típico (Latín Typicus): lo propio, lo característico de algo; lo que incluyen en sí la representación de otra cosa, siendo emblema o figura de ella. (Diccionario Real Academia, 1977).

que este concepto tradicionalmente usado en fertilidad de suelos, sólo es válido en casos muy específicos y por lo tanto debe ser usado con prudencia; sugiere como alternativa el uso de expresiones como "cuadro sintomatológico", "síndrome", "cuadro de síntomas", expresiones que se refieren al complejo "síntomas y signos" con sus diferentes intensidades.

Tres categorías de síntomas son importantes de recordar:

1. Síntomas necrósicos: muerte del protoplasma y los tejidos. Son de naturaleza "regresiva". Aquí figuran, el marchitamiento, la quemazón, el vaneamiento, la momificación.

2. Síntomas hiperplásicos: Excesiva multiplicación o sobrecrecimiento. Son de carácter "progresivo". Aquí figuran el gigantismo, el enrollamiento, los tumores, la fasciación.

3. Síntomas hipoplásicos: Detención en la multiplicación, en el crecimiento, Son de carácter "represivo": la roseta, el aborto, el enanismo.

Por otra parte también es necesario considerar que no hay solamente "síntomas visibles", tales como algunos de los mencionados anteriormente. También hay "síntomas citológicos" (por ejemplo: cloroplastos pequeños), "síntomas químicos: (por ejemplo: bajo contenido de clorofila, bajo contenido de almidones), "síntomas metabólicos" (por ejemplo: reducción en la intensidad de la síntesis de proteínas).

Fagería (4), presenta una guía en la Figura 1, para identificar síntomas de deficiencias nutricionales en arroz.

Cheaney y Jennings (3), señalan en el Cuadro 2 los nutrimentos más importantes y las condiciones que favorecen su deficiencia o toxicidad.

Los análisis químicos de suelos y de plantas

En cuanto a los análisis químicos de suelos y de plantas con fines de diagnóstico, el uso de la técnica del "contraste" o comparación entre suelo problema y suelo normal, o entre planta/órgano problema y planta/órgano normal, no sólo simplifica la interpretación pues la conduce a una sencilla comparación, sino que permite un uso más lógico de este recurso, en comparación con la sola interpretación del análisis del suelo problema o del tejido problema. Los análisis rutinarios de fertilidad no parecen ser los más apropiados para fines de diagnóstico. Lo recomendable es solicitar análisis para macronutrimentos y micronutrimentos, y en casos especiales incluir Al, Na, sales. Según Guerrero (8), el diagnóstico químico de la fertilidad del suelo requiere que el método químico de extracción de determinado nutrimento, obtenga verdaderamente la fracción que estará disponible al cultivo; además se requiere contar con niveles críticos confiables. Estos dos supuestos básicos del análisis, son el resultado de la investigación y de la calibración del análisis.

Figura 1. Guía para identificar síntomas de deficiencia nutricionales en arroz. Fageria (4).

Cuadro 2 Condiciones que favorecen la deficiencia o toxicidad de algunos nutrimentos.

Nutrimento	Deficiencia	Toxicidad
Nitrógeno	Suelos con poca materia orgánica	-
Fósforo	Suelos con alta acidez	-
Potasio	Suelos arenosos	-
Hierro	Suelos neutros o alcalinos para cultivo de secano	Suelos anegados muy ácidos
Manganeso	Suelos para cultivo de secano arenosos y permeables	Suelos para cultivo de secano, mal drenados.
Aluminio	-	Suelos para cultivo de secano, muy ácidos
Zinc	Suelos neutros o alcalinos consecuencia de nivelación y erosión	-
Salinidad	-	Suelos irrigados en áreas áridas.

El Cuadro 3 presenta como un ejemplo la aproximación de niveles críticos de nutrimentos en el suelo para arroz de acuerdo al MAG-Costa Rica. Esta información se presenta a nivel de simple referencia, pues lo deseable es que estos niveles críticos se obtengan o se ajusten a condiciones locales. Para fines de diagnóstico, el análisis del suelo ha producido mejores resultados que el análisis del tejido. Sin embargo, y también a nivel informativo, se presenta el Cuadro 4, como una aproximación a los niveles críticos de nutrimentos en varias partes de la planta y estados de crecimiento según Tanaka y Yoshida, citados por Howeler (11).

Cuadro 3. Niveles estimado para el cultivo de arroz

Elemento	Expresión	Nivel Crítico	Nivel Tóxico
K	Meq/100 g de suelo	< 0.2	> 3
Ca	Meq/100 g de suelo	< 4	> 40
Mg	Meq/100 g de suelo	< 1	> 20
P	ppm	< 10	> 100
Cu	ppm	< 1	> 20
Fe	ppm	< 10	–
Zn	ppm	< 3	> 40
Mn	ppm	< 5	> 125
S	ppm	< 12	> 100
B	ppm	< 0.2	> 10
Relación			
Ca/Mg	Meq/Meq	< 1.0	> 7
Mg/K	Meq/Meq	< 1.0	> 70

Fuente: Unidad de suelos del MAG (Costa Rica)

1. Experimentación "unifactorial"

a. Aplicación de tratamientos al suelo, generalmente bajo el siguiente diseño, por ejemplo para el caso de un posible problema de deficiencia de micronutrimentos:

- Tratamiento "completo"

Cuadro 4. Niveles críticos[a] de nutrimentos en varias partes de la planta de arroz (Tanaka y Yoshida, 1970)

Elemento	Estado nutricional de la planta		Parte de la planta	Estado de crecimiento
	Deficiencia	Toxicidad		
N(%)	2.5	b	Lámina foliar	Macollamiento
P (%)	0.1	-	Lámina foliar	Macollamiento
K(%)	1.0	-	Lámina foliar	Macollamiento
Ca (%)	0.15	-	Paja	Madurez
Mg (%)	0.10	-	Paja	Madurez
S (%)	0.10	-	Paja	Madurez
Si (%)	5.0	-	Paja	Madurez
B(ppm)	3.4	100	Paja	Madurez
Mn (ppm)	20	2500	Parte aérea	Macollamiento
Fe (ppm)	70	300	Lámina foliar	Macollamiento
Cu (ppm)	6	30	Paja	Madurez
Zn (ppm)	10	1500	Parte aérea y paja	Macollamiento y madurez
Al (ppm)	-	300	Parte aérea	Macollamiento

a. Niveles críticos definidos como niveles bajos, los cuales producen síntomas de deficiencia o por encima de los cuales se producen síntomas de toxicidad.

b. No se obtuvieron datos.

- Tratamiento "completo-Zn"
- Tratamiento "completo-B"
- Tratamiento "completo-Fe"
- Tratamiento "completo-Mn"
- Tratamiento "completo-Cu"
- Testigo absoluto

En algunos casos, como los suelos ácidos, para tener éxito con el plan anterior se requiere de encalamiento previo

b. Aplicación de tratamientos por vía foliar generalmente bajo el siguiente diseño:

- + Zn
- + B
- + Fe
- + Cu
- + Mn
- + Testigo

Es muy importante en este caso tener en cuenta la velocidad de absorción de los nutrimentos aplicados a las hojas. Lluvias posteriores a la aplicación lavan los productos aplicados y retardan o impiden el diagnóstico. Por ejemplo, la absorción de nitrógeno, magnesio, zinc y manganeso es mucho más rápida que la de fósforo, azufre o hierro. También hay que considerar la "movilidad" de los nutrimentos: nitrógeno y potasio son muy móviles; boro, magnesio y calcio son "inmóviles".

Las dos situaciones mencionadas en la experimentación "unifactorial", son meros ejemplos ilustrativos de un sinnúmero de posibilidades que dependen de la habilidad de la persona que está orientando el proceso o ruta del diagnóstico.

II. Experimentación "multifactorial"

Generalmente se utiliza cuando ya se posee alguna información sobre el posible efecto de dos o más nutrimentos y/o sus interacciones.

La observación de otras plantas y cultivos: Plantas indicadoras.

La observación de otras plantas como malezas y cultivos vecinos al sitio en donde está el problema cuyo diagnóstico interesa, es un recurso valioso pero muy poco usado: algunas plantas son especialmente sensibles a bajas cantidades de un nutrimento particular en el suelo y muestran los síntomas de su deficiencia más fácilmente que otras plantas. Chapman, citado por Barley (1), da los siguientes ejemplos de plantas indicadoras:

Nutrimento	Plantas indicadoras
N	Coliflor, repollo
P	Maíz, lechuga, tomate

K	Papa, tabaco, banano, caña, yuca
Ca	Repollo, alfalfa
Mg	Papa, coliflor, maíz
S	Alfalfa, trébol
Fe	Papa, coliflor, cítricos
B	Girasol, remolacha, coliflor, repollo, alfalfa
Mn	Remolacha, manzano, cítricos
Zn	Cítricos, tomate, maíz
Cu	Naranjo, limón, mandarina
Mo	Tomate, lechuga, espinaca

La observación macroscópica, esteroscópica y microscópica de la planta o parte de la planta afectada.

Una de las causas más frecuentes en los diagnósticos equivocados, radica en la deficiente observación y exploración de la planta o cultivo afectado. Por otra parte existe un conocimiento pobre sobre los aspectos más generales de la morfología, la anatomía y la fisiología de las plantas que se cultivan. Una recomendación elemental, en el sentido de mejorar el conocimiento de las plantas en "estado normal", permitirá por diferencia conocer mejor "las manifestaciones de anormalidad". También hay necesidad de conocer las diferentes etapas de desarrollo de un cultivo, pues muchas veces se altera el desarrollo fisiológico, produciéndose cambios o anormalidades en la diferenciación de órganos y estructuras.

El aislamiento del patógeno y las pruebas de patogenicidad respectivas

Aunque el objetivo principal del tema que se está tratando se refiere al diagnóstico de los problemas de fertilidad de suelos, es necesario recordar todos los posibles agentes causantes de enfermedades. En el caso de hongos y bacterias, deben cumplirse los postulados de Koch:

1. El organismo o agente fitopatógeno debe estar asociado con la enfermedad en todos los casos y a su vez la enfermedad no debe aparecer sin que el microorganismo esté o haya estado presente.

2. El organismo o agente fitopatógeno debe ser aislado en cultivo puro, natural o artificialmente y deben estudiarse sus caracteres específicos.

3. Cuando en condiciones favorables la planta hospedante sana se inocula

con el posible agente fitopatógeno en cultivo puro, deben reproducirse los síntomas característicos de la enfermedad.

4. El agente fitopatógeno debe ser reaislado de hospedante inoculado y debe mostrar las mismas características en cultivo puro que el que se aisló anteriormente.

La inducción-deducción del problema

Para finalizar es importante tener en cuenta que hay dos vías o rutas no excluyentes que permiten orientar el proceso de diagnóstico:

a) El diagnóstico por inducción, muy usado para el caso de fitotoxicidades

b) El diagnóstico por deducción, muy usado en fertilidad de suelos para el caso de deficiencias.

BIBLIOGRAFIA

Barley, K.P., R.D. Graham and D.R. Laing, 1975. The Agronomy of annual Crops. Edited by M.J.T. Norman.

Benton Jones, J. 1972. Plant tissue analysis for micronutrients. In "Micronutrients in agriculture" edited by J.J.Morvedt, P.M. Giordano and W.L. Lindsay. Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin. 319-346 p.

Cheaney, R. y P.R. Jennings.1975. Problemas en cultivos de arroz en Amêric Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. 91 p.

Fageria, Nand Kumar. Recomendacoes para uso de fertilizantes fosfatado par cultura de arroz de sequeiro. Goiania, Embrapa-CNPAF, 1980. Circular técnica 03.

Flor, C.A.R. Howeler y C.A. González. 1975. Zinc y Boro, dos microelemento limitativos para la producción de algunas cosechas en las regiones cálidas de Colombia. CIAT 23 p. (mimeografiado).

Font-Quer, P. 1977. Diccionario de Botánica; Editorial Labor.

Galiano, F. 1980. Diagnóstico foliar. Fundamento y empleo en algunos cultivos. En "fertilidad de suelos, diagnóstico y control". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo . 201-223 p.

Guerrero, R. 1980. El diagnóstico químico de la fertilidad del suelo en "fertilidad de suelos diagnóstico y control". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 141-199

Howeler, R.; C.A. Flor y C.A. González, 1976. Diagnosis and correction of boron deficiency in beans (Phaseolus vulgaris) and mungbeans (Vigna radiata) in a Mollison from de Cauca Valley of Colombia, 33 p.

Howeler, R. Anaranjamiento y Toxicidad de hierro en arroz con riego en suelos ácidos. Centro Internacional de Agricultura Tropical.CIAT. Cali-Colombia.

_____.1983. Análisis del tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales: algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. Cali, Colombia. 28p.

León, L.A. 1981. Química de los suelos inundados. Guía de estudio serie 04SR-09-01

Malavolta, E. 1976. Manual de Química Agrícola, nutricao de plantas e fertilidade do solo. Editora Agronômica de Ceres. Sao Paulo. 528p.

Mortvedt, J.J. 1978. Occurrence of micronutrients in rocks, soils, plants, and fertilizers. En "Suelos Ecuatoriales", memorias del V coloquio de suelos: potasio y micronutrimentos en la agricultura colombiana. Vol. IX. No. 12, 135-140 p.

Muñoz, H. 1981. Diagnóstico de enfermedades. Primer Curso Internacional de reconocimiento y diagnóstico de plagas en vegetales. 10p

Patiño, H. 1981. Trascendencia del enfoque ecológico en el diagnóstico de problemas fitosanitarios. Primer Curso Internacional de Reconocimiento y Diagnóstico de Plagas en Vegetales. 10p.

Perdomo, M.A.; González, J.; Y. Cadavid de Galvis y E. García 1983. Los macronutrimentos en la nutrición de la planta de arroz. Guía de estudio. Productor, O. Arregocés, Cali, Colombia, CIAT. 36 p.

Soil Science Society of America, Inc. 1972. Micronutrients in agriculture. Editorial Committee. J.J. Morvedt, P.M. Giordano, W.L. Lindsay. 666 p.

Tanaka, A. and S. Yoshira.1970. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull. 10

Tisdale, L.S. and W.L. Nelson 1967. Soil fertility and fertilizers. New York McMillan. 694 p.

ANARANJAMIENTO Y TOXICIDAD DE HIERRO EN ARROZ CON RIEGO EN SUELOS ACIDOS

R.H. Howeler

Al oriente de las cordilleras de Colombia, se encuentra una región inmensa de tierras planas, con vegetación de sabana natural. La región es conocida como los Llanos Orientales de Colombia, pero los suelos y la vegetación son parecidos a los de los Llanos de Venezuela y el Campo Cerrado del Brasil. Los suelos se han clasificado como Oxisoles, muy ácidos (pH 4.0-4.6) y pobres en casi todos los nutrimentos, especialmente P, K, Ca y Mg. En el piedemonte de la cordillera existe una agricultura comercial, principalmente de arroz con riego, pero en el interior del Llano se utiliza la tierra únicamente para producción extensiva de ganado de carne. En general, los rendimientos del arroz con riego son bajos, de 3-4 toneladas/ha, y el crecimiento de las plantas no es vigoroso. Además con el uso de las variedades enanas, especialmente IR-8, se observó una enfermedad fisiológica conocida como "Anaranjamiento". Entre el primero y segundo mes, las hojas toman un color amarillo o anaranjado, empezando por las inferiores y siguiendo hacia las hojas superiores. En casos graves la mayoría del follaje se seca.

Debido a que las condiciones físicas y ambientales de esta región son favorables al cultivo comercial de arroz con riego, en 1970 el CIAT comenzó a estudiar la causa del problema de "anaranjamiento".

Una gran ventaja del arroz con riego en suelos ácidos, es que a causa de la inundación el pH del suelo sube, por lo cual no hay necesidad de aplicar grandes cantidades de cal y el cultivo no sufre por toxicidad de Al, como casi todos los cultivos de secano que se siembran en la región.

Es bien conocido por los trabajos del IRRI (International Rice Research Institute) en las Filipinas, que en suelos ácidos con alto contenido de hierro, el arroz con riego puede sufrir por toxicidad de este elemento. Esta enfermedad que es común en Sri Lanka, se llama "bronceamiento", pero en los Llanos de Colombia, los síntomas no son de "bronceamiento" porque las concentraciones de Fe no son lo suficientemente altas para una toxicidad directa del elemento. Sin embargo, los estudios indican que el "anaranjamiento" se observa únicamente en suelos inundados, y que la aparición de los síntomas está relacionada con el aumento de la concentración de Fe en la solución.

Cuando se inunda un suelo, inmediatamente ocurren cambios físicos, químicos y microbiales. Al llenar los poros del suelo con agua, se disminuye drásticamente la difusión del oxígeno en el suelo. Los micro-organismos aeróbicos consumen el oxígeno todavía presente y mueren para ser reemplazados por micro-organismos anaeróbicos, quienes en vez de reducir oxígeno, reducen varios compuestos oxidados en el suelo como nitratos y óxidos e hidróxidos de Mn^{4+} y Fe^{3+}. Debido a la reducción, el potencial redox Eh, que es una medida del estado de oxidación reducción del suelo, se baja, mientras que el pH tiende a estabilizarse

entre 6.5 y 7.0. Después de cierto tiempo todo el suelo queda reducido, con excepción de una pequeña capa en la superficie que está en contacto con el oxígeno disuelto en el agua. Esta capa de pocos milímetros de espesor, se mantiene oxidada y en élla hay un gradiente fuerte en la concentración de oxígeno; también hay un gradiente de Fe causado por la difusión de Fe^{2+} hacia la capa oxidada, donde se precipita como óxido o hidróxido de Fe^{3+}.

El arroz es una planta semiacuática que puede crecer en suelos inundados y por lo tanto reducidos, porque tiene un sistema especial de canales, llamados aerenquima que conduce el aire a través de las hojas y el tallo hasta las raíces. Las raíces utilizan el oxígeno para su respiración, pero parte del aire puede difundirse hacia afuera y oxida una pequeña capa de suelo alrededor de la raíz. Entonces, aunque el arroz esté creciendo en un suelo reducido, el suelo alrededor de cada raíz, puede ser oxidado y se acumula Fe, por la difusión de Fe^{2+} hacia la raíz y la precipitación de compuestos de Fe^{3+} al ponerse en contacto con el oxígeno.

Para estudiar el efecto de varios tratamientos de fertilización y el manejo del agua sobre la tasa de reducción y la concentración de Fe en la solución del suelo, se hicieron varios ensayos en el invernadero. En el Cuadro 1 se presentan las características químicas de los suelos utilizados en los experimentos.

Los resultados de dichos ensayos indican que el "anaranjamiento" ocurre únicamente después de inundar suelos ácidos con altos contenidos de Fe. Las plantas crecen normalmente hasta que la concentración de Fe empieza a aumentar en la solución del suelo, causando un revestimiento de las raíces con óxido de Fe. Con el tiempo esta coloración se intensifica hasta que las raíces se afectan y no queda raíces blancas y activas. En esta estado las raíces son cortas, muy ramificadas y los puntos de crecimiento tienen un color rojo oscuro y engrosado. En el Cuadro 2 puede verse como los suelos 1, 3, 5, 6, 14 y 15 fueron afectados en su formación de materia seca, como grano y paja, a diferencia del suelo 2 de sabana baja inundable, donde el hierro no aumentó y el cultivo creció normalmente.

Si el suelo se reduce rápidamente y el aumento de la concentración de Fe es ligero, las plantas sufren inicialmente, pero después tienden a recuperarse. Si la reducción es lenta y el nivel de Fe en la solución es bajo durante varias semanas, el crecimiento de las plantas es inicialmente muy vigoroso con mucho macollamiento. Sin embargo, cuando las concentraciones de Fe empiezan a aumentar, las plantas ya grandes son más afectadas por "anaranjamiento" que las plántulas. Igualmente, una alta fertilización con N, P y K, resulta en un crecimiento inicial muy vigoroso, pero estas plantas grandes sufren más de anaranjamiento que las plantas pequeñas.

Los síntomas de "anaranjamiento" son muy distintos a los de "bronceamiento", causado por toxicidad directa de Fe, ya que el "anaranjamiento" puede ocurrir con niveles bajos de Fe en el tejido. La severidad del "anaranjamiento" parece estar relacionada con bajos niveles de P, Ca, Mg y K en los tejidos. El Cuadro 3, muestra los análisis de tejidos en varios suelos y se ve claramente, como los suelos mayormente afectados no son necesariamente los más altos en hierro.

Cuadro 1. Características químicas de algunos suelos utilizados en los ensayos

Suelos	Fe * activo %	pH	M.O %	P (Bray I) ppm	Al**	Ca	Mg	K	CIC
					meq/100 gm				
Carimagua-Sabana Alta (1)	1.81	4.0	4.1	1.5	3.1	0.60	0.10	0.09	14.0
Carimagua-Sabana baja (2)	0.31	4.9	24.3	2.7	3.1	0.38	0.17	0.25	39.4
La Libertad (3)	1.54	3.8	2.4	5.6	3.9	0.58	0.04	0.09	10.2
Orisol (4)	0.62	4.1	1.8	3.9	2.7	0.36	0.06	0.06	7.2
Palmira (5)	0.77	6.8	4.7	77.6	0	11.60	5.2	0.69	18.6
Carimagua-Sabana Alta (6) "Suelo Nuevo"	1.30	4.2	4.7	2.0	3.2	0.55	0.19	0.11	11.8
Carimagua-Sabana Alta (7) "Utilizado"	1.44	5.0	4.5	4.8	1.2	1.36	0.28	0.07	10.7

* Fe activo extraído con $Na_2S_2O_4$ + EDTA

** Al por extracción en 1 N KCl

Cuadro 2. Rendimiento de grano y paja en varios ensayos

	Tratamiento	Peso Seco	
		Grano	Paja
		g/planta	
1	Suelo nuevo Carimagua- Sabana alta	13.2	13.6
2	Suelo nuevo Carimagua-Sabana baja	48.5	47.2
3	Suelo nuevo la Libertad	6.7	24.7
4	Suelo nuevo Orisol	24.3	25.1
5	Suelo nuevo Carimagua-seco	4.5	18.2
6	Suelo nuevo Carimagua-hûmedo	4.0	27.3
7	Suelo utilizado Carimagua-seco	28.1	39.7
8	Suelo utilizado Carimagua-húmedo	31.0	33.9
9	Suelo utilizado Carimagua-inundación constante	24.6	29.3
10	Suelo utilizado Carimagua con aplicación paja	29.7	29.0
11	Suelo utilizado Carimagua-inundación intermitente	25.1	36.0
12	Suelo utilizado Carimagua-inundación con drenaje interno	26.3	25.7
13	Suelo nuevo Carimagua-seco + 12 Ton. cal/ha.	29.9	30.7
14	Suelo nuevo Carimagua-seco + 10 ton MnO_2/ha.	4.0	29.2
15	Suelo nuevo Carimagua-seco	4.5	18.2

Cuadro 3. Contenido de nutrimentos en hojas de arroz a los 2 meses, en relación con síntomas de anaranjamiento y la concentración de Fe en la solución del suelo en algunos tratamientos sobre suelos ácidos de Carimagua.

No. de Tratamiento *	Concentración en Hojas						Suelo	Anaranjamiento
	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Fe	Escala 1-4 **
	%				ppm			
Suelo Carimagua-Sabana Baja	0.15	1.10	0.30	0.16	492	140	13	1.0
Suelo utilizado Carimagua seco	0.10	0.91	0.44	0,18	65	375	133	1.0
Suelo nuevo Carimagua +12 Ton.de Cal/Ha.	0.10	1.00	0.55	0.09	55	145	104	1.0
Suelo nuevo + Carimagua seco	0.06	0.72	0.20	0.11	55	400	190	2.0
Suelo nuevo Carimagua + 10 ton Mn 02/Ha.	0.04	0.41	0.08	0.05	1262	67	138	2.6
Suelo nuevo Carimagua húmedo	0.09	0.66	0.11	0.11	80	170	59	4.0

* Ver cuadro 2 para explicación de tratamientos

** 1 = sin síntomas
4 = anaranjamiento muy severo

Los síntomas de "anaranjamiento" se agravan debido a la compactación del suelo, o con el "fangueo", con el corte de raíces, y con la siembra de demasiadas plantas por maceta o matera. En el Cuadro 4, se puede observar este fenómeno y su efecto sobre la producción de grano. En este caso los síntomas pueden ocurrir aún con bajos niveles de Fe.

De estas observaciones, se concluye que el "anaranjamiento" no es toxicidad directa de Fe, sino que es una deficiencia en la absorción de nutrimentos (especialmente P y Mg) por la planta. Normalmente es causada por niveles altos de Fe en la solución del suelo.

La alta concentración de Fe en la solución, inhibe la nueva formación de raíces activas, y causa el revestimiento de las raíces existentes, reduciendo su capacidad de absorción de nutrimentos. Esta disminución de la absorción de nutrimentos, probablemente resulta de una translación de nutrimentos de hojas viejas a hojas nuevas, y las plantas adultas con mayor demanda de alimentos, son más afectadas que las plántulas. Otros factores que reducen el crecimiento de las raíces y causan una absorción deficiente de nutrimentos, producen los mismos síntomas, aún en la ausencia de Fe y los agravan en su presencia.

La toxicidad directa, es decir, la absorción excesiva de Fe por la planta produce síntomas de "bronceamiento" y ésto ocurre únicamente en suelos con altos niveles de Fe en la solución, lo cual causa exceso de Fe en el tejido. Esta absorción de Fe puede ser estimulada por deficiencia de P, Mg y K.

En suelos con alto contenido de Fe, el arroz puede sufrir tanto de "anaranjamiento" como de "bronceamiento", dependiendo de la edad de las plantas afectadas y del manejo del agua. En muchos casos el arroz de riego sufre de una combinación de toxicidad directa e indirecta de Fe y como resultado de un amplio rango de intensidad del "anaranjamiento".

La severidad de ambos tipos de toxicidad de Fe, se puede reducir con las siguientes prácticas :

1. Usar variedades resistentes
2. Producir arroz con riego sólo en lotes anteriormente cultivados, incorporando los residuos de cosecha
3. Aplicar altos niveles de cal
4. Drenar el campo a los 2 meses, o antes, si se observan síntomas y volver a inundar
5. Alternar la inundación con períodos de secado a capacidad de campo
6. Mantener cierto drenaje interno, (percolación) para lo cual no se debe "fanguear"
7. Hacer aplicaciones foliares de P.

Aunque estas prácticas ayudan a reducir el problema de "anaranjamiento", no es muy probable que lo elimine completamente. Se deben tomar en cuenta consideraciones económicas para determinar si valdría la pena cultivar arroz con riego en suelos con altos contenidos de Fe, y cuales prácticas resultan más aconsejables.

Cuadro 4. Severidad de anaranjamiento, altura de plantas a los dos meses y rendimiento de grano y paja en la cosecha, en suelo "utilizado" de Carimagua con inundación contínua.

	Tratamientos	Anaranjamiento Escala 1-4**	Altura plantas cm	Rendimiento Grano g/planta	Rendimiento Paja g/planta
1.	Sin inundación	2.3	49	70	85
2.	3 semanas de pre-inundación	3.0	52	36	90
3.	6 semanas de pre-inundación	2.6	48	79	101
4.	Suelo batido ("fangueo")	3.6	48	29	59
5.	Con drenaje interno	1.0	47	111	84
6.	Inundación rotacional-ciclo de 1 semana	1.0	56	94	141
7.	Inundación rotacional-ciclo de 3 semanas	1.3	58	129	148
8.	Temperatura intermedia	1.6	65	68	83
9.	Temperatura alta	1.3	69	76	72
10.	2 plantas/maceta	3.6	46	42	46
11.	4 plantas/maceta	4.0	44	27	48
12.	Trasplantado a las 3 semanas	2.0	49	91	106

* Se transplantaron 3 plántulas de 1 semana, dejando 1 a las 3 semanas
** 1 = sin síntomas
4 = Anaranjamiento muy severo

BIBLIOGRAFIA

Naderman, G. 1964. Oranging disease in rice. PhD Thesis. Cornell University, Ithaca, N.Y.

Tanaka, A. and Yoshida, S. 1970. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull. 10

CAPITULO IV

ADECUACION DE SUELOS Y SIEMBRA

ADECUACION DE TIERRAS PARA LA SIEMBRA DE ARROZ

METODOS DE SIEMBRA EN ARROZ

ADECUACION DE TIERRAS PARA LA SIEMBRA DE ARROZ

A. Díaz y J. Carbonell

La preparación del suelo es una de las labores más importantes para la siembra de arroz, ya que de ella depende un buen establecimiento de las plantas, así como la mayor o menor dificultad que presenten los trabajos posteriores, tales como el manejo del riego y el control de malezas.

En las áreas donde el arroz se cultiva por el método de siembra directa, la preparación se hace en suelo seco y en forma similar que para otros cultivos. En este caso, las operaciones de labranza consisten en arar el suelo, rastrillarlo convenientemente y emparejarlo para luego sembrar semilla seca.

En América Latina existen áreas húmedas y mal drenadas, en donde la preparación en seco se dificulta. En estas zonas es más práctico hacer esta operación bajo agua o combinar una fase de la preparación en seco, con la preparación bajo agua. En este caso el cultivo se realiza bajo inundación, lo cual requiere que los campos sean bien nivelados.

La nivelación puede hacerse en seco siguiendo un método convencional de ingeniería, o puede realizarse bajo agua por el método del "fangueo"

OPERACIONES PARA DESARROLLAR Y PREPARAR UN LOTE PARA ARROZ

SELECCION DEL TERRENO

Para la producción de arroz con riego se requiere un lote que llene determinados requisitos, en cuanto a disponibilidad de agua, topografía y suelos. A continuación se analizan cada uno de estos requisitos:

a) Disponibilidad de agua. El agua es el factor más importante para la producción de arroz con riego, por lo tanto conviene hacer previamente un estudio del agua disponible, que incluya:

- Las fuentes de agua superficiales (ríos, arroyos, lagos) o de aguas subterráneas (pozos profundos).

- La ubicación de las fuentes de abastecimiento, influye en el costo de aprovisionamiento de agua, por lo tanto, debe conocerse: la facilidad de acceso para operación y servicio; la distancia al sitio de riego; posibilidad de movimiento del agua por gravedad o por bombeo, y posible localización de embalses temporales.

- El caudal disponible es factor básico para la producción de arroz con riego y limita la extensión de terreno que pueda cultivarse.

  Es necesario tener control y suministro permanente de agua durante todo el año o ciclo del cultivo, y el caudal disponible debe proveer para:

. La preparación del suelo mediante inundación o "fangueo", 2 a 3 litros/segundo/hectárea.

. La inundación inicial después de la siembra en suelo "fangueado", 1 litro/segundo/hectáreas.

. Conservar la inundación (lámina de 1 a 10 cms) hasta aproximadamente tres a cuatro semanas antes de la recolección, de 0.7 a 1.0 litros/segundo/hectárea.

Cabe anotar que el sistema de fangueo reduce las pérdidas de agua por parcelación, lo cual permite tener mayor área bajo cultivo u obtener más cosechas en la misma área.

b) Calidad de las aguas. La calidad del agua de riego es un factor de gran importancia. Debe realizarse un análisis del agua, para establecer si ésta contiene minerales en concentraciones que puedan ser tóxicos a la planta. Las aguas salinas causan desórdenes fisiológicos en la planta de arroz; los síntomas son iguales a los causados por la salinidad de los suelos.

La temperatura del agua también es importante para la planta de arroz; cuando la temperatura del agua es baja (menos de 15°C) es necesario drenar frecuentemente el terreno para evitar que se produzcan panículas vanas o estériles. Aguas muy calientes afectan la nutrición.

c) Suelos. La característica más importante que debe tener el suelo es su capacidad de absorción y retención de agua. También hay otras condiciones del suelo que deben conocerse, como las características químicas y físicas, capas duras, profundidad de la capa arable y qué tan erosionable es.

Para el cultivo de arroz son preferibles los suelos de textura arcillosa por su poca permeabilidad; éstos y los suelos ligeros deben tener una capa limitativa con un índice máximo de permeabilidad de 0.5 mm por hora. Los suelos de textura arenosa tienen muy poca capacidad de retención de agua. En el Cuadro 1 se presenta la relación entre la permeabilidad del suelo y la cantidad de agua que se requiere para mantenerlo inundado. Vemos como suelos con alta filtración requerirán caudales muy altos de agua para mantener la inundación, lo cual los hace antieconómicos.

d) Condiciones físicas. Los suelos con alto contenido de arcilla o suelos pesados, son los más apropiados para ser preparados por "fangueo" en la producción de arroz. Cuando están inundados son fáciles de preparar porque proporcionan mayor soporte a las ruedas del tractor, causan menos desgaste a las cuchillas de los implementos y sus partículas pequeñas permanecen suspendidas en el agua, facilitando el transporte del suelo. Por esta razón los suelos arcillosos son más fáciles de nivelar bajo el agua, contrario a lo que ocurre cuando se les prepara en seco.

Cuadro 1. Permeabilidad del suelo y cantidad de agua (lts/seg/ha) requerida para mantenerlo inundado.

Filtración (cm/hora)	Cantidad de agua requerida para mantener la inundación (lts./seg/ha)	(gls/min/ha)
0.025	0.7	11.1
0.05	1.4	22.2
0.1	2.8	44.4
0.2	5.6	88.8
0.3	8.4	177.6
0.5	14.0	222.0

Una capa superior gruesa permite cortar y remover suficiente cantidad de tierra como para lograr una buena nivelación sin que aflore el subsuelo, el cual puede ser poco fértil, más permeable o con propiedades indeseables. Usualmente no se recomienda remover una capa de tierra de más de 7 a 8 cms de espesor para evitar correr riesgos.

e) Condiciones químicas. Las condiciones químicas son características determinantes del suelo. El conocerlas es importante porque permite planificar la fertilización y prevenir los problemas que puede ocasionar el exceso o deficiencia de algunos de los elementos del suelo. La adecuación del suelo para arroz debe buscar conservarlas e incluso mejorarlas.

En el caso del arroz estos problemas podrían ser producidos por las deficiencias de Fe y de Zn, o el exceso de Fe y de Al. Además la acidez, la salinidad, la alcalinidad, el contenido de materia orgánica y el nivel de los diferentes nutrimentos, pueden ser afectados en la adecuación del suelo.

f) Drenaje artificial. Cuando el terreno no tenga drenaje natural apropiado, debe construirse uno artificial e integrársele al drenaje de la zona. La capacidad de los canales de drenaje debe calcularse según las máximas necesidades, teniendo en cuenta las lluvias y el volumen del agua que se deba evacuar.

g) Topografía. La pendiente del terreno y el espesor de la capa superior de suelo fértil, influyen en el tamaño de las parcelas a construir y en el manejo de éllas. Los terrenos con una pendiente promedio de 5 por mil o menos, son los más apropiados para la siembra de arroz. Suelos con pendientes mayores de 7 por mil pueden adecuarse, pero a un costo mayor que los anteriores, pues habrá que remover más tierra, tener parcelas más pequeñas y proporcionalmente mayor número de caballones que reducen

el área a sembrar.

h) Cobertura del terreno. En lo posible se deben seleccionar lotes libres de árboles, troncos, raíces y piedras, pues éstos impiden o dificultan la adecuación. Si es necesario el desmonte de tierras planas usando maquinaria pesada, se debe estudiar cuidadosamente el costo de la labor. Otra posibilidad en zonas apartadas o cuando el área es pequeña, consiste en utilizar los métodos tradicionales de "tumba y quema", para luego sembrar arroz a "chuzo" por dos o tres años, mientras que los troncos y raíces se descomponen.

NIVELACION DEL CAMPO

La nivelación de tierras para riego en el CIAT, comprende los siguientes pasos:

a) Limpieza del lote. Eliminación de toda vegetación. Este paso es importante para facilitar las labores posteriores.

b) Emparejamiento de la superficie o micronivelación con marco nivelador. Esto permite dar firmeza al piso y corrige el microrelieve, de tal forma que permite al topógrafo hacer lecturas reales de mira en los puntos estacados.

c) Estacado del lote. Se ubica una estaca a una distancia de 12.50 metros a los dos lados adyacentes del campo que forman entre sí un ángulo de 90^{0} y se colocan alineamientos de estacas a 25 metros entre ellas, que servirán de guía para estacar toda el área y forma la cuadrícula de 25 x 25 m.

d) Levantamiento topográfico. Una vez estacado el lote y mediante el uso de nivel de precisión y mira, se obtienen las alturas de mira en los sitios marcados por las estacas; normalmente estas lecturas se relacionan al plano general de la finca mediante un BM conocido para integrar riego y drenaje. Estas son llamadas cotas negras o alturas originales del plano. En caso de presentarse accidentes del terreno, tales como depresiones o montículos, éstos deberán referenciarse y tomar las lecturas de mira correspondientes.

Procedimientos

Con los datos tomados en el terreno se procede al trabajo de oficina que consiste en:

- Cálculo de cotas

- Dibujo de un plano con curvas a nivel a intervalos generalmente de 10 cms. También se detallan en el plano los accidentes topográficos. La Figura 1 representa un diagrama de lote en su forma original.

- Cálculo de cortes y rellenos. Existen diferentes métodos para calcular los cortes y rellenos: perfiles simples; perfiles dobles; centroide y método del momento (utilizado en CIAT).

Figura 1. Diagrama de un lote con su Topografía original.

- Conociendo la magnitud de los cortes y los rellenos, se procede a marcar las estacas en el terreno. Se toma un plano de referencia a 30 cms sobre el plano calculado: los cortes se marcan con una línea en la estaca, de tal forma que al ejecutar el corte, el plano final quede a una distancia vertical de 30 cms de dicha línea. Los rellenos se marcan en la estaca con una línea de 30 cms del plano original, más la dimensión que haya que rellenar de tal forma que al finalizar el trabajo, la superficie quede a 30 cms de la línea marcada en la estaca. Se acostumbra marcar los cortes de color rojo y los rellenos de color azul, con el fin de dar una guía al operador de la máquina.

- La operación de macronivelación se ejecuta con una trailla y es como sigue:

  El desplazamiento de la máquina para efectuar el corte, transporte y relleno se predetermina en un plano de trabajo, en el cual se busca la forma más eficiente de realizarlo.

  El primer corte se hace siguiendo una línea de estacas que marque cortes, hasta obtener una razante, de acuerdo con las líneas de referencia en las estacas.

  Se busca una línea de estacas que marque rellenos y se hace la razante de acuerdo con las líneas de referencia marcadas en las estacas, depositando el suelo cortado en el paso anterior.

  Se efectúa la misma operación en las siguientes líneas de estacas que marcan un área de 25 x 25 m.

  Este procedimiento produce una serie de planos de diferentes alturas de acuerdo con las pendientes calculadas y escalonadas en el sentido perpendicular al desplazamiento de la máquina.

  El siguiente paso consiste en producir un plano continuo en el sentido perpendicular a los cortes y rellenos ya efectuados y que tendrá la pendiente calculada. Para el efecto, se hace trabajar la máquina en forma perpendicular a los planos escalonados para producir una pendiente continua igual a la calculada en esa dirección. Las Figuras 2 y 3 representan el plano teórico de cortes y rellenos, y el plano continuo logrado por la nivelación.

  Con marco nivelador, o una motoniveladora, se hace el acabado de la nivelación, que producirá planos de superficie uniforme; al terminar esta operación se hace un nuevo levantamiento, tomando las lecturas en el centro de las cuadrículas. Luego se dibuja un plano, en el cual se trazan las nuevas curvas de nivel, que deberán corresponder muy aproximadamente a las curvas del plano calculado.

ADECUACION PARA RIEGO EN EL CULTIVO

La nivelación del lote produce un plano de pendiente continua. El lote debe ser adecuado para establecer el sistema de riego por inundación En este caso, es necesario delimitar las parcelas y nivelarlas a cero

Figura 2. Diagrama del lote representando cortes y rellenos en forma de volúmenes.

Figura 3. Diagrama del lote una vez nivelado.

pendiente, conformando así terrazas o melgas. Una buena nivelación dentro de la parcela permitirá un fácil manejo del agua, una buena distribución y economía de ésta, un mejor control de malezas y mayor eficiencia en la utilización de los fertilizantes.(Figuras 4 y 5).

El procedimiento a seguir para nivelar las melgas a cero, consiste en construir caballones a intervalos, según convenga, entre 7 y 15 cms de distancia vertical. La distancia horizontal estará determinada por la pendiente; si un lote tiene una pendiente de 0.4% y se construyen caballones cada 10 cms de diferencia de nivel, la distancia entre caballones será de 25 mts, pero si se desea tener diferencias sólo de 5 cm, los muros se ubicarán a sólo 12.50 mts. (Figuras 6-7 y 7A).

La operación de nivelación a cero se puede efectuar con una motoniveladora y el acabado hacerlo mediante el "fangueo" o se puede realizar la nivelación bajo agua o "fangueo" directamente.

PREPARACION DE SUELOS MEDIANTE EL SISTEMA DE "FANGUEO" PARA EL CULTIVO DEL ARROZ

Los objetivos de la labor de preparación de suelos mediante el "fangueo" son :

- Mezclar la materia orgánica con el suelo. Las malezas y los residuos de cultivos anteriores se mezclan con el suelo. En esta forma, se descomponen y liberan los nutrimentos.

- Ayudar a controlar las malezas, impidiendo que crezcan y compitan con las plantas del cultivo.

- Destruir la estructura del suelo en la capa arable, para reducir la pérdida de agua y nutrimentos por lixiviación.

- Convertir el suelo en "fango" o lodo, para facilitar el transplante o la siembra de semillas pregerminadas.

Equipo mecánico

Un factor importante en la preparación de tierra bajo inundación es el equipo mecánico, el cual consiste básicamente, en un tractor y tres accesorios: el "rototiller" o arado rotatorio, la cuchilla o pala y el rastrillo de púas.

Tractor

Debido al tipo de labor y las condiciones en que se realiza el trabajo, el tractor debe reunir las siguientes características, según Díaz Johnson (1974):

- Debe ser liviano, como máximo 75 a 80 HP de fuerza.

Figura 4. Perfil de un campo nivelado con cierta pendiente, para riego por surcos.

Figura 5. Perfil del mismo campo nivelado para riego de inundación.

Figura 6. Lote con una pendiente de 0.4% continua y diques cada 25 metros, con 10 cms de diferencia y listo para nivelar.

Figura 7. El mismo lote con melgas niveladas a cero y diferencia entre melgas de 10 cms.

Figura 7A. El mismo lote con diferencia de 5 cms entre melgas o cotas.

- Enganche de tres puntos con capacidad para levantar y sostener, permanentemente, un arado rotatorio pesado.

- Eje tomafuerza lo suficientemente fuerte que pueda soportar el uso contínuo. La velocidad patrón de que están dotados los tractores, 540 revoluciones por minuto, es aceptable, pero sería mejor uno de 1000 revoluciones en el eje cardan.

  Por otra parte, el eje no debe ser ni muy corto, pues se desconecta al bajar el implemento, ni muy largo porque puede romper la transmisión del tractor al subirle.

- El sistema de frenos debe trabajar bajo un contínuo baño de aceite y estar completamente sellado.

- Para mantener la estabilidad del tractor, es necesario instalarle pesas en la parte frontal, para ésto se hacen unos huecos en el marco, o se usan ganchos a los cuales se amarra una cadena de trabajo pesado, de 20 a 30 mts de largo, que sirva para halar el tractor en caso de que se atasque. (Figura 8).

- Las llantas traseras originales se cambian por otras más anchas y altas (23.1" x 26" ó 30") para aumentar la flotabilidad. Para usar estas llantas se les saca inicialmente el agua y luego se les introduce una presión de aire de 5 libras por pulgada cuadrada.

- Los tractores de doble transmisión con altura y radio de giro normales, trabajan mejor en el lodo que los de tracción sencilla, aún cuando las llantas de ambos sean las mismas.

Accesorios

Los accesorios normalmente utilizados son :

El "rototiller" o arado rotatorio. Son preferibles los diseñados para trabajar en campos fangosos. Las características principales que deben tener son : cojinetes y transmisión completamente sellados, para evitar la entrada de agua y fango, y ser construídos de materiales de probada resistencia (Figuras 9 y 9A).

La cuchilla o pala trasera. Llamada también niveladora; consiste en una hoja pesada montada sobre el enganche de tres puntos del tractor y cuyo profundidad de corte es regulada por el sistema hidráulico. Se utiliza para remover el suelo de las partes más altas y duras hacia las partes bajas del terreno (Figura 10).

El rastrillo de púas. Es un marco con una serie de dientes fuertes, y a veces platinas, perpendiculares al terreno; el conjunto pende por medio de cadenas de una barra con sus brazos; la barra se monta en el enganche de tres puntos del tractor (Figura 11 y 11A).

Además del equipo mencionado se pueden utilizar tractores con rastras livianas tipo "tandem", tractores pequeños con arados rotatorios o rastrillos y bueyes o búfalos con rastras especiales.

Figura 8. Pesas para equilibrio y cadena en la parte frontal del tractor.

Figura 9. Arado rotatorio diseñado para trabajo en campos inundados.

Figura 9A. Arada del terreno con arado rotatorio o "rotavator".

Figura 10. Cuchilla o pala trasera cortando sitios altos y nivelando.

Figura 11. Rastrillo de puas, suspendido de cadenas.

Figura 11A. Nivelación en agua con rastrillo de púas.

En otros casos, se puede iniciar la preparación en seco con implementos convencionales y luego nivelar bajo inundación con una rastra de púas.

Procedimiento

Los pasos a seguir para la preparación de tierras bajo agua varían según se efectúen en lotes nuevos o en lotes ya adecuados. Aquí nos referimos a lotes que ya han sido sembrados.

Se procede a su planeación haciendo: a) un levantamiento topográfico. Posteriormente se trazan en base al estudio topográfico del campo caminos, canales de riego y drenaje; b) localización y construcción de los caballones. La preparación bajo agua consta de los siguientes pasos: inundación, primera arada, segunda arada y nivelación.

Inundación del terreno. Los suelos muy arcillosos y compactos se deben inundar una o dos semanas antes de la primera arada; la anticipación con que la inundación se haga, depende de la dureza del suelo y de la cantidad de residuos de la cosecha anterior. Los suelos francos o menos pesados se deben comenzar a arar tan pronto el campo esté inundado, para que puedan soportar el peso de la maquinaria y evitar atascamiento. En suelos profundos se prefiere drenar y hacer la primera arada en seco, para evitar atascamiento de los tractores. En este caso se emplean rastras pesadas y el trabajo es más rápido.

Primera arada. El objeto de esta arada es voltear la tierra para incorporar toda la materia orgánica. Comienza cerca del caballón paralelamente a éste, se continúa arando en el sentido de las manecillas del reloj, con el fin de retirar la tierra de la base del caballón y facilitar la reparación del mismo. Posteriormente se ara en el sentido inverso al de las manecillas del reloj.

Después de la arada se debe mantener el terreno inundado con una lámina delgada de agua, entre 1 a 5 cms de espesor, mientras se ve si es necesario arar por segunda vez y permitir que germine buen número de semillas de malezas.

Segunda arada. La segunda arada se justifica, cuando debido a la dureza del suelo o excesiva carga vegetal, la primera se hizo de manera muy superficial y la materia orgánica no se incorporó satisfactoriamente; también para eliminar malezas con diferentes períodos de germinación, de ahí la conveniencia de espaciar un poco las aradas. El procedimiento es exactamente igual al de la primera. Cuando la primera arada se efectúe en seco, el suelo sólo requiere de una arada bajo agua, permitiendo que transcurra un período de tiempo suficiente para la germinación de malezas antes de la siguiente labor.

Nivelación. Aún en lotes nivelados en seco, el terreno presenta algunas partes altas que no se logran mojar completamente, por lo cual no es posible removerlas por medio del rastrillo de púas, en este caso se recomienda el uso de la cuchilla o pala niveladora, para efectuar pequeños cortes llevando suelos de las partes más altas del terreno a las partes má

bajas del mismo.

Posteriormente, se procede a drenar o se deja consumir el exceso de agua, hasta que quede la cantidad suficiente que permita observar las partes altas para luego hacer la nivelación final con el rastrillo de púas. Durante el proceso de rastrillada se transporta el fango de las partes altas a las bajas, para finalmente lograr una excelente nivelación. Dos rastrilladas a lo largo y una a lo ancho, generalmente son suficientes para nivelar bien el terreno y borrar las huellas de las llantas del tractor.

OTRAS FORMAS DE ADECUAR EL TERRENO QUE INCLUYEN "FANGUEO"

Anteriormente se describió y analizó el sistema de "fangueo" a partir de lotes que han sido previamente adecuados. Veamos ahora otras formas posibles, siguiendo curvas a nivel o cuadrículas, donde los suelos son muy planos.

Trazado de curvas a nivel directamente sobre el terreno, nivelación y preparación bajo agua.

Este método consiste en buscar los puntos de igual altura con la mira y estacarlos, las líneas resultantes se corrigen para evitar que queden esquinas o curvas pronunciadas que dificulten el movimiento de la maquinaria. La diferencia de nivel entre línea y línea debe ser menor de 10 centímetros. Una vez marcadas y arregladas las curvas a nivel, se trazan los caballones con una máquina apropiada; luego se procede a inundar, nivelar y preparar el suelo bajo agua, siguiendo el procedimiento anteriormente descrito.

Levantamiento topográfico, trazado de curvas corregidas, nivelación y preparación bajo el agua.

Este método requiere el levantamiento topográfico del terreno con base en el cual, se dibuja un plano y se delinean las curvas a nivel. Se corrigen las curvas en el plano de tal forma que queden tramos rectos, siguiendo la topografía del campo. Se requiere que las parcelas entre dos curvas de nivel, tengan una forma adecuada para permitir un fácil desplazamiento de la maquinaria. Las líneas deben tener una diferencia de nivel de 10 centímetros.

Con el plano dibujado y las líneas a nivel trazadas en él,se va al campo y se trazan tal como aparecen en el dibujo, marcándolas con estacas. Luego se construyen los caballones; una vez construídos los caballones, se inunda el terreno para proceder a la nivelación y preparación. Una variante que ha sido utilizada en algunos países de América Latina, consiste en nivelar en seco las parcelas y terminar la preparación bajo agua.

Trazado de cuadrícula, nivelación y preparación bajo agua.

Cuando la topografía es del 3 por mil o menos, se puede trazar una cuadrícula cuyos intervalos sean de 25 metros o más. Para el efecto no es necesario hacer levantamiento topográfico, sino que simplemente se busca una línea recta permanente, como un canal, un cerco, etc. para tomarla de

base y se hacen alineamientos paralelos y perpendiculares a ella, al intévalo adaptado. Luego, siguiendo las líneas de estacas, se construyen los caballones. Esto dará como resultado un lote cuadriculado con intervalos de 25 a 50 metros en un sentido, y 50 a 100 incluso a 200 metros en el otro, a fín de facilitar el trabajo de la maquinaria. Posteriormente se nivela y prepara bajo agua.

COMBINACION DE "FANGUEO" Y PREPARACION EN SECO

En el CIAT y en varios países del trópico, cuando existen condiciones que permiten secar el suelo, se combinan el "fangueo" con la preparación convencional a profundidad no mayor de 15 centímetros, con lo cual no sólo se evita profundizar los suelos "fangueados", sino que se aprovechan los períodos secos para dejar los terrenos en una condición cercana a la siembra. Las observaciones en lotes comerciales indican que en suelos endurecidos por "fangueos" anteriores, puede bastar un batido final con el rastrillo de púas para mantener las ventajas de la preparación en húmedo.

Hay varias combinaciones dentro de este tipo de preparación:

1. Rastra pesada, rastra liviana, inundación, "rotavator" y rastrillo de púas.

2. Arado o rastra pesada, rastra liviana, emparejador ("Landplane"), inundación y rastrillo de púas.

3. Rastra pesada, inundación, "rotavator" y rastrillo de púas.

4. Rastra pesada, rastra liviana, inundación y "rotavator" modificado.

Existen dos tipos de arados rotacionales modificados que vienen probándose en el CIAT con resultados promisorios. El primero consiste en un cilindro colocado alrededor del eje del arado, y en sustitución de las cuchillas sobre él, van soldados dientes no mayores de 10 cms. Este equipo es suficiente para dejar el suelo bien nivelado (Figura 12).

El segundo equipo, parecido al anterior, consiste en un cilindro de barras semejando las ruedas fangueadoras que realiza similar trabajo. Este equipo es comercial y viene con algunos tractores japoneses. (Figura 13). Ambos equipos dejan el suelo bastante parejo, eliminando en ocasiones el empleo del rastrillo de púas para nivelación final.

EFECTOS DE LA PREPARACION BAJO AGUA EN COMPARACION CON LA TRADICIONAL

El sistema de preparación de tierras mediante inundación, ofrece las siguientes ventajas sobre el sistema tradicional.

- La preparación del terreno se puede iniciar en cualquier momento, ya sea con agua de lluvia o riego, permitiendo producir continuamente y obtener mayor número de cosechas por año, especialmente cuando se transplanta.

Figura 12. Comparación entre "rotavator" modificado de tambor con dientes cortos y cuchillas de "rotavator" convencional (arriba).

Figura 13. **Equipo Honda de 65 HP, dotado con "rotavator" de varillas o barras transversales.**

- Se puede reducir el número de caballones y lograr una buena nivelación del terreno.

- Al momento de la siembra, el suelo se encuentra libre de malezas germinadas y el cultivo toma ventaja, especialmente si se usan semillas pregerminadas o se hace transplante.

- El manejo del agua es más eficiente y se reducen las pérdidas por percolación profunda.

A pesar de las ventajas enumeradas, la preparación de suelos bajo inundación tiene las siguientes desventajas respecto al sistema tradicional:

- No se puede utilizar en toda clase de suelos, especialmente en aquellos excesivamente arenosos, con pendientes fuertes o con muy buena estructura, tales como los Oxisoles.

- La labor de mantenimiento de los tractores y de los accesorios debe ser frecuente, debido a que las condiciones de trabajo ofrecen mayor riesgo de daño de las partes móviles.

- Puede dificultar la operación de cosecha, cuando se "fanguea" continuamente y se utilizan llantas de caucho o cuando el campo no puede ser bien drenado. En el CIAT se cambian las llantas de la combinada por unas de mayor tamaño y se inflan aproximadamente con 3 libras por pulgada cuadrada, lo cual facilita el movimiento de la máquina.

APENDICE 1

ESTUDIO SOBRE REQUERIMIENTOS DE MAQUINARIA EN NIVELACION DE TIERRAS

A partir de Noviembre del año 1978 y hasta la fecha, se ha desarrollado un plan de nivelación para los lotes de investigación en el CIAT.

El método de cálculo que se ha utilizado ha sido el "método del momento".

Los datos tomados durante las diferentes labores que involucra la nivelación se presentan en el Cuadro 1, en el cual se puede observar la eficiencia de los diferentes equipos utilizados y su variación en los distintos lotes nivelados.

Las características de cada uno de los implementos y máquinas utilizados en el estudio es el siguiente:

Rastra pesada

Marca: Rome
Modelo: TAW 16-28
Número de discos: 16
Diámetro de discos: 28"
Ancho de trabajo: 2.0 metros

Rastrillo o rastra liviana

Marca: Inteagro
Modelo: Serie 30
Número de discos: 60
Diámetro de discos: 20"
Ancho de trabajo: 5.35 metros

Arado de cincel

Marca: International
Ancho de trabajo: 3.70 metros

Trailla

Marca: Johnson
Modelo: 80C
Capacidad: 9 yardas

Motoniveladora

Marca: Caterpillar
Modelo: 112F
Ancho de trabajo:

Marco nivelador

Marca: Eversman MFG
Modelo: 410
Ancho de trabajo: 3.0 mts.

De acuerdo al Cuadro 2, la máquina que más tiempo emplea por hectárea es la motoniveladora; su desviación estándar muestra también que no hay cierta regularidad. Esto está afectado por varios parámetros, tales como:

- Humedad del suelo al momento de ejecutar el trabajo
- Textura y estructura del suelo
- Habilidad y disposición del operador al momento de ejecutar el trabajo
- Estado general de la máquina.

Cuadro 1. Eficiencia de diferentes equipos agrícolas utilizados en el CIAT durante la adecuación de los lotes experimentales

Lote Ubicación	Areas (has)	Implemento o Maquinaria	Tiempo Horas	Volúmen de tierra movida M^3	Rendimiento Horas/ha	M^3/hora*
S2-N	4.5	Rastra pesada	9.2		2.8	
S2-N	4.5	Rastrillo	6.8		1.51	
S2-N	4.5	Cincel	6.3		1.40	
S2-N	4.5	Motoniveladora	59.0		14.28	
S2-N	4.5	Marco nivelador	16.4		3.70	
S2-N	4.5	Trafila	20.5	1643.7		20.67
E1-E	4.5	Rastra pesada	8.4		1.88	
E1-E	4.5	Rastrillo	4.4		0.97	
E1-E	4.5	Cincel	6.0		1.33	
E1-E	4.5	Motoniveladora	58.4		12.69	
E1-E	4.5	Marco nivelador	40.2		9.09	
E1-E	4.5	Trafila	15.8	1225.0	3.51	42.53
F-3	2.5	Rastrillo	1.9		0.76	
F-3	2.5	Motoniveladora	22.0		9.06	
F-3	2.5	Marco nivelador	13.2		5.28	
F-3	2.5	Trafila	15.8	818.75	4.08	25.42
03-N	4.2	Rastra pesada	3.1		0.74	
03-N	4.2	Rastrillo	5.8		1.40	
03-N	4.2	Cincel	5.5		1.31	
03-N	4.2	Motoniveladora	46.0		10.95	
03-N	4.2	Marco nivelador	14.7		3.50	
03-N	4.2	Trafila	19.3	1225.0	4.59	18.75

Cuadro 1. (continuación)

Lote Ubicación	Areas (has)	Implemento o Maquinaria	Tiempo Horas	Volúmen de tierra movida M^3	Rendimiento Horas/ha	M^3/hora*
M1	4.4	Rastra pesada	8.3		1.88	
M1	4.4	Rastrillo	6.6		1.51	
M1	4.4	Cincel	4.5		1.03	
M1	4.4	Motoniveladora	23.0	1,293.0	5.26	33.15
M1	4.4	Marco nivelador	20.6		4.76	
M1	4.4	Trafila	16.0		3.63	
M2-S	0.8	Rastra pesada	1.6		2.00	
M2-S	0.8	Rastrillo	1.5		1.88	
M2-S	0.8	Cincel	1.1		1.38	
M2-S	0.8	Motoniveladora	12.0	170.0	13.0	14.16
O1-N	4.5	Rastra pesada	5.3		1.19	
O1-N	4.5	Rastrillo	5.8		1.30	
O1-N	4.5	Cincel	6.1		1.36	
O1-N	4.5	Motoniveladora	45.0		10.00	
O1-N	4.5	Marco nivelador	22.6		5.00	
O1-N	4.5	Trafila	22.6	1.306.0	5.02	19.32
P2-S	4.5	Cincel	5.4		1.20	
P2-S	4.5	Motoniveladora	57.6	3.300.0	12.80	40.79
P2-S	4.5	Marco nivelador	23.4		5.20	
P2-S	4.5	Trafila	23.3		5.17	
J1-S	2.2	Rastra pesada	3.8		1.75	
J1-S	2.2	Rastrillo	3.5		1.61	
J1-S	2.2	Cincel	2.5		1.12	
J1-S	2.2	Marco nivelador	16.9		7.68	
J1-S	2.2	Trafila	1.1	431.25	5.00	123.21

* El rendimiento (M^3/hora) se toma en base al tiempo trabajado por la trafila y la motoniveladora conjuntamente.

Cuadro 2. Análisis del tiempo requerido por hectárea para cada uno de los equipos estudiados.

Implemento o Maquinaria	Media Horas/ha	Desviación estándar	Varianza
Trailla	4.44	0.64	0.409
Marco nivelador	5.24	1.97	3.918
Motoniveladora	11.04	2.91	8.505
Cincel	1.32	0.212	0.045
Rastra pesada	1.60	0.47	0.220
Rastrillo	1.37	0.71	0.51

Aproximadamente un cuarto del tiempo empleado por el marco nivelador, se utilizó para pulir el terreno antes de tomar los datos de nivel.

El análisis de regresión lineal entre el volumen de tierra movido y el tiempo empleado en transportarla (trailla y motoniveladora) es de 0.8019.

$$Y = 0.02187X + 28.17$$

donde Y = tiempo a emplear (en horas) para mover el volúmen de tierra.

X = volumen de tierra (en M^3) a mover.

En el caso de tener un lote de 8 hectáreas y cuyo volumen de movimiento de tierra es de 2.750 M^3, por ejemplo, el tiempo en horas programa de nivelación y preparación sería el siguiente :

Rastra pesada	12.8
Marco nivelador	10.48
Motoniveladora	88.32
Trailla	35.52
Marco nivelador	31.44
Cincel	10.56
Rastra pesada	12.8
Rastrillo	10.96

Si se posee solamente un implemento, el tiempo empleado en la nivelación y preparación sería:

Rastra pesada y marco nivelador	12.8 horas
Motoniveladora, trailla y marco nivelador	88.32 horas
Cincel, rastra pesada y rastrillo	12.8 horas

TOTAL: 123.04 horas (= 3 semanas de 5 días/semana y 8 horas/día)

Cuando no se tiene motoniveladora, el trabajo se puede ejecutar con una trailla, buscando que el operador sea una persona hábil. Todos los implementos fueron movidos con tractores.

Recomendaciones:

Con el dato de rendimiento de la maquinaria (hora/ha y M^3/ha) se puede calcular el tiempo requerido para una nivelación y preparación de un lote determinado, o decidir cuanta área se puede nivelar en un período dado.

Con estos datos de tiempo requerido para trabajar una área determinada, se puede elaborar un diagrama tipo PERT o similar.

Tener definidas unas pendientes que permitan en un momento dado cambiar de un método de aplicación a otro en el riego. Actualmente el CIAT está interesado en complementar el sistema de riego por gravedad para hacerlo con tubería de compuertas.

El "método del momento" para nivelación de tierras, es un método confiable, ya que éste se ha probado con el riego en CIAT y funciona bien.

METODOS DE SIEMBRA EN ARROZ

E. Tascón J.

En América Latina se utilizan diferentes formas de siembra directa y de transplante, pero éste cubre solo una pequeña proporción del área total cultivada. Lo anterior se debe a que la mayor área se cultiva en secano, cerca de 3/4 partes del área total. Solo unos pocos países emplean el transplante, como son República Dominicana, Ecuador, Perú y Haití y en los dos primeros hay la tendencia a cambiar por siembra de semillas pregerminadas. Colombia transplanta un área pequeña, básicamente para multiplicación de semillas e investigación.

Condiciones para una buena siembra

Los autores en general refieren los rendimientos del cultivo a las condiciones dadas al momento de la siembra y los cuidados al cultivo durante los primeros 30 días.

Según R. Cheaney (9) los factores que favorecen una buena germinación y establecimiento del cultivo son: a) Buena nivelación y preparación del suelo; b) Empleo de semillas de buena calidad y germinación; c) Buen sistema de riego y drenaje; y d) Siembra bien hecha. Además de los anteriores factores deben tenerse en cuenta otros factores de producción, tales como adecuado control o prevención de enfermedades, plagas y malezas, que limiten el establecimiento de una población normal para el sistema empleado.

Población óptima

No existe en el cultivo, a diferencia de otras especies, una sola cantidad óptima de semilla, precisamente por la diversidad de los métodos de siembra y la variedad en los ecosistemas empleados. Ello se debe a que en las variedades modernas, el macollamiento tiende a compensar o nivelar la población, cuando las condiciones de humedad, fertilidad y control de plagas y malezas son adecuadas (15). En la Figura 1 se observa la dinámica del cultivo, en 3 diferentes siembras, corroborando lo antes afirmado.

Podría definirse la población óptima de plantas de arroz, para variedades modernas, como la población inicial adecuada para producir a la cosecha, un número de panículas/m2 superior a 400, con promedio de granos igual o mayor de 60. Lo anterior puede alcanzarse sembrando desde 16 plantas por m2, en transplante, hasta con 200 ó más kg/ha, en siembra directa con semilla seca. Con variedades de panojas o granos grandes y en transplante, el número de panícula puede ser menor.

El Cuadro 1 permite observar la variación del rendimiento en función de dos variables principales: número de panículas y número de granos promedio.

Figura 1. **Número de tallos en IR 36 en diferentes sistemas de siembra. F. Fernández, 1978.**

Cuadro 1. Cálculo del rendimiento para una variedad con peso de 25 gramos por 1000 granos*: tons/ha

No. de Panículas/ m^2	No. de granos por panícula									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
200	-	-	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
300	-	3.0	3.75	4.5	5.25	6.0	6.75	7.5	8.25	9
400	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	-
500	3.75	5.0	6.25	7.5	8.75	10.0	11.25	12.5	-	-
600	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0	13.5	-	-	-
700	5.25	7.0	8.75	10.5	12.25	14.0	-	-	-	-

* El peso del grano es el componente de rendimiento menos variable en el cultivo

- Rendimientos poco probables de ocurrir en condición normal

Pedroso (26) recomienda sembrar 400 a 500 semillas viables por m2. Amaral (2) dice que con 100 plantas/m2 pueden obtenerse buenos rendimientos, pero que 200 constituyen un buen "stand" en siembra directa con buena distribución. En transplante entre 50 y 100 plantas son suficientes, distribuídas de 2 a 6 por sitios (5). Para Cheaney (9) 16 plántulas/m2 colocadas una por sitio, a 25 cms en cuadro, son suficientes para lograr una buena producción de arroz.

METODOS DE SIEMBRA

Las formas de sembrar el arroz se agrupan dentro de dos grandes sistemas: siembra directa y transplante. Mabbayad y Obordo, (22). Además en algunas zonas de América se utiliza el cultivo de socas o retoño, como una forma de obtener una nueva cosecha.

Los métodos de siembra directa se dividen en :

a) Siembra a "chuzo" o "espeque"

b) Siembra en surcos

c) Siembra al voleo

La semilla puede plantarse seca, húmeda o pregerminada. Ventura (35).

Las siembras por transplante se dividen según el tipo de semilleros: camas secas, húmedas y "dapog", y por la forma del transplante, manual o mecánico. Además se tiene el método del "claveteo" o doble transplante: el transplante "tradicional" en secano y la "siembra de tallo".

El transplante mecánico es utilizado en el Japón y otros países asiáticos, pero en América, apenas se inicia su introducción.

Siembra directa

a. Siembra a "chuzo" o "espeque"

Esta forma de siembra es utilizada en toda América por agricultores pequeños, generalmente ubicados en zonas de colonización o montaña. Frecuentemente estas siembras se encuentran asociadas con otros cultivos como maíz, fríjol e incluso yuca. Se utilizan variedades tradicionales.

El método consiste en colocar las semillas en orificios hechos en el suelo por medio de un palo con punta, "chuzo" o "espeque". Arregocés y González (5), González y Murillo(19). Las distancias de siembra son amplias, de 30 a 50 cms entre sitios, y generalmente no siguen un patrón definido. En cada hueco depositan de 10 a 20 semillas secas y se tapan con el pie. Cuando las condiciones de humedad son altas, las semillas pueden quedar destapadas. Se emplean 15-20 kg/ha, de semilla.

b. Siembra en surco

Para este tipo de siembras se utilizan máquinas haladas por un

tractor, las cuales depositan la semilla a chorro a una distancia de 15 a 17, en algunos casos hasta 50 cms. Las hay también de tiro animal, pero son poco comunes hoy en día. Se requieren suelos bien preparados, que permitan una adecuada y uniforme colocación de la semilla, entre 2 y 5 cms de profundidad. Tiene como ventajas, en comparación con siembras al voleo, un menor gasto de semilla 100 a 150 kg/ha, una germinación y distribución más uniforme y facilidad para las labores manuales.

También se emplean máquinas sembradoras abonadoras, las cuales depositan el fertilizante bajo el surco de siembra para un mejor aprovechamiento del mismo. En algunos sitios de Centro América surcan con arado de buey y siembran a mano.

En Colombia el empleo de sembradoras de chorro es poco utilizado por agricultores con áreas grandes por su lentitud, en comparación con la siembra al voleo, en tanto que en Panamá, área de Chiriquí, es el preferido. Los panameños por la naturaleza liviana de los suelos, utilizan un cilindro compactador después de la siembra, con lo cual logran una germinación del cultivo uniforme; según Durán (14) también se utilizó en Colombia. En el Brasil, en áreas de secano, la siembra se hace por este método, pero los surcos son muy distantes, 40 a 50 cms, a fín de permitir el cultivo mecánico y tener mayor seguridad de humedad en épocas de "veranico". Para riego siembran a 17 cms. empleando 120 a 150 kg de semilla. Amaral (1), Pedroso (26), Carmona (7). El método de siembra en surcos se prefiere al de voleo para producción de semillas. Amaral (1).

c. Siembra al voleo

Es una de las formas de siembra más generalizada en América, por lo rápida y económica. Existe el voleo manual o con máquinas esparcidoras manuales, la siembra con voleadora de tractor y la siembra con avión (19). Además pueden utilizarse semillas secas, húmedas y pregerminadas, según el tipo de preparación del suelo. Las siembras son más irregulares y la germinación de la semilla es desuniforme, Robayo (27).

Voleo manual. Se utiliza para pequeñas extensiones y la semilla se distribuye a mano, en franjas, o caminando en círculo dentro del lote. Hoy en día este método se emplea para distribuír semillas pregerminadas (24 horas en agua y 24-48 horas a la sombra), en el lodo o en agua y para extensiones que no ameriten el empleo de avión. Es un método lento pues el obrero siembra de una a dos hectáreas por día. Cuando se siembra semilla seca se emplean 100 a 200 kg/ha, la cual es incorporada por un tractor con rastra liviana. Tratándose de semilla pregerminada, en agua o en lodo, se emplean entre 80 y 100 kg/ha Cheaney (8).

Siembra con voleadora manual. Se utilizan pequeñas máquinas de distribución centrífuga, Durán (14), las cuales hacen una buena cobertura del terreno, en franjas de 4 a 7 mts. El operario requiere de una asistencia para proveerse de semillas. Una variante de este método consiste en sentar al operario sobre el remolque de un tractor, en el cual va la semilla y desde allí accionar la voleadora. En esta forma se obtiene mayor rapidez y mejor control en la siembra. La cantidad de semilla así utilizada varía de 100 a 150 kg/ha.

Siembra con voleadora de tractor. Se emplean máquinas de tolva con mecanismo distribuidor, accionado por el toma fuerza del tractor a 540 rpm, las cuales también se emplean para abonar. Distribuyen la semilla en franjas que van de 10 a 15 mts de amplitud y una velocidad que puede alcanzar 10 km/hora, con lo cual la siembra es rápida. La densidad de siembra se gradúa con la salida de la voleadora, la velocidad del tractor y el ancho de la faja; y varía en Colombia entre 150 y 250 kg/ha.

Tras la sembradora se ubican tractores con rastra liviana a fin de incorporar la semilla al suelo. La profundidad de incorporación no debe ser mayor de 5 cms, ni dejada superficialmente, por riesgo de obtener una deficiente población. La germinación es desuniforme puesto que las semillas quedan a diferentes profundidades.

Siembra con avión. Sistema con mucho auge en áreas especializadas extensas. Particularmente importante para siembra de semillas húmedas y pregerminadas, en agua o lodo. Según Silva y Bugnoni (31) un avión puede sembrar hasta 240 has en un día.

Los aviones agrícolas con capacidad entre 300 y 600 kg de semilla (algunos hasta 1000 kg) están equipados con un aplicador rotacional, o de tipo "venturi", localizado debajo del fuselaje. La siembra la efetúan volando entre 6 y 10 mts de altura y velocidad de 90 a 150 millas por hora. Distribuyen la semilla en franjas que van de 10 a 18.3 mts según tipo de distribuidor y altura de vuelo.

Para tener una siembra uniforme es necesario el empleo de marcadores o "banderas", que indiquen cada pasada del avión a la distancia adecuada, evitando dejar franjas sin semilla o translapes exagerados. Cuando la siembra es en seco se requieren varios tractores con rastra para incorporar la semilla oportunamente. Para la siembra de semillas ya germinadas o húmedas, el proceso de pregerminación debe tardar un máximo de 48 horas a fin de evitar daño al hipocotilo. La cantidad de semilla pregerminada varía entre 80 y 125 kg/ha contra 125 a 250 en siembra con semilla seca.

La siembra en húmedo se efectúa sobre agua clara o turbia y se debe proceder a drenar ésta 24 horas más tarde. En el sur de Estados Unidos y Chile siembran en aguas claras sin drenar. Pero en el trópico, ésto no es recomendable puesto que, la mayor temperatura del agua, no permite un buen establecimiento de las plantas, por el pobre contenido de oxígeno disuelto en ellas. Cheaney (8).

Siembra por transplante

Es un sistema de siembra indirecta, en el cual las plantas crecen inicialmente en semilleros o almácigos, para ser llevadas posteriormente al campo definitivo. En el Asia es un sistema ampliamente utilizado, no así en América, donde preferiblemente lo emplean países con limitaciones de agua. En este sistema se presentan diferencias, tanto en la forma de hacer los semilleros, como en los métodos de realizarlo (9) (23).

Tipos de semilleros

Semilleros en cama húmeda. Se realizan sobre suelo fangueado y muy bien nivelado, confeccionando bancos o camas levantadas entre 5 y 10 cms y dejando entre ellas canales que permitan el drenaje. Arregocés y González (5). El ancho varía entre 1 y 1.5 mts con longitud de 20 a 30 mts, aún más dependiendo del ancho de la melga en que se realicen. Como una norma para escoger el lote de semilleros se prefiere un lote no sembrado con arroz y no salino. Si ha sido sembrado debe prepararse cuidadosamente, permitiendo nacer varias poblaciones de arroz espontáneo y malezas, para proceder a su destrucción. En el CIAT para siembra de lotes para semilla, se emplean semilleros de 3 mts de ancho. En Perú, Ventura, (35) recomienda hacerlos en pozas de 6 mts de ancho por 30 de largo y no emplean camas elevadas. Algunos agricultores del Ecuador también efectúan los semilleros sin levantar camas, nivelando muy bien las pozas.

La siembra del semillero se efectúa con semilla pregerminada a razón de 100 gramos por m2, Cheaney (9) Arregocés, González (5). En Perú emplean entre 100 y 180 g/m2, Ventura (35).

La pregerminación de la semilla es igual que para siembra directa, 24 horas de hidratación a 27°C y hasta 36 horas, si el agua es más fría. La incubación, si la temperatura es de 23 a 25°C, dura dos a tres días respectivamente, manteniéndola húmeda y cubierta, IRRI (20). En Colombia son suficientes 24 horas de hidratación y 24 a 36 de incubación (8).

La pregerminación se recomienda hacerla en un canal de riego, cercano al lote de siembra, para facilitar la distribución.

El manejo de los semilleros se realiza proporcionando baños durante los primeros 5 días, para establecer luego una lámina permanente de agua, subiéndola gradualmente hasta 5 cms, IRRI (20). Con esto se evita el crecimiento de malezas y profundización de las raíces, lo cual ocurriría en caso de que el suelo se seque, produciendo daño a las plántulas en el arranque.

En lugares donde existen problemas de ratas o pájaros, se recomienda incorporar la semilla al suelo cubriéndola con un poco de lodo. En República Dominicana lo hacen pasando una pala plana sobre el semillero después de sembrarlo.

Un ensayo hecho en CIAT por Tascón (33), comparando incorporación de las semillas, no presentó diferencias entre la población y calidad de las plántulas, con y sin incorporación. En cambio, los semilleros fueron superiores cuando la semilla estaba pregerminada en comparación con semillas secas.

En caso de presentarse problemas de plagas en los semilleros, Macalinga y Obordo (23) recomiendan aplicar Diazinon al 10%, 3 gms para 10 m2. El IRRI (20) recomienda asperjar cada semana con una solución de Sevin 85 WP al 0.9% de i.a. CIAT recomienda Carbofuran 250 gms. i.a./ha, Arregocés, González (5).

La fertilización del semillero debe hacerse cuando se observen síntomas de deficiencia, con 50 a 100 gms de sulfato de amonio ó 20 a 40 gms de úrea por m2, IRRI (20).

Se recomienda plantar 300 a 500 m2 de semillero para transplantar una hectárea, con un gasto de 35 a 45 kgs de semilla por ha Macalinga y Obordo (23).

En los semilleros para transplante mecánico en el CIAT, según información preliminar, se emplean 200 cajas de 30 x 60 cms, con 200 gms de semilla pregerminada por caja. Lo anterior corresponde aproximadamente a 36 m2 y 40 kgs de semilla para cada hectárea.

Semilleros en cama seca

Este tipo de semilleros es poco común y se efectúa en sitios donde existe poca agua para fanguear o en tierras altas. Se construye pulverizando muy bien el suelo y procediendo a levantar las camas unos 10 cms, dejando entre ellas canales para riego. La siembra se efectúa con semilla seca, en igual proporción que en las camas húmedas, cubriéndolas con una capa de suelo fino. La aplicación de riego se efectúa con regadera o salpicando agua con pala desde los canales intermedios. El manejo en general es semejante al de los semilleros en húmedo. Tascón (33) observó que las plantas de semilleros en seco presentaban menor desarrollo y problemas nutricionales atribuídos a deficiencia de hierro por la alcalinidad de los suelos del CIAT. También comprobó que el empleo de semillas pregerminadas, con o sin incorporación, presentaban poblaciones deficientes cuando se las siembra en seco. Según Macalinga y Obordo (23) se requieren 44 kg de semilla en este tipo de semilleros para transplantar una hectárea.

Semilleros "dapog"

Con este nombre se conoce en el Asia los semilleros sin tierra. En él las plantas carecen de un substrato de alimentación y cuentan solo con las reservas del cotiledón para su desarrollo. Es requisito para este tipo de semilleros que exista agua abundante. Las camas se construyen igual que para siembra en húmedo y sobre éllas se coloca un material, como hojas de banano, papel o polietileno, que impida a las raíces contacto con el suelo. En los bordes se colocan brácteas de plátano o maderos, a fín de mantener las semillas sobre la cama. También pueden hacerse sobre piso de cemento.

La siembra se efectúa con semillas pregerminadas con 48 horas de incubación en una capa gruesa, depositando 45 a 65 kgs en 40 m2, los cuales son suficientes para transplantar una hectárea, Macalinga y Obordo (23). Inicialmente se requiere compactar la semilla para que mantenga contacto con la humedad y aplicar riegos continuos por salpique y después de 5 días se aplica una lámina de agua de 1 a 2 cms. Estos semilleros se cortan en pedazos y enrollan con las raíces hacia afuera, como una alfombra, para llevarlos al sitio de transplante. Requieren un terreno muy bien nivelado y con excelente control de agua, puesto que las plantas solo alcanzan 10 a 15 cms.

Una comparación hecha en el IRRI, (23) Cuadro 2, en dos épocas de siembra y utilizando los tres tipos de semilleros, indicó una menor altura de las plantas y menores rendimientos en cultivos provenientes de semilleros en seco, que en semilleros "dapog" y cama húmeda, los cuales se comportaron igual en época húmeda, pero superior "dapog" en el período seco. En otro ensayo en IRRI, 1970 (21) también se obtuvieron resultados superiores en rendimiento utilizando semilleros "dapog".

Cuadro 2. Efecto de diferentes métodos de semillero con las variedades Peta y Milfor. Adaptado de Magalinga y Obordo (23).

	Tratamientos			
Características	Estación	Dapog	Cama húmeda	Cama seca
Altura (cms)	Seca	139.3	139.1	136.9
	Húmeda	163.5	152.6	142.1
Siembra a formación de panojas (días)	Seca	98.7	98.6	98.5
	Húmeda	99.4	99.4	99.2
Rendimiento (kg/ha)	Seca	3291	3167	2974
	Húmeda	3731	3696	3340

Los semilleros para transplante mecánico son una modificación del "dapog" hecha en cajas, en las cuales se coloca una capa delgada de suelo suelto, unos 3 kgs por bandeja. Dicho suelo se fertiliza con unos 10 gramos de un fertilizante completo, y se maneja en forma semejante.

Arranque de plántulas

En los semilleros en camas húmedas o en seco, las plántulas deben arrancarse cuidadosamente, tratando de ocasionar el menor daño al follaje y las raíces. Para ello, se recomienda mantener el semillero inundado permanentemente en las camas húmedas o bien mojado en las camas secas. Para arrancarlas se procede a desprender pequeños manojos, halándolos por la base cerca del suelo, con un ligero esfuerzo lateral; posteriormente se desprende el suelo adherido a las raíces agitándolas en el agua, sin golpearlas y se forman manojos de 10 a 15 cms, los cuales se amarran para facilitar el transporte y distribución en el campo definitivo (5) (20).

Edad de las plántulas

En general se recomienda transplantar cuando las plántulas tengan de 20 a 30 días de edad, (5) (20) (23).

El IRRI (20), indica que plantas mayores de 30 días se recobran muy

lentamente, mientras las menores de 20 son muy cortas para introducirlas en el suelo y también pueden quedar sumergidas o flotar donde el nivel del agua es alto.

Fernández (15), en sus estudios sobre crecimiento y desarrollo de la planta, dice que el transplante debe hacerse entre los 16 y 18 días cuando se ha completado el estado de plántulas y comienza el macollamiento en IR 36, variedad muy precoz.

Para los semilleros tipo "dapog" se indicó que la edad máxima es de 14 días, puesto que alrededor de los 10 días las plantas han consumido totalmente las reservas del cotiledón. En el "dapog" modificado, se recomienda emplear plantas entre 14 y 17 días, mayor edad crea problema de separación en las máquinas.

Sin embargo, la edad puede variar dependiendo de la temperatura del lugar y el período vegetativo de las variedades p.e. en el Japón, según Ortega (25), los semilleros abiertos se transplantan entre 45 y 50 días, mientras que semilleros protegidos del frío están listos a los 40 días. Ello se explica por un desarrollo más lento de las plantas que alcanzan a esa edad 20 cms de altura y desarrollan 6 a 7 hojas. En relación con el ciclo de la variedad, Sánchez y Larrea (30), demostraron que variedades de ciclo mayor son menos afectadas por el transplante tardío que variedades precoces y tempranas. Ventura (35) indica que por cada día, después de los 30 de edad de las plantas, que se demore el transplante, el ciclo se aumenta en 0.65 días para Minabir, variedad tradicional tardía, y en 0.89 días para IR 8 (Ver Figura 2).

Un ensayo hecho en IRRI en 1978, mostró iguales resultados con plantas transplantadas a los 18 y 40 días para las variedades IR 32 e IR 38, mientras que la variedad IR 36, precoz, redujo su rendimiento para las plántulas de 40 días.

En general puede decirse que las variedades más tempranas son afectadas por transplantes tardíos, mientras que aquellas con ciclo más largo pueden ser transplantadas incluso con 40 o 45 días, sin que se afecten los rendimientos.

Métodos de transplante

Las formas de realizar el transplante son: manual en surcos, al azar o en cuadro y transplante mecanizado en hileras.

Al azar

Es la forma más utilizada comercialmente, puesto que permite un mayor rendimiento de la mano de obra. Las plantas se clavan en el lodo unos 2 o 3 cms, a distancias que varían entre 15 y 25 cms sin seguir ningún patrón definido. Su principal desventaja es la dificultad para las labores culturales y no permitir empleo de escardadora mecánica (22). Además tiene problemas para controlar se plante la población adecuada, especialmente cuando las plantas están grandes y se siembran inclinadas.

Figura 2. **Efectos de la edad del transplante en el período vegetativo de 2 cultivares en Lambayeque, Perú. Ventura 1972.**

Manual en surcos

Para efectuarlo se utilizan cordeles a través de las melgas que sirven de guía a los operarios. En el CIAT se ha adoptado un sistema, Tascón (34), con el cual dos operarios con un cordel siembran un surco con guía y otro intercalado, lo cual les permite mover la guía (a doble distancia de surco) sin pérdida de tiempo. Con éllo se logró reducir la mano de obra por hectárea de 30 a 16 jornales, incluídos el arranque y transporte de las plantas.

La distancia a la cual se efectúa el transplante ha sido muy investigada, así como el número de plantas por sitio y se acepta como las mejores, plantar entre 15 x 15 cms hasta 25 x 25 cms ó 30 x 20 cms. Distancias mayores a 30 x 30 afectan rendimiento y favorecen la competencia de malezas, mientras que las muy cortas requieren demasiada mano de obra. El número recomendado de plantas por sitio se fija entre 2 y 6, (5), prefiriéndose el más alto para plántulas de mayor edad. Además existe una correlación inversa entre el número de plantas y el peso seco de malezas. Las malezas a su vez están en relación directa con la distancia de siembra.

El Cuadro 3, citado por Arregocés (5) nos muestra claramente esas interacciones. El transplante en cuadro es una variación del transplante por surcos, cuando se utilizan iguales distancias entre surcos y plantas. Se emplea básicamente en investigación a fin de uniformizar la competencia entre plantas. En Filipinas Mabbayad y Obordo (22) citan un sistema conocido como "margate" en el cual siembran a 50 x 50 cms en cualquier estación y tipo de suelo.

Cuadro 3. Efecto de la distancia de siembra y el número de plantas por sitio en relación con las malezas y el rendimiento. CIAT 1978, Arregocés(5).

Distancias cms	Plantas por sitio	Rendimiento t/ha	Peso seco Malezas g/m²
20 x 20	2	8.5	285
	4	8.7	168
	6	8.6	140
30 x 30	2	8.5	377
	4	8.5	230
	6	8.3	208
40 x 40	2	7.7	802
	4	7.9	485
	6	7.8	461

Transplante mecánico

Es un sistema que toma auge en el Asia, pero en América por falta de adecuada preparación del suelo y personal especializado, los ensayos realizados han tenido poco éxito hasta la fecha. Solo hoy en día se conoce que lo vienen introduciendo República Dominicana y Colombia donde CIAT realiza pruebas comerciales.

Son comunes dos tipos de sembradoras: (Mori 24),una para dos surcos guiada por el operario, y otros modelos de cuatro surcos y operario montado, en algunos de éllos. Además se prueban modelos mayores hasta de 16 surcos.

Los resultados de una prueba nacional hecha en Japón para diferentes tipos de transplantadoras en 1974, dados por Mori (24), indican: surcos entre 28 a 33 cms, según tipo de máquina; distancia entre sitios de siembra 11 a 20 cms, ajustable con 2 a 4 niveles, 11 a 20 cms; densidad teórica 16.3 a 27.9 sitios por metro2, número de plantas por sitio 3 a 5 y; profundidad de siembra 1.7 a 3.6 cms (ajustable). Los semilleros utilizados son hechos en cajas de aluminio o plástico, sobre arena y suelo, y su tamaño es igual a los planos de siembra de la máquina. Los mejores rendimientos de siembra fueron obtenidos utilizando lotes de 10 x 50 m, los

cuales se plantaron en 53 minutos, con máquinas de dos surcos, y en 36.7 minutos en promedio con máquinas de cuatro hileras. Las siembras se realizaron sobre agua con una altura entre 1.9 y 3.9 cms. Cada máquina con su operador y un ayudante proveedor de plantas. Los anteriores datos nos permiten visualizar el rendimiento obtenido así como la economía de mano de obra.

Otros métodos de transplante

Existen otras modalidades de transplante utilizadas en algunos sitios de América por agricultores de zonas bajas, húmedas y en ocasiones inundables, como son "claveteo" o doble transplante en Ecuador, transplate de "tallo" en República Dominicana y transplante "tradicional" en Colombia y Panamá.

El "claveteo", Guamán y Calle, (16), Andrade, (3), es un doble transplante efectuado para aprovechar las lagunas o "pozas" dejadas por las inundaciones, del Valle del Guayas. Se realiza efectuando semilleros en seco en las zonas altas, sembrando grupos de semillas con "espeque" y riego manual. Estos semilleros son transplantados en manojos cuando alcanzan unos 30 cms. Posteriormente los manojos son arrancados y separados cuando las plantas tienen 50 a 60 días, para transplantarlas a aguas más profundas que aseguren riego hasta el final del ciclo. La labor es escalonada, avanzando hacia el centro de las pozas a medida que el nivel del agua baja. Las variedades utilizadas son tradicionales y el rendimiento puede variar entre 3 toneladas en años buenos hasta 0 cuando las pozas se secan muy temprano.

La "siembra de tallo" es utilizada por los agricultores de Limón de Yuna, en República Dominicana, quienes aprovechan plantas fotosensitivas, de "soca" o semilla, que crecen espontáneamente en el primer ciclo del año. Al intensificarse las lluvias en la zona, durante los meses de Julio y Agosto, (2o. ciclo), arrancan las plantas y separan y podan los tallos, los cuales son transplantados en suelo saturado a distancias amplias. Así logran obtener cultivos de aceptable desarrollo y producción.

El transplante tradicional o de "secano" es practicado por agricultores pequeños de la zona norte de Colombia y algunos sitios de Panamá, quienes realizan semilleros en seco al lado de fuentes de agua y esperan las lluvias fuertes para proceder a transplantar, sobre suelos saturados e incluso inundados. Las variedades utilizadas son tradicionales y emplean distancias entre 40 y 50 cms, sembrado al azar. Las ventajas que obtienen son producir anticipadamente y la facilidad para efectuar labores de cultivo.

CULTIVO DE SOCA O RETOÑO

Fue una práctica de cultivo muy generalizada en Colombia en la primera mitad del siglo. Agricultores de Ginebra, Valle, cuentan haber llegado a obtener hasta 17 cosechas a partir de una sola siembra. Los agricultores acostumbraban a cortar los tallos, resembrar ("resalar") y pisotear con ganado una vez aplicaban riego, García (17), Castro (9).

Aún el sistema es utilizado en algunos lugares de Colombia, Costa

Rica, El Salvador, Brasil y sobre todo en República Dominicana, Cuevas y Núñez (13), donde obtienen soca de 19,750 hectáreas por año. Para la obtención de una segunda e incluso tercera cosecha, se procede a cortar los tallos manualmente o con una segadora acoplada al tractor, para después aplicar riego y fertilizar, Solórzano (31). En el CIAT (12), Cheaney (11), realizó ensayos de soca con CICA 4, cortando los tallos de 1 a 15 cms y utilizando niveles de 0 y 50 kg de nitrógeno. Obtuvo los mejores resultados del tratamiento con corte a 15 cms y con 50 kgs de nitrógeno por hectárea. También en Brasil (28) se han obtenido los mejores resultados con corte a 15 cms.

Las ventajas de la soca residen en obtener una segunda cosecha donde no puede prepararse el campo, o cuando la humedad no alcanza para obtener una nueva siembra. Los costos de producción son muy bajos, puesto que el ciclo se acorta a unos 90 días y son mínimos los requerimientos de maquinaria (13),(32).

El rendimiento alcanza alrededor de un 50% del obtenido en la primera cosecha y dada la disminución de gastos puede resultar más barato el costo unitario de producción, Cuevas y Núñez (13). El Cuadro 4 nos muestra el comportamiento de dos variedades: Mingolo (tradicional) e ISA 21 (CICA 4) en el estudio hecho en República Dominicana y en él se destacan las ventajas antes anotadas.

En relación con esta forma de cultivo, se debe tener en cuenta que puede favorecer la intensificación de problemas tales como algunas plagas (barrenadores y Sogata), varias enfermedades (hoja blanca y pudrición del tallo) e incremento de malezas de tipo perenne y el arroz rojo. Gris (18) indica que no se recomienda este método por los problemas con insectos-plagas en el Asia. Por otra parte, en la actualidad se considera que cuando existen condiciones para una nueva siembra con variedades de alto rendimiento, el sistema no se justifica.

COMPARACION DE METODOS DE SIEMBRA

Existen numerosos trabajos que comparan los diferentes métodos de siembra y no puede afirmarse que existan diferencias notables de rendimiento entre las formas de plantar el arroz. Hay interacciones entre las variedades, poblaciones, distancias de siembra, fertilización y malezas que deben analizarse para diferentes métodos de siembra. Por ejemplo: un trabajo realizado en el CIAT, muestra para transplante a 30 x 30, siembra con semilla pregerminada 80 kg/ha y, siembra al voleo con semilla seca, rendimientos de 7.8, 7.5 y 6.6 ton/ha respectivamente (5). Otros trabajos en IRRI y CIAT muestran rendimientos semejantes para siembra en hileras con semilla seca, semillas pregerminadas al voleo y transplante.

Conviene entonces analizar las ventajas e inconvenientes de cada sistema de siembra, para comprender mejor la conveniencia de un método u otro.

Ventajas y desventajas de la siembra directa

Según Macalinga y Obordo (23), su principal ventaja es el menor costo

Cuadro 4. Rendimiento y costo de producción para la primera cosecha y el retoño (soca), según variedad en diferentes regiones de la República Dominicana. Cuevas

Región	Variedad	Cosecha	Rendimiento ton/ha	Ciclo días	Rendimiento kg/día	Costo/Ha. US$	Costo/kg US$ ($R.D)
Norte	Mingolo	Primera	4.6	160	26	818.98	0.21
		Retoño	3.35	100	33.5	505.65	0.15
Nordeste	ISA-21	Primera	5.10	140	43.57	1.010.08	0.17
	(CICA 4)	Retoño	3.71	90	41.22	392.79	0.11

de siembra, además de que el ciclo es de 7 a 10 días menor que en arroz transplantado, especialmente cuando se utiliza semilla pregerminada.

Otra ventaja es la rapidez de la operación, lo cual permite plantar grandes áreas en poco tiempo.

Las desventajas se refieren primero al daño que las semillas pueden sufrir al quedar expuestas al ataque de ratas, aves e insectos. Se calcula que la germinación de campo puede estar alrededor del 50% con semilla de buena calidad. Por otra parte, el problema de las malezas es mayor, especialmente cuando se emplea semilla seca que permite un establecimiento primero de malezas, Cheaney (8). Este problema es menor cuando se emplea semilla pregerminada o se siembra en hileras, pues se acelera el establecimiento del cultivo en el primer caso o facilitan las labores de cultivo y aplicación de control químico en el segundo.

Ventajas y desventajas del transplate

Entre las ventajas de este método podemos citar en primer lugar la economía de semilla. Comercialmente se requieren solo entre 20 y 45 kg/ha, mientras que en multiplicación de semilla pueden ser 10 kgs y aún menos. Además se requiere cultivar inicialmente áreas 20 a 40 veces menores (semilleros) y se obtiene un ahorro considerable de agua y otros insumos Sánchez y Larrea (30). En relación con las malezas se tiene una de las principales ventajas, puesto que el sembrar plántulas, éstas tienen mayor capacidad competitiva con las malas hierbas, además de poder colocar desde un principio una lámina de agua, la cual inhibe el establecimiento de muchas especies dañinas.

Como una ventaja agronómica debe citarse la posibilidad de hacer siembras sucesivas aprovechando el menor ciclo de campo. En el IRRI, Yoshida y otros (35), en 1971 lograron obtener cuatro cosechas combinando tres variedades en un mismo suelo y en el año, para un rendimiento cercano a 26 ton/ha/año. Cuadro 5.

Otra ventaja derivada del sistema, es el empleo de doble hasta triple transplante, a fin de incrementar rápidamente los materiales genéticos promisorios o semillas. Consiste en deshijar las plantas una o dos veces durante la fase vegetativa de crecimiento, plantando los hijos individuales, con lo cual se tiene un área mayor de siembra con la misma semilla. Un trabajo hecho en CIAT por Calle, (6), muestra claramente el valor del método para tal fin, como puede verse en el Cuadro 6.

En resumen puede afirmarse que con cualquier sistema se logran buenos resultados cuando existen las condiciones adecuadas y el cultivo es bien manejado. Así pues, para la elección del método de siembra debe tenerse en cuenta, además del ambiente favorable, los recursos y la tecnología disponibles. También la capacidad del productor y la experiencia acumulada en la zona. El cambio de un sistema a otro, si no es bien estudiado e implementado, puede generar serios problemas técnicos y administrativos, con resultados económicos negativos para el productor.

Cuadro 5. Nuevo récord mundial de arroz. Adaptado de S. Yoshida, F.T. Parao y H. Beachell. Laguna, Filipinas. 1972.

Variedad	Fecha de transplante	Fecha de cosecha	Rendimiento ton/ha
IR 8	Enero 18	Mayo 7	8.78
IR 747-B2	Mayo 10	Julio 22	5.35
IR 747-B2	Julio 26	Octubre 6	6.35
IR 667-98	Octubre 11	Diciembre 27	5.17
T O T A L.....			25.65

Cuadro 6. Semilla utilizada de dos variedades de arroz con transplante múltiple. Orlando Calle, CIAT, 1982.

	Semilla utilizada kg/ha		
Sistema de siembra	CICA 8	IR 22	Promedio
Siembra directa (pregerminada)	60.0	60.0	60.0 (a)[1]
Transplante sencillo[2]	3.089	2.866	2.977 (b)
Transplante doble[3]	0.685	0.674	0.679 (c)
Transplante triple[4]	0.154	0.159	0.156 (d)

1. Letras diferentes indican diferencias significativas al 1%
2. Una planta por sitio, transplante a los 22 días
3. Deshije a los 25 días después del primer transplante
4. deshije a los 25 y 23 días después del 1º y 2º transplante

BIBLIOGRAFIA

1. Amaral, A.S. et al. 1978. Influencia do método e da densidad de semeadura sobre os componentes do rendimiento e producao de graos en arroz irrigado. Reuniao anual do arroz anais. Embrapa-Irga Port Alegre. 43-47 pp.

2. _____.1978. Efeitos do vigor e densidade de sementes na producao arroz irrigado. Reuniao anual do arroz anais. Embrapa- Irga Porto Alegre. 34-41 pp.

3. Andrade, F. 1981. Tecnología necesaria para aumentar la productividad en pozas. Trabajo presentado en la 4a. Conferencia del IRTP en CIAT. Palmira. 13 p.

4. Amorin, S., Becerra de Oliveira, y Bellon, G.M. 1980. Cultivar IR 841 recomendacoes para utilicao. Pesagro-Rio-Secretaría do Agricultura e abastecimiento, Brasil, 12 p.

5. Arregocés, O. y González, J. 1980. Siembra de arroz mediante transplante. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali-Colombia, Serie 04-SR-01-04, 20p.

6. Calle B. 1982. Multiplicación rápida de semilla utilizando transplante múltiple. CIAT (Trabajo no publicado).

7. Carmona, P.S. 1978. Densidad de semeadura. Reuniao anual do arroz irrigado. Anais, Embrapa-Irga. Porto Alegre. 28-32 pp.

8. Cheaney, R. 1973. Siembra de semilla de arroz pregerminada en el agua. Programa Arroz, CIAT. Cali, 7p. (no publicado).

9. _____.1971. Métodos de siembra. CIAT 4p (mimeógrafo)

10. _____ y Sánchez N.P. 1973. Comparación de densidades de siembra de dos cultivares de arroz en condiciones óptimas. Trabajo presentado en la Conferencia de Investigadores de Arroz en América Latina. CIAT Cali-Colombia.9p.

11. Cheaney, R. y Sánchez, N., P. 1972. Resultados preliminares sobre el cultivo de soca de la variedad CICA 4. Trabajo presentado en la Conferencia de Investigadores de Arroz en América Latina, CIAT, Cali- Colombia, 5p.

12. CIAT, 1972. Informe Anual p. 148.

13. Cuevas, F. y Núñez, A. 1981. El costo de producción de retoño del arro en República Dominicana. Trabajo presentado en la Cuarta Conferencia IRTP para América Latina. CIAT. Cali - Colombia, 10-14 8 p.

14. Durán, D. s.a. Cultivo de arroz con riego. Manual de agricultura, ganadería e industria. Bogotá p. 21-23

15. Fernández, F. 1978. Etapas de desarrollo de la planta de arroz para propósitos de evaluación y adientramiento en el IRRI. CIAT SE-16 18,15 de Septiembre 10p.

16. García, E. 1961. Comparación entre la siembra directa y varias formas de cultivo de soca en arroz (Oryza sativa L.) Facultad de Agronomía. Palmira 36 p (Tesis de grado)

17. Grist, D.H. 1975. Rices 4 ed. Longman gramp limited. London 548p.

18. Guaman y Calle, V. 1982. La producción de arroz en el Ecuador. Seminario presentado en el curso de arroz en el CIAT.20 p.(no publicado)

19. González, V.R. y Murillo, J. 1981. Manual de producción para arroz de secano en Costa Rica. Cafesa-San José 1a. ed. 127 p.

20. IRRI. 1971. Production of seedings. Tropical rice growers handbook Philippines 24p.

21. IRRI. 1971. Annual Report for 1970. Los Baños, Laguna, Philippines p.23

22. Mabbayad, B. y Obordo, R. 1970. Métodos de plantar arroz. En manual de producción. Escuela de Agricultura, Universidad de Filipinas e IRRI, Limusa, México, Traducción Agustín Contin. 1975. pp.113-117

23. Macalinga, V. y Obordo, R. 1970. Métodos de cultivo de plántulas. Escuela de Agricultura, Universidad de Filipinas e IRRI. Limusa, México, traducción.

24. Mori, Y. 1975. Performance of rice transplanters as evaluated by National test. Testing Division, Institute of Agricultural Machinery Jarg. Vol 9(3).

25. Ortega, H. 1971. Interralación entre los períodos de crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta de arroz. En Curso de Arroz, ICA
Universidad del Tolima Ibagué

26. Pedroso, B.A. 1979. Densidad de semeadura para arroz (Oryza sativa L.)irrigado. Novena reuniao anual do arroz irrigado. anais Irga-Embrapa.

27. Ramos, M. y Dittrich, R. 1971. Efeiato da altura de corte na colheita do arroz sobre o rendimiento do cultivo da soca. In 11a. reuniao da cultura do arroz, Pelotas. 137-140 pp.

28. Robayo, R. 1971. La siembra como factor de producción. En Curso de Arroz, ICA. Universidad del Tolima 28-37 pp.

29. Rosero, M.J. 1974. El cultivo de arroz. Manual de Asistencia Técnica. Instituto Colombiano Agropecuario-Fedearroz. 55 p.

30. Sánchez, P.A. y Larrea, N. 1971. Potencial de siembra directa de arroz en la Costa Peruana. Programa Nacional de Arroz. Lambayeque, Perú 20 p.Informe Técnico NO.54. Programa Nacional de Arroz. Ministerio de Agricultura, M. Pedro Ruíz Gallo.

31. Silva, L. y Bugnoni, L. 1980. Como aprovechar mayor las aplicaciones aérea. En El Surco Año 85 No. 3 Mayo-Junio.

32. Solórzano, F. 1981. Dos o tres cosechas con una sola siembra. En el Surco, Año 8, Bimestral 6. 2-4 pp.

33. Tascón, E. 1979. Resultado de un ensayo sobre métodos de semillero, CIAT, Cali-Colombia 9 p (no publicado)

34. _____.1982. Se puede transplantar más rápida y económicamente CIAT, 01 SR(6)82.

35. Ventura, F.C. 1980. Métodos de cultivo. En curso de adiestramiento en producción de arroz, Inipa, Chiclayo, Perú. 220-257 pp.

36. Yoshida, S. Parao, F.T. and Beachell, H.M. 1972. A maximun annual rice production trial in the tropics. In IRRI, Newsletter vol XXI No. 3 Sept. 1972. 20-27 p.

CAPITULO V

FITOMEJORAMIENTO

EL MEJORAMIENTO DEL ARROZ

MEJORAMIENTO EN ARROZ DE SECANO PARA AMERICA LATINA

PRINCIPIOS Y APLICACIONES DEL CULTIVO DE TEJIDOS EN EL FITOMEJORAMIENTO DEL ARROZ

DIFERENTES ALTERNATIVAS EMPLEADAS EN LA OBTENCION DE VARIEDADES DE ARROZ RESISTENTES A *P. oryzae*

PRUEBAS REGIONALES COMO ETAPA BASICA EN LA OBTENCION DE VARIEDADES DE ARROZ

EL MEJORAMIENTO DEL ARROZ *

P.R. Jennings, W.R. Coffman y H.E. Kauffman

El desarrollo de variedades más productivas para utilizarlas a nivel de finca es el objetivo primordial de los fitomejoradores y lo que justifica su labor ante la sociedad. Todo lo demás es secundario o respalda este objetivo. El éxito de un científico en desarrollar variedades mejoradas de arroz, es directamente proporcional a su habilidad para identificar acertadamente las prioridades de investigación y para orientar correctamente sus metas y actividades.

La gran diversidad de problemas que limitan la producción de arroz en los trópicos obliga a los científicos de los programas productivos de mejoramiento de arroz a adoptar un enfoque de equipo interdisciplinario para encontrar soluciones. El ideal es que los científicos sean ante todo especialistas en producción de arroz y, en segundo lugar, fitomejoradores, patólogos, agrónomos.

Para responder el desafío del mejoramiento del arroz, los integrantes del equipo deben determinar las áreas de responsabilidad, discutir constantemente los problemas y progresos y efectuar frecuentes revisiones informales.

El agricultor debería formar parte de todo equipo de investigación pero con frecuencia se le omite. Su experiencia es una fuente de información práctica que le permitirá a los científicos orientar sus objetivos a problemas que no se encuentran normalmente en las parcelas experimentales.

Es importante que el fitomejorador de arroz entienda los sistemas de cultivo y los problemas relacionados con la siembra comercial de las distintas variedades. Como los agricultores casi siempre encuentran difícil evaluar parcelas pequeñas en estaciones experimentales; uno de los mejores medios de comunicarse con éllos es realizar ensayos regionales de los mejores materiales en las fincas. Esto no solamente brinda al equipo de investigación información adicional sobre las interacciones genotipo-ambiente bajo las condiciones de finca, sino que también proporciona sitios para una serie de días de campo, durante los cuales los agricultores vecinos pueden evaluar nuevas variedades potenciales y prácticas culturales.

El mejoramiento de arroz requiere años de trabajo constante, duro y sucio, con muchos fracasos y escasos éxitos. Quizás un cruce en 500 o más da origen a una nueva variedad que llega a manos de los agricultores, decenas de miles de líneas se evalúan y descartan. No existe una forma fácil de mejorar la producción de arroz; ésta demanda paciencia, dedicación, continuidad y una total entrega física y mental al trabajo de campo. Los científicos arroceros que triunfan viven con sus plantas; aquellos que delegan el trabajo pesado no obtienen resultados satisfactorios.

* Condensado y adaptado del libro "Mejoramiento de arroz adaptado" de los autores citados.

Paradójicamente, a medida que el científico gana experiencia y e reconocido por sus contribuciones, aumentan las oportunidades y tentacione para pasar el tiempo alejado del campo. No obstante, el número de jóvenes que dedica sus vidas al mejoramiento del arroz está aumentado. Esto investigadores de arroz pueden contribuír al bienestar de la humanida mediante el mejoramiento del cultivo alimenticio más importante del mundo. La satisfacción de que sus nuevas variedades serán aceptadas por lo agricultores y consumidores, compensa todas sus privaciones.

SISTEMAS DE MEJORAMIENTO GENETICO

Los textos corrientes de fitomejoramiento describen detalladamente lo procedimientos generales, ventajas y desventajas de los sistemas d mejoramiento masal, pedigrí y retrocruzamiento. Por esta razón sólo s discutirán sus méritos relacionados específicamente con los programas d mejoramiento de arroz.

Competencia

La intensa competencia entre plantas en las generaciones segregante tempranas es uno de los factores más críticos que afecta la elección d sistemas de mejoramiento genético. La competencia fuerte es más pronunciad en cruces de líneas enanas x altas y siempre ocurre cuando los do progenitores de un cruce son morfológicamente distintos.

El arroz compite principalmente por la luz. La competencia comienz temprano en el estado de macollamiento y su intensidad aument proporcionalmente al crecimiento de la planta y la densidad de siembra. L competencia por nitrógeno puede presentarse en los estados de crecimient posteriores al macollamiento, pero se puede superar añadiendo fertilizante No obstante, al agregar nitrógeno se agrava la competencia por la luz tod vez que éste estimula aún más el crecimiento de las plantas altas. L competencia por la luz también se aumenta con espaciamientos cortos, l duración e intensidad de la estación lluviosa, las malezas y otros factore que reducen su penetración en la población.

La competencia es causada por las tasas diferenciales de crecimiento tamaño de las plantas vecinas. Las plantas grandes invaden el espaci ocupado por las pequeñas, dan sombra a las otras plantas y capturan una porción desproporcionada de la radiación solar. Las plantas más pequeñas macollan poco, producen tallos débiles y delgados, acumulan menos materi seca, y muestran una senescencia prematura de hojas y una esterilida pronunciada de grano.

El resultado crítico para los fitomejoradoes es la asociación de l habilidad competitiva con el valor agronómico. Se ha demostrad repetidamente que la habilidad competitiva en el arroz está correlacionad negativamente con el valor agronómico para áreas con un control razonabl de agua. De aquí que las plantas más competitivas sean las menos valiosas las deseables se pierden por la competencia.

Los experimentos de rendimiento con arroces de conocida habilida competitiva demuestran invariablemente que los competidores débiles rinde

más cuando se cultivan en estado puro. Los competidores fuertes pueden dar mejores rendimientos que los débiles con prácticas agronómicas primitivas y severamente limitantes, pero ninguna variedad resulta satisfactoriamente en tales condiciones.

Es importante no confundir o igualar la habilidad competitiva con la selección para caracteres adaptables, lo cual ocurre en poblaciones mejoradas cultivadas en ambientes con problemas tales como baja temperatura y condiciones edáficas desfavorables.

Competencia en cruzamientos simples

En razón de la extrema variabilidad en la mayoría de las poblaciones F_2 de cruzamientos simples, es difícil identificar y seleccionar las plantas deseables incluso cuando no hay competencia. La dificultad es mayor cuando se tiene en cuenta el efecto de la competencia en los fenotipos deseables, especialmente en cruces de líneas altas x enanas. Si se permite que la competencia continúe sin reprimirla hasta que el grano madure, el proceso de selección llega a ser casi imposible en la F_2, pues la mayoría de las plantas más deseables reciben tanto sombra que se vuelven parcialmente estériles o son tan anormales que aquellas que sobreviven parecen inservibles y son erróneamente rechazadas.

Competencia en retrocruzamientos

Los retrocruzamientos simples, o cruzamientos triples a progenitores, se practican frecuentemente cuando se buscan una o dos características de arroces altos y frondosos. Las plantas F_1 de los retrocruzamientos, 50% de las cuales son enanas, pueden cultivarse en casas de malla de tres a cinco plantas por maceta. Las plantas enanas seleccionadas individualmente, producen en el campo familias F_2 que son enanas homocigotas o que segregan para altura. La competencia no afecta mayormente las familias F_2 enanas homogéneas, pero sí a las familias que segregan en altas y enanas en la proporción de 3:1 lo mismo que a las poblaciones F_2 de cruces simples.

Soluciones a la competencia

Los efectos de la competencia pueden reducirse usando espaciamientos amplios para las plantas F_2 o no aplicando nitrógeno. Sin embargo, ninguna de estas prácticas es satisfactoria ya que ambas reducen el tamaño de las plantas genéticamente altas.

Existe un procedimiento, más bien poco satisfactorio, para reducir la competencia en las poblaciones F_2 de cruzamientos simples y retrocruzamientos que involucren progenitores altos y enanos. Primero inspeccionar la planta, cuando comienza la floración y cortar a ras del suelo, por debajo del nivel del agua a los fenotipos altos. Se hace una segunda ronda después de que todas las plantas hayan florecido para eliminar las plantas altas que quedaron en el primer corte.

La mayoría de los programas se concentran en cruces múltiples, que incluyen ambos padres altos y enanos, y en producir un gran número de plantas F_1 en la última combinación de cruces y únicamente se llevan a

F_2 en el campo las plantas enanas para producir poblaciones que son muy uniformes en altura.

Cuando se desean plantas de altura intermedia, este procedimiento es menos satisfactorio y requiere una supervisión estricta del fitomejorador. Aún no se ha definido claramente un buen procedimiento para la selección de dicho tipo de plantas.

Mejoramiento masal

Durante décadas los fitomejoradores de arroz han usado el mejoramiento masal convencional en áreas tropicales y templadas.

El procedimiento masal no ha producido avances importantes en la productividad del arroz tropical, por cuanto los científicos generalmente no han estado conscientes de dos principios básicos del mejoramiento del arroz:

1. La influencia de la morfología de la planta en la habilidad de rendimiento y la necesidad de reemplazar los fenotipos predominantemente altos y frondosos por tipos más productivos; y

2. El efecto perjudicial de la competencia en las poblaciones segregantes y la pérdida consecuente de segregantes valiosos.

Recientemente, el conocimiento de las interacciones del tipo de planta, la habilidad de rendimiento y la competencia han conducido a la mayoría de los fitomejoradores a evitar completamente, o a modificar, el sistema masal convencional. Actualmente se reconoce que el mejoramiento masal irrestricto es inútil cuando se busca aumentar los rendimientos en cruzamientos que segregan ampliamente por el tipo de planta.

Sin embargo, un sistema modificado de mejoramiento masal tiene un buen potencial en el mejoramiento del arroz. El sistema modificado comprende la selección de una o dos panículas de cada una de las mejores plantas de cada población. El sistema masal continúa hasta la F_5 o F_6 cuando las plantas superiores son seleccionadas y purificadas. La selección masal modificada es probablemente más satisfactoria que la selección genealógica o de pedigrí cuando el área de cultivo en cuestión tiene una productividad moderadamente baja. Un ejemplo sería los programas de mejoramiento de arroz de secano enfocados a combinar tolerancia a la sequía, enfermedades, y condiciones adversas del suelo.

El defecto del sistema masal de no permitir evaluaciones tempranas para problemas tan limitantes como resistencia a sogata, calidad del grano, etc. puede obviarse manejando la F2 por el sistema de pedigrí, a fin de evaluar plantas individuales por familia o cruce, para proceder a mezclar las seleccionadas y continuar su manejo masal hasta la quinta generación.

Mejoramiento por retrocruzamiento

Los fitomejoradores de arroz no han usado en gran medida el método de retrocruzamiento, por medio del cual se transfiere un carácter de una

variedad mejorada usándola repetidamente como progenitor recurrente. La principal desventaja del retrocruzamiento es que ninguna variedad es tan cercana a la ideal que únicamente sea necesario mejorar una sola característica.

El retrocruzamiento convencional puede ser útil para ciertos problemas específicos. Por ejemplo, la línea Colombia I tiene resistencia dominante monogénica a la enfermedad hoja blanca. Miles de selecciones en generaciones tempranas de cruces de Colombia I con líneas enanas mejoradas han mostrado que los segregantes resistentes ocurren con las frecuencias pronosticadas, pero sus tipos de planta o grano son invariablemente deficientes. Esto sugiere una marcada asociación entre la resistencia y los caracteres pobres de planta y grano de Colombia I. En este caso, los retrocruzamientos repetidos a progenitores mejorados enanos, junto con la selección rigurosa en la F1 después de cada retrocruzamiento podrían romper la asociación.

Método de retrocruzamiento simple

Un procedimiento útil en todos los cruces que incluyan un progenitor enano y uno alto frondoso, es un retrocruzamiento simple al progenitor enano. Este procedimiento se hace rutinariamente y con éxito en los programas del IRRI y del CIAT. Una modificación del retrocruzamiento simple es cruzar la F1 con otro padre de buen tipo de planta y calidad de grano para producir un cruzamiento triple, A/B//C, el cual se maneja similar a un retrocruzamiento. En CIAT no se siembran en el campo los cruces simples, pues han dado resultados inferiores a cruzamientos triples o retrocruces.

La apariencia de la F2 de un cruzamiento simple es un indicativo razonablemente acertado del valor del retrocruzamiento. Pero algunas veces la F2 de un cruce simple produce pocos segregantes deseables, mientras que la F2 de un retrocruzamiento, o cruce triple, es excelente. Utilizando solamente un retrocruzamiento se obtiene una segregación y recombinación suficientemente amplias para producir muchos segregantes con características de planta y grano superiores a aquellas de los progenitores enanos recurrentes.

El éxito de un retrocruzamiento simple o del cruzamiento triple, está directamente relacionado con el número de plantas y la intensidad de la presión de selección aplicada a la población F1. Para obtener una F1 grande, usualmente se producen de 50 a 100 o más semillas. A continuación se descartan aquellas plantas que son altamente estériles, de maduración muy tardía, o cuyo grano tiene una forma o tamaño inferiores. El retrocruzamiento de una F1, heterozigota para el enano, al progenitor enano produce un 50% de plantas altas en la población F1 del retrocruzamiento. Las plantas altas con características aceptables se avanzan, en algunos programas, a la F2 junto con las mejores plantas enanas. De cada familia F2 se cultivan de 200 a 400 plantas. Las familias F2 que se derivan de plantas altas de F1 retrocruzadas, segregan en plantas altas y enanas en una proporción de 3:1. Las plantas altas se desechan, como se describió previamente, para reducir la competencia y asegurar la supervivencia de las enanas deseables.

El programa del CIAT practica una modificación del procedimiento típico para manejar cruces altos x enanos. Las plantas F_1 se cruzan con otro progenitor enano hasta obtener 200 o más plantas F_1. Todos los segregantes altos se descartan, aún cuando puedan ser heterozigotos para enanismo, a fin de eliminar la necesidad de depurar los segregantes altos en las familias F_2. Esto deja un mínimo de 100 enanos homozigotos y solamente se cosechan los enanos fértiles con buen grano que luego se siembran en el campo para establecer las familias F_2. La semilla F_2 del cruzamiento simple original se cosecha y se almacena, pero no se siembra en el campo como antes se explicó.

El gran número de plantas F_1 del retrocruzamiento garantiza la disponibilidad de numerosas familias F_2, con una concentración de caracteres deseables de la planta y grano, para continuar con la selección.

Cuando el progenitor alto no recurrente, sirve de fuente de resistencia a una enfermedad con herencia simple, como es frecuentemente el caso de la resistencia a la piricularia, se evalúa la reacción a la enfermedad de algunas plántulas F_2, de cada planta enana F_1 seleccionada del retrocruzamiento, antes de sembrar las familias F_2. La mitad de las familias seleccionadas portarán el gen de resistencia; las restantes, las cuales no segregan plantas resistentes, se descartan y solamente se siembran en el campo las familias portadoras de resistencia. En un ejemplo alta x enana, 100 de las 200 plantas F_1 resultarían enanas; de éstas, quizás 20 se descartan por esterilidad o mal tipo de grano y del resto, cerca de la mitad, son portadoras de resistencia a piricularia, o sea que 40 familias F_2 se siembran en el campo.

Mejoramiento genealógico o por pedigrí

El método de pedigrí ha sido el más común y exitosamente usado en el mejoramiento del arroz, aunque todavía tiene ciertas desventajas. Este método requiere mucho tiempo para evaluar periódicamente las líneas durante la estación de cultivo y mantener los registros, en los cuales se basa la selección en el momento de la madurez y puesto que cada planta seleccionada se maneja independientemente, el material a evaluar crece piramidalmente e incrementa la carga de trabajo de manera notoria. Por otra parte, es muy laborioso porque cada selección se debe preparar, no solamente para la siembra en el campo sino también para la evaluación en laboratorio, y en viveros especiales para la calidad del grano, resistencia a enfermedades e insectos y otros caracteres. De todos los métodos de mejoramiento, el de pedigrí es el que exige mayor familiariadad con el material y con los efectos del genotipo y medio ambiente en la expresión del caracter.

Sin embargo, son muchas las ventajas que explican su vasto uso. Cabe destacar que las generaciones tempranas de las plantas seleccionadas en el campo pueden evaluarse en pruebas especiales para caracteres tales como resistencias.

Esto suministra una base sólida para descartar las líneas indeseables y concentrarse en el material útil. Los datos de las evaluaciones de estas progenies de plantas individuales se obtienen mientras las nuevas líneas pedigrí están creciendo en el campo. Así, las líneas que resultan de mala

calidad, con susceptibilidad u otros efectos, se eliminan inmediatamente de los libros de campo para no perder tiempo con ellas.

Ocasionalmente una de estas pruebas falla y da resultado inciertos. Los registros del sistema pedigrí para generaciones previas, permiten al fitomejorador conocer el comportamiento del caracter mejorado en cuestión, volviendo a los surcos de los cuales se hicieron las selecciones. Esta información más temprana permite al fitomejorador predecir, hasta cierto punto, el comportamiento de las líneas en el vivero de campo.

Empleo de mutaciones en mejoramiento

La tendencia actual es proponer la inducción de mutaciones como fuentes de variabilidad de una característica, especialmente entre los investigadores que desconocen la existencia de la diversidad natural. Una revisión de la literatura sobre mejoramiento genético por mutación en arroz muestra que el mayor volumen de trabajo se ha hecho para inducir caracteres comunes y naturalmente abundante como tallos cortos, precocidad, tamaño de grano, resistencia al desgrane, o alto macollamiento. No hay razón alguna para inducir mutaciones como fuentes adicionales de caracteres a costa de las prácticas convencionales de mejoramiento, cuando la mayoría de las fuentes naturales no han sido todavía explotadas. Una evaluación realista de las prioridades de mejoramiento, basada en las necesidades de la industria y de los consumidores de arroz, mostraría que el mejoramiento genético por mutación es normalmente más perjudicial que benéfico durante los primeros años de los programas de mejoramiento tanto en regiones tropicales como templadas. No obstante, la inducción de tallos sólidos, endosperma amarillo, o glumas frágiles, como las del trigo, sería una contribución extraordinariamente valiosa al mejoramiento del arroz. El uso de mutaciones inducidas debería limitarse exclusivamente a un programa establecido, altamente productivo, que haya agotado la mayoría de las fuentes o caracteres naturales.

En el CIAT las mutaciones inducidas con irradiación con rayos gamma, se han utilizado en dos proyectos de mejoramiento, en los cuales se requería mantener las condiciones de adaptación y otras buenas características del material. 1o.) Inducir enanismo en variedades criollas, con buena adaptación a suelos ácidos y resistencia a Piricularia, a fin de obtener tipo corto con mayor facilidad de combinar en los cruces; y 2) Obtención de mejor calidad de grano de la variedad chilena Oro, tipo japónica y conservar su buena tolerancia a frío. El resultado en este caso fueron varias líneas de Oro, con calificación menor de 1 para centro blanco.

OBJETIVOS DEL MEJORAMIENTO GENETICO

El éxito del fitomejoramiento depende de tres factores principales:

1. Una definición clara de objetivos específicos

2. Recursos genéticos satisfactorios de las características deseables, y

3. Pruebas adecuadas para identificar las plantas superiores.

Los objetivos inciertos como "mejoramiento para alto rendimiento" sólo producen frustación y fracaso. La pregunta pertinente es "Qué factores limitan el rendimiento?". Tales factores podrían incluír tallos débiles y volcamiento; macollamiento inadecuado; sombrío mutuo debido a la morfología foliar pobre, período de crecimiento inapropiado debido al clima; sensibilidad a la temperatura baja; susceptibilidad a enfermedades o insectos; o combinaciones de éstos y otros factores. Una vez que se conocen los problemas básicos, pueden establecerse los objetivos específicos del mejoramiento genético.

Para que las variedades nuevas, con tipo de planta mejorado, sean aceptadas comercialmente, es necesario que tengan las características específicas de grano preferidas y es más fácil cambiar las características de calidad que alterar las preferencias humanas.

Ya existen fuentes excelentes de casi todos los caracteres importantes de la planta y grano dentro de las innumerables variedades de arroz, y otras podrían encontrarse a través de futuras selecciones.

El arroz ha sido objeto de considerables estudios genéticos, muchos de los cuales han sido útiles a los fitomejoradores de arroz, pero desafortunadamente también se ha gastado mucho tiempo y dinero estudiando caracteres de poco o ningún valor económico. Más aún, la genética de varios caracteres importantes no ha sido completamente estudiada, incluyendo la proteína total, distribución de materia seca, contenido de aminoácidos, contenido de amilosa, temperatura de gelatinización, opacidad del endosperma, tolerancia a temperatura baja y resistencia a muchas enfermedades, insectos y problemas del suelo.

Pero los fitomejoradores generalmente no tienen tiempo para estudios genéticos. Cuando trabajan con un caracter de herencia desconocida, no pueden esperar los análisis genéticos para iniciar los cruzamientos y la selección. La información genética no es indispensable para el éxito del mejoramiento, como lo comprueba el extraordinario mejoramiento del arroz hecho por el hombre primitivo, así como las variedades mejoradas desarrolladas recientemente por los científicos. No obstante, la información sobre formas de herencia y estimaciones de la heredabilidad hacen más efectivos los procedimientos de selección y la formulación de objetivos de mejoramientos.

MEJORAMIENTO GENETICO DE CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y MORFOLOGICAS

Enanismo

Los tallos cortos y fuertes, más que ningún otro caracter, determinan la resistencia al volcamiento, una proporción favorable de grano/paja; la respuesta al nitrógeno, y la alta capacidad de rendimiento.

El acame o volcamiento temprano de tallos largos y delgados, altera la distribución de las hojas, aumenta el sombrío mutuo, interrumpe el transporte de nutrientes y fotosíntatos, causa esterilidad, y reduce el rendimiento. Los tallos cortos y gruesos resisten el volcamiento y reducen las pérdidas de respiración de los tallos.

El avance más sobresaliente en el mejoramiento genético del arroz en años recientes, fue el descubrimiento de la importancia y utilidad de las variedades chinas enanas Dee-geo-woo-gen-tze, y Taichung Native 1. El gen mayor recesivo de Dee-geo-woo-gen para enanismo, se introdujo en un gran número de variedades y líneas índicas mejoradas y, más recientemente en japónicas. Estos materiales mejorados son más útiles como progenitores que las tres variedades chinas enanas originales porque a su porte bajo aunan muchos otros caracteres deseables.

Existe un número limitado de fuentes útiles de tallo corto, rígido, que incluyen variedades de porte bajo con herencia poligénica y enanas mendelianas. Se conocen algunas variedades con tallos cortos heredados cuantitativamente como Century Patna/SLO 17. Estas son menos útiles que algunas de las enanas monogénicas porque, cuando se cruzan con genotipos altos, segregan amplia y continuamente para la altura de la planta. En los programas de fitomejoramiento no se ha encontrado una enana útil con un solo gen dominante que controle el porte bajo.

La heredabilidad del enanismo es alta y fácil de identificar, seleccionar y recombinar con otras características. Las líneas segregantes enanas se pueden identificar con bastante exactitud entre las plántulas arrancadas de los semilleros, lo que permite descartar las plántulas demasiado altas en poblaciones que van a ser transplantadas. En los estados posteriores de desarrollo, las enanas se identifican fácilmente en el campo, porque tienen tallos y hojas cortas, a menudo de una coloración verde azulada y usualmente, macollan profusamente.

Las líneas segregantes enanas varían muy poco en altura, presumiblemente por la acción de un gen menor. La gran mayoría caen dentro de los límites útiles de 80 a 100 cm y algunas alcanzan los 120 cm bajo ciertas condiciones.

Aunque la resistencia al volcamiento está relacionada principalmente con la poca altura, depende también de otros caracteres incluyendo el diámetro del tallo, el espesor de las paredes del tallo y el grado hasta el cual la vaina de las hojas se adhiere a los entrenudos. El fitomejorador no puede evaluar en el campo las características anatómicas o a la adherencia de la vaina, pero si puede aplicar altos niveles de nitrógeno y observar la altura y grosor del tallo.

Es casi imposible identificar y evaluar las segregantes enanas en poblaciones deficientes en nitrógeno.

Vigor vegetativo

Las plantas con vigor vegetativo inicial (que llenen rápidamente los espacios entre plantas y surcos) son deseables si tal vigor no conduce a un crecimiento excesivo y al sombrío mutuo después de que comienzan a formarse las panículas. El vigor está asociado con varias combinaciones de emergencia y desarrollo rápido de plántulas, precocidad y alto macollamiento, hojas moderadamente largas e inicialmente flácidas, y un aumento temprano, rápido en la altura de las plántulas. El vigor vegetativo es bajo en tipos moderadamente cortos, de pobre macollamiento, incluyendo variedades de los Estados Unidos y Surinam, así como la mayoría de las

variedades de secano y japónicas. Unas pocas variedades altas, de bajo macollamiento, adaptadas a la siembra directa son muy vigorosas durante el crecimiento inicial. El vigor inicial es usualmente alto en las variedades tropicales no mejoradas, pero su follaje suele ser excesivo en la floración y son demasiado altas y propensas al acame. Varios tipos índica, enanas, incluyendo la CICA 4, INTI y CICA 8, tienen excelente vigor vegetativo combinado con flacidez inicial de hojas, hábito erecto de la planta adulta, y una tasa de crecimiento lenta después de que alcanzan el área foliar crítica.

Los materiales deberían clasificarse cuando se observan diferencias claras en el vigor inicial en los viveros pedigrí, o sea aproximadamente 40 a 50 días después de la germinación de la semilla, aunque puede ser más tarde en áreas menos cálidas o si el nitrógeno es deficiente. Es difícil evaluar el vigor en las plantas individuales, razón por la cual primero se toman notas de cada línea comenzando en la F_3 y se continúa hasta los ensayos de rendimiento.

Habilidad de macollamiento

Una combinación de la habilidad de alto macollamiento y una agrupación compacta de tallos, moderadamente rectos, permiten que las macollas reciban mayor radiación solar y, por consiguiente, el sombrío mutuo por unidad de superficie es menor. En las plantas mejoradas, se prefiere un alto macollamiento al macollamiento medio o bajo. Como las variedades enanas no tienen un índice de área foliar óptimo, el macollamiento alto no ocasiona el crecimiento excesivo de la planta ni el sombrío mutuo.

Con densidades altas de semilla o plántulas de arroz, las variedades que macollan profusamente formarán pocos tallos por planta, pero darán una producción total más alta que las variedades de bajo macollamiento. Un buen macollamiento compensa las plantas que se pierden con densidades de siembra bajas, pero las variedades con capacidad de macollamiento limitada carecen de esta plasticidad.

Desarrollar buenos tipos de plantas con alta capacidad de macollamiento es mas bien sencillo. Muchas fuentes de alto macollamiento se encuentran disponibles en arroces tradicionales tropicales. Cuando se reduce el tamaño del tallo, su habilidad de macollamiento generalmente no disminuye e incluso puede aumentar. Los cruzamientos que incluyen un progenitor de buen macollamiento, a menudo producen segregantes que macollan bien.

El macollamiento alto como un objetivo del mejoramiento genético, requiere cuidado particular en los programas de arroz de siembra directa. Hay evidencia empírica contundente de que las poblaciones sembradas directamente conducen a una selección natural lenta, pero progresiva de las poblaciones en contra de un buen macollamiento y eventualmente producen materiales de bajo macollamiento. Esta pérdida de macollamiento se puede contrarrestar sembrando a densidades bajas en la F2 para facilitar la identificación de plantas profusamente macolladoras, mediante una selección estricta para alto macollamiento y, cuando sea posible, transplantando periódicamente la F2 y las parcelas de observación.

Características foliares

Erguimiento de la hoja

El carácter más importante de la hoja es el erguimiento después de la iniciación de la panícula, asociado con la alta capacidad de rendimiento.

Todas las progenies de fuentes de enanismo chinas tienen hojas de moderada a altamente erectas después de la iniciación de la panícula. Las hojas de algunas líneas son excesivamente erectas; esta característica está a menudo asociada con el bajo macollamiento, que ocasiona una pérdida de interceptación de la luz. Las hojas de unas cuantas variedades enanas, incluyendo las selecciones IR930, son algo flácidas durante el crecimiento vegetativo, pero se tornan erectas cuando comienza a formarse la panícula. Estas son probablemente más deseables que las hojas que son erectas durante todo el ciclo de vida, ya que contribuyen al vigor vegetativo inicial. En el CIAT y en el IRRI las selecciones altas con hojas flácidas se desechan automáticamente, después de la iniciación de la panícula. Las líneas que tienen hojas flácidas antes de que la panícula comience a formarse y hojas erectas después, son especialmente valiosas.

Longitud, ancho y grosor de la hoja

La longitud de la hoja es variable en el arroz. El ángulo de la hoja está asociado directamente con la longitud; las hojas cortas son más erectas que las largas. Las hojas cortas están distribuídas más uniformemente, de tal suerte que el sombrío mutuo es menor y la utilización de la luz más eficiente.

La anchura de la hoja es menos variable que la longitud, pero hay diferencias obvias dentro de los materiales enanos y altos.

Observaciones de campo sugieren que son preferibles las variedades con hojas más angostas que aquellas como las de IR 8. Varias líneas más recientes combinan hojas angostas, vigor inicial, buen macollamiento, panículas largas y una excepcional habilidad de rendimiento.

Se presume que las hojas angostas contribuyen a los mayores rendimientos por cuanto están distribuídas más uniformemente que las anchas y causan menor sombrío dentro del follaje.

El grosor de la hoja ha sido relacionado con alta habilidad de rendimiento, por tener una tasa fotosintética mayor por unidad de área foliar. Sin embargo, algunas variedades altamente productivas tienen hojas relativamente delgadas. Esto sugiere que esta característica no tiene una relación directa importante con el potencial de rendimiento.

Rigidez, color y senescencia de la hoja

La rigidez de la hoja es deseable únicamente en áreas donde los vientos intensos las desgarran y las parten. La rigidez parece estar asociada directamente con el grosor de la hoja y la lignificación de los tejidos foliares.

Las hojas verde oscuro se asociaban antiguamente con la habilidad de alto rendimiento.

Variedades enanas de altos rendimientos, incluyendo la CICA 4, tienen hojas pálidas lo cual sugiere que el color de la hoja es de poca importancia práctica, en la selección por capacidad de rendimiento.

Algunos fitomejoradores opinan que la senescencia lenta de las dos o tres hojas superiores es deseable, porque, teóricamente, activa la fotosíntesis y la formación del grano hasta su completa madurez. Esta tesis no está respaldada por ninguna evidencia fisiológica, ni por los resultados del mejoramiento genético, pero las observaciones de campo sugieren que la senescencia lenta de la hoja puede ser importante.

Hojas glabras

Las hojas y espiguillas de la mayoría de las variedades del arroz son pubescentes, pero las de unas pocas son glabras, con poco o ningún tricoma bicelular. Sin embargo, ninguna variedad tiene hojas pubescentes y glumas lisas, o viceversa. Los arroces glabros no irritan la piel de los obreros durante la cosecha, desgrane, secamiento y molinería; por consiguiente, la glabrescencia es bastante deseable. Las partes lisas de las plantas no están aparentemente asociadas con la habilidad de rendimiento o la reacción al ataque de insectos o enfermedades.

Las buenas variedades enanas lisas, son preferibles al material de los Estados Unidos, y algunas están disponibles en el IRRI.

Hojas banderas

Las hojas banderas son importantes para la habilidad de rendimiento por cuanto suministran directamente fotosintatos a las panículas. También ayudan a estabilizar el rendimiento ya que las hojas banderas erectas, moderadamente largas, tales como las de CICA 4, ayudan a proteger el grano maduro contra el daño ocasionado por los pájaros. Las hojas banderas de las variedades altas rara vez cubren totalmente las panículas.

La longitud y rigidez de las hojas banderas son variables. Muchas variedades enanas como la IR22, tienen hojas banderas cortas y erectas; otras tienen hojas banderas largas y flácidas aunque las hojas interiores son cortas y rectas. O sea que el tamaño de la hoja bandera parece ser independiente del tamaño de las hojas más bajas.

Caracteres de la panícula

Tamaño

Muchos investigadores se preocupan innecesariamente por el tamaño de la panícula como un objetivo del mejoramiento. Generalmente hay una asociación compensatoria entre el tamaño de la panícula y la cantidad de macollas. Por otra parte, los caracteres de la panícula no causan o determinan estrictamente el rendimiento. El caracter de la panícula que no ha recibido mucha atención pero que puede ser de valor, es el grosor del

raquis, el cual puede estar asociado con el de los tallos.

Deberían esperarse rendimientos más altos de líneas que combinan buen macollamiento con panículas largas. Observaciones de campo recientes sugieren que las hojas moderadamente angostas y un vigor inicial excepcional en materiales enanos, están a menudo asociados con un buen macollamiento, panículas largas y habilidad de rendimiento más alta.

Panículas compactas

Las panículas dispersas son consideradas universalmente como indeseables, aunque las variedades de arroz con este caracter no tiene necesariamente menos espiguillas. En algunos casos, la herencia de panículas dispersas en controlada por un solo gen recesivo simple, pero parece ser poligénica en otros. La selección para la panícula compacta normal es fácil y efectiva en poblaciones segregantes.

Exerción de la panícula

Las panículas deben emerger completamente de la vaina de la hoja bandera. La panícula completamente exerta es supuestamente dominante sobre la panícula parcialmente encerrada, pero la temperatura del aire y, posiblemente, el sombrío modifican drásticamente la expresión. En muchas líneas, las panículas sobresalen completamente si el tiempo es caliente después de la iniciación de la panícula, pero la exerción es incompleta si el tiempo es algo frío.

Duración del período de llenado del grano

Se ha observado repetidamente que el período prolongado de llenado del grano está asociado con un incremento del rendimiento, aunque no se ha probado. El período de la floración a la maduración fluctúa de 45 a 60 días en áreas templadas. En los trópicos, promedia alrededor de 30 días, pero fluctúa entre 25 y 35 días según la variedad. La duración del período de llenado de grano de las variedades japónicas es con frecuencia ligeramente más largo que el de las variedades índicas.

Peso del grano

El peso del grano varía de menos de 10 a más de 50 mg/grano. Este caracter es más comúnmente expresado como peso de 1000 granos al 14% de contenido de humedad. El peso de la cáscara es normalmente de 20 a 21% del total de grano. Aparentemente no es posible mejorar el rendimiento del arroz molinado disminuyendo el peso de la cáscara. Sin embargo, el rendimiento se podría aumentar incrementado el peso del grano, ya que las variedades con granos grandes acumulan más eficientemente el almidón durante el período de maduración. Los de mayor potencial son los tipos de grano largo (6.61 a 7.50 mm).

El peso del grano largo a extra largo, de las variedades populares comerciales, fluctúa de aproximadamente 20 a cerca de 35 g/1000 granos.

El grano de muchas variedades modernas de alto rendimiento pesa

relativamente poco. Por ejemplo, en las variedades IR 28, IR 29, IR32 y CICA 4 fluctúa de cerca de 21 a 23 g/1000 granos. Esto indica que es posible obtener altos rendimientos con granos relativamente largos y delgados.

Fertilidad de las espiguillas

La fertilidad de las espiguillas es un prerrequisito obvio para obtener altos rendimientos. Una esterilidad normal de las espiguillas es de 10 a 15%. Un porcentaje más alto de esterilidad es preocupante. La esterilidad es común en materiales mejorados de arroz y tiene tres causas principales: temperaturas extremas, volcamiento y esterilidad híbrida o incompatibilidad genética.

Los híbridos resultantes de cruces entre las variedades tropicales índica y japónica o javánica son casi siempre parcial a completamente estériles, pero la esterilidad también ocurre en híbridos lejanos de índica x índica. Aunque los híbridos F1 tienen comúnmente del 20 al 80% de espiguillas estériles, algunos son completamente estériles. Por ejemplo, los cruces de variedades enanas con la variedad Mudgo (una buena fuente de resistencia a sogata) son frecuentemente estériles en un 99% en la F_1. En un caso tan extremo, es obviamente impráctico producir una cantidad enorme de plantas F_1 para cosechar suficiente semilla para la F_2.

Maduración y sensibilidad fotoperiódica

Las condiciones climáticas y agronómicas predominantes, determinan el número ideal de días desde la siembra de arroz hasta la cosecha. El germoplasma varía ampliamente en maduración, lo que permite a los fitomejoradores crear variedades adecuadas para las condiciones y prácticas de cultivo locales. En los trópicos, el período de maduración de las variedades insensibles al fotoperíodo fluctúa de cerca de 90 a 160 días.

Las variedades que maduran en más o menos 110 a 135 días usualmente rinden más que aquellas que maduran más pronto o más tarde, bajo la mayoría de condiciones agronómicas favorables.

La mayor parte de las variedades modernas son de maduración intermedia. Hay unas cuantas fuentes de maduración muy tardía, especialmente en Surinam. Las buenas fuentes de maduración muy precoz para los trópicos (90-105 días) incluyen japónicas insensibles al fotoperíodo y varios arroces del sur de los Estados Unidos y del IRRI. Los materiales estadounidenses son mejores que las japónicas como fuentes de madurez muy precoz para los trópicos, a pesar de su bajo macollamiento y vigor inadecuado, porque se combinan mejor con índicas tropicales.

En casi todos los programas se registran notas sobre el 50% de floración para todas las líneas pedigrí, empezando por la F3, ya que el período de la floración a la maduración del grano es relativamente constante en todas las líneas.

La combinación de su precocidad con el macollamiento, vigor y habilidad de rendimiento, de las variedades enanas tropicales mejoradas,

sigue siendo un desafío fascinante. El IRRI ha desarrollado líneas relativamente productivas (5 ton/ha en la estación húmeda y de 6 a 7 ton/ha en la seca) que maduran en 100 a 105 días.

La insensibilidad al fotoperíodo es una razón importante por la cual muchas de las variedades enanas modernas son tan ampliamente adaptables. Esta característica ha sido muy bien acogida en muchas áreas tropicales, por cuanto permite cultivar las variedades en un amplio rango de latitudes, producir dos o tres siembras por año y tener mayor flexibilidad en las fechas de siembra.

Todas las variedades importantes en el trópico de América Latina son insensibles o poco sensibles a la duración del día.

Pigmentación

Ningún caracter ha recibido tanta atención, con tan poco justificación. La pigmentación, en cualesquiera de sus posibles combinaciones, no parece estar relacionada con el desarrollo del cultivo, la resistencia a plagas, el rendimiento del grano, o cualquier otro caracter importante del crecimiento o de la calidad. Una pequeña excepción son los granos precocidos porque un apículo o cáscara pigmentados puede manchar el endosperma. Los patrones de pigmentación y su herencia constituyen un pasatiempo para algunos genetistas.

El color básico del arroz es pajizo o dorado. La cáscara dorada, recesiva a la cáscara pajiza, es muy común en las variedades comerciales. El color de la cáscara no afecta el rendimiento del grano ni característica alguna importante, y merece poca atención. Debido a su herencia simple es útil para verificar la autofertilización de plantas F_1 en cruzamientos donde la variedad de cáscara dorada es el progenitor femenino.

Aristas

Casi todos los fitomejoradores seleccionan granos sin aristas porque éstas son duras, persistentes, e inconvenientes para el desgrane y la molinería. La arista no contribuye significativamente al llenado del grano, no lo protege de los pájaros, y aparentemente no tiene una función útil.

La mayoría de las variedades no tienen aristas o tienen unas pocas en el ápice, de modo que de este caracter rara vez constituye un problema en el mejoramiento. Desechar los individuos completamente aristados en las poblaciones F_2 y F_3, elimina la mayor parte de la dificultad en los cruces ocasionales que comprendan un progenitor completamente aristado.

Desgrane

El desgrane o caída del grano, el cual depende del grado de adherencia de la espiguilla a su pedícelo, es de gran importancia económica y uno de los principales objetivos del mejoramiento genético. La manera como la espiguilla se adhiere se clasifica como fuerte, intermedia o floja.

Las variedades que se cultivan en áreas donde los vientos son fuertes,

deben resistir la sacudida al madurar el grano. La resistencia al desgrane es especialmente importante en variedades de tallos rígidos, resistentes al acame, cuyos tallos erectos, a diferencia de los de las plantas sensibles al volcamiento, no están protegidos de severas sacudidas. Las variedades que se cosecha sacuden y almacenan temporalmente en el campo antes de ser degranadas, una práctica común en Perú y otros países, requieren una gran resistencia al desgrane.

Los tipos con resistencia intermedia al desgrane pueden trillarse más completamente, con menor pérdida de grano, cuando se cosechan mecánicamente.

Las variedades japónicas son altamente resistentes al desgrane, lo mismo que algunas índicas. El arroz rojo es muy susceptible y la mayoría de las variedades índicas ocupan una posición intermedia entre estos extremos.

Los fitomejoradores no disponen de métodos eficientes para evaluar la habilidad del desgrane. La mejor técnica, aunque lejos de ser la ideal, es sostener las panículas de una planta flojamente en la mano, apretarlas levemente con los dedos, y calcular el número de granos desprendidos.

Latencia del grano

La latencia del grano se refiere a la baja habilidad de germinación del grano viable, recientemente cosechado. Como el desgrane y la abundancia de aristas, la latencia es una característica primitiva que favorece la supervivencia en la naturaleza. La latencia es también deseable para la mayoría de los ambientes agronómicos, porque evita que el grano germine en las panículas antes de la cosecha.

Las variedades japónicas, como grupo, tienen poca o ninguna latencia. La mayoría de las índicas tienen alguna latencia y muchas, especialmente aquellas del Asia Tropical, tienen una latencia fuerte.

Bajo condiciones normales de desarrollo del grano, la latencia es controlada, en gran parte, por la lema y la palea, y en menor grado por el pericarpio y el embrión. El medio ambiente afecta fuertemente esta característica.

La duración del período de latencia debería determinarse solamente cuando se vayan a preparar recomendaciones para los agricultores sobre nuevas variedades, nunca para material segregante. Es importante probar lotes de semilla de distintas áreas de producción.

CALIDAD DEL GRANO

Apariencia del endosperma

La apariencia del arroz molinado es importante para el consumidor y por consiguiente, para el productor y el molinero. Las variedades que tienen un comportamiento superior en el campo, son aceptadas con dificultad por la industria molinera, si el grano tiene una apariencia inferior una vez molinado. De aquí que esta característica sea de suma importancia en el mejoramiento.

Las áreas opacas se conocen como panza blanca, centro blanco, o dorso blanco, según su localización en el endosperma. Para evaluar el material de mejoramiento es más conveniente agrupar las manchas bajo el término panza blanca que utilizar tres clasificaciones diferentes. La opacidad no debe confundirse con la apariencia superficialmente similar del arroz glutinoso o ceráceo, o con aquella de granos inmaduros, yesosos, cosechados con un alto contenido de humedad antes de su madurez fisiológica o por causa de algunas plagas.

La presencia y grado de centro blanco están parcialmente bajo control genético, aunque ciertos factores ambientales afectan marcadamente su expresión. Los granos individuales de una misma panícula pueden diferir en opacidad. Algunas variedades, como la Oryzica 1, presentan poco centro blanco en diferentes ambientes, mientras que otras, como la CICA 4 tienen endosperma claro en algunos ambientes y considerablemente opaco en otros. La variedad IR 8 y otras son severamente afectadas con panza blanca en casi todos los ambientes.

El principal factor ambiental que influye en la opacidad parece ser la temperatura inmediatamente después de la floración. Los materiales con endosperma claro, seleccionados en las áreas frescas, se deben examinar rigurosamente en ambientes más calientes. Se sospecha también que la fertilidad del suelo y el manejo del agua afectan el grado de panza blanca de manera aún desconocida.

Longitud, forma y calidad de molinería del grano

Las normas para evaluar la longitud y la forma del grano del material de mejoramiento varían entre países y áreas de mercadeo. El Cuadro 1, muestra una clasificación razonablemente útil para las evaluaciones rutinarias de mejoramiento.

Cuadro 1. Clasificación de la longitud y forma del grano del arroz molinado

Designación	Longitud (mm)	Escala	Forma	Longitud ancho	Escala
Extra largo	+ 7.50	1	Delgado	+ 3.0	1
Largo	6.61 - 7.50	3	Medio	2.1 - 3.0	3
Medio	5.51 - 6.60	5	Ovalado	1.1 - 2.0	5
Corto	- de 5.50	7-9	Redondo	- de 1.1	9

En las Américas generalmente se prefiere el grano largo o extra largo (tipo Surinam), excepto donde las bajas temperaturas requieren que se siembren variedades derivadas de las japónicas con granos medios a cortos.

El ancho y grosor, o la forma, son menos variables y menos importantes que la longitud, aunque los mercados de mejor calidad usualmente exigen un grano de forma delgada a media (Cuadro 1). El grano ovalado es a menudo rechazado debido a que se parte durante la molinería. Una excepción son los arroces de secano del Brasil, los cuales son de grano largo y ovalado, de buen peso específico, y buena calidad de molinería. Usualmente, pero no siempre, los granos de longitud corta a media se parten menos que los largos durante la molinería. Por lo tanto, el tamaño y forma del grano están estrechamente relacionados con los rendimientos del índice de pilada o grano entero.

Los fitomejoradores deberían hacer más énfasis en el mejoramiento del arroz entero que en el rendimiento del arroz total, por cuanto comercialmente es más importante el arroz entero, varía más y es más fácil de mejorar.

Los científicos en programas tropicales de mejoramiento de arroz han desarrollado muchas selecciones con características típicas de plantas enanas y excelente grano, adecuado para el comercio internacional, mediante el intercruzamiento de líneas promisorias durante varios ciclos y la selección estricta para el tipo de grano y endosperma claro. No obstante, el tamaño y la forma del grano son caracteres relativamente difíciles de manejar.

Tipos de plantas enanas mejoradas con todas las combinaciones esenciales posibles de forma y longitud de grano están cada vez más al alcance del fitomejorador para usarlas como padres en cruzamiento. Así que no es necesario emplear por más tiempo plantas no mejoradas como donantes de buen grano.

Las mediciones directas de la calidad de molinería usualmente comienzan con el grano masal de líneas superiores F_5 o F_6, seleccionadas tentativamente para incluirlas en ensayos preliminares de rendimiento. La evaluación debe incluir variedades testigo, bien conocidas, que se someten a todas las pruebas de rendimiento y multiplicación. Un procedimiento usado comúnmente es secar muestras de 1 kg de grano hasta que lleguen a menos de 14% de humedad. Las muestras se descascaran y se molinan con el equipo de laboratorio, siguiendo cuidadosamente las recomendaciones del fabricante para el tiempo y el peso aplicado al molino. Verifique dos veces las líneas con rendimientos de arroz entero excesivamente bajos y descarte todas las que confirme como no satisfactorias. La correlación entre los resultados obtenidos con 1 kg de arroz molinado en el laboratorio y con muestras en grandes molinos comerciales es generalmente satisfactoria.

Es imperativo hacer por lo menos una evaluación de la calidad de molinería, preferiblemente más de una, en un molino comercial antes de lanzar una nueva variedad. Como la evaluación requiere de 2 a 4 toneladas de arroz, ésta se hace con el grano producido en la primera etapa de multiplicación de semilla en gran escala. Cuando sea posible esta prueba se deberá repetir después de tres a cuatro meses de almacenamiento del grano, porque éste aumenta al máximo la dureza del grano y el rendimiento de arroz entero.

Contenido de amilosa

La amilosa es la fracción lineal del almidón en las variedades no glutinosas; la amilopectina, o fracción ramificada, constituye el resto del almidón. Las variedades de arroz se agrupan con base en su contenido de amilosa, en glutinosas (1-2% de amilosa), bajas (8-20% de amilosa) e intermedias (21-25% de amilosa). Por encima de 25% son altas en amilosa.

Las variedades no glutinosas, las cuales constituyen la mayor parte del arroz en el mundo, tienen de 8-37% de amilosa, aunque la mayoría fluctúa de 13 a 32%.

El medio ambiente modifica parcialmente el contenido de amilosa de muchas maneras desconocidas. Las temperaturas altas durante la maduración del grano disminuyen el nivel de amilosa. El contenido de una variedad puede variar tanto como el 6% de un período de siembra a otro o en ambientes diferentes.

Hasta que se disponga de técnicas más simples de evaluación, los programas con restricciones financieras pueden limitar los análisis a las líneas puras a medida que se avanzan a ensayos de observación.

El arroz se clasifica en grupos amplios de calidad de cocción mediante la evaluación complementaria del contenido de amilosa, consistencia de gel y temperatura de gelatinización. Sin embargo, las variedades dentro de cada grupo difieren en cuanto a palatabilidad, una diferencia que invariablemente detectan los consumidores, por lo cual los fitomejoradores deberán cocinar y probar, tanto el arroz cocido caliente como frío, de los materiales promisorios antes de distribuirlos como variedades.

El arroz en cáscara debe almacenarse mínimo cuatro meses después de la cosecha, antes de la prueba de degustación. El tiempo de almacenamiento aumenta la absorción del agua y la expansión del grano durante la cocción, lo que permite obtener un arroz más suelto y esponjoso que cuando se le cocina recién cosechado. En América Latina se prefieren los arroces intermedios en contenido de amilosa y temperatura de gelatinización. En secano parece existir una asociación positiva entre calidad intermedia del grano con manchado del grano.

Contenido de proteína

El contenido de proteína del grano, aunque sujeto a cambios varietales y ambientales, promedia cerca del 7% en el arroz molinado y 8% en el arroz integral. El balance de aminoácidos de la proteína del arroz es excepcionalmente bueno. El contenido de lisina, por ejemplo, representa en promedio cerca del 3.8 a 4.0% de la proteína.

Un hecho importante y bien documentado es que el grano de las variedades nuevas de alto rendimiento contiene tanto proteína como la de las variedades tradicionales, ya sea que se les aplique o no algún fertilizante nitrogenado. No obstante, tanto el rendimiento de grano como el contenido de proteína de las nuevas variedades aumenta cuando se utiliza abundante nitrógeno y prácticas de cultivo mejoradas.

MEJORAMIENTO GENETICO DE LA RESISTENCIA A PLAGAS

El desafío de incorporar resistencia estable a las principales enfermedades e insectos, en las variedades tropicales modernas, supera cualquier contribución anterior del mejoramiento del arroz. Varios factores hacen de la resistencia a plagas un objetivo importante de tal mejoramiento.

- El arroz se cultiva ampliamente en los trópicos húmedos cálidos, donde las plagas abundan mucho más que en las regiones templadas, porque los patógenos no invernan en los trópicos y los insectos no entran en dispausa.

- La amplia adopción de los nuevos arroces enanos ha creado condiciones altamente favorables para algunas plagas. Las aplicaciones altas de nitrógeno, los espaciamientos cortos y las siembras continuas han aumentado la severidad de la piricularia, añublo bacterial, añublo de la vaina, e insectos chupadores.

- El costo de los productos químicos agrícolas está aumentado, y el público cada vez es más consciente de sus efectos nocivos sobre el medio ambiente. Por lo tanto, la alternativa es ganar la confianza del público en la resistencia de los hospedantes, a fin de disminuir la contaminación, los costos de producción y reducir las pérdidas de campo.

- La diseminación de tan sólo unas cuantas variedades nuevas en millones de hectáreas, amenaza con sofocar genéticamente a cientos de variedades locales. Este incremento de la uniformidad genética y fenotípica ha destruído una importante barrera natural a la dispersión de epidemias. Aunque el número de nuevas variedades crece constantemente y continuará en ascenso, la cantidad de variabilidad genética jamás se aproximará a su nivel anterior.

Afortunadamente, la amplia variabilidad genética en el arroz suministra una resistencia útil a la mayoría de las plagas principales. Sin embargo, esta resistencia apenas ha empezado a explotarse apropiadamente.

El mejoramiento de la resistencia a enfermedades en el arroz tropical alcanzó cierto éxito en el pasado. Por ejemplo, la resistencia de las variedades enanas a piricularia no ha sido adecuada para las áreas endémicas en América Latina, pero ha sido generalmente más amplia que la resistencia de muchas variedades indígenas en las regiones déltica del Asia Monzónica.

Sin embargo, el mejoramiento por resistencia a insectos en arroz ha sido espectacularmente exitoso en algunos casos, e ilustra la importancia de no aceptar automáticamente la opinión profesional vigente antes de 1962.

Ocasionalmente se ha encontrado resistencia en variedades en las cuales no se sospechaba. Por ejemplo, el Sogatodes o sogata, un insecto inicialmente importante del arroz en América Latina tropical, es desconocido en el Asia. No obstante, cuando se introdujeron las nuevas variedades enanas asiáticas, se encontró que algunas tenían mayor resistencia a esta plaga. Esta resistencia fue incorporada en las variedades

CICAS, eliminando el insecto como una plaga de importancia económica.

El mejoramiento por mutación del arroz no ha contribuído significativamente a la resistencia a plagas, a pesar de las cuantiosas inversiones de dinero y tiempo. Por lo tanto, el principal objetivo de todos los programas debería ser explotar la variabilidad genética existente en el arroz cultivado, mediante las prácticas convencionales de mejoramiento.

Las variedades mejoradas resistentes a las plagas, probablemente se cultivan en menos de la mitad del área mundial arrocera irrigada. La mayoría de éllas son resistentes únicamente a una o dos plagas, pero los fitomejoradores pueden ahora desarrollar nuevas variedades, con resistencia combinada a la mayoría de las principales enfermedades y plagas.

Resistencia estable

El principal objetivo de todos los programas de mejoramiento para resistencia, es identificar y utilizar efectivamente la resistencia estable a las principales plagas. Una fuente amplia de resistencia estable a las plagas debería mantener un nivel satisfactorio de resistencia, a largo plazo, contra las diversas razas y biotipos en muchas regiones. Las plantas hospedantes generalmente poseen uno de los dos tipos de resistencia a las enfermedades:

- Resistencia vertical o específica, que consiste en restringir el proceso de infección, o

- Resistencia horizontal o no específica, que consiste en restringir la colonización, crecimiento y dispersión del parásito antes de la infección.

El tipo específico de resistencia dura generalmente poco tiempo, mientras que la resistencia no específica tiene mayor duración.

El número de genes que controlan directamente la resistencia, condicionan la facilidad y efectividad de aprovechamiento de dicha resistencia. La resistencia específica, usualmente controlada por uno o dos genes, es relativamente fácil de aprovechar porque las reacciones entre las poblaciones segregantes son discretas y fácilmente identificables. Por otra parte, la resistencia no específica, controlada por varios genes, es mucho más difícil de evaluar y manipular, ya que no se expresa a un nivel confiable en las pruebas de plántulas, y requiere técnicas especiales para la evaluación de plantas adultas directamente en el campo. La transferencia de caracteres cuantitativos a plantas de tipo mejorado es una tarea formidable.

En muchos cultivos se han usado, individualmente, genes simples de resistencia vertical. Dicha resistencia ha sido duradera contra patógenos que tienen poca variabilidad genética, pero es inestable contra patógenos genéticamente variables.

Casi toda la resistencia identificada y utilizada hasta ahora para las principales enfermedades del arroz es vertical. La resistencia vertical ha sido de larga duración para los virus hoja blanca, tungro y el enanismo, intermedia para el añublo bacterial, y corta para la piricularia. En áreas en donde el escaldado de la hoja, el añublo de la vaina y la helmintosporiosis son endémicas, los fitomejoradores seleccionan las plantas menos afectadas. Las diferencias observadas en la reacción de la planta probablemente obedecen a la resistencia horizontal.

La resistencia a insectos está clasificada en tres categorías amplias:

- No preferencia, porque los factores de la planta la hacen poco atractiva para la oviposición, alimentación o convivencia de los insectos;

- Antibiosis, la cual afecta adversamente la alimentación y multiplicación de los insectos en la planta; y

- Tolerancia, mediante la cual las plantas soportan poblaciones grandes de insectos sin sufrir mayor daño.

La no preferencia y la antibiosis son los tipos más afectivos de resistencia para controlar la mayoría de los insectos, porque reducen las poblaciones. La tolerancia, en cambio, no inhibe la multiplicación del insecto y puede contribuir a que se multiplique aún más.

La herencia simple de la resistencia ha sido duradera en el caso del saltahojas verde y Sogatodes oryzicola, pero muy breve para el saltahojas café (Nilaparvata lugens). El efecto de la resistencia multigénica en los barrenadores ha sido difícil de evaluar por cuanto los niveles de resistencia han sido generalmente bajos y las poblaciones de las principales especies de barrenadores han sido relativamente pequeñas.

TOLERANCIA A CONDICIONES EDAFICAS Y CLIMATICAS DESFAVORABLES

La tolerancia genética de las variedades de arroz a las diversas condiciones edáficas adversas varía enormemente. Numerosas variedades de arroz con alguna tolerancia a la salinidad, alcalinidad, toxicidad de Fe, acidez fuerte, deficiencias de Zn y P y suelos orgánicos, han evolucionado o se han seleccionado durante siglos. Sin embargo, la mayoría rinde muy poco y carece de resistencia a las principales enfermedades y plagas.

Los químicos de suelos han desarrollado procedimientos de selección para identificar variedades tolerantes a la mayoría de los problemas edáficos. No obstante, las interacciones entre la planta de arroz y muchos factores del suelo son tan complejas, que los procedimientos aún están siendo depurados y mejorados, y los tipos de suelos con problemas están siendo mejor caracterizados. Recientemente se han hecho grandes progresos en la modificación de los suelos en los invernadores y en el campo para expandir las áreas en donde puede efectuarse la selección. Sin embargo, la capacidad de selección es áun baja para la mayoría de las pruebas. Los fitomejoradores recientemente han empezado a transferir la tolerancia a suelos problema a un amplio rango de variedades de alto rendimiento; las

perspectivas ahora son buenas para el desarrollo de nuevos arroces con tolerancia estable a los principales problemas del suelo. Esta tolerancia genética, complementada con prácticas culturales, puede ayudar a incorporar tierras nuevas a la producción arrocera.

Salinidad y alcalinidad

El problema edáfico más difundido. Niveles tóxicos de sal impiden o limitan el cultivo del arroz en más de 50 millones de hectáreas de tierras áridas o planicies costeras del sur y sureste del Asia, y las regiones tropicales y subtropicales en Africa y América del Sur.

Gran parte de los suelos salinos, pueden convertirse en productoras de arroz sin la inversión de grandes capitales, si se cuenta con variedades de alto rendimiento, tolerantes a la salinidad.

La salinidad en las regiones costeras fluctúa de acuerdo con la lluvia y las mareas. Además como la salinidad no siempre está distribuída uniformemente, es difícil hacer una evaluación uniforme. Las plantas de arroz son más susceptibles en el estado de plántula, pero con la edad se tornan tolerantes. Las concentraciones salinas, con una conductividad específica de 8-10 mmho/cm a 25°C, marcan claramente la diferencia entre arroces susceptibles y tolerantes. Se requieren temperaturas moderadas a calidad para poder efectuar una selección adecuada.

Los suelos moderadamente alcalinos pueden adecuarse mediante la aplicación de yeso, el manejo apropiado del agua y el cultivo de arroces tolerantes. El arroz tolerante a la alcalinidad es el mejor cultivo para sembrar durante y después de la adecuación de aquellas áreas con suelos calcáreos.

Se han desarrollado procedimientos efectivos de invernaderos para evaluar la tolerancia a la salinidad y alcalinidad. Los procedimientos de selección en el campo han sido desarrollados en conjunto, con científicos de varios países, pero se están mejorando continuamente a medida que se logra experiencia adicional.

Toxicidad de hierro

La toxicidad de hierro es un desorden nutricional del arroz que ocurre ampliamente en Ultisoles y Oxisoles altamente ácidos, y en suelos con sulfatos ácidos (conocidos también como bisulfatos). El daño va desde la muerte de la planta hasta rendimientos pobres de grano, a pesar de un buen crecimiento vegetativo. Varios factores influyen en el nivel de daño, tipo de suelo, manejo del agua, variedad, edad del cultivo, situación nutricional general de la planta y condiciones del tiempo.

La mayoría de las selecciones se efectúan en áreas donde la toxicidad de hierro se presenta naturalmente. Es difícil mantener un nivel adecuado de hierro en suelos acondicionados en el invernadero o en el campo. Se han obtenido buenos resultados de selección en Colombia y Brasil.

Deficiencia de zinc

Se considera como otro problema nutricional que limita rendimientos del arroz en áreas húmedas, y lo que es más importante, la severidad de la deficiencia de zinc puede aumentar debido a :

- La absorción de mayores cantidades de zinc al cultivar variedades de altos rendimientos.

- La sustitución del sulfato de amonio (fertilizante ácido) por úrea.

- El uso continuo de fertilizantes fosfóricos, y

- La producción de dos y tres cosechas consecutivas de arroz de fangueo.

Por lo tanto, las variedades con alguna tolerancia a la deficiencia de zinc, reducirán la cantidad requerida de éste para corregir el problema.

Se han realizado pruebas en suelos con un contenido de zinc tan bajo como 0.04 ppm, pero sólo unas pocas variedades sobrevivieron. Los suelos con un contenido disponible de zinc de 0.5 ppm parecen ser adecuados para la mayoría de las pruebas de selección, tanto en invernadero como en el campo.

Deficiencia de fósforo

En los trópicos muchos tipos de suelo son deficientes en fósforo y fijan grandes cantidades del fertilizante fosfatado. Esta deficiencia está ampliamente distribuída y frecuentemente es severa en toda el área de arroz de secano de América Central. Las variedades de arroz que utilizan eficientemente el fósforo que extraen del suelo, serían de gran utilidad para los pequeños agricultores.

La deficiencia de fósforo del arroz puede evaluarse en el invernadero y en el campo. En el primer caso, se debe preparar una solución nutritiva que contenga los siguientes elementos: 40 ppm de N; 40 ppm de K; 40 ppm de Ca; 4.0 ppm de Mg; 5.0 ppm de Fe; 0.5 ppm de Mn; 0.05 ppm de Mo; 0.01 ppm e Zn; 0.02 ppm de B y 0.01 ppm de Cu.

Resistencia a la sequía

Los esfuerzos de investigación no se habían dirigido, sino hasta hace poco, a la resistencia del arroz a la sequía. Esto se debe principalmente a la complejidad del problema, más que a la falta de reconocimiento de su importancia .

Las variedades difieren considerablemente en su habilidad para sobrevivir y rendir cuando no hay suficiente humedad; sin embargo, este fenómeno es altamente complejo y puede involucrar varios mecanismos. Los científicos del IRRI han encontrado que los mecanismos de resistencia a la sequía, en relación con las condiciones climáticas, edáficas y culturales, son inherentemente diferentes y específicas para cada localidad. Su propósito es buscar mecanismos que funcionen en un sinnúmero de ambientes.

El programa de sequía del IRRI tiene tres objetivos principales:

- Comprender mejor las bases fisiológicas de la resistencia, tolerancia y recuperación de la sequía, en relación con las diferencias varietales respecto a estos componentes.

- Desarrollar y perfeccionar técnicas que permitan a los investigadores identificar rápidamente los diferentes componentes de resistencia a la sequía, cada uno de los cuales puede operar en un estado particular del crecimiento de la planta; y

- Utilizar las técnicas apropiadas para evaluar la adaptabilidad de las líneas mejoradas e introducciones del banco de germoplasma, a diferentes regímenes de agua.

Numerosas técnicas de diversos grados de complejidad pueden utilizarse para evaluar la resistencia a la sequía. Actualmente el método más práctico es simplemente sembrar en el campo simulando el cultivo de secano o secano favorecido durante la estación seca. Las plantas pueden regarse en la época del establecimiento, ya sea por aspersión o gravedad. El riego se suspende para someter las plantas a un período de escasez en el estado apropiado de crecimiento, el cual puede determinarse examinando los datos climatológicos de la región estudiada para las variedades en desarrollo.

En muchos suelos se requieren por lo menos dos semanas sin lluvia para que aparezcan diferencias marcadas en susceptibilidad a la sequía durante el estado vegetativo, y una semana durante el estado reproductivo Los síntomas de sequía y la habilidad de recuperación, después de aplicar agua de las líneas en prueba, se evalúan en la época apropiada. En la evaluación se utiliza la escala del Sistema de Evaluación Standar para Arroz.

Los resultados de estas pruebas en la estación seca deberán verificarse durante la estación lluviosa en condiciones naturales de sequía. Los científicos del IRRI han encontrado una buena correlación, pero ésta podría no ser válida para todas las localidades.

Introducciones del banco de germoplasma, así como también líneas mejoradas con algún grado de resistencia a la sequía, pueden solicitarse directamente al IRRI a través del Programa de Pruebas Internacionales de Arroz (IRTP), especialmente del Vivero Internacional de Observación de Arroz de Secano (VIOAL-S). Los investigadores de áreas en donde la sequía es un problema grave deberían mantenerse al tanto de los trabajos realizados en el IRRI y otros centros de investigación.

Temperatura baja

Los científicos de los programas de arroz para regiones templadas han seleccionado por resistencia a temperaturas bajas durante décadas, y han producido variedades reconocidas hoy en día como de gran tolerancia a temperaturas bajas.

Actualmente, la tolerancia al frío es considerada como un objetivo de mejoramiento muy importante para los programas nacionales en la zona costera de Perú, Sur del Brasil, Argentina, Uruguay, Chile y Cuba.

Hay disponibles muchas fuentes de tolerancia a temperaturas bajas. Las variedades japónicas del norte de Japón, Corea, Hungría, Italia y del Occidente de los Estados Unidos tienen buena resistencia. Muchos arroces de tipo índica de altas latitudes provenientes de Nepal, India y las Filipinas son tolerantes al frío, y algunos del sur de los Estados Unidos tienen tolerancia moderada. Unas cuantas variedades tropicales tienen suficiente tolerancia como para cultivarlas con éxito hasta los 25 o 30° de latitud. Es el caso de las variedades IRGA 409 (P790-B4-4 IT) e IR-GA 410) (P971-B-4-17-1) provenientes de cruces de variedades índicas realizados en el CIAT y seleccionadas en el Brasil para el área sur con temperaturas moderadas.

Los ciclos repetidos de selección natural a temperaturas bajas apropiadas, aparentemente se manifiestan en un avance progresivo y acumulativo hacia la tolerancia. La variedad Caloro, seleccionada en California en 1913 de una introducción japonesa, Early Wataribune, ilustra esta situación. La selección natural durante 60 años aumentó consistentemente la tolerancia de Caloro, sin cambiar apreciablemente otras características varietales; Caloro posee ahora una excelente tolerancia al agua fría y plántulas sumamente resistentes.

La tolerancia al daño en una fase de crecimiento no está necesariamente relacionada con la tolerancia en otras. Aunque Caloro es altamente tolerante al frío en los estados de plántula y en el período vegetativo temprano de crecimiento, es susceptible a la esterilidad inducida durante la floración, presumiblemente por las temperaturas bajas. Otros materiales resisten las temperaturas bajas durante la floración y la maduración, pero son susceptibles durante la germinación y desarrollo de las plántulas.

La susceptibilidad se manifesta de diversas formas en las diferentes fases de crecimiento, lo que indica que la evaluación del material únicamente en una fase no es suficiente. La temperatura baja retarda el crecimiento vegetativo. Las plántulas y las hojas inferiores, más viejas, a menudo se tornan de color naranja amarillento. No se observa prácticamente exerción de las panículas, y éstas son parcialmente estériles. Las espículas o espiguillas superiores, a menudo se degeneran y se ramifican formando estructuras blancas frágiles. La temperatura del aire de 15 a 19°C. durante la meiosis en los microesporocitos causa una esterilidad alta de espiguillas. El período de maduración del material susceptible es irregular y prolongado. Las combinaciones diversas de temperaturas diurnas y nocturnas probablemente afectan diferentes estados vegetativos y la formación del grano.

En los valles altos de Colombia, en donde la temperatura nocturna es moderadamente baja durante todo el año, se recomiendan las siguientes guías para la selección: desarrollo lento de plántulas, crecimiento retardado, florecillas estériles y degeneradas, exerción incompleta de panículas y maduración tardía.

Es necesario hacer una selección rigurosa, siempre que sea posible, desde la F_2 hasta los ensayos de rendimiento, ya que lo usual es que los síntomas no se expresen claramente en todas las estaciones en la misma localidad.

Algunos síntomas, como crecimiento retardado, esterilidad parcial y maduración retrasada, no son suficientes para evaluar plantas individuales F_2. En tales casos, comience la selección en la F_3 evaluando el material con base en líneas. La degeneración de las espiguillas terminales de la panícula en estructuras blancas frágiles, es un indicador indiscutible de susceptibilidad.

Los materiales de fitomejoramiento se evalúan más consistente y confiablemente, en Japón y otras áreas templadas, mediante la irrigación de los campos con agua fría durante la noche. En los trópicos, ésto sería práctico únicamente en regiones altas.

En muchos países tropicales, la altitud varía lo suficiente para permitir localizar estaciones experimentales de mejoramiento en áreas calientes, a fin de evaluar el material fuera de la estación. Evaluar la progenie de todas las selecciones en cada generación no es práctico, pero la evaluación de todas las líneas puras que entran a parcelas de observación suministraría información mucho más útil.

El IRRI ha desarrollado una técnica artificial para seleccionar por tolerancia al agua fría, la cual consiste en colocar bandejas que contienen plántulas de siete días de edad en tanques con agua a una temperatura de 13°C durante 10 días.

La selección en el campo es más conveniente para áreas que requieren tolerancia al agua fría. Si bien es imposible mantener una temperatura uniforme del agua en todo el vivero, cuando éste es de tamaño apreciable, es relativamente fácil establecer una gradiente uniforme de temperatura, y corregir los resultados a intervalos frecuentes, por medio de variedades testigo estandar apropiadas.

La selección para temperatura baja del aire es mucho más difícil porque ésta es impredecible e incontrolable, excepto con un equipo costoso de control ambiental. Sin embargo, si la temperatura del aire es uniforme, puede ser manejada de tal suerte que se pueden probar fácilmente los materiales por tolerancia al frío utilizando variedades testigo apropiadas.

La clasificación por tolerancia es quizás el aspecto más crucial de las pruebas. Es esencial indicar la aceptación fenotípica a la madurez. Los materiales usualmente se clasifican con base en una escala de uno a nueve. Los puntajes de uno a tres muestran el potencial varietal en condiciones locales, en tanto que de siete a nueve significan que el material es completamente inadecuado. Otros datos tales como el grado de esterilidad y exerción de las panículas, altura de la planta y capacidad de macollamiento son útiles pero no esenciales.

MEJORAMIENTO EN ARROZ DE SECANO PARA AMERICA LATINA

C.P. Martínez

En América Latina se siembran aproximadamente 8.2 millones de hectáreas en arroz, con una producción total de 16.3 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 2.0 ton/ha. El arroz se cultiva predominantemente en fincas medianas y grandes, pero existe una gran variedad de sistemas de producción, que van desde cultivos intensivos con riego a sistemas de secano muy extensivos. Los factores principales que determinan el sistema de producción incluyen los regímenes de lluvias, costos de irrigación, tipo de suelos, topografía y la disponibilidad de infraestructura. Los rendimientos promedios en los diferentes sistemas de producción varían marcadamente, entre menos de 1 ton/ha, secano no favorecido, hasta 10 ó más, con riego en áreas ecológicamente beneficiadas.

Más del 70% del área destinada al cultivo del arroz en América Latina corresponde al sistema de secano. Según la definición adoptada en la reunión sobre arroz secano realizada en Bouake, Costa de Marfil, en Octubre de 1982, el "arroz secano es aquél que depende exclusivamente de las lluvias y que se siembra en suelos bien drenados, sin caballones o bordas, y en donde normalmente el nivel freático no aporta humedad al cultivo". Esta definición es bastante aplicable a la mayor parte de las 6.2 millones de hectáreas sembradas con arroz secano, con la excepción de algunas áreas en donde los campos se inundan esporádicamente en ciertas épocas.

La mayor parte del área cultivada con arroz secano corresponde a Brasil, pero el sistema tiene gran importancia en otras regiones como América Central, en donde casi toda la producción de arroz proviene del secano; México por su parte, decidió incrementar el cultivo de arroz bajo condiciones de secano en la Península de Yucatán, con el fin de aprovechar las lluvias para la producción de granos básicos, dados sus altos costos de irrigación; en Colombia, Venezuela y Ecuador, el sistema de secano representa partes significantes del área arrocera total; por último, la producción boliviana, procede esencialmente del sistema de secano.

Los objetivos principales de este artículo son: discutir brevemente cuáles son los factores limitantes del arroz de secano y los diferentes tipos de secano, describir los sitios en donde el Programa de Arroz del CIAT realiza las labores de evaluación y selección de los materiales genéticos, y presentar algunos datos sobre los avances obtenidos.

LIMITANTES PRINCIPALES DEL ARROZ DE SECANO

En las condiciones de secano, los limitantes del arroz son más severos que en el sistema con riego, ya que el agua aplicada permanentemente:

- Elimina la sequía
- Aumenta la disponibilidad de algunos nutrimentos y disminuye las deficiencias nutricionales.

- Reduce las pérdidas de nitrógeno

- Facilita el control de las malezas

- Reduce la incidencia y severidad de ciertas enfermedades fungosas Pyricularia oryzae, Rhynchosporium oryzae (escaldado de la hoja), manchado del grano y algunas plagas.

Observaciones realizadas en la gran mayoría de los países productores de arroz secano en América Latina, han permitido la identificación de tres grandes limitantes para aumentar la producción de arroz secano:

Factores agronómicos. Control de malezas y de arroz rojo, épocas y métodos de fertilización y cantidad de fertilizantes, épocas y métodos de siembra y de preparación del suelo.

Falta de resistencia estable y duradera a piricularia y de tolerancia a otros estreses del suelo y agua, en variedades de rendimientos altos.

Las plagas y enfermedades, no tan diseminadas como la piricularia, pero que pueden causar grandes pérdidas en ciertas áreas específicas. En este grupo se encuentran el escaldado de la hoja (R. oryzae), el manchado o decoloración del grano (causado por varios patógenos) y el virus de la hoja blanca. Entre las plagas, el Sogatodes oryzicola, los chinches del grano y los barrenadores del tallo son los de mayor importancia.

ECOSISTEMAS DEL SECANO

Sería incorrecto pensar que el arroz secano en América Latina representa un sistema uniforme, en el cual las prácticas agronómicas y los limitantes de producción son similares; por el contrario, se caracteriza por presentar una continuidad de ecosistemas, que van desde los niveles más bajos en productividad hasta los más altos; los suelos utilizados, así como también la pluviosidad y la distribución de las lluvias son muy variables. En el Cuadro 1, se describen los principales ecosistemas existentes en arroz secano en América Latina.

Debido a la variedad de ecosistemas y de limitantes tecnológicos, no se puede esperar que la evaluación y selección de material genético en un solo sitio, ofrezca solución a los problemas encontrados en todas las regiones productoras. Así, el Programa de Mejoramiento de Arroz Secano se está realizando en tres sitios que el CIAT considera representativos de las principales regiones productoras de América Latina. Estos sitios son :

a. Santa Rosa, en las cercanías de Villavicencio, representa un ecosistema altamente favorecido. En una extensión de 30 Has que la Federación Nacional de Arroceros ha cedido al CIAT. Se realizan investigaciones que no solo beneficiarán a los Llanos Orientales y a Colombia, sino también a otras áreas de ecología similar. Es muy favorecida por la distribución y cantidad total de las lluvias y buena fertilidad de los suelos.

Cuadro 1. Definición de los principales ecosistemas existentes en América Latina, propuesta por el Programa de Mejoramiento de Arroz Secano

Secano moderado a muy favorecido	Secano moderadamente favorecido	Secano no favorecido
América Central y Colombia	América Central y Brasil (Amazonía)	Brasil (Central)
Abundante precipitación = 2000 mm o más	Estación de lluvias más cortas y menor precipitación	Precipitación total baja e irregular
Buena distribución de las lluvias	Períodos secos(veranicos)	Presencia de veranicos
Suelos: aluvial, mod.ácidos bien drenados y fértiles	Suelos menos fértiles	Suelos: planos con ondulación, poca retención de agua
Variedades mejoradas, utilización insumos	Variedades enanas (América central) y altas (Brasil)	Variedades altas, susceptibles al vuelco y enfermedades, buena calidad
Rendimiento: 2.5 ton/ha a 4-5 ton/ha (muy favorecido)	Rendimiento: 1.5-2.0 ton/ha	Rendimiento: $\pm$ 0.9 ton/ha, inestable
Limitantes: malezas, piricularia, escaldado, manchado de grano, vuelco y hoja blanca en Colombia, Venezuela y Ecuador	Limitantes: veranicos, malezas, enfermedades y deficiencias nutricionales.	Limitantes: Densidad de siembra muy baja; sequía, piricularia

b. Los suelos de la terraza alta del CRI*, la Libertad, localizada cerca a Villavicencio, representan un ecosistema de sabana muy favorecido en términos de lluvia, pero los suelos (Oxisoles) son fuertemente ácidos e infértiles.

c. Rio Hato, una estación experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), representa un ecosistema menos favorecido en términos de la distribución y cantidad de las lluvias y fertilidad de los suelos, pero sin problemas de acidez en éllos.

Los análisis de suelos (Cuadro 2) indican que estos sitios difieren en cuanto al contenido de materia orgánica, pH del suelo, fertilidad, textura, etc.; el contenido de aluminio es alto en La Libertad. La capacidad de retención de agua de los suelos es muy baja en La Libertad y Rio Hato y alta en Santa Rosa. Además, la precipitación total en Santa Rosa y La Libertad es alrededor de 2.800 mm/año y bien distribuídos, mientras que en Rio Hato es muy baja (aproximadamente 1000 mm) y bastante errática, por lo que normalmente se presentan períodos de sequía.

La presión de enfermedades es más alta y severa en Santa Rosa y La Libertad, donde predominan la piricularía, el virus de la hoja blanca, el escaldado de la hoja y el manchado del grano, entre otras.

En el Cuadro 3 se presentan las áreas que el Programa pretende apoyar en base a germoplasma mejorado, desarrollado en los distintos sitios de evaluación y selección.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION REALIZADA

Este programa se inició en 1981, como una respuesta al mayor interés que se generó en aquellos países en donde el arroz secano representa una alternativa importante en la producción; sin embargo, el mayor esfuerzo del CIAT se ha concentrado en los sistemas de secano más favorecidos. Los objetivos para los ecosistemas de secano favorecido y sabana se resumen en el Cuadro 4, referidos a requerimientos en las variedades.

El programa comenzó con la evaluación de materiales segregantes y líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento de Arroz Riego del CIAT; simultáneamente se empezó la introducción, colección y evaluación de variedades de arroz secano, con las cuales se inició posteriormente la fase de hibridación.

Las experiencias provenientes de siembras comerciales en Colombia y Centro América indican que las variedades enanas obtenidas a través del Programa de Mejoramiento de arroz riego, rinden más que las altas en las condiciones de secano favorecido; sin embargo, dichas variedades han mostrado inestabilidad en los rendimientos, debido a piricularia (CICA 4, CICA 7, CICA 8, CICA 9, etc) y vuelco (CICA 8). Además, varios semestres de evaluación y selección de materiales en Santa Rosa, han puesto de presente que cuando el germoplasma de riego se expone a las condiciones de secano,

* Centro Regional de Investigación del Instituto Colombiano Agropecuario,ICA.

Cuadro 2. Análisis de suelo correspondientes a las 3 localidades en donde se realizan los trabajos de mejoramiento varietal

Sitio	M.O. %	pH	P(ppm) Bray II	Al	Ca	Mg	K	B	Zn	Mn	Ca	Fe
				Meq/100 g suelos				p p m				
Santa Rosa (Villavicencio)	2.35	5.1	16.1	0.8	2.88	0.20	0.18	0.20	1.5	30.0	1.86	118
La Libertad (ICA)	4.14	4.4	7.9	3.0	0.28	0.17	0.13	0.32	0.9	12.9	0.44	38
Rio Hato (Panamá)	1.61	5.9	5.5	Tr.	4.67	0.79	0.64	-	0.4	31.0	8.0	12

Cuadro 3. Sitios en donde se desarrolla el programa de mejoramiento varietal y las áreas de impacto

Evaluación y selección	Ecosistema	Regiones
Santa Rosa (Colombia)	Secano favorecido	Mayor parte de Centroamérica, Colombia, Venezuela, Bolivia, Brasil (Rondonia, Acre), Ecuador, México, (Campeche, Chiapas, Tabasco)
Rio Hato (Panamá)	Secano menos favorecido	México (Quintana Roo, Uxpanapa), Guatemala,(Jutiapa, Valle del Tempisque), Costa Rica (Cañas) y Panamá (Provincia Central).
La Libertad (Colombia)	Secano de sabanas	Llanos de Colombia, Venezuela y Guyana, Brasil (Matto Grosso del Norte, Porto Velho), Perú (Yurimaguas), México (Zona del Balancan) y Panamá (Provincia Central)

Cuadro 4. Requerimientos de variedades para las condiciones de secano favorecido y sabana

Secano favorecido	Secano sabana
1. Buen vigor; estatura enana a intermedia	1. Tipo de planta intermedia
2. Resistencia al vuelco	2. Crecimiento inicial vigoroso y macollamiento intermedio
3. Ciclo vegetativo de 110-130 días	3. Ciclo vegetativo de 110-130 días
4. Buen potencial de rendimiento (4-6 tons)	4. Rendimiento moderado (3-4 ton/ha)
5. Resistencia estable a piricularia	5. Resistencia estable a piricularia
6. Tolerancia a otras enfermedades	6. Tolerancia a otras enfermedades
7. Resistencia a Sogatodes	7. Resistencia a Sogatodes
8. Tolerancia a problemas de suelo	8. Tolerancia a la toxicidad de aluminio
9. Buen desarrollo radicular	9. Raíces gruesas y profundas
10. Tipo de grano largo, pesado y % de amilosa intermedio	10. Tipo de grano largo, pesado y % de amilosa intermedio
	11. Alta fertilidad de las espiguillas

presentan gran susceptibilidad a enfermedades y problemas de suelo, lo cual resulta en un alto porcentaje de eliminación de líneas. A pesar de éllo, se han identificado líneas que soportan bastante bien dicha presión.(Cuadro 5).

En el semestre 1984A se evaluaron 45 líneas avanzadas (F7 y F8) en ensayos de rendimiento en Santa Rosa y algunas de ellas tambien se sembraron en la Finca San Luis, Puerto López, Meta, con el fin de determinar su comportamiento fuera de la estación experimental. En el Cuadro 6 se presentan los rendimientos y genealogía de esas líneas. Se observa que los rendimientos, tanto de las líneas como de los testigos fueron más altos en San Luis, lo cual podría explicarse por la mayor presión de enfermedades existentes en Santa Rosa; la incidencia y severidad de piricularia, escaldado de la hoja, helminthosporium y manchado del grano, fue mayor en Santa Rosa. La línea 1193 rindió 6.4 ton/ha en San Luis, pero en Santa Rosa tuvo un ataque de Piricularia al cuello de la panícula del 100% y presentó alta incidencia de escaldado y helminthosporium, por lo cual, su rendimiento fue nulo. Las líneas 1008, 1095 y 1102 también tuvieron ataques moderados de piricularia en el cuello, en Santa Rosa. Por otra parte, las líneas 18490, 18493, 16504, 16493, 16497 y 18521 mostraron buena tolerancia a piricularia, helminthosporium y manchado de grano, pero son moderadamente susceptibles al escaldado. Estas líneas son vigorosas y tienen buenas características de grano, calidad de molino y cocina. Las mejores líneas de este grupo serán evaluadas en pruebas regionales por el ICA y Fedearroz*, en diferentes zonas de secano en Colombia y se evaluarán a través de las Pruebas Internacionales de Arroz (IRTP) en varios países de América Latina.

Cuadro 5. Líneas avanzadas con buena adaptación a suelos de sabana-Cría La Libertad-1984.

Línea	Origen
Tox 891-212-2-102	IITA, Nigeria
Tox 1010-22-7-1B	"
Tox 1010-49-1	"
Tox 1815-34-201-201-1	"
Tox 1780-5-7	"
Tox 1781-15-1	"
IRAT 194-1-2-B	IRAT, Costa de Marfil
IRAT 122	"
IRAT 146	"
IAC 164	Campinas, Brasil
IAC 5032	"
IAC 25/PJ-110-99-1-4-1	INIA, México
OS6/IRAT 13-A1-1CM-1JM	"
Colombia 1/M312A	IRAT, Costa de Marfil

* Federación Nacional de Arroceros de Colombia

Cuadro 6. Rendimiento de algunas líneas promisorias bajo condiciones de secano en dos sitios del Meta, Colombia. 1984A.

No. línea	Cruce	Pedigree	Rendimiento (Kg/ha) * Pto. López	Santa Rosa
1008	F1P1247xF1P1256	P1790-5-1M-4-5JM-1B-3M-1B	3316	3629
1095	IR36//5461/CICA 7	P2054F4 26-4-1B	4455	4259
1102	CICA 7//5461/4440	P2056F4 59-2-1B	4777	3292
1193	Bg90-2//CICA9/CICA 7	P2026F4 49-5-5-IB	6311	-
1541	CICA 7//Bg90-2/K8	P2192F4-39-5-1B-3-1B	5638	3914
18493	5209//Camponi/K8	P3055F4-3-4P-1B	6166	4505
18490	5209//Camponi/K8	P3055F4-3-3P-2P-1B	5330	3808
16504	5738//3224/Costa Rica	P3293F4-27-1P-1B	6110	4633
16493	CICA 7//4440/Pelita 1/1	P2231F4-138-2-1	5333	4455
16497	"	P2231F4-138-6-1	4905	4416
18521	5745//Camponi/K8	P3059F4-11M-2P-2P-1B	4973	4609
Oryzica 2	Testigo	-	4772	4430
Oryzica 1	"	-	5674	4261
Metica 1	"	-	5363	3751
CICA 8	"	-	4799	3290

* Promedio de tres repeticiones

Contrario a lo ocurrido en Santa Rosa, el tipo de planta enano a semienano, de buen macollamiento y con raíces delgadas, abundantes y superficiales, muy apropiado para riego y secano favorecido, no es apto para los suelos de sabana según se deduce de las experiencias provenientes de los programas de mejoramiento del IITA (Nigeria) e IRAT (Costa de Marfil). Los trabajos experimentales efectuados durante varios semestres en el CRI La Libertad, en condiciones de sabana, han confirmado estas observaciones. Este tipo de planta tampoco combina bien en cruces con las variedades tradicionales altas de secano, adaptadas a las condiciones de Sabana, y presenta mucha susceptibilidad a enfermedades y a problemas de suelo cuando se siembra en sabana. Por consiguiente, para las condiciones de sabana se buscan variedades o líneas mejoradas de altura y macollamiento intermedios, que posean raíces gruesas y profundas, hojas superiores erectas que se mantengan verdes y limpias hasta la época de cosecha y con porcentaje de fertilidad floral bastante alto.

Se han introducido líneas avanzadas y variedades de Brasil, de los Centros Internacionales (IRRI, IRAT e IITA) y de algunos programas nacionales, con el fín de identificar germoplasma adecuado para iniciar un programa de mejoramiento. En 1984 se evaluaron alrededor de 1.200 cultivares que incluían líneas mejoradas, variedades nativas y materiales tradicionales. Se usó un diseño de campo consistente en "franjas ácidas" formadas por dos bandas, de alta y de baja acidez. Esta última se obtuvo aplicando 3 ton/ha de cal dolomítica, 15 días antes de la siembra, para aumentar el pH del suelo y neutralizar el aluminio; la banda de acidez alta no recibió cal. De acuerdo a los datos obtenidos en La Libertad, los materiales enumerados en el Cuadro 6 muestran buena adaptación, buen tipo de planta y un potencial de rendimiento moderado en suelos de sabana; además las variedades tradicionales Ngovie, Lac 23, 63-83, Meht-Noi, Ku 28, Mack Khoune, Padi Bokarat, Monolaya, OS6, E425, TOS 5806 y TOX 5811, también presentan tolerancia a la toxicidad de aluminio. Por otra parte, estudios realizados en CIAT Palmira, indican que las variedades IRAT 120, IRAT 121, IRAT 122, IRAT 123, IRAT 124 y la línea Colombia 1/M312A, son bastante resistentes al virus de la hoja blanca. Con todo este material se está desarrollando germoplasma más apropiado a nuestros requerimientos de calidad, tolerancia a enfermedades y exigencias de rendimiento (3-4 ton/ha), adaptado a las condiciones de los suelos ácidos infértiles; este germoplasma será un componente dentro de un sistema de producción de arroz-pastos, que busca el empleo de bajos insumos en el manejo de oxisoles y ultisoles de América Latina.

PRINCIPIOS Y APLICACIONES DEL CULTIVO DE TEJIDOS EN EL FITOMEJORAMIENTO DEL ARROZ

J. Narváez y W.M. Roca

Los métodos de cultivo de células, tejidos y órganos vegetales comprenden una gran diversidad de clases. Recientes avances en las aplicaciones de estas técnicas, han permitido su utilización en distintas áreas de la agricultura, como el fitomejoramiento.

La aparición de variabilidad genética o epigenética que puede ocurrir en las células cultivadas in vitro, y la utilización de los métodos del cultivo de anteras y polen inmaduro, pueden permitir una rápida selección, fijación y propagación de variantes sexuales o somáticos con caracteres superiores y así una gran economía en tiempo, espacio y mano de obra, con respecto a los métodos tradicionales de mejoramiento. Sin embargo, ciertos problemas aún dificultan el uso eficiente de estas técnicas en los programas de mejoramiento del arroz, tales como: la baja inducción de callos y diferenciación de plantas en numerosas variedades, la poca información sobre la reacción de variedades al cultivo de tejidos y el desarrollo de plantas albinas (2).

Si se pretende utilizar eficazmente esta técnica en los programas de fitomejoramiento, es un requisito indispensable el estudio detallado e integrado de los factores que afectan el desarrollo de plantas completas, a partir de células cultivadas in vitro con el fin de mejorar los métodos de cultivo, evaluar y seleccionar variedades.

INDUCCION DE CALLO Y REGENERACION DE PLANTAS

En el cultivo de tejidos del arroz generalmente se distinguen dos etapas: a) la inducción de callo (dediferenciación) y b) la organogénesis (rediferenciación). Se denomina callo, al crecimiento indiferenciado de células que forman masas a manera de tumores, a partir de cualquier tejido diferenciado o aún de células individuales. La organogénesis comprende los procesos por los cuales se rediferencian tejidos especializados y órganos a partir de las células del callo (Figura 1).

Existen varios factores que influyen en la dediferenciación de los tejidos de explante usado para el cultivo, así como en el crecimiento de los callos y la rediferenciación de órganos y plantas (22).

El genotipo es el que generalmente determina la respuesta primaria de cualquier tejido al cultivo in vitro (11,18) (Figura 1B), mientras que los factores del medio de cultivo pueden incrementar las frecuencias de inducción de callo y regeneración de plantas (4,22).

Se ha encontrado que ciertos componentes del medio de cultivo son necesarios para incrementar la frecuencia de inducción de callo y el

Figura 1. Cultivo de tejidos del arroz, *Oryza sativa* L.:

A.- Procesos de inducción de callo (dediferenciación) y regeneración de plantas (rediferenciación).

B.- Influencia del genotipo en la inducción de callo a partir de anteras.

C.- Estado óptimo de desarrollo de la microspora para el cultivo de anteras: uninucleado tardío (izquierda) y binucleado temprano (derecha).

D.- Plantas haploide (x = 12) y diploide (2x = 24). Nótese la diferencia en tamaño.

E.- Progenie homocigota de una planta obtenida a partir del cultivo de anteras.

crecimiento de los mismos, pero su concentración parece no tener la misma importancia (2,22).

Entre las fitohormonas, la auxina determina en gran medida la inducción de callos y la rediferenciación de tejidos de arroz cultivados in vitro. Altas concentraciones de auxina promueven la dediferenciacion, mientras que su remoción del medio de cultivo permite la rediferenciación. Las citoquininas parecen no ser necesarias (24).

Al parecer, los diversos componentes del medio de cultivo, como fitohormonas y aditivos orgánicos, ejercen una acción combinada o sinergística (15). Se ha observado (14) que la cinetina tiene un efecto estimulante sobre la organogénesis, exclusivamente en callos de arroz que han sido inducidos en un medio que contiene caseína hidrolizada o extracto de levadura. Por lo tanto, las condiciones bajo las cuales se producen los callos, pueden influír también en su capacidad para responder en el proceso de diferenciación de órganos (12,15).

La edad de los callos influye también en su capacidad organogénica. A medida que avanza su edad, disminuye su habilidad para rediferenciar órganos (22, 32).

ALBINISMO

Un fenómeno de común ocurrencia en el cultivo de tejidos del arroz es el albinismo. La frecuencia de plantas albinas varía con las variedades de 5-90%. Hoy se conoce que el deterioro del ADN es la causa básica de la aparición de albinos (6,26).

VARIABILIDAD CITOLOGICA

El nivel de ploidía de las células de un callo puede ser muy variable (26). Sin embargo, las plantas regeneradas de callos derivados a partir de tejido somático son generalmente diploides (23). Por otro lado, las plantas provenientes de callos derivados a partir de anteras pueden ser haploides, diploides, triploides, tetraploides y aneuploides. La proporción de plantas diploides puede ser de 50 a 60% y de plantas haploides, de 30-40% (26,33,34). Puesto que las plantas diploides son generalmente homocigotas, se concluye que ellas se originan por la duplicación espontánea de los cromosomas durante el cultivo <u>in vitro</u> (haploides doblados). Las plantas haploides son fenotípicamente menos vigorosas que las diploides, destacándose por su menor altura, tamaño de sus hojas y panículas y su esterilidad (Figuras 1 DE) (22,34).

Esporádicamente se pueden presentar cambios morfológicos manifiestos en plantas regeneradas a partir del cultivo de tejidos; estos cambios se pueden atribuír a mutaciones que acontecen en los procesos de formación de callo y rediferenciacion. Estas variaciones incluyen cambios en la altura, macollamiento, tamaño de las hojas, peso y longitud de la panícula, esterilidad, etc. (13,23,26,33).

TECNICAS DE CULTIVO "*in vitro*"

TRATAMIENTO DE LAS SEMILLAS

Primero, las semillas maduras de arroz se descascaran manualmente; luego son desinfestadas, sumergiéndolas en una solución de bicloruro de mercurio al 0.2% durante 10 minutos, y luego enjuagadas 4-5 veces con agua destilada estéril. Posteriormente, se hace un embebido en agua destilada estéril a 5°C durante una noche. En esta forma, las semillas se encuentran listas para su cultivo (Figura 2A).

DISECCION DE EMBRIONES MADUROS

Los embriones se remueven de las semillas esterilizadas tratadas según el procedimiento anterior. Los embriones se deben separar cuidadosamente del endospermo, con la ayuda de un estereomicroscopio y un escalpelo, bajo condiciones de asepsia (Figura 2B).

DISECCION DE PORCIONES DE RAIZ Y HOJA

Semillas igualmente desinfestadas y embebidas, se siembran en el medio basal de Murashige y Skoog (21) solidificado con agar al 0.8% y se incuban bajo luz blanca (1300 lux) durante 4-5 días a 28 ± 1° C. De las plántulas así desarrolladas se obtienen asépticamente los segmentos de raíces y hojas. En el caso de raíces, se toman porciones de 10-20 mm de la raíz primaria, 5-10 mm detrás del meristema apical y las porciones de hoja de 5-10 mm de longitud, 1-5 mm a partir de la base del talluelo (Figura 2C-D) (13).

PRECULTIVO DE ANTERAS

Se seleccionan las primeras panículas de cada planta, siguiendo la técnica de Chen y Lin (3), las cuales son extraídas aún envueltas en la vaina de la hoja bandera e inmediatamente depositadas en agua destilada para evitar su desecamiento. Posteriormente se desinfestan sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de Calcio al 1% durante cinco minutos, enjuagándolas luego 4-5 veces con agua destilada estéril (Figura 3).

Se deben emplear anteras que contienen microsporas (polen inmaduro) entre los estados de desarrollo uninucleado tardío y binucleado temprano (Figura 1C) que son los más adecuados para el cultivo de anteras del arroz (32,22). La tinción de los granos de polen se realiza con acetocarmín férrico (16).

Se ha encontrado que el tratamiento de las anteras del arroz con frío, estimula la formacion de callos (10). Por ésto, es conveniente que las flores ya desinfestadas, o las anteras una vez cultivadas *in vitro* se expongan a 10°C, durante 2-5 días.

MEDIOS DE CULTIVO

Los medios basales (sales minerales y vitaminas) más usados para el cultivo de tejidos del arroz son el de Murashige y Skoog (21) y el de

Figura 2. Tratamiento de la semilla para el cultivo *in vitro* de tejido somático (22).

Figura 3. **Tratamiento de flores para el cultivo *in vitro* de anteras (22).**

Miller (19). Recientemente (4), se ha desarrollado un medio efectivo para el cultivo de anteras de arroz denominado N6, el cual ha superado en eficiencia a los otros medios (5). Dependiendo del ensayo y la clase de tejido, los medios basales se suplementan con los fitoreguladores de crecimiento: acido 2,4- diclorofeno- xiacético (2,4-D), ácido naftaleno acético (ANA), ácido indolacético (AIA), Cinetina, bencil adenina (BA) o 2-isopentenil adenina (2iP). Los aditivos orgánicos: Leche de coco (LC), extracto de levadura (EL), caseína hidrolizada (CH), lactalbúmina hidrolizada (LH) o ácidos nucléicos hidrolizados, y diferentes concentraciones de sacarosa pueden también ser utilizados en el medio de cultivo (12).

El pH de los medios se ajusta siempre a 5.8, antes de semi-solidificarlos con 0.8% de agar. Posteriormente, los medios se esterilizan en un autoclave a 15 lb/pulg2 durante 10 minutos.

INCUBACION

El material vegetal, una vez desinfestado, se manipula bajo condiciones de asepsia, lo cual se logra realizándose el cultivo en una cámara de flujo laminar.

Los cultivos se incuban a 25-28^{0}C. Para inducir la formación de callo, los tejidos se mantienen generalmente en la oscuridad y para rediferenciar órganos y plantas, los callos se exponen a un período lumínico de 12-16 horas (2500-3000 lux).

Las plántulas regeneradas <u>in vitro</u> son removidas de los callos y transferidas a potes. Para determinar el nivel de ploidía de las plantas existen varios métodos. Para el arroz, se recomienda la técnica descrita por Mukherjee y Mukherji (20).

APLICACIONES

CULTIVO DE ANTERAS

El cultivo de anteras o polen, constituye un complemento nuevo para el mejoramiento genético convencional. La técnica proporciona una mayor economía de tiempo, espacio y mano de obra en la obtención de líneas puras o variedades mejoradas (33). Cultivando anteras o polen de plantas F^1 o F^2 de cruces convencionales, se pueden obtener directamente plantas homocigotas. Las poblaciones de plantas así producidas, tienen la variación inherente que podría haberse encontrado en generaciones segregantes, pero individualmente tienen un genotipo fijo, sin posterior segregación ni pérdida de vigor. Las progenies producidas se pueden evaluar y seleccionar inmediatamente, lo cual es posible lograr siguiendo las técnicas convencionales de mejoramiento. Además, los caracteres controlados por genes recesivos, se manifiestan inmediatamente en las líneas producidas por este sistema (28,33,34).

En un programa de mejoramiento que no requiere una extensiva recombinación genética, el cultivo de anteras puede ser mejor aprovechado. Por ejemplo, en la combinación de caracteres deseables de dos variedaces aceptables que poseen características complementarias (tales como japónica x índica), un nuevo genotipo podría estabilizarse inmediatamente por el cultivo de anteras, evitando así la segregación en generaciones sucesivas (2). Además el cultivo de anteras de híbridos distantes en el género Oryza puede ser productivo y de gran uso en investigaciones citogenéticas y en el mejoramiento del arroz (6,25).

Bajo ciertas condiciones, la homocigosis es necesaria para reducir el error experimental, tal como ocurre en el uso de variedades para identificar razas de patógenos y biotipos de insectos, o para ser usadas en estudios de fisiología o genética(28). El desarrollo de líneas isogénicas cercanas con diferentes fuentes de resistencia a razas de patógenos se facilitaría mediante el cultivo de anteras. Estas líneas pueden usarse en el desarrollo de variedades multilineales con resistencia a enfermedades (28,35).

Puesto que la frecuencia de formación de callos y plantas verdes dependen del genotipo de la planta, debe hacerse énfasis en seleccionar variedades que respondan, para luego cruzarlas con variedades comerciales (2)

CULTIVO DE EMBRIONES Y OTROS ORGANOS

El cultivo de tejidos ha sido comúnmente utilizado en la multiplicación masiva con propósitos comerciales, en el caso de plantas que normalmente se propagan vegetativamente. Recientemente, el cultivo aséptico de nudos de arroz se presenta como un sistema promisorio de multiplicación para restaurar líneas estériles masculinas y en la fijación de heterosis para la producción de híbridos comerciales (9).

El cultivo *in vitro* de semillas débiles y pequeñas o extremadamente viejas de material de mejoramiento o germoplasma, permite incrementar su germinación. El cultivo de embriones jóvenes reduce 20-30 días el tiempo requerido para la germinación del arroz y muchas veces se evita el problema de muerte o aborción del embrión, muy común en la producción de híbridos distantes, interespecíficos o intergenéricos (1,17).

MUTAGENESIS "*in vitro*"

El método de inducción de callo y regeneración de plantas a partir de cualquier tejido de la planta de arroz, puede ser una fuente adicional de material para el mejoramiento, aprovechando las alteraciones genéticas debidas aparentemente a mutaciones espontáneas ocurridas durante el proceso de cultivo.

El cultivo de células *in vitro* permite incrementar la variabilidad genética disponible y la selección de un tipo específico deseado. Sometiendo las células cultivadas a mutagénicos, o mediante la aplicación de toxinas de hongos o bacterias, herbicidas, temperaturas altas o bajas,

sales minerales o análogos bioquímicos, se puede inducir variabilidad en forma de resistencia o tolerancia a estos factores (Figura 4) (1,2,7,30). Se debe notar sin embargo que la aplicación de esta técnica se limitaría para seleccionar aquellas alteraciones funcionales de las plantas que se expresan a nivel celular y que además, son el resultado de control genético simple.

Figura 4. Aplicaciones de la técnica de cultivo de tejidos en arroz: Mutagénesis *in vitro*.

CULTIVO DE PROTOPLASTOS

El cultivo de protoplastos (células desprovistas de la pared celulósica) es una técnica de gran potencial para el mejoramiento de las especies. Sus aplicaciones se centran en la selección de variantes somaclonales y la producción de híbridos somáticos, mediante la fusión de células procedentes de variedades, especies, y aún géneros diferentes. Además, los protoplastos constituirían los receptores más apropiados para la transferencia de genes, macromoléculas y organelos con la concomitante incorporación de control genético para la producción de enzimas y otros componentes, antes no producidos por las especies o variedades (25,27,31).

El arroz como en muchas otras especies, no ha sido posible aún la regeneración de plantas a partir de protoplastos, evento indispensable para el aprovechamiento de la ingeniería genética (8,29).

CONCLUSIONES

Los cultivos de células, tejidos u órganos del arroz, pueden ser usados para inducir variaciones citogenéticas, como cambios en los niveles de ploidía y mutaciones, que pueden servir como nuevas fuentes de variabilidad. Sin embargo, antes es necesario mejorar e innovar nuevas tecnologías, que permitan incrementar las frecuencias de regeneración de plantas verdes, al igual que evaluar y seleccionar variedades que inicialmente respondan bien al cultivo in vitro.

Los haploides y diploides homocigotos, derivados del cultivo de anteras, se pueden integrar con los programas de fitomejoramiento para incrementar la eficiencia de procesos específicos y reducir así el ciclo del mejoramiento.

GLOSARIO

Aborción	Muerte de embriones inmaduros
ADN	Abreviatura del ácido desoxirribonucleico
Aneuploidía	Células, individuos o poblaciones que tienen uno o más cromosomas de un complemento
Cinetina	Hormona que pertenece al grupo de las citoquininas
Citoquininas	Grupo de hormonas que se caracterizan principalmente por promover la división celular
Epigenética	Procesos que se relacionan con la expresión del material genético
Explante	Parte de la planta que se aisla para cultivar *in vitro*
Genotipo	La suma total de la información genética (genes) contenida en los cromosomas de los seres vivos
In vitro	De estudios realizados fuera del organismo vivo, bajo condiciones controladas artificialmente
Líneas isogénicas	Grupo de individuos que poseen el mismo genotipo a excepción de un caracter
Mutagénicos	Factores físicos o químicos que pueden inducir cambios genéticos
Plantas albinas	Plantas sin clorofila que no fotosintetizan.
Variaciones somaclonales	Cambios fenotípicos que pueden ocurrir en plantas regeneradas del cultivo *in vitro* de tejidos.

BIBLIOGRAFIA

1. Bajaj,Y P.S.1980. Implications and prospects of protoplast, cell,and tissue culture in rice improvement programs. In: Innovative approaches to rice breeding. Selected paper from the 1979 International Rice Research Conference. Int. Rice Res. Inst., Los Baños, Philippines, pp 93-102.

2. Chaleff, R.S.1980. Tissue culture in rice improvement: an overview. In: Innovative approaches to rice breeding. Selected papers from the 1979 International Rice Research Conference. Int. Rice, Res. - Inst., Los Baños, Philippines. pp 81-91

3. Chen, C.C. y Lin. M.H. 1980. Induction of rice plantlets from anther culture. Botanical Bulletin of Academia Sinica 17:18-24

4. Chu, C.C. et al 1975. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen source. Scientia Sinia 18(5): 660-658

5. _____.1978. The N6 medium and its applications to anther culture of cereal crops. In: Proceedings of Symposium on Plant Tissue Culture, Science Press, Peking. pp 43-50

6. _____.1982. The anther culture of rice and its significance in distant hybridization. In: Rice tissue culture planning conference. Int. Rice Res. Inst., Los Baños, Piilippines, pp 47-54

7. Colorate State University, Department of Botany and plant Pathology y Agency for International Development 1982. Stress resistant plants from cell culture. Tissue culture for crops project. Progress report.

8. Deka, C.P. y Sen. K.S. 1976. Differentiation in calli originated from isolated protoplast of rice (Oryza sativa L.) through plating technique. Molec. Gen. Genet.145: 239-243.

9. Dun, Y.Y. y Krikorian, A.D. 1981. Multiplication of rice (Oryza sativa L.) from aseptically cultured nodes. Ann. Bot. 48:225-259.

10. Genovesi, A.D. y Magill, C.W. 1979. Improved rate of callus and green plant production from rice anther culture following cold shock. Cropl Sci. Soc. Am 19(5): 662-664.

11. Guha-Mukherjee, S. 1973. Genotypic differences in the in vitro formation of embryoids from rice pollen. J. Exp. Bot.24(78):139-144.

12. Hai, M.L. 1978. The advance of studies on medium for anther culture of rice in China. In : Proceedings of Symposium on Plant tissue culture. Science Press, Pekin, pp 57-64

13. Henke, R.R. et al. 1978. Organogenesis and plantlet formation from organ derived calli of rice (Oryza sativa L.) Phisiol. Plant.44:11-14.

14. Inoue, M. y Maeda, E.1982. Control of organ formation in rice callus using two- step culture method. In : Plant tissue culture 1982.Ed. Akio Fujiwara. The Japanese Association for Plant Tissue Culture, pp.183-184.

15. Institute of Genetic, 2nd.Division, 3rd. Laboratory, Academia Sinica.1974. Investigation on the induction and genetic expression of rice pollen plants. Scientia Sinica 17(2): 209-226.

16. Khan. S.H. 1975. A technique for staining rice chromosomes. Cytologia 40:595-598.

17. Kucherenko, L.A. 1980. Tissue culture in rice improvement: Experiences in the USSR. In: Innovative approaches to rice breeding. Selected paper from the 1979 International Rice Research Conference. Int. Rice Res. Inst., Los Baños, Philippines, pp 93-102.

18. Maeda, E. 1967. Varietal difference in callus formation or rice seeds under sterile culture. Crop. Sci. Soc. Japan 36(3):233-239

19. Miller. C.O. 1963. Kinetin and Kinetin-like compounds. Moderne methoden der pflanzenenalyze. Berlin Band. 6:194-202.

20. Mukherjee, P. y Mukherji, D.K. 1979. A simple propionorcein squash technique for the kariomorphological studies in rice (Oryza sativa L.) Current Sci. 48(11): 496-497

21. Murashige, T. y Skoog. F. 1962. A derived medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497

22. Narvaez, V. J. 1981. Cultivo de tejidos del Arroz, Oryza sativa L: Inducción de callo y regeneración de plantas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Tesis.

23. Nishi, T. et al 1968. Organ redifferentiation and plant restoration in rice callus. Nature 219: 508-509.

24. _____.1973. The role of auxins in differentiation of rice tissues culture in vitro. Bot. Mag. Tokyo 86:183-188.

25. Niu, C.H. et al. 1980. Genetic manipulation in higher organisms. III. Detection of soya protein in seeds derived from soya RNA treated rice. Scientia Sinica 23:119- 123.

26. Oono, K.1978. Test tube breeding of rice by tissue culture. Trop. Agric. Res. Ser. 11:109-124

27. Rachie, O.K. y Liman, M.J. (Ed.) 1981. Genetic engineering for crop improvement. A Rockefeller Foundation Conference. May 12-15, 1980.The Rockefeller Foundation .

28 Rush. M.C. et al. 1982. Protoplast, cell and rice, tissue culture: Prospects for the future. In: Rice tissue culture planning conference. Int. Rice. Res. Inst., Los Baños. Philippines. pp 31-40.

29. Somatic Hibridization Research Group, et al. 1975. Isolation and culture of rice protoplast. Scientia Sinica 18(6): 779-784

30. Suenaga, K. Abrigo, M.E. y Yoshida, S. 1982. Seed derived callus culture for selecting salt-tolerant rices. Part 1. Callus induction, plant regeneration, and variations in visible plant traits.IRRI research paper series, No.79 August.

31. University of California, Division of Agricultural Sciences. 1982. Genetic Engineering of Plants. California Agriculture (special issue)36 (8) August.

32. Wang, C.C. et al 1974. On the conditions for the induction of rice pollen plantlets and certain factors affecting the frequency of induction Acta Bot. Sin. 1:52-53

33. Yin, K.C. et al 1976. A study of the new cultivar of rice raised by haploid breeding method. Scientia Sinica 19(2): 227-242

34. Ying, C. y Liang, T.L. 1978. Investigation and utilization of pollen derived haploid plants in rice and wheat. In : Proceedings of Symposium on Plant Tissue Culture. Science Press, Peking pp 199-212.

35. Zhang, Z.H. 1982. Application of anther culture technique to rice breeding, in: Rice tissue culture planning conference. Int. Rice Res. Inst. Los Baños, Philippines. pp 55-62

DIFERENTES ALTERNATIVAS EMPLEADAS EN LA OBTENCION DE VARIEDADES DE ARROZ RESISTENTES A PYRICULARIA ORYZAE Cav.

C. P. Martínez

En la historia de la agricultura se encuentran varios ejemplos en los cuales una enfermedad o una plaga han ocasionado grandes pérdidas económicas. Millones de personas murieron como consecuencia del hambre desatada en algunas regiones del mundo, debido a desastres ocurridos en la producción de alimentos en Irlanda en 1840 y en la India en 1943 (11).

El arroz no es una excepción y desde 1637 se conocen informes de enfermedades que lo atacan. Numerosas enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nemátodos se han reportado en las diferentes zonas arroceras del mundo. (9,14).

La piricularia, quemazón, añublo o bruzone causada por Pyricularia oryzae. Cav. fue una de las primeras enfermedades descritas en Arroz. Se estima que está presente en unos 70 países, ocasionando grandes pérdidas especialmente en las zonas tropicales. Por su distribución amplia y poder destructivo bajo condiciones favorables, se le considera como la enfermedad más importante del arroz (14).

Más que ningún otro factor, P. oryzae reduce el rendimiento del arroz virtualmente en casi toda América Latina, en donde se le considera como el limitante de producción más importante y el más común. En contraste con muchos países asiáticos y africanos, la producción de arroz en América Latina es bastante intensiva y utiliza gran cantidad de insumo; además, en muchos casos las condiciones climáticas favorecen la incidencia de la enfermedad. Una gran diversidad de sistemas de producción que va desde los varios tipos de secano hasta el sistema con riego, la siembra de lotes comerciales grandes en forma continua y en los cuales generalmente se utiliza una alta densidad de siembra y se aplican grandes cantidades de fertilizantes, es especial los nitrogenados, agravan la situación. Por otra parte, la variabilidad genética del cultivo es bastante reducida, ya que unos cuantos genotipos se cultivan en grandes extensiones en donde antes se sembraban innumerables variedades locales.

El objetivo de este artículo es el de revisar las estrategias genéticas que se exploran para la obtención de variedades de arroz resistentes a P. oryzae, especialmente en lo concerniente al Programa de Arroz del CIAT.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL PATOGENO, LA ENFERMEDAD Y EL MEDIO

Dada la complejidad del problema en cuestión, es preciso considerar ciertas propiedades inherentes al patógeno, al hospedero (variedad) y al medio ambiente. Por otra parte, estos tres elementos constitutivos del famoso "triángulo de la enfermedad" interactúan entre sí dando lugar a

situaciones peculiares sobre todo en lo relativo al control de la enfermedad. De tal manera, que una solución real al problema debe considerar estos tres elementos en forma integral y no aisladamente.

SINTOMATOLOGIA

El hongo produce lesiones en las hojas, nudos y en diferentes partes de la panícula y el grano. Las lesiones en las hojas son elípticas; el centro de la lesión es usualmente de color grisáceo blancuzco, mientras que los bordes de la lesión son de color pardo o pardo oscuro. La forma, color, tamaño y número de las lesiones varían de acuerdo a las condiciones ambientales reinantes, edad de la lesión y el grado de susceptibilidad de la variedad. Desde el punto de vista de la epidemiología de la enfermedad es importante considerar que en promedio una lesión puede producir de 4.000 a 6.000 conidias por noche durante dos semanas (2,14).

La enfermedad puede presentarse en las diferentes fases de crecimiento del cultivo. En algunos sitios los síntomas más severos se presentan en estado de plántula, mientras que en otras partes éllo puede ocurrir durante el macollamiento. En otras zonas, los ataques más severos se presentan en el cuello de la panícula (14). Las lesiones en los nudos y en los entrenudos son menos frecuentes.

Este hongo es más activo en las horas de la noche, ya que todos los procesos vitales del ciclo de la enfermedad tales como la liberación, germinación, y producción de las esporas y el proceso de infección requieren agua, la cual es aportada por el rocío que se forma sobre la superficie de las hojas en las horas de la noche. Entre más tiempo permanezca el rocío sobre las hojas, mayor número de lesiones se produce (13).

La enfermedad es más severa en condiciones de secano; si bien las causas no están bien determinadas, se considera que los siguientes factores están implicados: a) los contenidos de azúcares y proteínas son mayores en arroz secano que en riego; b) la duración del rocío es mayor en arroz secano que en riego; c) estreses nutricionales y de agua en arroz secano (13).

VARIABILIDAD DEL PATOGENO

P. oryzae es un hongo bastante variable. La existencia de razas que diferían en su patogenicidad se observó desde 1922. SASAKI (19) notó que ciertas variedades de arroz eran resistentes a unas razas pero susceptibles a otras. Los resultados obtenidos en el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI) a partir de 1962, indican que este hongo es bastante variable desde el punto de vista genético (6).

Mediante el uso de variedades diferenciales se ha tratado de determinar el número de razas existentes en una región. Se han identificado unas 18 razas en el Japón, 27 en Taiwan y 116 en las Filipinas (9,14,16) y el número va en aumento. También se ha reportado la existencia de muchas razas en la India, Korea y Estados Unidos (9,16). En Colombia Gálvez y

Lozano (4) identificaron 14 razas diseminadas en las diferentes zonas del país. En el trópico la cantidad de esporas presentes en el medio ambiente es bastante alta a través del año y la prevalencia de las distintas razas varía con frecuencia.

Por otra parte, se ha encontrado que aislamientos de P. oryzae difieren en características morfológicas, requerimientos nutricionales y patogenicidad. Recientemente se demostró que en una misma lesión existen conidias pertenecientes a razas diferentes de P. oryzae. Más aún, cultivos provenientes de una sola conidia han dado origen a razas distintas (2,3,14). Giatgong y Frederikeen, citados por Khush (9), desarrollaron 20 cultivos monoconidiales y durante tres generaciones sucesivas observaron variaciones en las razas producidas. No obstante, Laterell citada por Day (2), encontró que tales cambios son raros. Diferencias en la interpretación de la variación, así como en los métodos empleados podría explicar dichas discrepancias.

La gran variabilidad observada en P. oryzae se ha explicado en los siguientes términos:

1. Presencia de células multinucleadas: generalmente, las conidias de P. oryzae están formadas por tres células, la gran mayoría de las cuales poseen un solo núcleo; sin embargo, en algunas razas del hongo se ha encontrado que 13-20% de las células tienen de 2 a 6 núcleos. (14).

2. Presencia de heterocariosis: Llámase heterocariosis aquella condición en la cual una célula tiene dos o más núcleos diferentes genéticamente.

   Susuki, citado por Ou (11), estudió dicho hongo por varios años y encontró que las conidias, apresorios y micelios poseen células heterocarióticas. Yamasaki y Nuzaki (26) llegaron a la misma conclusión. Debe tenerse en cuenta que la fusión de núcleos genéticamente diferentes puede dar origen a nuevas razas.

   Recientemente, Fatemi y Nelson (3) aportaron evidencias sobre la existencia de este fenómeno de P. oryzae. Hicieron aislamientos de lesiones provenientes del campo y de cada uno de ellos efectuaron 30 cultivos monoconidiales, los cuales posteriormente fueron apareados entre sí. Encontraron que en varias combinaciones aparecieron tipos similares a los padres, así como también tipos diferentes a los progenitores; en otras combinaciones los tipos resultantes fueron iguales a los progenitores. Esto sugiere que algunas razas de P. oryzae son heterocarióticas mientras que otras son homocarióticas.

3. Mutación: La capacidad reproductiva de este hongo es grande, bajo las condiciones normales encontradas en el campo. Datos obtenidos en el Laboratorio de Fitopatología del IRRI (6), sugieren que una planta de arroz moderadamente susceptible puede producir dos millones de esporas por día. Cualquiera de estas esporas reproducidas a través de mitosis está en capacidad de sufrir cambios en patogenicidad o mutaciones, dando origen a una nueva raza.

Por otra parte, la obtención de aislamientos de P. oryzae tolerantes al fungicida Blasticidin S. fue reportada por Hwang y Chung (5). Ellos tomaron 13 aislamientos de P. oryzae recolectados en camas de infección y los sometieron a la acción de rayos ultravioletas y altas concentraciones de Blasticidin-S. Además Taga- et al (20), también reportaron la presencia de aislamientos P. oryzae resistentes al fungicida Kasugamycin. Los datos citados (5,20) sugieren que agentes mutagénicos físicos y químicos pueden inducir cambios en la patogenicidad de P. oryzae.

4. Diferencias en el número de cromosomas presentes en el núcleo: Dos grupos de investigadores, Tanaka et al (21) y Tanaka y Yamada, (22), encontraron que el número de cromosomas en el núcleo varía de 2 a 12. Esto puede ser debido a : falta de sincronización en el proceso de mitosis, la no separación de cromosomas homólogos o de las cromátidas, o a la presencia de cromosomas que durante la metafase o anafase se quedan rezagados. Estas irregularidades en la división nuclear y el número variable de cromosomas en el núcleo parecen ofrecer la mejor explicación de la variación observada en la patogenicidad de este hongo.

RESISTENCIA VARIETAL

Desde 1900 se observó que las variedades de arroz diferían en su reacción a P. oryzae (7). La reacción de las variedades a esta enfermedad varía de un país a otro, de una localidad a otra y de un semestre a otro dentro de la misma localidad.

A través de las camas de infección se determina la resistencia a un gran número de variedades y líneas en un tiempo corto. En dichas camas se proveen condiciones altamente favorables para la incidencia de la enfermedad: bastante nitrógeno, alta densidad de siembra y humedad relativa alta (9,14).

Una escala internacional de 1 a 7 se utiliza para calificar la resistencia de los materiales; de 1 a 4 la calificación se basa en el tamaño de la lesión y de 5 en adelante en el porcentaje de área foliar afectada. Una calificación de 4 o más, indica que la variedad ó línea es susceptible.

A través de los Viveros Internacionales de Piricularia (Cuadro 1) se ha determinado que no existe una variedad de arroz resistente a todas las razas; también se ha observado que no existe una raza de P. oryzae capaz de atacar a todas las variedades (14). En el Cuadro 1 se observa, por ejemplo, que Tetep ha sido calificada como resistente solamente en el 98% de las pruebas realizadas. De tal manera que en un programa de mejoramiento que busca resistencia varietal a P. oryzae los progenitores resistentes se seleccionan de acuerdo a su comportamiento en los Viveros Internacionales.

Cuadro 1. Comportamiento de algunas variedades en los Viveros Internacionales de Piricularia (a).

Variedad	País de origen	No. de Pruebas hechas 1964 - 73	Indice de susceptibilidad	Porcentaje de resistencia (b)
Tetep	Vietnam	302	1.24	98.0
C 46	Burma	307	1.56	93.8
Tadukan	Filipinas	309	1.50	94.5
Ta-poo-cho-z	China	277	1.61	91.3
Mamoriaka	Malagasy	227	1.48	97.8
Carreón	Filipinas	227	1.38	97.4
Dissi Hatif	Senegal	223	1.51	97.3
Fanny	Francia	252	4.39	19.4

(a) Tomado de: Khush, 1978. Disease and insect resistance in rice.

(b) Se refiere al porcentaje de pruebas en las cuales la variedad ha sido calificada como resistente.

GENETICA DE LA RESISTENCIA

Muchos estudios se han hecho al respecto pero la mayor parte de éllos tiene poco valor ya que no se usaron razas puras del hongo sino mezclas de varias razas. Parece que el número de genes que determina la resistencia a P. oryzae varía de 1 a 3 pares, siendo la resistencia dominante sobre la susceptibilidad. En el Japón se han identificado 13 pares de genes, algunos de los cuales presentan varios alelos. Estos genes se encuentran distribuidos en cultivares sembrados en varias partes del mundo. (9, 14).

Los genes identificados en Japón, China, Estados Unidos y en otros sitios, por ejemplo, no se han relacionado entre sí; es decir, en muchos casos no se conoce la relación existente entre ellos. Por otra parte, se necesitan con urgencia estudios genéticos coordinados con el fin de identificar genes de resistencia en las zonas tropicales de Asia, Africa y América Latina. Dichos estudios ayudarán grandemente en el desarrollo de variedades resistentes a P. oryzae.

Van der Plank (23) fue uno de los primeros en llamar la atención sobre la existencia de dos tipos de resistencia que operan contra los agentes patógenos que producen enfermedades en las plantas; estos tipos son: resistencia vertical y horizontal. Nelson (20) definió tales conceptos en términos de epidemiología. La resistencia vertical reduce drásticamente la cantidad inicial de inóculo del patógeno; por otra parte, este tipo es de fácil manejo e incorporación en materiales genéticos.

Sin embargo, en casos como P. oryzae en donde existen muchas razas y tan variables, la presencia de un solo gene de resistencia vertical en una

variedad, facilita la multiplicación y rápida diseminación de razas capaces de atacar dicha variedad.

La resistencia horizontal reduce la velocidad a la cual la enfermedad puede propagarse disminuyendo el peligro de cuantiosas pérdidas como las que ocurren cuando se rompe la resistencia vertical. La resistencia horizontal permite la presencia de cierto grado de enfermedad, es decir, a un nivel no económico. Se dice que la resistencia horizontal es más estable y duradera que la vertical (23). Sin embargo, la detección y manejo de la resistencia horizontal es bastante difícil, especialmente en poblaciones segregantes.

OBTENCION DE VARIEDADES RESISTENTES

Las actividades de selección y evaluación de los materiales genéticos del Programa de Arroz del CIAT, se realizan en Villavicencio, Meta, bajo condiciones de secano. En este sitio la enfermedad es endémica y está favorecida por la presencia de temperaturas nocturnas apropiadas, humedad relativa alta, mucha nubosidad y la presencia de rocío por bastante tiempo; además, los suelos son ácidos. Se utilizan diseños experimentales adecuados para exponer a las poblaciones segregantes y líneas avanzadas al inóculo procedente de bordes esparcidores constituídos por una mezcla de variedades susceptibles.

El mejoramiento varietal encaminado a la obtención de variedades resistentes a P. oryzae empezó en 1967 y aún continúa siendo el objetivo principal del Programa de Mejoramiento varietal de Arroz del CIAT, el cual desde un principio ha trabajado en estrecha colaboración con el Programa de Arroz del ICA. Muchas variedades resistentes se han obtenido pero su resistencia a piricularia fue más bien corta; solamente CICA 7 y CICA 8 retuvieron cierto grado de resistencia por un tiempo un poco mayor.

La obtención de variedades que exhibieran el tipo de resistencia varietal recibió la mayor atención durante los primeros 10 años de este programa. Se utilizaron como fuentes de resistencia las variedades IR822, Colombia 1, T 507C, Tetep, Dissi Hatif, Mamoriaka y C 46-15; este material fue seleccionado con base en la gran resistencia a piricularia detectada en las camas de infección en Villavicencio (18). Las variedades CICA 6, CICA 7, CICA 8 y CICA 9 posiblemente constituyen ejemplos de este tipo de resistencia en las cuales IR 822, Colombia 1, Tetep y C 46-15, respectivamente, han sido los donantes de esa resistencia.

En 1972 se inició un proyecto en el Centro Regional de Investigación La Libertad en el cual se efectuó una selección doble por resistencia a P. oryzae. Se seleccionaron líneas resistentes al hongo no sólo en estado de plántula en las camas de infección, sino además resistentes bajo condiciones de campo a los ataques del hongo en el cuello de la panícula. Se identificaron seis líneas promisorias (Cuadro 2), con buen potencial de rendimiento, buena calidad de grano y cocina, resistentes a Sogatodes, bastante resistentes a P. oryzae en estado de plántula y con un porcentaje bajo de infección de piricularia en el cuello de la panícula. Las líneas 5006 y 5029 fueron nombradas como Metica 1 y Metica 2, respectivamente y

los genes de resistencia supuestamente provenían de Colombia; sin embargo, luego de dos semestres de cultivo en forma comercial la Metica 1 presentó problemas de ataques de piricularia, tanto en el follaje como en la panícula.

Cuadro 2. Comportamiento de algunas líneas promisorias resistentes a *P. oryzae*. Puerto López, Meta, 1978 A.

Línea o variedad	*Rynchosporium oryzae* (1)	Piricularia Hoja (2)	Piricularia Cuello (%)	Vuelco (%)	Rendimiento (kg/ha)
5001	5.0	1,2	3	43	6138
5002	2.5	1,2	13	13	6917
5005	2.0	1	8	5	6149
5006	3.5	1,2	6	58	6111
5009	5.0	1,2,3	13	0	6218
5010	1.5	1,2	17	0	6323
5029	1.5	1	5	5	5869
CICA 4	6.5	3,4	58	0	5029
CICA 8	1.5	1,2	1	30	6709
CICA 9	16.5	3,4	93	0	1212
IR 22	6.0	3,4	80	0	5073

(1) = En base al área foliar afectada

(2) = Escala de 0 a 9

La estrategia de entregar en forma periódica variedades con determinados genes de resistencia, se ha utilizado no sólo en Colombia sino además en otras partes; por ejemplo, según Watson y Luig (25), se usó con éxito en Australia en el control de la roya del tallo de trigo desde 1938 hasta 1950. No obstante, este método presenta estos inconvenientes:

1. Rápidamente se pueden agotar los genes de resistencia

2. La obtención de variedades mejoradas con diferentes genes de resistencia en tiempo corto, impone una gran carga sobre los fitomejoradores y el cambio frecuente de variedades causa traumatismos a los agricultores y al programa de certificación de semillas.

3. Las pérdidas económicas que sufren los agricultores ocasionadas por la ruptura inesperada de la resistencia son grandes.

La pérdida de la resistencia a piricularia de las CICAS en tan corto tiempo, ha impuesto la necesidad de explorar otras alternativas que permitan la obtención de variedades que posean un tipo de resistencia

más estable y duradero. Las alternativas genéticas que se están explorando en el momento se pueden agrupar en dos estrategias generales: la primera se refiere al desarrollo de un genotipo que tenga la habilidad de reducir el daño o el impacto de la enfermedad, a través de la acumulación de varios factores de resistencia y la segunda al desarrollo de una población constituída por muchos genotipos que posean genes de resistencia distintos, lo cual se traduce en menor daño de la enfermedad.

DESARROLLO DE UN GENOTIPO APROPIADO

RESISTENCIA PIRAMIDAL

En 1975 se inició este proyecto tendiente a incorporar en una sola variedad varios genes de resistencia. Algunos científicos han propuesto que una pirámide formada por varios genes mayores distintos, constituye la base genética de una resistencia estable. Esta estrategia le dificulta al hongo el desarrollo de razas nuevas y por ende, se dice es más estable que la resistencia vertical. Se han desarrollado variedades mejoradas de trigo que poseen hasta cinco genes de resistencia a la roya del tallo (9). El éxito de este método depende de la presencia de razas capaces de distingir genotipos con varios genes de resistencia. Desafortunadamente no existen estudios genéticos que demuestren que los genes de resistencia presentes en las variedades no mejoradas Tetep, Dissi Hatif, Mamoriaka, C 46-15, Colombia 1 y Carreón sean diferentes; observaciones de campo sugieren que pueden ser distintos.

Se seleccionaron 10 líneas mejoradas (4418, 4425, 4426, 4436, 4438, 4440, 4452, 4462, 4463, 4467) de buena calidad, buen potencial de rendimiento y resistentes a P. oryzae . Los genes de resistencia en dichas líneas provenían de Colombia 1, Dissi Hatif, C 46-15, Tetep y Carreón. Las líneas se entrecruzaron en todas las combinaciones posibles resultando así 45 cruzamientos simples, los cuales fueron posteriormente entrecruzados para combinar 3 ó 4 genes de resistencia. Las poblaciones F2 y F4 se evaluaron y seleccionaron bajo condiciones de campo en La Libertad, Villavicencio, mientras que las restantes generaciones se evaluaron en el Centro Experimental Palmira. De un total de 26.000 plantas F2 seleccionadas se identificaron alrededor de 100 líneas avanzadas, de las cuales 11 se evaluaron en pruebas regionales en Colombia (Cuadro 3). La línea 5738 fué nombrada como Oryzica 1 por el ICA en 1982 y hasta el momento conserva su tolerancia a piricularia. Las fuentes de resistencia que intervinieron en el cruzamiento múltiple (P1429-8-9M-2-1M-5) que dió origen a Oryzica 1 fueron C46-15, Colombia 1 y Tetep. La variedad Oryzica 1 es bastante popular en Colombia, no sólo por su tolerancia a piricularia, sino también por su excelente calidad de grano y precocidad.

Cuadro 3. Rendimiento y calidad del grano de cuatro líneas de arroz con genes piramidales evaluadas en 14 localidades de Colombia(1)

Línea No.	Centro blanco		Calidad molinera %		Rendimiento
	Promedio	Rango	Indice pilada	Arroz blanco	(Kg/ha)
5709	1.80	0.6 - 3.0	60	69	5749
5685	1.52	0.4 - 3.4	64	70	6537
5715	1.28	0.6 - 3.0	65	71	5436
5738	0.82	0.2 - 1.4	66	71	5232
CICA 8	1.81	0.6 - 3.6	56	68	5586

(1) Todas las líneas fueron resistentes a Piricularia y a Sogatodes sp.

OBTENCION DE VARIEDADES CON RESISTENCIA HORIZONTAL

Nagai et al (10) Ou et al (15), Rodríguez y Gálvez (17) y Castaño (1), presentaron datos sobre la existencia de este tipo de resistencia en arroz. Sinembargo, su utilizacion ha sido difícil debido a la falta de métodos adecuados de campo para la identificación y selección de plantas o progenies que exhiben dicha característica.

Se considera que los componentes principales de la resistencia horizontal en arroz son: período latente prolongado, un número bajo de lesiones, lesiones pequeñas y esporulación reducida.

A través de cruzamientos específicos es posible concentrar en una variedad genes menores dispersos en diferentes variedades. Se introdujeron y evaluaron en las camas de infección y bajo condiciones de campo 12 variedades caracterizadas por exhibir resistencia horizontal en varias partes del mundo (Cuadro 4).

rendimiento y evaluaciones en varios países a través de los viveros del IRTP. Observaciones de campo hechas en varios sitios indican que algunas líneas provenientes de los cruzamientos IR 11-452/Camponi e IRAT 8/Camponi, presentan buena tolerancia a piricularia, escaldado de la hoja y manchado del grano

COMBINACION DE GENES MAYORES Y MENORES

Esta idea fué propuesta inicialmente por Vandder Plank (24), quien sugirió que las dos formas de resistencia (vertical y horizontal) pueden combinarse utilizando una variedad con resistencia horizontal como padre recurrente en un programa de retrocruzamiento. La combinación de estos dos tipos de resistencia debe impartir mayor estabilidad, ya que se estima que los genes que condicionan resistencia vertical y horizontal se complementen en su efectividad.

La F1 de cruzamientos entre variedades que poseen ese tipo de resistencia horizontal (Camponi, Ceysvoni, 63-83, IR 11-452, Tapuripa e IRAT 13), se cruzó con variedades o líneas avanzadas que bajo condiciones de campo exhiben el tipo de resistencia vertical. Alrededor de 900 selecciones se evaluaron en Villavicencio en 1982 y 30 líneas F6 se identificaron y seleccionaron por su resistencia a piricularia, al manchado del grano y por su buena calidad y alto potencial de rendimiento. Las progenies mejores resultaron de los siguientes cruzamientos: Camponi // 2940 / 3224; 5745 // Camponi /KB; 5738 // IR 262 / Costa Rica; y 5738 // 63-83 / Ceysvoni.

RETROCRUZAMIENTO HACIA PROGENITORES ALTOS QUE POSEEN RESISTENCIA HORIZONTAL

Con frecuencia se aduce que una de las razones principales por la cual las variedades de arroz pierden rápidamente su resistencia a piricularia, radica en el hecho que la variedad no recibió todo el complemento de factores de resistencia (genes) presentes en el progenitor resistente utilizado como donante. Normalmente, este progenitor resistente está representado por una variedad alta, no mejorada y que posee varios caracteres agronómicos indeseables. El procedimiento corriente consiste en cruzar esta variedad alta con otra local enana bien adaptada, de buen rendimiento y calidad pero susceptible a piricularia; posteriormente, la F1 se cruza con otra variedad o línea mejorada. De ahí en adelante empieza el proceso de evalución y selección de las generaciones segregantes bajo condiciones de campo. Este proceso puede conducir a una dilución de los factores de resistencia que posee el progenitor resistente. Se estima que si se efectúan retrocruzamientos hacia el progenitor resistente alto se reduce dicha dilución.

La transferencia del "paquete de factores de resistencia" hacia variedades enanas mejoradas, se intentó a través de este proyecto mediante el método del retrocruzamiento. Dos caminos distintos se escogieron en el primer caso se efectuó un solo retrocruzamiento hacia los progenitores altos (Tapuripa, IAC 25, Costa Rica y Awini); en el segundo caso se intentó combinar los factores de resistencia existentes en dos fuentes distintas;

Cuadro 4. Algunas características agronómicas de 12 variedades incorporadas en el proyecto de resistencia horizontal.

Variedad	Tipo planta	Calidad grano	Resistencia a Sogatodes	Origen
Moroborekan	Alta	Mala	Susceptible	Africa Occidental
Suakoko	Alta	Mala	Susceptible	Africa Occidental
O.S. 6	Alta	Mala	Susceptible	Africa Occidental
63 - 83	Alta	Mala	Susceptible	Africa Occidental
IRAT 8	Enana	Mala	Susceptible	Africa Occidental
IRAT 13	Intermedia	Mala	Susceptible	Africa Occidental
Tapuripa	Alta	Buena	Mod.suscept.	Surinam
Camponi	Enana	Buena	Mod.suscept.	Surinam
Ceysvoni	Enana	Buena	Mod.suscept.	Surinam
Sensho	Enana	Mala	Susceptible	Japón
IR 11-452	Enana	Buena	Resistente	Filipinas

Es posible que las variedades procedentes de una misma región geográfica llevan los mismos genes de resistencia a P. oryzae. Por consiguiente, los cruzamientos se hicieron entre variedades procedentes de diferentes grupos, así:

1. Variedades Africanas x Variedades de Surinam

2. Variedades Africanas X Variedades Japonesas

3. Variedades Africanas x Variedades Filipinas

4. Variedades de Surinam x Variedades Japonesas

5. Variedades de Surinam x Variedades Filipinas

6. Variedades Japonesas x Variedades Filipinas

La generación F1 de estos cruzamientos se cruzó con variedades susceptibles de alto rendimiento y buena calidad; 152 poblaciones F2 se evaluaron bajo condiciones de campo en Villavicencio en 1980. Muchos de los progenitores empleados son variedades típicas de secano y no recombinaron bien con los materiales de riego; las combinaciones con IRAT 10 y Sensho presentaron un alto grado de esterilidad, mientras que Camponi e IR 11-452 combinaron bien.

Alrededor de 1200 líneas F6 fueron evaluadas bajo condiciones de campo en Villavicencio en 1982 y 46 de ellas fueron seleccionadas para ensayos de

esto es, la F1 del cruzamiento simple entre el progenitor alto y la variedad enana susceptible, se cruzó con otro progenitor alto resistente a piricularia. La diferencia entre los dos caminos se ilustra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Cinco combinaciones mediante las cuales se muestra la diferencia entre el retrocruzamiento y su modificación.

Retrocruzamiento	Modificación
Tapuripa^2 / 5863	IAC 25// 5863/ Tapuripa
IAC 25^2 / CICA 4	Camponi// IAC 25 / CICA 4
Costa Rica^2 / Bg 90-2	Camponi// Costa Rica / Bg90-2
IAC 25^2 / IR 1529-430	Camponi // IAC 25/ IR 1529-430
Costa Rica^2/ 2940	IAC 25 // Costa Rica / 2940

La generación F2 de 21 cruzamientos se sembró en el CIAT; varias poblaciones se descartaron debido a esterilidad, susceptibilidad a barrenadores del tallo (especialmente las poblaciones con IAC 25) y volcamiento; se efectuaron 900 selecciones, las cuales se evaluaron en surcos pedigree F3 en Villavicencio. La mayoría de las selecciones presentaron una calidad de grano excelente, pero fueron afectadas por hoja blanca; esta gran susceptibilidad provino de los progenitores recurrentes; no obstante, se seleccionaron algunas progenies de los cruzamientos: Camponi 2/ CICA 4; Camponi 2 / 5863; Camponi // CICA 4 / IAC 25 y Eloni // CICA 4 / Costa Rica.

SELECCION RECURRENTE MEDIANTE EL USO DE LA ESTERILIDAD GENETICA

El método de selección recurrente es un procedimiento mediante el cual se busca incrementar la frecuencia de ciertos genes en una población, especialmente en el caso de caracteres cuantitativos. Es un procedimiento cíclico que comprende dos fases importantes: selección de un grupo de individuos dentro de la población, caracterizados por poseer los genes deseados y cruzamiento entre esos individuos con el fin de incrementar la recombinación genética; ésto resulta en una concentración gradual de los genes deseados a través de varios ciclos de selección y entrecruzamiento.

Se utiliza con mayor frecuencia en el caso de los cultivos de polinización cruzada como el maíz; en el caso del arroz, por ser una especie autógoma, habría necesidad de efectuar muchísimas emasculaciones y polinizaciones, lo cual es demorado y dispendioso. La utilización de la

esterilidad genética o de esterilizantes químicos se han sugerido como posibles soluciones.

Se obtuvieron del IRRI líneas mejoradas (IR 36) genéticamente estériles y se cruzaron con los siguientes cultivares: Colombia 1, IAC 165, Metica 1, CICA 4, CICA 7, CICA 8, CRAT 13, Suakoko, Camponi, Oryzica 1, TOX 1010-45-1-1, 5869, 17631, 15838, 17067, 17100, 15352, 17050 y 18868. La F1 se cosechó en el CIAT y las poblaciones segregantes resultantes se han evaluado en Santa Rosa, Villavicencio

El procedimiento a seguir es el siguiente: Se seleccionan plantas F2 en cada población basados en fertilidad, resistencia a enfermedades, tipo de planta y grano, y ciclo vegetativo; se mezcla la semilla de todas las selecciones hechas en todas las poblaciones F2 y se siembra una sola población F3, en la cual se seleccionarán plantas que tengan una fertilidad baja (plantas esteriles pero con unas pocas semillas resultantes de polinización cruzada); estas semillas representan los individuos recombinantes del primer ciclo. Repita el procedimiento a partir de estos individuos.

DESARROLLO DE UNA POBLACION COMPUESTA POR ARROZ GENOTIPO

Cada uno de los proyectos expuestos anteriormente, presentan dos debilidades generales: a) los factores de resistencia se acumulan en un solo genotipo que puede o no permanecer estable a través del tiempo, ecosistemas y sistemas de producción; b) hasta el momento, es bastante difícil o requiere mucho tiempo y dedicación determinar si este genotipo resistente posee uno o varios genes de resistencia.

Estas debilidades desaparecen cuando se utilizan alternativas diseñadas para acumular los factores de resistencia en una población en lugar de un solo genotipo. Los proyectos que se están considerando en este sentido son: mezclas varietales y poblaciones masales heterogéneas.

Mezclas varietales

Líneas promisorias con un buen potencial de rendimiento, buena calidad y fenotípicamente similares, se mezclan en una proporción dada; las líneas seleccionadas deben tener una base genética distinta. Se espera que esta mezcla resulte en una reducción del progreso de la enfermedad y se extienda la durabilidad de la resistencia.

La idea fue probada por la sección de fitopatología del programa de arroz del CIAT en 1982. Líneas avanzadas y algunas variedades se mezclaron en ciertas proporciones, dando lugar a mezclas formadas por cinco componentes distintos. Estas mezclas se sembraron y se compararon con el comportamiento de cada uno de los componentes. Las mezclas tuvieron menos piricularia, tanto en el follaje como en la panícula, que lo esperado; la reducción promedia en piricularia del follaje y del cuello de la panícula en las mezclas fue del 60 y 20%, respectivamente. Las mezclas tuvieron rendimientos distintos; ciertas mezclas rindieron más de lo esperado.

Estos resultados sugieren que las mezclas varietales pueden constituir un medio eficaz para el control de piricularia; no obstante, ciertos aspectos tales como la influencia de las mezclas sobre la estabilidad de la patogenicidad del hongo, la posible aparición de super-razas, el comportamiento agronómico en diferentes sitios y épocas, el número óptimo de los componentes de las mezclas deben ser estudiados.

Poblaciones masales heterogéneas

Este proyecto se iniciará pronto y a continuación se detallan los pasos a seguir (Jennings, 1983):

a) Identificación de algunas líneas promisorias o variedades superiores.

b) Cruzamiento de cada una de ellas con diferentes fuentes de resistencia a piricularia.

c) Retrocruzamiento hacia la línea o variedad superior.

d) Sembrar la F2 bajo condiciones de secano y seleccionar plantas resistentes; mezclar la semilla de todas las selecciones.

e) Sembrar la F3 bajo condiciones de secano; sembrar cada población separadamente y seleccionar plantas resistentes. Separar las selecciones con base en el ciclo vegetativo: 110, 120, 130 días, etc. mezclar todas las selecciones de igual ciclo vegetativo provenientes de todos los cruzamientos que tengan el mismo padre recurrente; incluir por lo menos 30 selécciones de cada cruzamiento. Repetir lo mismo con las otras selecciones de período vegetativo distintos. En este caso, tendremos 3 poblaciones masales de 110, 120 y 130 días.

f) Sembrar la F4 bajo condiciones de secano; seleccionar en cada grupo con base a la altura, ciclo, tipo de grano, enfermedades, etc; no tener en cuenta diferencias pequeñas en tipo de planta.

g) Sembrar la F5 en varios sitios estratégicos; continuar la selección procurando desarrollar una población uniforme agronómicamente.

h) Conducir ensayos de rendimiento de las distintas poblaciones en áreas donde se presente buena incidencia de piricularia.

La mayor ventaja de este método radica en el gran número de plantas resistentes de distinto origen que forman la población final. Las variedades multilineales y las mezclas varietales generalmente están formadas por menos de 10 componentes. Difiere de ambas en que la mezcla se efectúa a partir de la F2 y no como líneas fijas. El producto final debe ser heterogéneo en cuanto a la resistencia a piricularia, pero uniforme fenotípicamente.

DISCUSION

El arroz se cultiva continuamente en varias zonas de Colombia y las condiciones climáticas (temperatura, humedad, precipitación) son altamente favorables para la presencia y diseminación de piricularia; además, los arroceros en general utilizan una alta densidad de siembra y mucho nitrógeno, lo cual también es favorable para la enfermedad. Estas condiciones unidas a la gran variabilidad que exhige P. oryzae, hacen difícil la obtención de variedades de arroz con resistencia estable a piricularia.

Los trabajos sobre resistencia varietal P. oryzae se iniciaron en 1969. Cruzamientos simples, dobles y triples se hicieron para incorporar los genes de resistencia provenientes de IR 822, Colombia 1, Tetep, Dissi Hatif, Mamoriaka, C 46-15 y Carreón en materiales más promisorios.

Varios años de selección dieron como resultado la obtención de las variedades CICA 4, CICA 6, CICA 7, CICA 8 y CICA 9, además de IR 8 e IR 22 (introducidas de las Filipinas) causaron un tremendo impacto en la producción arrocera nacional. La siembra de variedades de gran potencial de rendimiento, con mayor resistencia a P. oryzae y al insecto Sogata (Sogatodes oryzicola Muir) y el uso de mejores prácticas de cultivo, sentaron las bases para un gran cambio tecnológico de la producción de arroz en Colombia. La principal implicación de ésto ha sido la estabilidad de la producción arrocera nacional. El rendimiento promedio nacional pasó de 1.8 ton/ha en 1961 a 4.3 ton/ha actualmente y más importante aún, el país se convirtió en autosuficiente en arroz y a veces exporta pequeñas cantidades.

La entrega frecuente y periódica de estas variedades ha tenido un éxito relativo, si se tienen en cuenta que las variedades CICA 4, CICA 6, CICA 9 y Metica 1 perdieron rápidamente su resistencia a piricularia. De ahí que sea necesario explorar otras alternativas que permitan la obtención de variedades con resistencia más estable y duradera a P. oryzae.

No obstante, la falta de información de varios aspectos genéticos, patológicos y epidemiológicos, dificulta dicha labor. Existe poca información relativa al número de genes presentes en las fuentes de resistencia disponibles, y sobre la relación existente entre dichos genes. Por otra parte, los datos de los viveros internacionales de Piricularia indican que las variedades Tetep y Carreón poseen un espectro amplio de resistencia a P. oryzae; sin embargo, la transferencia de esos genes a materiales más promisorios pero susceptibles, no ha sido muy satisfactoria. Es posible que durante el proceso de cruzamiento y posterior selección no se haya podido recuperar el "paquete completo de factores de resistencia" presente en dichos progenitores; también es probable que dichos genes se comporten en forma distinta al ser transferidos a otro ente genético, como se ha reportado en varios cultivos.

Se ha sugerido emplear las fuentes de resistencia antes mencionadas como padres recurrentes en un programa de retrocruzamientos, lo cual tiene sus inconvenientes. Generalmente esos progenitores resistentes son altos y

susceptibles al volcamiento, tienen bajo potencial de rendimiento y mala calidad de grano y cocina, y fácilmente se puede terminar con líneas resistentes pero con las características indeseables ya anotadas. Estos progenitores resistentes han sido irradiados con Co 60, con la idea de inducir y recuperar mutantes enanos y resistentes a piricularia para ser usados posteriormente en cruzamientos.

Algunos estudios (1-10,15 y 17) han indicado la posibilidad de desarrollar variedades en arroz con resistencia horizontal o de campo a P. oryzae; sin embargo, también se presentan varios problemas. Dependen de las condiciones naturales existentes en el campo resulta muchas veces en niveles inadecuados de infección, lo cual no permite una buena evaluación de los materiales genéticos. Por tanto, hacen falta medios prácticos para inducir la enfermedad y métodos adecuados para evaluar poblaciones segregantes. En Villavicencio se han iniciado algunos experimentos tendientes a desarrollar la metodología apropiada.

De las diferentes estrategias en estudio, se ha logrado mayor progreso en el de resistencia piramidal. Once líneas promisorias (Cuatro 3) se evaluaron en las diferentes zonas arroceras del país y otras líneas esperan turno. El progreso de este proyecto se debe posiblemente a que ya existían líneas promisorias derivadas de los progenitores resistentes; esas líneas sirvieron de base para iniciar el proyecto mientras que en las otras alternativas se empezó prácticamente de cero. Con relación a este proyecto de resistencia piramidal se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Con el fin de evitar las malas características agronómicas de los padres resistentes (Tetep, Carreón, Dissi Hatif, Colombia 1, C46-15) tales como bajo potencial de rendimiento, mal tipo de planta, volcamiento y mala calidad, se partió de líneas avanzadas resistentes derivadas de cruzamientos en los cuales se utilizaron los progenitores arriba mencionados. Es posible que esas líneas derivadas no tuvieron el "paquete completo de factores de resistencia' presente en los padres resistentes.

b) Hasta el momento no se puede decir que la combinación de los diferentes genes de resistencia, se ha logrado en estas líneas piramidales en evaluación. Para éllo se requiere la formación de un conjunto de variedades diferenciales y la identificación de razas del hongo que permitan discriminar la presencia de los diferentes genes en las líneas evaluadas.

c) En diferentes zonas existen distintas razas de P. oryzae. Por consiguiente, la evaluación de estas líneas en una gran diversidad de localidades es totalmente deseable con el fin de determinar qué tan amplia es la resistencia que poseen al hongo.

CONCLUSIONES

1. El hongo P. oryzae es muy variable y entre las causas que explican dicha variabilidad, se mencionan su carácter heterocariótico, la

presencia de recombinación mitótica, su capacidad de mutación y un número variable de cromosomas en los núcleos de las células que forman la conidia.

2. Las condiciones ambientales y las prácticas de cultivos empleados por los arroceros en Colombia, favorecen la incidencia de piricularia.

3. Las circunstancias anteriores y la falta de información en ciertos aspectos genéticos, patológicos y epidemiológicos hacen difícil la obtención de variedades de arroz con resistencia estable a piricularia.

4. En vista de que la incorporación de un solo gene de resistencia en una variedad no ha tenido el éxito deseado, se ha decidido explorar simultáneamente varias alternativas.

5. Se han identificado varias líneas promisorias que podrían tener resistencia piramidal a piricularia. Estas líneas difieren en tipos de planta, ciclos vegetativos y altura, pero se caracterizan en general por presentar resistencia a piricularia y al insecto sogata, tolerancia al escaldado de la hoja, y por tener buena calidad de grano y molinería y un alto potencial de rendimiento. Estas líneas se están evaluando en diferentes zonas arroceras con el fin de determinar su adaptación y comportamiento con relación a *P. oryzae*.

BIBLIOGRAFIA

1. Castaño, J. 1981. Identification and testing of rate-limiting resistance of rice (Oryza sativa L.) to blast disease caused by Pyricularia oryzae. Cav. Ph.D. Thesis. The Penn. State Univ. 166 p.

2. Day R.P. 1974. Genetic of host-parasite interaction. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 238 p.

3. Fatemi, J. y R. P. Nelson. 1977. Intra-isolate heterokaryosis in Pyricularia oryzae. Phytopathology 67: 1523-1525.

4. Gálvez, G. y J.C. Lozano, 1968. Identification of races of Pyricularia oryzae in Colombia. Phytopathology. 58: 294-196.

5. Hwang, B.K. y H.S. Chung. 1977. Acquired tolerance to blasticidin-s in Pyricularia oryzae. Phytopathology 67: 421-424.

6. International Rice Research Institute. 1979. Collaborative blast research project. Paper presented at the International Rice Research Conference April 16-20.

7. Ito, R. 1965. Breeding for blast resistance in Japan. In: The rice blast disease.Proc. symp. IRRI. John Kopkins Press. Baltimore p. 361-370.

8. Jennings, P.R. 1983. Another approach to stable blast resistance. (Documento no publicado). 4p.

9. Khush, G.S. 1978. Disease and insect resistance in rice. Adv. in Agron. 29: 265-341

10. Nagai, K., H. Fujimaki, y M. Yokoo. 1970. Breeding of rice variety Toride 1 with multiracial resistance to leaf blast (Res. en inglés) Jap. J. Breeding 10:7-14.

11. National Academy of Sciences. 1972. Genetic vulnerability of major crops: Washington, D.C. 307 p.

12. Nelson R.R. Genetics of horizontal resistance to plant diseases. 1978. Am. Rev. Phytopathol 16: 359-78.

13. Ou, S.H. 1980. A look at worldwide rice blast disease control. Plant Disease 64: 439-445.

14. Ou, S.H. 1972. Rice Diseases. Commonw. Mycol. Inst. England 368 p.

15. Ou. S.H., F.L. Nuque, T.T. Ebron y V.A. Awoderm. 1971. A type of stable resistance to blast disease of rice. Phytopathology 61: 703-06.

16. Ou, S.H. y P.R. Jennings.1969. Progress in the development of disease resistant rice. Ann. Rev. Phytopathology 7:383-410.

17. Rodriguez, M. y G.E. Gálvez 1975. Indications of partial resistance of rice to the fungus, P. oryzae. Proceedings Seminar on horizontal resistance to the blast disease of rice. CIAT, Cali, p. 137-153.

18. Rosero M.J. 1972. Rice breeding in Colombia. In: Rice Breeding. The International Rice Research Institute. Manila. Philippines, p,107-114.

19. Sasaki. T. 1922. Existence of strains in rice blast fungus. I.J. Pl, Prot., Tokyo 9: 631-644.

20. Taga, M.H. Nakagawa, M. Tsuda, and A. Veyana. 1978 Ascospore analysis of Kasugamycin resistance in the perfect stage of Pyricularia oryzae. Phytopathology 68: 815-817.

21. Tanaka, Y., N. Murata, and H. Kato. 1979. Behavior of nuclei and chromosomes during ascus development in the mating between either rice strain or weeping-love-grass-strain and raji-strain of Pyricularia. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 45: 182-191.

22. Tanaka, Y. and Y. Yamada. 1974. Studies on variation of the rice blast fungus, Pyricularia oryzae Cav. II. Variation of chromosome number. Jpn. J. Breed. 24 (Suppl. 2) : 118-119 (In Japanese).

23. Van der Plank, J.E. 1968. Disease resistance in plants. Academic Press. New York, 206. p.

24. _____. 1975. Horizontal resistance: six suggested projects in relation to blast disease of rice. Proc. Seminar on horizontal resistante to the blast disease of rice. CIAT. Series CE. No. 9: 21-26.

25. Watson, I.A., and N.H. Luig. 1963. Proc. Linn. Soc. N.S.W. 38:235-258.

26. Yamasaki, Y., and H. Niiseki. 1965. Studies on variation of the rice blast fungus P. oryzae. I. Karyological and genetical studies on variation. Nat. Inst. Agric. Sci. Bull. Ser. D. 13: 231-272.

PRUEBAS REGIONALES COMO ETAPA BASICA EN LA OBTENCION DE VARIEDADES DE ARROZ

J.P. Vargas

El rendimiento de una variedad es una función de la capacidad de producción, la resistencia a insectos daninos y enfermedades, la adaptabilidadd al medio ambiente, y al empleo de ciertas prácticas agronômicas. Los fitomejoradores pueden calcular la habilidad del rendimiento de una variedad, con base en su potencial genético, sin embargo el comportamiento real de dicho material bajo condiciones específicas a nivel de fincas de agricultores, puede tener otras manifestaciones. Por lo tanto es importante contar con información de resultados obtenidos en sitios fuera de las estaciones experimentales.

CONSIDERACIONES GENERALES

Una vez evaluado el germoplasma a través de una serie de etapas en parcelas de observación y ensayos de rendimiento en la estación experimental, el fitomejorador selecciona los materiales más promisorios que potencialmente pueden representar una variedad. Las selecciones deben ser estudiadas en pruebas regionales tanto en las estaciones experimentales como en fincas de agricultores, con el objeto de obtener mayor información y para mostrar a los cultivadores su potencial durante los días de campo que se programen.

Para la localización de las pruebas regionales se deben seleccionar sitios representativos en las diferentes zonas arroceras y escoger agricultores progresistas dispuestos a cooperar en el mantenimiento y supervisión de la prueba. El sitio seleccionado debe estar en un lugar estratégico con fácil acceso. El responsable de la prueba debe ser un especialista en arroz o extensionista capacitado a fin de brindar supervisión y cuidado permanente, ya cue un manejo inadecuado puede disminuir el rendimiento de las lineas y afectar los resultados.

En Colombia, la Federación Nacional de Arroceros, FEDEARROZ, al responsabilizarse de la realización y ejecución de las pruebas regionales, ha facilitado una mayor eficiencia en el trabajo de los fitomejoradores del CIAT e ICA, factor que ha permitido alcanzar los niveles de desarrollo que tiene actualmente el cultivo.

LOCALIZACION DE LAS PRUEBAS REGIONALES

Con base en una amplia experiencia y conocimiento de las diferentes áreas arroceras, se determinan los sitios mas representativos dentro de cada zona, a la vez que se escogen fincas de agricultores progresistas, con el objeto de situar las pruebas regionales. En cada zona arrocera se deberá hacer el mayor número de ensayos posibles, toda vez que cada sitio será un microclima específico. De esta manera se tendrá la oportunidad de estudiar

los materiales bajo un amplio rango de condiciones, dentro de cada región y servirá como un criterio de mayor juicio en la selección final de una variedad.

El sitio escogido para una prueba regional deberá reunir condiciones especiales tales como: fácil acceso, buena disponibilidad de agua durante todo el período vegetativo, uniformidad en la topografía del terreno y del suelo. En la mayoría de los casos es necesario que siembre en terreno nuevo o que haya permanecido en descanso por un largo período, a fin de evitar la contaminación y mezcla de los materiales. Sin embargo, cuando existen zonas en las cuales es difícil encontrar un sitio que posea tal condición, se pueden habilitar lotes que hayan estado bajo la explotación de arroz, pero con la aplicación de ciertas prácticas culturales tendientes a disminuír el riesgo de contaminación. Un programa de rastrillada y riegos sucesivos, para disminuír la población de arroz de cosechas anteriores, con adición de aplicaciones de herbicidas no selectivos, podrán servir como alternativa en la habilitación de terrenos para estos ensayos.

En el libro de campo de cada prueba se deberá anotar la localización, indicando: el departamento, el municipio, la finca, el lote y posiblemente su ubicación en un plano del área. También se anotarán las características más importantes del sitio, especialmente aquellas relacionadas con las condiciones climatológicas, altura sobre el nivel del mar y condiciones del suelo.

MATERIALES EVALUADOS

Las líneas promisorias provenientes de ensayos de rendimiento, serán motivo de evaluación en pruebas regionales. El número de líneas en cada prueba, normalmente debe estar entre 10 y 15, incluyendo además 2 a 3 testigos que corresponden a las variedades comerciales más sembradas en la zona. Sin embargo, es importante anotar que en algunas oportunidades dicho número puede excederse, dependiendo de la presión que pueda existir, no solo por parte de los agricultores que reclaman renovación de las variedades actuales, sino también por el número de líneas que necesitan ser evaluadas.

Cuando el fitomejorador dispone de un número elevado de líneas que en su concepto reunen características especiales, éstas deben reunirse de tal forma que cada grupo se pueda estudiar independientemente como una prueba, aunque estén localizadas a continuación de otro grupo. La agrupación se puede hacer tomando parámetros específicos, tales como período vegetativo, generación en la cual se encuentra el material, altura de las plantas, calidad del grano y otros.

TAMAÑO DE LA PARCELA

El tamaño de la parcela para cada línea puede variar de 100 a 1.000 metros cuadrados. Existen casos en los cuales es necesario emplear áreas más pequeñas, y ésto puede estar relacionado con la disponibilidad de semilla, tierra o el número de líneas a evaluar. Sin embargo, parcelas menores de 100 metros cuadrados, no son aconsejables y cuando se utilizan

es necesario incluír un mayor número de repeticiones. Cualquiera que sea el tamaño de la parcela, es importante que su distribución sea en forma rectangular.

NUMERO DE REPETICIONES

Generalmente el número de repeticiones incluídas en una prueba regional es de tres, sin embargo por falta de suministro de semilla a veces es necesario sacrificar una repetición. En este tipo de evaluaciones cada línea debe repetirse al menos una vez.

PRACTICAS CULTURALES

El manejo de las pruebas regionales básicamente tiene que ver con el empleo de determinadas prácticas culturales, pero en general se siguen los lineamientos generales de un cultivo comercial, es decir, se tratan de evaluar las líneas bajo las condiciones a que serían expuestas comercialmente en cada región.

DENSIDADES DE SIEMBRA

En la gran mayoría de los casos en Colombia la siembra se hace en forma convencional, es decir que se distribuye la semilla al voleo sobre el suelo preparado en seco y luego se procede a taparla. En estas condiciones 120 kg/ha de semilla con más del 80% de germinación, son suficientes para conseguir una adecuada población de plantas por unidad de área. El éxito de una conveniente densidad de plantas, está relacionado con el grado de preparación del suelo y una buena incorporación de la semilla. Areas mal preparadas o en sitios pendientes, contribuyen a una pobre densidad de plantas y desde luego a problemas severos de malezas.

RIEGO

El método convencional en Colombia es el riego corrido, con caballones o muros para contención del agua, en el cual se empieza con baños sucesivos durante los estados iniciales del cultivo, para facilitar la germinación y establecimiento de las plántulas. La aplicación de una lámina de agua se hace después del control de malezas y su permanencia en el campo debe ser hasta el llenado del grano. En las siembras hechas sobre suelo preparado bajo agua, la aplicación de lámina de agua permanente, se hace una vez las plantas hayan alcanzado una altura adecuada o sea entre los 10 a 15 días de edad.

CONTROL DE MALEZAS

El control de malezas se hace a criterio del técnico, siguiendo las prácticas normalmente empleadas en la zona. Se debe garantizar un buen control de malezas, sin afectar el material en prueba con el objeto de permitir que las líneas evaluadas muestren todo su potencial genético.

FERTILIZACION

Las recomendaciones básicas de fertilización en las pruebas regionales

se hacen de acuerdo al criterio técnico en la región y generalmente teniendo como punto de referencia el análisis de suelos y las investigaciones adelantadas en el área.

CONTROL DE PLAGAS

El control de plagas, se debe hacer de acuerdo al tipo de especie que se presente. Normalmente se controlan larvas del suelo y comedores de hoja, empleando productos que no tengan efecto sobre "Sogata" (Sogatodes oryzícola), como quiera que la resistencia a esta especie y a la enfermedad que transmite (hoja blanca) es uno de los objetivos perseguidos por el fitomejorador. Cuando se presenten poblaciones altas de chinches desde floración hasta llenado de grano, se requiere hacer aplicaciones para evitar el daño. Por otra parte, las pruebas deben vigilarse para evitar daños de vertebrados, especialmente cuando se ubican en los bordes de lotes. Además en relación a este punto, es recomendable que la siembra se efectúe simultáneamente con el cultivo comercial.

CONTROL DE ENFERMEDADES

La reacción de los materiales evaluados a las distintas enfermedades que afectan los rendimientos del arroz, es un criterio básico de selección empleado en las pruebas regionales. Por lo tanto es una norma general, no hacer aplicaciones de fungicidas para su control.

COSECHA

La cosecha de las pruebas regionales es difícil, toda vez que el tamaño de las parcelas es grande y generalmente localizadas a mucha distancia de las estaciones experimentales. A pesar de existir trilladoras pequeñas con motor de gasolina, la mejor forma de manejar la recolección de las pruebas, es cortar manualmente el área seleccionada como muestra representativa en cada parcela. El material cosechado se desgrana en el campo, golpeándolo contra tanques de combustible vacíos u otros objetos adecuados colocados sobre tela o plástico, en los cuales se recoge y limpia el grano. Luego el material es empacado e identificado debidamente, para ser llevado a la estación experimental en donde se seca, limpia y pesa para determinar el rendimiento.

DATOS A TOMAR

Con el objeto de poder contar de todas las observaciones realizadas sobre los materiales en prueba, es importante que éstos se registren directamente en el libro de campo. Existen libretas diseñadas especialmente para este tipo de labor, de tal forma que cualquier anotación importante para la evaluación y selección final de las líneas debe aparecer en ella. Como norma general las lecturas se hacen tomando como base las tablas de evaluación consignadas en la publicación "Sistemas de Evaluación Estándar para Arroz" del Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina de IRRI/CIAT.

Entre los datos a tomar están los siguientes:

VIGOR

Materiales con un vigor inicial que cubra rápidamente los espacios entre plantas es lo más aconsejable, en la medida que dicho vigor no signifique un sobrecrecimiento y permita sombreamiento entre plantas. Un buen vigor inicial es importante, especialmente en siembra directa al voleo, ya que esta característica disminuye la competencia de las malezas y facilita un adecuado establecimiento del cultivo, alcanzando el índice de área foliar necesario durante la floración para un buen rendimiento.

CAPACIDAD DE MACOLLAMIENTO

Una capacidad alta de macollamiento, combinada con una estructura de planta compacta, con tallos moderadamente erectos que faciliten la penetración de la luz solar, es la condición ideal para altos rendimientos. Variedades con alto macollamiento compensan la pérdida de plantas o bajas densidades, mientras que variedades con baja capacidad de macollamiento, no poseen alta plasticidad, siendo menos eficientes comercialmente. Para determinar esta característica se toma el número de macollas por unidad de área mediante dos muestras por parcela emplean un marco de 25 x 25 cms (0.0625 M2.)

REACCION A ENFERMEDADES

Se refiere a la incidencia de las distintas enfermedades que afectan al cultivo. Entre las enfermedades principales y que son objeto de un serio análisis en el campo están :

PIRICULARIA (*Pyricularia oryzae*). Su calificación se hace tanto en la hoja como en el cuello de la panícula. Las notas en la panícula se clasifican de acuerdo al grado de vaneamiento causado, es decir, indicando si es ataque temprano o tardío y se representa en porcentaje de panículas afectadas, mientras que en la infección foliar se tiene en cuenta tanto el tipo de mancha como el área afectada.

HOJA BLANCA. La evaluación se hace permanentemente, se menciona el estado y época de aparición para posteriores referencias.

PUDRICION DEL TALLO (*Helminthosporium sigmoideum*; *Leptosphaeria salvinii*) es importante familiarizarse bien con el síntoma a fin de identificarlo adecuadamente.

PUDRICION DE LA VAINA. (*Acrocylindrium oryzae*). Al igual que en el caso anterior es importante una adecuada identificación del síntoma.

AÑUBLO DE LA VAINA (*Rhyzoctonia solani*); *Thanatephorus cucumeris*; *Pellicularia sasakii*; *Corticium sasakii*.

HELMINTOSPORIOSIS (*Helminthosporium oryzae*)

CERCOSPORIOSIS (*Cercorpora oryzae*)

ESCALDADO DE LA HOJA (*Rhynchosporium oryzae*)

AÑUBLO BACTERIAL DE LA HOJA (*Xanthomonas oryzae*).

MANCHADO DEL GRANO. Causado por un complejo de hongos. Su evaluación se hace tomando una muestra al azar por parcela equivalente 15-20 panículas. La muestra se desgrana y se determina el porcentaje de granos manchados, especificando el grado o intensidad de la mancha así: Manchas (pecas) cubriendo parcial o totalmente el grano; manchas coalescentes que cubren parcial o totalmente el grano.

ANARANJAMIENTO

Esta observación se refiere al disturbio fisiológico causado en la planta por efecto de suelos ácidos inundados. La reacción de los materiales a este fenómeno se califica como susceptible, moderadamente resistente y resistente.

FLORACION

Esta evaluación se toma en días contados desde el momento de la emergencia (germinación) hasta que el 50% de las plantas hayan florecido. Además pueden tomarse datos tales como inicio de floración (5% de panículas emergidas).

ALTURA DE LA PLANTA

Es la medida en centímetros, desde la superficie del suelo hasta la punta de la panícula más alta de la planta. Esta medida se toma generalmente antes de la cosecha.

ESTERILIDAD APICAL

En la época de emergencia de la panícula hacia la fertilidad de las espiguillas, se deben hacer observaciones de los posibles efectos de factores ambientales sobre la fertilidad de las espiguillas. Es importante examinar adecuadamente dichos síntomas, con el objeto de poder distinguir si se trata de esterilidad apical o daño mecánico, causado por insectos durante la última etapa del embuchamiento (antes de la emergencia de la panícula). Materiales con porcentajes de esterilidad por encima del 10%, tendrán que ser observados en las demás características, si se quieren mantener o de lo contrario deben ser descartados.

VANEAMIENTO

Se refiere al número de espiguillas que no han logrado llenar el total de espiguillas potenciales. Para determinar este parámetro, se sugiere tomar en cada parcela una muestra al azar de 10-15 panículas con el objeto de contar el número de granos llenos y vanos, para luego convertir el dato a porcentaje.

PERIODO VEGETATIVO

Corresponde al número de días transcurridos desde la emergencia de la plántula, hasta la maduración del grano. La duración del ciclo del cultivo es un dato importante de selección, para las condiciones ecológicas de una región.

RENDIMIENTO

El objetivo final de una buena variedad es un alto potencial de rendimiento. Este parámetro se evalúa tomando el rendimiento por parcela al 14% de humedad, y luego se convierte a kgs/ha. La capacidad de una línea para producir es un criterio muy severo de selección, en el cual los materiales evaluados y candidatos a selección, deben rendir por encima de los testigos comerciales o en su defecto igual al mejor rendimiento de la variedad testigo, considerándola como representativa de la zona.

OTROS DATOS

Son todos aquellos datos referentes a observaciones que se consideren de importancia para ayudar a interpretar los resultados y explicar un determinado comportamiento de los materiales. Datos tales como: fecha de germinación, riegos, épocas de aplicación de fertilizantes y plaguicidas, ayudan al análisis de las observaciones. También es importante anotar todos aquellos factores que pueden afectar los resultados y que no son las condiciones normales en la zona, como son clima, imprevistos y otros.

CAPITULO VI

SUELOS Y FERTILIZACION DEL CULTIVO

QUIMICA DE LOS SUELOS INUNDADOS

FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DEL ARROZ

EL FOSFORO Y LA FERTILIZACION FOSFORICA EN LOS SUELOS ARROCEROS DE LA AMERICA LATINA

ACIDEZ, ENCALAMIENTO Y FERTILIZACION CON CALCIO, MAGNESIO Y POTASIO PARA EL CULTIVO DEL ARROZ

QUIMICA DE LOS SUELOS INUNDADOS

L.A. León y O. Arregocés

El arroz generalmente crece mejor en suelos inundados que en suelos aeróbicos. La inundación no solo proporciona al cultivo un buen suministro de agua y controla las malezas, sino que también mejora algunas características químicas del suelo.

Se deben estudiar las condiciones químicas de los suelos inundados que se vayan a dedicar al cultivo del arroz, porque las propiedades físicas y químicas de un suelo seco cambian drásticamente cuando se inunda, y por lo tanto, la planta responde en forma diferente a la fertilización y al encalamiento, que cuando se cultiva en condición aeróbica.

EFECTOS PRIMARIOS DE LA INUNDACION

La inundación de un suelo pone en marcha una serie de procesos físicos, químicos y microbiológicos que afectan profundamente, tanto la absorción de los nutrimentos por parte de la planta de arroz, como la disponibilidad y pérdida de nutrimentos en el suelo.

Debido a lo anterior hay que aplicar ideas diferentes a las convencionales para el análisis de suelos inundados y su manejo agronómico.

Difusión de oxígeno

Cuando un suelo se inunda, tanto los poros como los agregados estructurales se saturan de agua, las arcillas del tipo 2:1 se expanden, el aire atrapado en los poros se comprime y hace que los terrones se desmoronen. La concentración de oxígeno en el suelo depende de la tasa de difusión del gas, de su consumo por parte de los microorganismos del suelo y de la respiración de las raíces.

La tasa de difusión del oxígeno en el agua es muchas veces más lenta que en el aire; por lo tanto, en un suelo inundado la difusión de oxígeno es mucho menor que en un suelo aireado.

En un suelo recientemente inundado la tasa de consumo de oxígeno por parte de los microorganismos es más alta que la tasa de difusión y los microorganismos aeróbicos consumen todo el oxígeno; al agotarse éste, se reduce su población casi a cero y comienzan a aumentar los microorganismos anaeróbicos que utilizan el oxígeno de compuestos oxidados, reduciéndolos.

La cantidad de oxígeno va disminuyendo desde la superficie del agua hasta las capas profundas del suelo. En la superficie del agua, a una temperatura de 25°C, tenemos una concentración de oxígeno aproximadamente 8 ppm; a los 5 cm de profundidad hay 6 ppm;en la superficie del suelo en contacto con el agua (capa oxidada) la concentración de oxígeno es igual a la que tiene el agua en esa profundidad, pero luego del primer centímetro del suelo, la concentración de oxígeno desciende bruscamente hasta 1 ppm y en capas inferiores está casi en cero (Figura 1).

Producción de gases

La desaparición del oxígeno es seguida por la evolución de N_2, luego por un rápido incremento de CO_2 y finalmente por una disminución de CO_2 y un incremento de CH_4.

La cantidad de cada uno de los gases que se encuentran en un suelo inundado varía, como sigue: del 10 al 95% de nitrógeno; del 15 al 75% de metano; del 1 al 20% de dióxido de carbono, y hasta un 10% de hidrógeno.

Capas oxidadas y reducidas de un suelo inundado

En la parte superior de un suelo cubierto por una lámina de agua encontramos una capa oxidada de suelo de más o menos 1 cm de espesor, donde la difusión del oxígeno es suficiente para el consumo de los microorganismos. Dentro de esta capa la concentración de oxígeno en solución no es constante; varía entre la saturación en la superificie hasta casi cero en el límite de la capa reducida, como se observa en la Figura 1.

El espesor de la capa oxidada depende del equilibrio entre la difusión y el consumo de oxígeno. En suelos con alto contenido de materia orgánica y una alta población de microorganismos, el consumo de oxígeno es grande y la capa oxidada por consiguiente es delgada. En suelos con poca materia orgánica o con pH muy bajo, los microorganismos son inactivos y esa capa puede ser un poco más gruesa.

La capa reducida va prácticamente desde la superficie del suelo hasta unos 15 cm de profundidad; luego sigue el subsuelo que puede estar reducido y oxidado dependiendo hasta que profundidad el agua haya saturado el suelo.

Figura 1. Concentración de oxígeno en las capas oxidada y reducida de un suelo inundado.

Además de la pequeña capa oxidada en la superficie del suelo, existe otra zona oxidada que es la rizosfera del arroz, originada por translocación de aire de las hojas a las raíces de la planta. Se nota por la coloración rojiza que toman las raíces debido a la oxidación del hierro en dicha parte de la planta.

En la capa reducida del suelo se encuentran la mayoría de las raíces del arroz; allí no hay oxígeno y los microorganismos son de tipo anaeróbico. En esta zona suceden cambios muy importantes para la planta de arroz.

CAMBIOS FISICO-QUIMICOS Y QUIMICOS

Cambios físico-químicos

En un suelo inundado la disponibilidad de oxígeno baja a cero en menos de un día. Los microorganismos aeróbicos consumen rápidamente el poco oxígeno que haya quedado y se vuelven latentes o mueren. Los microorganismos anaeróbicos se multiplican rápidamente y llevan a cabo la descomposición de la materia orgánica utilizando compuestos oxidados del suelo (nitratos, óxidos de manganeso, óxidos férricos, etc.) para su respiración.

Como resultado de estos procesos se suceden en el suelo algunos cambios electroquímicos como: cambios del pH; disminución del potencial redox, y aumento de la conductividad eléctrica.

Cambios del pH. En suelos no reducidos cualquiera que sea el pH original, después de inundado llega, aproximadamente en tres semanas, a valores entre 6.5 y 7.5, los cuales se mantienen mientras dure la inundación (Figura 2). En los suelos ácidos, el pH aumenta debido a la reducción de óxidos mangánicos e hidróxidos férricos, lo cual deja libres iones OH-. En los suelos alcalinos el pH disminuye debido al aumento de la presión parcial y la producción de CO_2, los siguientes factores determinan cualquier variación del pH del suelo: (Ponnamperuma, 1965, 1976).

a. El pH inicial del suelo

b. La naturaleza y cantidad de los compuestos oxidados del suelo

c. La cantidad y clase de la materia orgánica

d. La temperatura

En suelos con un valor inicial de pH es 3.5 a 4.7, éste aumenta bruscamente y alcanza un punto máximo entre 6.5 y 7.0 a las dos semanas de inundación.

Figura 2. **Cambios del pH de dos suelos sometidos a inundación constante (Sánchez, P.A., 1972).**

A manera de ejemplo se muestran los cambios ocurridos en cuatro suelos sometidos a inundación (Figura 3). Se observa la influencia de la materia orgánica y del contenido de hierro en la variación del pH. En suelos ácidos de los Llanos Orientales de Colombia, como el de la Libertad, con bajo contenido de materia orgánica (2.4%) y alto contenido de hierro (1.54%), el pH se estabiliza en valores más bajos que en el de Carimagua, sabana alta, de alto contenido de materia orgánica y alto contenido de hierro (4.1% y 1.8%, respectivamente). El suelo de Carimagua, sabana baja, con alto contenido de materia orgánica (24.3%) con bajo contenido de hierro (0.7%) y con pH ácido (5.5), no mostró cambios significativos en su pH por tener pocos compuestos reducibles. Lo mismo ocurrió con el suelo de Palmira que mantuvo su condición de neutralidad.

Figura 3. **Cambios del pH en la solución del suelo después de haberse inundado el campo, en varios suelos de los Llanos Orientales y de Palmira (Colombia), CIAT, 1972.**

Cuando un suelo ácido (pH 4.0) se cultivó por primera vez después de que se inundó (Figura 4), el pH subió hasta llegar a 6.5 después de 12 semanas de inundación. En el siguiente cultivo, el pH inicial del suelo fue mucho más alto que el pH original y luego se alcanzó en equilibrio (pH 6.5) en mucho menos tiempo de inundación (5 semanas). Parece haber un efecto residual en los suelos inundados que impide al pH retornar a su valor original.

Figura 4. Cambios del pH en un suelo durante el primero y segundo cultivo bajo inundación.

La temperatura baja, en suelos ácidos hace que el incremento del pH sea lento; por eso se retarda el crecimiento del arroz en estos suelos (Ponnamperuma, 1976).

Disminución del potencial redox o potencial de óxido reducción. Las reacciones de óxido-reducción son aquellas en las cuales hay transferencias de electrones de un donante (el agente reductor) a un aceptador (el agente oxidante).

Los agentes reductores difieren en su tendencia a perder electrones y los agentes oxidantes en ganarlos. A esta tendencia se le llama el "potencial de óxido-reducción estándar, E." y se define como la fuerza electromotriz (en voltios) dada por una semi-pila en la cual el reductor y el oxidante están presentes a la concentración 1.0 M, a 25°C y pH 7.0, en equilibrio con un electrodo, el cual puede reversiblemente aceptar electrones de algún reductor.

Por convención, el potencial de óxido reducción estándar, E. de la reacción del electrodo de hidrógeno ($2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$) es usado como potencial de referencia. Se le ha asignado un valor de 0.0 voltios cuando la presión de H_2 es de 1.0 atmósfera, la concentración de (H^+) es 1.0M (que equivale

a pH 0.0) y la temperatura es de 25°C; cuando este valor es corregido a pH 7.0 la concentración de $(H^+) = 1 \times 10^{-7}M$), el pH de referencia asumido en todos los cálculos bioquímicos, el potencial de óxido-reducción estándar viene a ser -0.42V y se designa por E_h.

El potencial redox de un sistema se halla calculando la diferencia de potencial que existe entre el agente oxidante y el agente reductor.

Actúan como oxidantes aquellos elementos cuyo potencial estándar es negativo (menor que el del hidrógeno) y como reductores los positivos; en la práctica, cualquier elemento puede oxidar a los que le siguen en orden ascendente en la escala de potenciales estándar.

Para la reacción: Oxidante + $ne^- \rightleftharpoons$ Reductor, la ecuación de Nerst dice:

$$E_h = E_o + \frac{RT}{F} \ln \left(\frac{Ox}{Red} \right) = E_o + \frac{0.059}{n} \log \left(\frac{Ox}{Red} \right)$$

donde:

R = Constante de los gases
F = Constante de Farady
T = Temperatura absoluta
N = No. de e- transferidos

(Ox) = Conc. compuestos oxidantes
(Red)= Conc. compuestos reductores

El E_h es una medida del estado de reducción porque cambia con la relación (Ox)/(Red). En un suelo oxidado la concentración de oxidantes es más alta que la concentración de reductores, el E_h será alto. El E_h baja cuando el suelo se reduce. Además, el E_h se altera cuando se forman iones complejos y cuando cambia el pH.

Por ejemplo, para la reacción

$$MnO_2 + 2e^- + 4H^+ \rightleftharpoons Mn^{++} + 2H_2O$$

$$E_h = E. - \left(\frac{0.059}{} \log (Mn^{++}) \right) - (4 \times 0.059 \times pH)$$

Entonces, el E_h baja cuando el pH aumenta. Para determinar qué compuestos del suelo son reducidos primero, hay que corregir el E. a un pH constante de 7.0.

Los compuestos más comunes en el suelo se reducen en el orden siguiente:

	Potencial estándar
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	0.82 voltios
$NO^-_3 + H_2O + 2e^- \rightleftharpoons NO^-2 + 2OH-$	0.43 voltios
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Mn^{+2} + 2H_2O$	0.41 voltios

El oxígeno presente en la atmósfera del suelo toma iones hidrógeno y cuatro electrones para formar agua. Una vez consumido todo el O_2, los nitratos se reducen primero a nitritos, manteniendo un alto E_h; los nitritos se transforman después en N_2 y N_2O, gases que escapan a la atmósfera. Al mismo tiempo, los óxidos de manganeso se reducen hasta iones de manganeso divalente.

Los hidróxidos y óxidos de hierro también se reducen produciendo iones ferrosos y liberando iones hidróxidos. Esta es una de las reacciones que determina un incremento del pH en suelos inundados.

$Fe(OH)_3 + e^- \rightleftharpoons Fe^{++} + 3OH^-$ Potencial estándar - 0.13 voltios

$Fe(OH)_3\ e^- \rightleftharpoons FE^{+++} + 3OH^-$ Potencial estándar - 0.13 voltios

$Fe(OH)_3 + e^- \rightleftharpoons Fe(OH_2) + OH^-$ - 0.14 voltios

Algunos ácidos orgánicos con hidrogeniones forman alcoholes. Por ejemplo el ácido etanóico forma alcohol etílico.

$CH_3\ CHO + 2H^+\ 2e^- \rightleftharpoons CH_3CH_2OH$ Potencial estándar 0.19 voltios

El ión sulfato puede pasar a ión sulfito y producir OH^- el ión sulfito a su vez puede reducirse para dar iones de azufre con dos cargas negativas y liberar más OH^- de acuerdo con las siguientes reacciones:

$SO_4^{--} + H_2O + 2e^- \rightleftharpoons SO_3^- + 2OH^-$ 0.49 voltios

$SO_3^{--} + 3H_2O + 6_e^- \rightleftharpoons S^{--} + 6OH^-$ 0.20 voltios

El potencial redox en suelos inundados desciende bruscamente después de la inundación y llega a un mínimo en pocos días; luego sube rápidamente a un máximo y después decrece asintóticamente con el tiempo. En la Figura 5 se compara el cambio del E_h de un suelo inundado con él de un suelo bien drenado.

Figura 5. **Cambios con el tiempo del potencial redox de un suelo bien drenado y de otro inundado (Ponnamperuma, F.N., 1965).**

Factores que influyen en la disminución del potencial redox. La tasa de descendo del E_h depende del pH inicial del suelo, de su contenido de materia orgánica, de la temperatura y de la cantidad de aceptadores de electrones que contenga el suelo. A manera de ejemplo, se muestra en la Figura 6 el cambio sufrido por cuatro suelos con la inundación. Cuando suelos ácidos (Nos. 3 y 4), con un alto potencial redox y contenidos relativamente altos de materia orgánica y de hierro, su E_h baja drásticamente y a los 50 días de inundación se encuentra por debajo de -100 milivoltios. También en esta Figura se observa, como el E_h de suelos con pH cercano a la neutralidad y contenidos medios de materia orgánica, (Nos. 1 y 2) desciende pero no tan drásticamente como los anteriores.

Figura 6. Cambios del potencial redox de varios suelos después de inundados.

La disminución del potencial redox del suelo inundado, depende también de las propiedades físicas del suelo y de si éste se cultiva por primera vez o no. Cuando se hace la primera cosecha, el potencial redox de un suelo inundado desciende lentamente y llega a un equilibrio, aproximadamente a las nueve semanas (Figura 7); en cambio, con la segunda siembra, el potencial redox, que es comparativamente más bajo al principio, desciende y a la quinta semana alcanza el equilibrio que se había logrado más tarde durante la primera siembra.

Figura 7. Cambios del E_h en un suelo después de ser inundado en el primero y en el segundo cultivo.

Aumento de la conductividad eléctrica. Otra de las propiedades del suelo que se modifica con la inundación es la conductividad eléctrica, propiedad que permite medir el contenido de sales del suelo. Las sales en la solución del suelo pueden aumentar con la inundación. En la Figura 8 se observa cómo la conductividad eléctrica de un suelo, por dos cultivos, aumentó hasta la séptima semana y luego fue disminuyendo hasta lograr un equilibrio.

Figura 8. Cambios en la conductividad eléctrica de un suelo después de ser inundado en dos semestres de cultivo.

Cambios químicos

Los cambios químicos más importantes que suceden en un suelo continuamente inundado son:

- Transformaciones del nitrógeno
- Reducción del manganeso y del hierro
- Incremento en la disponibilidad del fósforo y de sílice, entre otros

Transformaciones del nitrógeno

El nitrógeno que existe en el aire y también disuelto en el agua de inundación, puede ser fijado por algas y bacterias transformándolas en nitrógeno orgánico. Este nitrógeno y el proveniente de los residuos de plantas y animales, puede sufrir una mineralización hasta transformarse en NH_4^+, compuestos utilizable por las plantas de arroz.

Si en la capa oxidada está presente el ión amonio, ya sea porque existe en el suelo y porque se ha agregado como fertilizante, éste se puede oxidar hasta convertirse en nitratos; estos nitratos pueden ser tomados por las plantas o descienden hasta la capa reducida en donde pueden quedar inmovilizados como materia orgánica o bien perderse lixiviación o denitrificación.

Figura 9. Cambios de la concentración de nitratos en la solución de varios suelos después de la inundación.

Denitrificación. La denitrificación es el proceso de la reducción que sufren los nitratos para transformarse en óxidos de nitrógeno y en nitrógeno elemental. Los nitratos en la capa reducida del suelo se convierten primero en nitritos y luego se transforman en gases tales como N_2O y N_2, los cuales escapan a la atmósfera.

. El contenido de nitratos disminuye rápidamente dependiendo del suelo, durante la primera semana de inundación y luego continúa descendiendo más lentamente hasta llegar a cantidades bajas en un tiempo hasta de seis semanas de sumersión (Figura 9).

Acumulación de amonio. La mineralización del nitrógeno orgánico tiene lugar solamente hasta la producción de NH_4^+, que es estable bajo condiciones reducidas del suelo y tiende a acumularse en suelos inundados (Ponnamperuma, 1965). En la mayoría de los suelos cuyo contenido de materia orgánica es alto, el ión amonio aumenta rápidamente con el tiempo de inundación y puede llegar a un equilibrio antes de 100 días después de inundado. En otros suelos el aumento de amonio es tan elevado, estableciéndose un equilibrio en diferentes tiempos después de la inundación. Los suelos con bajo contenido de materia orgánica, no producen amonio en altas cantidades y es lógico suponer que deben responder a los fertilizantes nitrogenados. La Figura 10 nos ilustra el cambio de contenido de la NH4 en varios suelos.

Figura 10. Cambios de la concentración de amonio en la solución de varios suelos después de la inundación.

La temperatura afecta tanto a la denitrificación como a la acumulación de amonio. La amonificación se refleja en la concentración de NH_4^+ soluble en el agua, la cual decrece cuando la temperatura baja de 45°a 15°C; a esta última temperatura se pueden observar síntomas de deficiencia de nitrógeno (Ponnamperuma, 1976). También a bajas temperaturas-menos de 15°C- la tasa de denitrificación es lenta, pero aumenta muy rápidamente a medida que la temperatura sube hasta 45°C.

Reducción del manganeso y del hierro

Un fenómeno que casi coincide con la denitrificación en los suelos inundados es la reducción de los óxidos de manganeso o hierro. Al inundarse un suelo y descender el potencial redox, los óxidos de manganeso se transforman en iones de manganeso y en consecuencia, su contenido aumenta en la solución del suelo. En suelos ácidos, pobres en materia orgánica pero relativamente ricos en manganeso, éste llega a concentraciones de 3000 ppm a los 50 días después de la inundación y posiblemente cause toxicidad. En otros suelos en donde el manganeso es escaso, aumenta ligeramente su concentración en la solución del suelo pero no se presenta toxicidad por este elemento (Figura 11).

Figura 11. **Cambios de la concentración de manganeso en la solución de varios suelos inundados (Ponnamperuma, 1955).**

En relación con el hierro, uno de los cambios químicos más importantes que tiene lugar cuando un suelo se inunda es la reducción del hierro de la forma férrica a ferrosa y el consecuente incremento de su solubilidad. La reducción del hierro resulta favorecida por: la ausencia de sustancias de alto nivel de oxidación como NO_3^- y MnO_2; la presencia de materia orgánica de fácil descomposición y por un alto contenido de hierro activo.

En los suelos ácidos inundados, el hierro soluble puede llegar al cabo de unos 50 días o menos, a altas concentraciones (200 a 300 ppm) en la solución del suelo (Figura 12), mientras que en otros suelos de pH cercano a la neutralidad, el hierro aumenta con la inundación, pero no alcanza niveles tan altos como en los suelos ácidos y la máxima concentración que alcance depende de las propiedades del suelo. La concentración disminuye con el tiempo hasta llegar a un equilibrio, situado siempre en un nivel de mayor concentración respecto al que tenía antes de la inundación.

Figura 12. **Cambios de la concentración de Fe^{++} en la solución de varios suelos después de la inundación.**

También las aplicaciones de materia orgánica al suelo y la forma como se maneje el riego, pueden aumentar la concentración del hierro en la solución del suelo. Cuando la inundación es constante la concentración de hierro aumenta durante las primeras semanas y luego disminuye; pero si además de inundarlo constantemente, se incorpora materia orgánica al suelo, el incremento en la concentración de hierro es acelerada y alta, y puede llegar a niveles tóxicos; más tarde esa concentración baja al mismo nivel que tendría si solo se hubiese inundado. Cuando se alternan inundación y secado del terreno, el incremento en la cantidad de hierro del suelo es menor y se mantiene en niveles bajos a partir de la quinta semana de inundación (Figura 13). En cambio cuando el suelo está provisto de drenaje interno y se inunda, la concentración de hierro aumenta poco y muy lentamente, alcanzando su máximo nivel después de 10 semanas de inundar.

Figura 13. **Cambios de la concentración de hierro en la solución de un suelo de Carimagua después de la inundación.**

En el cultivo de arroz con riego, la cantidad de hierro que se solubiliza durante el primer cultivo es mucho mayor que durante los siguientes, debido posiblemente al efecto del drenaje sobre el Fe soluble; y tal vez por esta razón las plantas no sufren daños fisiológicos por exceso de hierro a partir de la primera siembra.

Disponibilidad de nutrimentos

Según varios autores, en la solución del suelo la concentración de elementos tales como fósforo, hierro, manganeso y sílice, aumenta después de la inundación. La mayor disponibilidad de estos elementos beneficia generalmente el arroz, pero en algunos casos el aumento excesivo de hierro o manganeso puede causar toxicidad.

Los cambios en la concentración de fósforo en la solución del suelo después de la inundación dependen del tipo de suelo. En suelos de pH alcalino (7.6) y un porcentaje bajo de hierro (0.18%), el contenido de fósforo aumenta en la solución del suelo y a los seis días llega a niveles altos (4 ppm). Otros suelos de pH ácido (4.8) y materia orgánica alta, también llegan a liberar fósforo con la inundación. Sin embargo, en otros suelos ácidos como el del ejemplo, (pH 4.6), con alto contenido de hierro (2.13%), la inundación no aumenta el contenido de fósforo en la solución del suelo (Figura 14).

Figura 14. **Cambios en la concentración de P en la solución de varios suelos después de la inundación.**

Ponnamperuma (1976), atribuye el aumento en la concentración fósforo soluble en agua a :

a) Hidrólisis de fosfatos de hierro y aluminio;

b) Liberación del fósforo absorbido por intercambio aniónico en la arcilla o en los hidróxidos de hierro y aluminio y

c) Reducción de Fe^{+++} a Fe^{++} con la liberación del fósforo absorbido y fijado.

En los suelos ferralíticos ácidos, el aumento en la concentración del fósforo soluble en agua es mínimo, porque el fósforo liberado es reabsorbido por las arcillas e hidróxidos de aluminio en la capa reducida, o si se difunde a la capa oxidada, es precipitado por el hierro.

Incremento en la disponibilidad de sílice. La solubilidad del sílice aumenta con el tiempo de inundación del suelo. Este aumento depende del contenido de materia orgánica del suelo y es independiente del pH.

RELACION PLANTA- SUELO- INUNDADO

Algunas propiedades de los suelos inundados ejercen un influjo específico sobre la planta de arroz, como la disponibilidad de oxígeno y otros elementos.

La deficiencia de oxígeno

La baja concentración de oxígeno poco afecta la germinación de las semillas de arroz en zona templada, debido a que son capaces de germinar con muy poco oxígeno y en cambio favorece la elongación de la plúmula.

Se sabe ya que la deficiencia de oxígeno en un suelo inundado, no perjudica el crecimiento de la planta de arroz porque ella posee una estructura especial, aerénquima, para el transporte de aire desde las hojas hasta las raíces.

Cambios del pH. El incremento del pH en los suelos ácidos y su disminución en los suelos calcáreos alcalinos, es un beneficio importante de la inundación del suelo. Así se evitan para la planta de arroz:

- La toxicidad por aluminio en algunos suelos muy ácidos y la deficiencia del fósforo, en otros
- La toxicidad por manganeso en suelos moderadamente ácidos
- La deficiencia de hierro en suelos calcáreos y sódicos

Disminución del potencial redox

Un potencial redox inferior a 200 milivoltios con un pH 7.0, beneficia el cultivo del arroz. Al descender el potencial redox aumenta la disponibilidad del nitrógeno, fósforo, hierro y sílice, pero disminuye la de azufre, zinc y cobre, los cuales pueden resultar en ocasiones limitantes.

Transformaciones del nitrógeno

Cuando se inunda un suelo, los nitratos desaparecen en pocos días y algunos de éllos se transforman en compuestos gaseosos. Pero la pérdida de nitrato no es mayor desventaja por la subsiguiente acumulación de amonio, benéfico al arroz.

RESUMEN

Cuando se inunda un suelo, la disponibilidad de oxígeno baja a cero antes del primer día de inundación. Los microorganismos aeróbicos se vuelven latentes o mueren; los anaeróbicos descomponen la materia orgánica, utilizando oxígeno de compuestos oxidados del suelo como aceptadores de electrones. Con ésto se causan una serie de cambios tales como :

1. El pH del suelo aumenta si es ácido, o disminuye si es alcalino, hasta llegar en ambos casos a valores cercanos a 7.0. Se exceptúan los suelos sometidos a inundaciones frecuentes y prolongadas, que carecen de materiales reducibles.

2. El potencial de oxidación-reducción generalmente disminuye hasta 0 milivoltios o se hace negativo.

3. Algunas propiedades del suelo como pH, contenido de materia orgánica, la temperatura y el número de cultivos con riego, afectan la tasa de cambio del pH y de potencial redox .

4. Los nitratos son reducidos a NH_4^+ o denitrificados a N_2O y N_2 (gases que escapan a la atmósfera). La mineralización del nitrógeno orgánico llega hasta NH_4^+ estable en un medio reducido, y tiende a acumularse en suelos inundados. Estos dos procesos también son afectados por la temperatura y por la cantidad de la materia orgánica del suelo.

5. Los óxidos de hierro y manganeso se reducen y aumenta su solubidad, lo cual eleva su concentración en la solución del suelo, hasta llegar a valores que pueden causar en algunos casos toxicidad a las plantas de arroz.

6. La inundación aumenta la concentración de fósforo y sílice en la solución del suelo, favoreciendo su absorción por la planta.

BIBLIOGRAFIA

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1971. Informe anual 1970. Cali,Colombia, pp-61-68.

_____.1972. Informe anual 1971. Cali, Colombia, pp. 150-155

Howeler, R.H. 1974. La fertilización fosfórica del arroz de riego y de secano.Suelos Ecuatoriales VI(1): 245-263

Pande, H.K. y P. Singh. 1969. Effects of moisture and nitrogen on growth, yield and mineral content of rice. Exp. Agric. 5: 125-132

Ponnamperua, F.N. 1955. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant. In IRRI: The mineral nutrition of the rice plant, John Hopkins Press Baltimore,pp. 295-328

_____.1976. Temperature and the chemical kinetics of flooded soils. Proceedings of the symposium on climate & rice. IRRI. pp. 249-263

Sánchez, P.A. 1972. Fertilización y manejo del nitrógeno en el cultivo del arroz tropical. Suelos Ecuatoriales IV(1): 1:197-240.

FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA DEL ARROZ

L.A. León y O. Arregocés

Existen diversos factores cuya acción independiente o interrelacionada, afecta el rendimiento de una planta de arroz en cultivo. En términos globales, estos factores incluyen el genotipo, los procesos fisiológicos, la estructura del cultivo y los factores y recursos del ambiente (bióticos como malezas, insectos, hongos, etc. o abióticos como nutrimentos, luz, agua, temperatura, concentración de O_2 y CO_2, etc.) De interés particular entre estos últimos está el nitrógeno.

El nitrógeno es quizás el nutrimento que más influye en los rendimientos, y en la mayoría de los casos, se le considera como un factor limitante de la producción. Aunque a veces se ha encontrado una respuesta negativa, la correlación lineal obtenida en 20 países, indica un promedio mundial de incremento en el rendimiento de 12.7 kg de arroz en cáscara por cada kg de nitrógeno aplicado (Doyle, 1966) (Figura 1).

Recientemente, Tejeda et al (1980), al revisar varios trabajos sobre nuevas formas de úrea, variedades modernas y nuevos métodos de aplicación, encontraron que el incremento en rendimiento puede llegar hasta 41 kg de arroz por kg de nitrógeno aplicado y promedio de 21-24 kg de arroz por unidad de nitrógeno.

En el Japón, para un período de 18 años se encontró una alta correlación positiva (r= 0.932***) entre el rendimiento y la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado (Murayama, 1975).

NATURALEZA DEL NITROGENO EN LOS SUELOS

Como el arroz es el único cultivo de importancia que puede desarrollarse en suelos inundados, durante parte o la totalidad de su ciclo de vida, se estudiará la naturaleza del nitrógeno en dichos suelos y los cambios que sufre en ese ambiente.

El nitrógeno utilizado por las plantas de arroz procede: de la materia orgánica del suelo; de la atmósfera, acarreado por la lluvia o fijado por microorganismos; de las plantas; de abonos orgánicos y de fertilizantes minerales.

Inmovilización y mineralización del nitrógeno

Prácticamente casi todo el nitrógeno presente en la superficie del suelo, se encuentra combinado en forma orgánica. Este nitrógeno no puede ser utilizado directamente por las plantas, pero parte de él es mineralizado por procesos microbiales, los cuales ponen a la disposición de las plantas una buena cantidad de nitrógeno en forma aprovechable.

La disponibilidad del nitrógeno del suelo para las plantas, depende de la magnitud relativa de dos procesos opuestos: la inmovilización y la mineralización. Esta disponibilidad se reduce cuando hay pérdidas del nutrimento una vez mineralizado.

En suelos secos o en condiciones aeróbicas, el producto final de la mineralización del nitrógeno orgánico son los nitratos. Cuando los suelos son inundados se crean condiciones químicas y biológicas que afectan las transformaciones del nitrógeno; debido a la ausencia de oxígeno, la mineralización del nitrógeno orgánico cesa al llegar al estado de amonio, el cual es estable en condiciones reducidas y tiende a acumularse.

En condiciones anaeróbicas la formación de nitratos tiene dos desventajas; en primer lugar, el anión es fácilmente lixiviado, y en segundo lugar, las bacterias denitrificantes convierten el nitrato a N_2 y N_2O, los cuales se pierden en forma gaseosa.

En los suelos inundados la ausencia de $NO3^-$ y la acumulacion del NH_4+, se consideran benéficas para el arroz por las siguientes razones (Ponnamperuma, 1964):

- El arroz utiliza mejor el NH_4+ que el NO_3-;
- Los productos de la reducción del NO_3- son tóxicos para el arroz;
- La presencia de NO_3- promueve, o altera, el orden de absorción de nutrimentos, especialmente la absorción de manganeso; y
- Los excesos de NH_4+ no son tóxicos

Pérdidas de nitrógeno del suelo

Además del nitrógeno extraído en la cosecha, los procesos que conducen a pérdidas de nitrógeno incluyen :

- Lixiviación
- Denitrificación
- Volatilización del amonio
- Erosión y Escorrentía

La Figura 2 representa los procesos de transformación y pérdidas resultantes del nitrógeno aplicado como amonio y nitrato. En términos generales, los factores más importantes que controlan las pérdidas de nitrógeno incluyen : la humedad, la textura y el pH del suelo; la temperatura y otras condiciones atmosféricas; las prácticas de cultivo, tales como dosis y fuentes de nitrógeno; la época de aplicación durante el ciclo de cultivo y el método y la profundidad de aplicación de los fertilizantes nitrogenados.

Figura 1. Correlación entre la dosis de aplicación de nitrógeno y la respuesta del arroz, basada en 385 respuestas en 120 países (Doyle, 1966).

Figura 2. Trayectoria de los fertilizantes nitrogenados en un suelo inundado-humedo. Las letras representan los siguientes procesos. H = hidrólisis de urea. V = volatilización. I = inmobilización del nitrógeno. E = pérdidas por escorrentía. F = fijación del amonio. D = denitrificación. L = lixiviación. A = absorbido por la planta (Craswell y Vlek, 1979).

La magnitud de las pérdidas de nitrógeno por los diferentes procesos ha sido determinada por varios científicos (De Datta et al, 1974; Vleck, et al, 1980). Dichas pérdidas pueden variar según sus estudios así: por denitrificación desde 25 hasta 90%; por lixiviación, entre 1 y 70% y por volatilización, entre 0,5 y 20 . Las pérdidas por erosión y escorrentía aún no se han medido con exactitud.

Lixiviación : Allison (citado por Guerrero, 1979) indica que la lixiviación de nitratos está altamente relacionada con el movimiento de agua en el suelo y que la cantidad de nitrógeno perdida depende de los siguientes factores :

- La forma y cantidad del nitrógeno presente o añadido
- La cantidad y duración de las lluvias
- La velocidad de infiltración y percolación, influidas por la estructura del suelo, la profundidad del perfil, la cobertura de la superficie y por la altura en la capa de agua de riego
- La capacidad de retención de agua del suelo y el contenido de humedad en el momento en que ocurre la lluvia
- La presencia o ausencia de cultivo y el tipo de cultivo presente
- La intensidad de la evaporación y el grado de movimiento ascendente de los nitratos durante los períodos de sequía.

La fuente amoniacal es menos susceptible a las pérdidas por lixiviación, ya que el ión NH_4^+ es retenido más fuertemente por el complejo coloidal que el ion NO_3^-. Sin embargo en condiciones de inundación, las pérdidas en forma de amonio, pueden ser significativas.

Denitrificación : La denitrificación se define como la "reducción biológica de nitratos o nitritos a nitrógeno gaseoso (nitrógeno molecular y óxidos de nitrógeno)", el cual pasa a la atmósfera.

La reducción microbial de nitratos y nitritos, la realizan varias especies de bacterias anaeróbicas facultativas. Muchas de ellas usan preferentemente oxígeno como receptor del hidrógeno, pero pueden usar también nitratos y nitrógeno nítrico como sustitutos.

Volatilización del amonio. Con base en una amplia revisión de literatura, Allison (1966) indica que las pérdidas de nitrógeno por volatilización del amonio, tienen en la actualidad mayor importancia que en el pasado, debido al aumento considerable en las dosis de fertilizantes nitrogenados, al uso de amonio anhidro o soluciones de amonio en lugar de sales de amonio, y a la preferencia de la úrea como fuente de nitrógeno.

Recientemente se ha encontrado que estas pérdidas por volatilización se pueden minimizar colocando los fertilizantes a profundidad o utilizando nuevas formas de urea (IRRI 1979, 1980).

Si en la capa oxidada está presente el ión amonio, éste se puede perder por volatilización en la forma de amoníaco o puede oxidarse a nitrato;los nitratos pueden ser tomados por la planta o descender hasta la zona reducida y quedar inmovilizados con la materia orgánica, o perderse por lixiviación o por escorrentía, especialmente en los suelos ligeros donde se aplica riego corrido o hay alta precipitación. Además en la capa reducida los nitratos se pueden perder por denitrificación.

FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA AL NITROGENO

Los factores que condicionan la respuesta del arroz a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados son : las condiciones edáficas, las condiciones climáticas, la variedad de arroz sembrada, el manejo del cultivo y el manejo del fertilizante.

Condiciones edáficas

Entre los factores del suelo que influyen en la eficiencia de aplicación de los fertilizantes nitrogenados se destacan : el contenido de materia orgánica; la capacidad de intercambio catiónico (CIC); el pH, el contenido de sales y la escasez o el exceso de algún otro nutrimento diferente al nitrógeno.

Al hacer la evaluación agroeconómica de la respuesta del arroz con riego a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio en el Alto Magdalena, Colombia, Ramírez (1979) concluyó que la respuesta inicial al nitrógeno era influenciada negativamente por la cantidad de materia orgánica en el suelo. En todos los casos, la respuesta inicial fue mayor para los niveles bajos de materia orgánica en el suelo, en comparación con los niveles medios y altos.

Al analizar los datos de 114 experimentos efectuados en 11 países asiáticos, Tejeda et al (1980), encontraron que la cantidad de materia orgánica tenía poca relación con la respuesta a la aplicación de varias formas de urea, cuando la altitud de la localidad era menor de 300 msnm, pero mostraba una alta correlación con todas las formas cuando la altitud era mayor.

Según Sánchez (1972), la CIC es la característica del suelo que más afecta la respuesta al nitrógeno; entre más alta sea la CIC, mayor será la capacidad del suelo para suministrar y retener el amonio .

El pH del suelo afecta la respuesta al nitrógeno aplicado, puesto que a medida que el pH aumenta, se incrementan las pérdidas de amonio por volatilización.

En los suelos salinos con cualquier dosis de nitrógeno, el rendimiento del arroz es menor que en suelos no salinos. En la Figura 3 se observa este efecto en las variedades de arroz IR 8 y Padma.

El contenido de otros nutrimentos en el suelo, tales como el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio, también afecta la respuesta al nitrógeno.

Es lógico suponer que la respuesta será mayor cuando las cantidades de los otros nutrimentos sean los óptimos.

En el CIAT (1971) se encontró oue en suelos con deficiencia de zinc, no hubo diferencia en rendimiento al aplicar nitrógeno, ya sea en la forma de úrea o de sulfato de amonio, pero los rendimientos fueron mayores al aplicar nitrógeno con las dosis más altas de zinc (120 kg/ha).

Cuando en el suelo hay exceso de algún nutrimento, como por ejemplo hierro, su toxicidad afecta el desarrollo de la planta y la respuesta a la aplicación de nitrógeno.

Condiciones climáticas

Hay dos maneras mediante las cuales los factores climáticos, tales como la temperatura, la radiación solar y la precipitación, influyen en el crecimiento, y con élla, en la absorción del nitrógeno y en el rendimiento del arroz. Por una parte, afectan directamente los procesos fisiológicos involucrados en la producción, como son el crecimiento vegetativo, la formación de los órganos de almacenamiento y el llenado de los granos. Además afectan directamente el rendimiento al favorecer la incidencia de enfermedades, insectos y malezas.

Radiación solar : Cuando se utiliza una variedad con un buen tipo de planta y el suministro de agua es adecuado, el cultivo debe recibir suficiente energía solar durante el período de reproducción para obtener respuesta al nitrógeno.

Investigaciones realizadas por De Datta et al (1968) indican que el aumento del contenido de materia seca desde la iniciación de la panícula hasta la cosecha, tiene alta correlación con la producción de grano (Figura 4); ésto depende especialmente de la tasa fotosintética durante este período, la cual a su vez depende de la cantidad de energía solar recibida.

En el IRRI, los Baños, Filipinas, la radiación solar varía marcadamente entre la estación seca y la lluviosa. De Datta y Zarate, (1970), encontraron una correlación positiva y altamente significativa entre los valores de la radiación solar total (45 días antes de la cosecha) y el rendimiento. Los valores de radiación solar reportados van de 10.000 a 20.000 Cal-g/cm2/45 días antes de la cosecha, los que equivalen a promedios diarios que van de 222 a 444 cal-g/cm2.

Jana y De Datta, (1971) al relacionar con la radiación solar el rendimiento de cuatro variedades, bajo condiciones de secano, encontraron que dos de ellas (IR8 e IR400-28-4-5) respondían al aumento de radiación durante la fase reproductiva, pero las otras dos Milfor-6(2) y Palawan no respondían.

En la costa norte del Perú la variedad IR8 dió rendimientos experimentales hasta de 9.5 ton/ha con 200 kg/ha de N y radiación solar de 490 calorías g/cm2/ /día, pero su rendimiento se redujo a 5.6 ton/ha cuando la radiación se redujo artificialmente al 57% cal-g/cm2 /día con

Figura 3.

Respuesta de dos variedades de arroz al nitrógeno en un suelo no salino y otro salino, en Delhi, India. (AICRIP, 1969, tomado de Sánchez, 1972).

Figura 4.

Relación entre el rendimiento y el incremento en materia seca desde la iniciación de la panícula hasta la madurez, IRRI, estación seca 1966 (De Datta, *et al.*, 1968).

igual cantidad de nitrógeno (Sánchez et al 1979), lo que demostró la influencia de la alta radiación solar en la respuesta al N en esta localidad.

En algunas localidades del trópico en América la cantidad de energía solar tiene poca variación entre una estación y otra. La diferencia en el rendimiento entre variedades en diferentes estaciones no se puede atribuir al efecto de la radiación solar dado que, como en el caso de Cuba (Lerch, 1974) la variación en la radiación solar es diferente a lo que sucede en las Filipinas.

En el Valle del Cauca en Colombia, donde la radiación solar es relativamente uniforme durante todo el año, se han logrado mayores rendimientos durante la época húmeda, García y Vargas, 1982, Tascón 1983, posiblemente debido al efecto de otros factores climáticos favorables, como temperaturas durante la noche.

Leihner, (1975) en los Llanos Orientales de Colombia bajo condiciones climatológicas similares a las de las Filipinas, corroboró experimentalmente que la producción de arroz de riego es mayor en la época lluviosa que en la época seca, debido posiblemente al efecto de condiciones edáficas adversas en esta última, especialmente durante las primeras etapas de crecimiento.

Temperatura : El efecto de la temperatura en la absorción de nutrimentos por las raíces, varía con la edad de la planta y la duración del período de alta o baja temperatura. La temperatura afecta tanto a la denitrificación como a la acumulación de amonio. A bajas temperaturas (menos de 15°C), la tasa de denitrificación es lenta, pero aumenta muy rápidamente cuando la temperatura sube a 45°C.

La amonificación se refleja en la concentración de NH_4^+ soluble en agua, la cual decrece cuando la temperatura baja de 45 a 15°C; a esta última temperatura se pueden observar síntomas de deficiencia de nitrógeno (Ponnamperuma 1976).

Las temperaturas bajas reducen la cantidad de nutrimentos tomados por las raíces de las plantas; sin embargo, el efecto de temperaturas bajas extremas en el rendimiento, se debe al daño directo por el frío y no por deficiencia de nitrógeno.

La fertilización nitrogenada tiene efectos sobre la esterilidad causada por la baja temperatura durante la mitosis. Cuando la temperatura está por encima o cerca de la temperatura crítica (20°C), el nitrógeno aplicado tiene poco efecto en la esterilidad. Sin embargo, a temperaturas moderadamente bajas (16°C), el porcentaje de esterilidad aumenta, al incrementar la cantidad de nitrógeno aplicado (Figura 5).

La respuesta al nitrógeno en condiciones limitantes de baja temperatura varía considerablemente con el ciclo vegetativo de la variedad y la época de siembra (Sánchez, 1972).

Variedad de arroz

Otro factor que afecta la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados es la variedad de arroz utilizada.

Contrario a la creencia popular, las variedades modernas de alta capacidad de rendimiento, no dependen enteramente de los fertilizantes nitrogenados para alcanzar producciones altas si crecen en suelos fértiles. Cuando reciben un buen manejo de cultivo (especialmente control de malezas y plagas), estas variedades generalmente producen más que las tradicionales, aún cuando no se les apliquen fertilizantes.

En Colombia, Martínez y Rosero (1978) compararon el comportamiento de la línea mejorada 4444 con la variedad tradicional Bluebonnet 50 y encontraron que la línea, además de responder a la aplicación de nitrógeno, también producía más que la variedad, sin la aplicación de este elemento (Figura 6).

La diferencia en la respuesta de una variedad enana (IR 8) y una tradicional de porte alto (Minabir 2) en condiciones de alta radiación solar en Lambayeque, Perú, se ilustra en la Figura 7 (Sánchez, 1972). A pesar de esta diferencia en rendimiento, no se encontró diferencia en la asimilación del nitrógeno, lo cual indica que pese a que asimilan el fertilizante aplicado, las variedades de porte alto no lo usan para la producción de grano, debido a factores fisiológicos limitativos como la baja de relación grano/paja.

El Programa de Arroz del CIAT está buscando entre las nuevas variedades, aquellas con potencial o habilidad para aprovechar eficientemente los nutrimentos aplicados, especialmente el nitrógeno.

Según Tanaka et al (1966), las características varietales con la respuesta al nitrógeno incluyen : las características foliares, la altura de la planta y la resistencia al volcamiento, la capacidad de macollamiento y la duración del ciclo de vida.

Características foliares. El índice de área foliar (IAF) es la relación entre el área foliar y una superficie de suelo dada. Es una función del número y tamaño de las hojas por unidad de superficie.

El IAF aumenta con el crecimiento debido a la formación continua de hojas nuevas, alcanza su máximo valor a la floración y luego decrece cuando mueren las inferiores, sin que se formen nuevas hojas.

Como se observa en la Figura 8, en las variedades modernas existe una correlación estrecha entre el rendimiento y el IAF en la floración. El rendimiento es una función estable del IAF, tanto en la estación seca como en la estación lluviosa.

Ahora bien, la causa del aumento del IAF no es igual en todas las variedades de arroz. En las variedades de alta respuesta al nitrógeno (ej.Tainan 3), el incremento del IAF se debe principalmente al aumento del

Figura 5. Efecto de la dósis de nitrógeno en el porcentaje de esterilidad atribuible a baja temperatura durante la mitosis (Sasaki *et al.*, 1973; tomado de Yoshida, 1981).

Figura 6. Diferencia en la respuesta de una línea mejorada y una variedad tradicional a la aplicación de N (Martínez y Rosero, 1978).

Figura 7. Efecto de la dósis de nitrógeno en la asimilación de N y el rendimiento de una variedad de arroz de porte alto (Minabir 2) y otra enana (IR 8) en Lambayeque, Perú (Sánchez, 1972).

Figura 8. Relación entre el rendimiento de IR 8 y CICA 4 y el IAF a la floración tanto en la estación lluviosa como seca en los Llanos Orientales de Colombia (Leihner, 1975).

número de tallos, lo cual a su vez aumenta el número de hojas. Por otra parte, en las variedades de baja respuesta al nitrógeno como Peta, el incremento del IAF se debe al aumento en tamaño de las hojas, especialmente en su longitud, lo cual ocasiona sombrío mutuo y hace que la planta pierda su capacidad para producir suficiente materia seca después de la floracion y, por ende, que el rendimiento de grano sea bajo.

Otras características muy importantes de las hojas de las cuales depende el esparcimiento foliar incluyen su ángulo de inclinación con respecto al tallo y la curvatura que forma al expandirse.

Todas estas características, más el número de hijos/m^2 el número de hojas por hijo, el tamaño de la hoja y el esparcimiento foliar, afectan al IAF, lo cual a su vez, altera el coeficiente de extinción de luz. A niveles altos de nitrógeno el IAF tiende a ser mayor, el sombrío mutuo entre las hojas aumenta y el coeficiente de extinción de luz decrece; de esta manera, las hojas que permanecen en la sombra pierden su capacidad de fotosíntesis. Las variedades con un crecimiento muy vigoroso en la fase vegetativa y con niveles altos de nitrógeno, tienden a producir un área foliar excesiva, pierden su capacidad para producir materia seca después de la floración, debido al sombrío mutuo de sus hojas y producen bajo rendimiento de grano (Tanaka et al 1964).

Altura de la planta y resistencia al volcamiento. La altura de la planta es otra característica varietal que influye en la respuesta del arroz a la aplicación de nitrógeno.

Estudios efectuados en el IRRI indican que existe una estrecha correlación entre la altura de la planta y la relación entre el peso de los granos y el peso total de la planta (Figura 9) (Tanaka et al, 1966). Las variedades altas tienen un bajo índice de cosecha y cuando se aplica nitrógeno, aumenta la altura y decrece esta relación.

Las variedades enanas y semienanas, responden positivamente en rendimiento de grano a la fertilización nitrogenada, en tanto que las variedades altas responden negativamente a pesar de que su altura aumenta (Figuras 10 y 11) (Tanaka, et al. 1966; Sánchez 1972). La respiracion de los entrenudos alargados, especialmente los de la base de los tallos, es la razón principal de la baja eficiencia en la producción de materia seca después de la floración (Tanaka et al, 1966).

La elongación excesiva de los entrenudos hace que las plantas sean más susceptibles al volcamiento. El volcamiento interfiere en la transmisión de la luz, la fotosíntesis y la translocación de nutrimentos, causa esterilidad y baja respuesta al nitrógeno, y reduce el rendimiento.

Capacidad de macollamiento. Otra característica varietal asociada con la respuesta al nitrógeno y el rendimiento, es la capacidad de macollamiento.

El número de panículas por unidad de superficie es uno de los componentes del rendimiento y depende del número de hijos efectivos al momento de la floración.

Figura 9. Relación entre la altura de la planta y proporción del peso del grano a peso total en variedades que tienen una duración de crecimiento similar (cerca de 90 días), IRRI, estación lluviosa, (Tanaka *et al.*, 1966).

Figura 10. Relación entre la altura de la planta con y sin aplicación de nitrógeno (100 kg/ha) a 30 x 30 cm, IRRI 1963 estación húmeda (Tanaka, *et al.*, 1966).

Las variedades con baja respuesta al nitrógeno tienen mucha competencia por luz en el macollamieno durante la fase vegetativa, lo cual reduce el número de tallos efectivos, en tanto que las variedades de alta respuesta, tienen menos competencia por luz en los primeros estados de crecimiento y el número de panículas aumenta al incrementar la dosis de nitrógeno (Tanaka et al,1966).

Tanaka et al, (1964) comparando una variedad alta y una enana encontraron que en las variedades Tainam 3 y Peta, transplantadas a 30 x 30 cm., el número de hijos por sitio aumenta con la aplicación de nitrógeno (0 y 120 kg/ha) durante su crecimiento, alcanza un máximo y luego decrece; con la variedad Peta alcanza el máximo número de hijos en las primeras etapas de crecimiento y luego disminuye hasta llegar a un número igual al obtenido cuando no se aplicó nitrógeno e inferior al número alcanzado por la variedad Tainam 3, con igual dosis (Figura 12). La relación entre el número de hijos y el porcentaje de hijos efectivos es inversa. P.e: la variedad Tainam 3, que alcanza entre 100 y 250 hijos/m2, presenta un mayor porcentaje de hijos efectivos que la variedad Peta que produce hasta 500 hijos/m2.

Las variedades que poseen hijos erectos o intermedios, o sean aquellos que forman ángulos menores de 60° con la perpendicular, también presentan una mejor distribución de luz y un mayor número de hijos efectivos.

Lo anterior indica que, cuando se aplican altas dosis de nitrógeno, las variedades con baja capacidad de macollamiento, se deben sembrar en densidades altas y las de alta capacidad en densidades medias a bajas.

Duración del ciclo de vida. Resultados de varios experimentos realizados en el IRRI (Tanaka et al 1966), con muchas variedades, demuestran que la duración del ciclo vegetativo no solo afecta el rendimiento de grano, sino también varias de las características asociadas con el rendimiento, tales como: el peso de la planta, la relacion grano/paja, la respuesta al nitrógeno, la altura de la planta, el IAF, la tasa fotosintética y la respiración. En los trópicos se considera que el ciclo de vida óptimo es de 120-140 días.

Las variedades modernas que tardan 85-90 días hasta la floración, por lo general dan mayor rendimiento de grano cuando se aplican altas dosis de nitrógeno, en tanto que las variedades que tardan 140 días o más, requieren dosis menores para dar su rendimiento más alto.

Cuando se aplica nitrógeno, principalmente en variedades tempranas, el peso de la planta a la cosecha aumenta. Sin embargo, sin aplicación de nitrógeno, el peso de la planta al momento de la cosecha, tiende a ser mayor entre más largo sea el ciclo de la variedad.

La relación grano/paja y el índice de cosecha, decrecen a medida que aumentan los días hasta la floración. Esta correlación se acentúa aún más al aplicar nitrógeno (Figura 13).

Figura 11. **Influencia del nitrógeno en la altura de dos variedades de arroz en Lambayeque, Perú. (Sánchez, 1972).**

Figura 12. **Número de hijos por sitio y nitrógeno absorbido por planta durante las etapas de desarrollo con 0 y 120 kg/ha de N; IRRI, estación lluviosa 1962. Tanaka, *et al*, 1964).**

Figura 13. **Relación entre la duración del crecimiento y la proporción del grano y el peso total de la planta (Tanaka, *et al.*, 1966).**

Figura 14. **Efectos de la inundación.**

Manejo del cultivo

Bajo condiciones del campo existen razones por las cuales las plantas no alcanzan la máxima eficiencia cuando se les aplica nitrógeno :

1. El fertilizante puede ser tomado por el cultivo, pero no ser utilizado en la producción de grano, debido a la incidencia de factores que limitan el crecimiento, tales como la poca disponibilidad de agua, luz o la falta de otro nutrimento diferente al nitrógeno.
   Las prácticas de manejo del cultivo que modifican la respuesta al nitrógeno, incluyen : el sistema de cultivo, la densidad de siembra y el control de malezas, plagas y enfermedades.

2. El fertilizante no puede ser tomado por las plantas si se aplica en forma inadecuada, a destiempo, o si las condiciones del suelo lo hacen no asimilable temporalmente.

Sistema de cultivo. El sistema de cultivo, secano o riego, es uno de los factores que más afecta la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados. El mayor efecto de la inundación, es impedir la difusión del oxígeno, creando condiciones en las cuales el nitrógeno sufre algunos cambios que benefician al arroz.

El Cuadro 1 muestra la forma como diferentes condiciones de manejo del agua afectan la respuesta al nitrógeno como rendimiento. Con un suministro adecuado de agua, el rendimiento aumenta con el incremento en nitrógeno, mientras que en secano, los rendimientos son extremadamente bajos, ya que la mayor parte del nitrógeno aplicado no puede ser aprovechado.

Dos prácticas inherentes al cultivo de arroz con riego son: la preparación del suelo bajo inundación y el manejo del agua.

Varios autores (Pande y Singh, 1969; Sánchez 1973a; De Datta y Kerim, 1974; IRRI 1975; Singh et al 1977) han determinado los efectos benéficos del "fangueo" en la nutrición del arroz. El principal efecto benéfico de la preparación del suelo en el sistema de inundación, es la disminución del movimiento de agua a través del suelo, lo cual puede aumentar significativamente la eficiencia del nitrógeno aplicado debido a menores pérdidas por lixiviación (Sánchez, 1973a).

Además de reducir la permeabilidad del suelo como resultado de la dispersión de las partículas, el "fangueo" promueve la mineralización del nitrógeno del suelo e incrementa el potencial del nitrógeno que puede suministrar (Dei y Yamasaki,1979).

Cuadro 1. Rendimiento en ton/ha de la variedad PI 215935 en diferentes sistemas de cultivo y niveles de nitrógeno. IRRI, estación seca 1965[1]

Nivel de N Kg/Ha	Sistemas de cultivo			
	Suelo Inundado	Suelo Saturado	Secano favorecido	Secano no favorecido
0	3.0	3.0	1.3	0.7
60	4.8	4.1	4.1	1.0
120	7.2	6.8	6.0	0.6

1 Adaptado de Wu, 1966

De Datta y Kerim (1974) indican que con, o sin, aplicación de nitrógeno, se obtiene mejores rendimientos en suelos fangueados que en suelos no fangueados. En el Cuadro 2 se comparan dos métodos de preparación de tierra, dos niveles de nitrógeno y tres métodos de siembra; los mejores rendimientos se obtuvieron con 75 kg/ha de N en suelos fangueados con transplante y con siembra directa al voleo, y los menores rendimientos con 0 o 75 kg/ha de nitrógeno, cuando no se fangueó y se sembró en hileras sin inundar.

Cuadro 2. Efectos del método de siembra y de la preparación del suelo en la respuesta al nitrógeno[1]

Métodos de siembra y cultivo	Preparacion del suelo	Rendimiento, ton/ha 0 kg N/ha	75 kg N/ha
Transplante no inundado	Fangueo	3.0	4.0
Al voleo " "	Fangueo	3.5	4.1
En hileras " "	No fangueo	2.2	2.8
Transplante lámina 5 cm	Fangueo	-	4.6
En hileras " "	No fangueo	-	3.4

1 De Datta y Kerim, 1974

En la Figura 14 se observa el efecto de la inundación constante en el estado y la cantidad de nitrógeno presente en el suelo. En condiciones de inundación, el ión amonio se acumula en el suelo, en tanto que los nitratos desaparecen en menos de tres semanas; en condiciones de inundación intermitente la cantidad de amonio disminuye, en tanto que la de nitratos fluctúa con los ciclos y luego se mantiene constante. La inundación intermitente incrementa las pérdidas de nitrógeno por denitrificación y pueden ocurrir deficiencias, en suelos que se hayan mantenido bajo esas condiciones, antes del establecimiento del cultivo de arroz.

En el Cuadro 3 se muestra el efecto de inundar inmediatamente después de aplicar la úrea o esperar hasta 9 días para hacerlo. Los datos indican que la demora en inundar resulta en pérdidas de nitrógeno y que los rendimientos más altos se obtienen inundando, tan pronto como sea posible, después de la aplicación del nitrógeno. En otros ensayos, la aplicación en agua ha mostrado ser preferible a la demora prolongada de inundar, después de fertilizar con nitrógeno.

Cuadro 3. Efecto sobre el rendimiento (ton/ha) del manejo del agua al momento de aplicar urea[1]

Tratamiento	Localidad		
	Ciat	Ciat	Nataima
lote inundado	-	-	7.1
Riego inmediatamente	7.3	6.9	8.0
Riego a las 24 horas	-	-	7.6
Riego a las 48 horas	-	-	7.7
Riego a las 72 horas	6.7	6.2	7.7
Riego a los 6 días	6.2	6.0	-
Riego a los 9 días	5.9	5.4	-
Testigo	-	5.8	-

1. Ciat 1971, 1972; Celis, 1974

Densidad de siembra. La fertilización nitrogenada aumenta el número de hijos (Tanaka et al 1964; Tanaka et al 1966; Fagade y De Datta, 1971) influyendo así en el efecto de la densidad. Según Nguu y De Datta (1979), cuando no se aplica nitrógeno, el rendimiento aumenta linealmente con el incremento en la densidad debido a que las mayores densidades compensan el

efecto adverso del poco macollamiento. La aplicación de nitrógeno estimula el macollamiento y, por lo tanto, el rendimiento obtenido es mayor que sin aplicación; a medida que aumenta la densidad y el nivel del nitrógeno aplicado, el rendimiento asciende hasta alcanzar un máximo (Figura 15).

En el Cuadro 4 se observa la respuesta en rendimiento de cuatro variedades, a dos niveles de fertilización con nitrógeno y dos distancias de siembra en transplante. Con bajos niveles de nitrógeno hay pocas diferencias entre variedades, pero si entre distancias de siembra, especialmente con las variedades Naylamp y Chiclayo. Con altos niveles de nitrógeno y las mismas densidades de población, las diferencias entre variedades y distancias son más notorias (Sánchez, 1972).

Cuadro 4. Efecto de las distancias de trasplante y la fertilización con nitrógeno, sobre los rendimientos (ton/ha) de algunas variedades de arroz en Lambayeque, Perú[1]

Variedad	Tipo de plantas	Habilidad para macollar	Nitrógeno, kg/ha			
			Dosis: 80		320	
			Distancia: 25 cm	50 cm	25 cm	50 cm
			(Rendimiento, ton/ha)			
IR-8	Enana	Alta	7.8	6.7	11.1	8.6
Naylamp	Enana	Alta	8.0	5.8	10.5	8.0
Minabir	Alta	Alta	8.2	7.3	8.4	7.9
Chiclayo	Alta	Baja	7.5	5.2	7.7	6.7

1. Sánchez, 1972

En Ciat (1981) se observó que las variedades CICA 4, CICA 8 e IR 22 produjeron los mayores rendimientos al transplantarlas a 20 x 20 cm que a distancias más amplias con dosis de 0 y 150 kg/ha de N.

Control de malezas, plagas y enfermedades. En el CIAT (1974) se diseñó un experimento para determinar las pérdidas en rendimiento por la competencia de las malezas y el daño causado por insectos, en ausencia y presencia de nitrógeno. Los resultados indican que sin un control eficiente de las malezas, la fertilización con nitrógeno reduce los rendimientos y que el control de malezas e insectos, sin la aplicación de nitrógeno, produce solo pequeños aumentos en el rendimiento (Cuadro 5).

En experimentos realizados en el IRRI (1975), se encontró que sin control de malezas, la aplicación de nitrógeno solo aumentó el rendimiento en 0.5 ton/ha, en tanto que sin fertilizantes y con control de malezas, el

Figura 15. Efecto de la dósis de nitrógeno aplicado y la densidad en la respuesta en rendimiento de IR 36, IRRI, estación lluviosa 1977. (Nguu y De Datta, 1979).

rendimiento aumentó hasta 1.5 ton/ha. Estos datos enfatizan la interacción entre la respuesta a los fertilizantes y las buenas prácticas de cultivo.

Cuadro 5. Efecto del control de malezas e insectos y de la aplicación de nitrógeno (100 kg/ha) en los rendimientos de arroz[1]

Práctica cultural	Rendimiento ton/ha	Diferencia con el testigo,kg	
testigo	3.3	-	-
Nitrógeno	2.9	-	377
Control de malezas	3.8	+	520
Control de insectos	3.6	+	234
N + Control de malezas	4.6	+	1269
N + Control de insectos	4.3	+	977
Control de malezas e insectos	3.4	+	118
N + Control de malezas e insectos	5.1	+	1770

1. Ciat, 1974

El ataque de enfermedades también influye en la respuesta al nitrógeno En regiones donde hay alta incidencia de Pyricularia oryzae, como en los Llanos Orientales de Colombia se ha demostrado que hay una relación estrecha entre la infección por el hongo y la dosis de nitrógeno (Figura 16) Vargas,1975; Sánchez y Owen, 1984.

En condiciones de riego, un aumento en la dosis de nitrógeno no aumenta considerablemente la severidad de piricularia en el cuello de la panícula pero si los rendimientos, en tanto que en condiciones de secano, un aumento en la dosis de nitrógeno aumenta la severidad de la enfermedad y disminuye los rendimientos (CIAT, 1981).

Con un alto nivel de infección, el rendimiento de variedades que responden a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, se reduce cuando se usan altas dosis de nitrógeno; esta reducción se acentúa aún más cuando se siembran variedades susceptibles al hongo en cultivos de secano o cuando se usa sulfato de amonio como fuente de nitrógeno.

Otras enfermedades, cuya infección tiene relación con la fertilización nitrogenada, incluyen la helminstosporiosis (Cochliobolus miyabeanus), el escaldado del arroz (Rhynchosporium oryzae) y la pudrición del tallo (Sclerotium oryzae)

Figura 16. Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento e incidencia de Pyricularia en CICA 6 con riego, en la Libertad, Llanos Orientales, Colombia, 1974. (Vargas, 1975).

Manejo del fertilizante

Fuentes de nitrógeno. Un resumen de De Datta y Magnaye (1969) y una serie de experimentos de campo con N15 conducidos por la Agencia Internacional de Energía Atómica en 15 países (IAEA,1970) y posteriormente en otros 9 países (IAEA,1978), confirman que no hay diferencia significativa entre el sulfato de amonio y la úrea, y que la eficiencia de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo y del método de aplicación.

El amoníaco anhidro presenta agronómicamente igual efectividad que el sulfato de amonio, pero para su aplicación se requiere de equipo y condiciones de suelo especiales.

Las fuentes de nitratos no son satisfactorias cuando se aplican al momento de la siembra, pero se pueden utilizar en aplicaciones posteriores cuando el sistema radical, cercano a la superficie del suelo, está bien desarrollado (Wahhab y Bhatti, 1957; De Datta y Magnaye, 1969).

La úrea es la principal fuente de nitrógeno para el cultivo del arroz. Los problemas del uso de la úrea incluyen su higroscopicidad, su rápida descomposición por la encima ureasa a amonio y dióxido de carbono, y el incremento temporal que produce en el pH del suelo. Las pérdidas de nitrógeno de la úrea oscilan entre el 40 y 80%.

Recientemente se han desarrollado algunas formas de úrea que se pueden clasificar como : granulares y de lenta liberación. La úrea de lenta liberación es de dos clases :

- Compuestos químicos con tasas lentas de disolución per se, y

- Fertilizantes convencionales revestidos para reducir su tasa de disolución.

Las características de estos materiales aparecen en el Cuadro 6. Los gránulos de mayor tamaño facilitan su colocación en la capa reducida del suelo y los de lenta liberación proporcionan a las plantas el nitrógeno en la cantidad que requieren en cada etapa de crecimiento.

Los compuestos químicos de lenta liberación que se han ensayado como fertilizantes nitrogenados incluyen: úrea formaldehído, isobutilidina diurea (IBDU), guanylurea, triazinas y úrea monofosfato (Prasad et al, 1971).

Cuadro 6. Características de algunas formas de Úrea

Ureas	Diámetro promedio de la partícula, mm	Nitrógeno %	Solubilidad en agua, g/100 ml
Corriente	1.0 - 2.4	46	108 a 20°C
Supergránulos(1.0g)	11.4	46	108 a 20°C
Urea granulada	1.25 - 3.33	46	108 a 20°C
Urea revestida con azufre	4.0 - 5.7	*	-
Úrea formaldehido	- -	38	trazas
Diurea isobutilidina	- -	32.2	0.01 - 01

* variable

La úrea revestida con azufre se ha evaluado ampliamente (IRRI, 1975, 1979, 1980; Parish et al, 1980) y ha dado rendimientos más altos o ha mostrado algunas ventajas en comparación con la úrea corriente, aplicada en forma dividida (Arregocés, 1981).

Los fijadores biológicos son otra fuente de nitrógeno. Actualmente se investiga en el CIAT (CIAT, 1981) la forma más eficiente de multiplicar el helecho acuático Azolla que vive en simbiosos con el alga Anabaena azollae Straus (Nostocaceae). Hasta el momento se ha comprobado que el helecho se desarrolla mejor en suelos alcalinos o neutros que en suelos ácidos y que la adición de nitrógeno es contraproducente para su desarrollo.

Otra manera de adicionar nitrógeno al suelo es incorporando materia orgánica. Experimentos realizados en invernadero por Yoshida y Padre (1975), indican que la adición de materia orgánica al suelo aumenta la cantidad de nitrógeno inmovilizado y la magnitud depende de la relación C/N del material añadido.

Según Nirajan y Mikkelsen (1976), la inmovilización temporal del nitrógeno es la causa principal de la inhibición del crecimiento de las plantas cuando se transplantan a suelos inundados, a los cuales se le han incorporado recientemente los residuos de la cosecha.

Epoca de aplicación. El objetivo principal de un buen manejo del fertilizante nitrogenado es proporcionarle el nitrógeno a la planta cuando ella lo necesita. Esto se puede lograr :

a. Aplicando fertilizantes de rápida liberación en varias etapas del crecimiento de la planta, o

b. Aplicando a la siembra materiales que liberen la cantidad de nitrógeno requerida, en cada etapa de crecimiento.

El arroz necesita asimilar nitrógeno durante todo su período vegetativo, pero existen dos etapas de mayor exigencia: durante el macollamiento y al inicio de la formación de la panícula.

Al momento de la floración, el nitrógeno tomado por la planta se encuentra almacenado en las láminas y vainas de las hojas; en este momento se inicia su translocación, de tal manera que cerca de la mitad del nitrógeno almacenado va a los granos. La otra mitad del nitrógeno contenido en los granos, es absorbida por la planta durante la formación de ellos.

La época de aplicación depende de la variedad y de la fuente de nitrógeno utilizada. En el CIAT en 1972, se encontró que para la variedad CICA 4 (120-130 días de ciclo vegetativo), una aplicación de úrea a razón de 100/kg ha de N a los 25 días produjo un rendimiento superior al que se obtuvo cuando se incorporó al suelo inmediatamente antes de la siembra (Figura 17). Celis et al (1974) observaron resultados similares con la misma variedad en El Espinal, Colombia.

En una serie de experimentos, la IAEA (1978) encontró que el nitrógeno aplicado al momento de la siembra es utilizado con una eficiencia de aproximadamente un 12% y al momento de la iniciación de la panícula, de un 34%. La eficiencia promedio de dos aplicaciones fue del 23%. En general, la recuperación del nitrógeno aplicado después de la siembra es usualmente alta por varias razones :

1. Es mayor la denitrificación e inmovilización del nitrógeno aplicado en etapas tempranas, en comparación con el aplicado en etapas tardías, por falta de capacidad de la planta para aprovecharla.

2. El sistema radical ya desarrollado toma rápidamente el nitrógeno aplicado.

3. Una parte del nitrógeno absorbido en las etapas tempranas se pierde en las hojas que caen.

En el Cuadro 7 se observa que, con la variedad CICA 8, la aplicación dividida de las formas de úrea granular y corriente, produce el mismo efecto que una sola aplicación a la siembra de la úrea revestida con azufre y que la aplicación basal de las otras formas no tiene ninguna ventaja (Arregocés, 1981).

Método de aplicacion. La eficiencia del nitrógeno aplicado puede mejorar considerablemente si el fertilizante se coloca en la capa reducida del suelo y no sobre la superficie.

La fuente de nitrógeno y su forma de aplicación ayudan a disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización (Figura 18). La incorporación al suelo de sulfato de amonio o úrea, puede disminuir las pérdidas de nitrógeno en comparación con la aplicación al voleo sobre la superficie. Las aplicaciones de nitrato de potasio o diurea isobutilidina disminuyen las pérdidas en un 8%.

Figura 17. **Efecto de las épocas de aplicación de nitrógeno en el rendimiento de la variedad CICA 4 (CIAT, 1972).**

Figura 18.
Pérdida por votalización de 100 kg/ha de N (de varias fuentes) aplicadas al voleo sobre la superficie e incorporadas antes del transplante. IRRI, estación húmeda 1973. (Adaptado de De Datta, *et al* 1974)

Los fertilizantes nitrogenados aplicados antes de la siembra, se deben incorporar durante la preparación del suelo y éste se debe conservar húmedo. Algunas nuevas formas de urea (supergrânulos, briquetas, etc.) producen mayores rendimientos cuando se colocan a profundidad (IRRI, 1979), pero esta técnica requiere de mayor cantidad de mano de obra. En suelos con una tasa de percolación mayor que 5 mm/día, no se recomienda esta práctica puesto que el nitrógeno se pierde por lixiviacion (Vleck et al, 1980).

Cuadro 7. Efecto de la época de aplicación de tres formas de nitrógeno, en el rendimiento y eficiencia del nitrógeno (100 kg/ha) aplicado a la variedad CICA 8 en el Valle del Cauca, Colombia *

Tratamiento	Rendimiento ton/ha	(Kg de arroz/Kg de N) Eficiencia
Urea revestida con azufre, 1-2	9.7 A**	44.0
Urea granular, 1-2	8.6 A B	33.0
Urea 1-2	8.3 B C	29.8
Urea revestida con azufre, 3	8.1 B C	28.6
Urea, 1-1-1	8.0 C	27.4
Urea, 2-1	7.4 C	21.0
Urea granular, 2-1	7.3 C	20.4
Urea revestida con azufre, 2-1	7.3 C	20.4
Urea, 3	5.8 D	4.8
Urea granular, 3	5.5 D	1.9
Sin nitrógeno	5.3 D	-

** Letras iguales no son estadísticamente diferentes 21.5%

1-1-1 = 1/3 a la siembra, 1/2 al macollamiento y 1/3 a la iniciacion de panícula

1-2 = 1/3 a la siembra, 2/3 a la iniciación de la panícula

2-1 = 2/3 a la siembra, 1/3 a la iniciación de la panícula

3 = todo el N aplicado al momento de la siembra

* Arregocês, 1981

Los estudios de la IAEA (1970) con el N15 han proporcionado información adicional. Los beneficios de la incorporación del fertilizante a 5 cm no se observaron en suelos en condiciones aeróbicas con pH 4.7 y 8.1. Esto se le ha atribuído al hecho de que la nitrificación de fuentes amoniacales a la capa superficial cuyo pH original no cambia, es mínima en estos extremos de pH, eliminando las ventajas de la incorporación de estas formas.

Otra forma de aplicación del nitrógeno es la foliar, pero ésta no compite con la aplicación al suelo debido a los requerimientos altos del elemento en períodos definidos de la planta. En el IRRI se ensayó la aplicación foliar de úrea dividida pero los resultados no fueron tan favorables como las adiciones al suelo (De Datta et al, 1974)

DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE NITROGENO QUE SE DEBE APLICAR

El nitrógeno es el insumo que mayor relación tiene con el rendimiento y con otras prácticas del cultivo. El hecho de que la respuesta de las plantas a la aplicación de fertilizantes nitrogenados dependa de tantos factores y de que aún no se han determinado las condiciones del suelo que permitan predecir una respuesta, ha llevado a los investigadores a recomendar que las dosis de nitrógeno se establezcan con base en experimentos de campo que combinen los factores variedad-nitrógeno-densidad en cada una de las regiones y durante las diferentes épocas de siembra de cada localidad.

Para obtener de estos experimentos las dosis de nitrógeno, que se deben recomendar, las pruebas se deben planificar, ejecutar y evaluar teniendo en cuenta los siguientes aspectos :

1 La planeación debe ser responsabilidad de especialistas en agronomía, estadística y economía agrícola.

2. Se deben hacer evaluaciones cuantitativas de todas las variables bajo control y fuera de control experimental, que se asuma pueden influir en el rendimiento o en cualquier otra variable dependiente en estudio.

3. Los diseños experimentales deberán caracterizar las superficies de respuesta con campos de exploración adecuados y amplios rangos para las variables en estudio, a fin de poder extrapolar los resultados a áreas similares y permitir el cálculo de los niveles óptimos con base en la precisión de los diseños empleados.

4. La selección apropiada de los sitios y el número de ellos donde se van a realizar los experimentos, permitirá cubrir los diferentes rangos de las variables no controladas.

Con el fin de mantener el equilibrio de los nutrimentos en la planta y en el suelo, se recomienda la aplicación equilibrada de nitrógeno, fósforo y potasio y la corrección de algún otro limitante para lograr la máxima eficiencia del nitrógeno.

Para la interpretación de los resultados de los experimentos, además del análisis estadístico, se deben tener en cuenta los demás factores biológicos y hacer consideraciones sobre la economía de la producción, aplicada al uso de fertilizantes.

BIBLIOGRAFIA

Allison, F.E. 1966. The fate of nitrogen applied to soils. Advances in Agronomy 18: 219-258.

Arregocés, O. 1981. Evaluación de la eficiencia agronómica de cuatro formas de úrea en el cultivo de arroz. Cali, Colombia. CIAT. Seminarios internos. Serie 5E-11-81.10p.

Broadbent, F.E. 1979. Mineralization of organic nitrogen in paddy soils.In Nitrogen and rice. Los Baños, Laguna, Philippines, International Rice Research Institute. pp. 105-118.

Celis, A. 1974. Influencia del manejo del agua de riego en relación a la aplicación de nitrógeno y producción de arroz. In Instituto Colombiano Agropecuario- Programa Nacional de Arroz. Informe Anual. Bogotá 1973 a 1974. pp. 182-185.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1971. Sistemas de Producción de Arroz. Informe Anual 1970. Cali, Colombia, pp. 45-72.

_____.1972. Sistemas de Producción de Arroz. Informe Anual 1971. Cali, Colombia, pp. 140-180

_____.1974. Sistemas de Producción de Arroz. Informe Anual 1973. Cali, Colombia. pp. 209-218

_____.1981. Rice Program 1980. Annual Report. Cali, Colombia, 39 p.

Celis, A.; Ottavo, Y; Ortega, H. 1974. Niveles y épocas de aplicación de nitrógeno. In Reunión Anual del Programa Nacional de Arroz, 6o., Villavicencio 1974. Trabajos presentados. Villavicencio, Instituto Colombiano Agropecuario. pp. 109-114.

Craswell, E. T.; Vlek, P.L.G. 1979. Fate of fertilizer nitrogen applied to wetland rice. In Nitrogen and rice. Los Baños, Laguna, Philippines, International Rice Research Institute, pp. 175-192.

De Datta, S.K.,Tauro, A.C. y Balaoing, S.N. 1968. Effect of plant type and nitrogen level on the growth characteristics and grain yield of indica rice in the tropics. Agron. 60(6): 643-647.

De Datta, S.K.; Magnaye, C.P. 1969. A survey of the forms and sources of fertilizer nitrogen for flooded rice. Soils and Fertilizer 32 (2):103-109.

De Datta, S.K.; Zarate, P.M. 1970. Environmental conditions affecting the growth characteristic, nitrogen response and grain yield of tropical rice. Biometeorology 4 (1): 71-78.

De Datta, S.K.; Saladaga, F.A.; Obcemea, W.N.; Yoshida, T. 1974. Increasing efficiency of fertilizer nitrogen in flooded tropical rice. In FAI-FAO Seminar on Optimising Agricultural Production Under Limited Availability of Fertilizers, New Delhi. 1974. Proceeding. pp. 265-288.

De Datta, S.K.; Kerim, M.S.A.A.A. 1974. Water and nitrogen economy of rainfed rice as affected by soil puddling. Soil Sc. Soc. of Am. Proc. 38 (3): 515-518.

Dei, Y.; Yamasaki, S. 1979. Effect of water and crop management on the nitrogen-supplying capacity of paddy soils. In Nitrogen and rice. Los Baños, Philippines. International Rice Research Institute. pp. 451-463

Doyle, J.J. 1966. The response of rice to fertilizer. Roma. FAO Agricultural Studies No.70. 69p.

Fagade, S.O.; De Datta, S.K. 1971. Leaf area index, tillering capacity, and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. Agron. 63 (3): 503-506.

Guerrero, R. 1979. Algunos aspectos sobre el balance nitrógeno en suelos tropicales. 2. Pérdidas. Suelos Ecuatoriales 10(1):63-68.

International Atomic Energy Agency. 1970. Rice Fertilization Vienna, Austria.Tech. Reports Series No. 108. 174 p.

International Atomic Energy Agency. 1978. Isotope studies on rice fertilization, Vienna. Austria. Tech. Reports Series No. 181. 60p.

International Rice Research Institute. 1975. In Soil and crop management. Annual Report, 1974. Los Baños, Philippines. pp. 155-178.

_____.1979. In Soil and crop management. Annual Report 1978. Los Baños Philippines, pp. 231-270.

_____.1980. Soil and crop management. In Annual Report, 1979. Los Baños, Philippines. pp. 253-294.

Kai, H.; Wada, K. 1979. Chemical and biological inmobilization of nitrogen in paddy soils. In Nitrogen and rice. Los Baños, Laguna, Philippines, International Rice Research Institute. pp. 157-174

Leihner, D. 1975. Influences of planting seasons on growth, development and yield performance of the rice plant (Oryza sativa L.) in the Llanos Orientales of Colombia, South America. Tesis Ph.D. Liebig, Alemania, Universidad Justus. 163 p.

Maeda, K.; Shiga, H. 1978. Relationship between mineralization and inmobilization of nitrogen influenced by various conditions of submerged soils. Soil Sc. Plant Nutr. 24(4): 515-524.

Martínez, C.P.; Rosero, M.J.1978. CICA 8. ICA Informe 12(1): 3-10.

Murayama, N. 1975. Productive Efficiency of Fertilizers in Recent Rice Cultural in Japan. JARQ 9 (2): 79-83

Nguu, N.V.; De Datta, S.K. 1979. Increasing efficiency of fertilizer nitrogen in wetland rice by manipulation of plant density and plant geometry. Field Crops Research 2(1): 19-34

Niranjan Rao, D.; Mikkelsen, D.S. 1976. Effect of rice straw incorporation on rice plant growth and nutrition. Agron. J. 68: 752-755

Pande, H.K.; Singhi, P. 1969. Effects of moisture and nitrogen on growth, yield and mineral content of Rice. Expl. Agric. 5(2): 125-132.

Parish, D.H.; Hammond, L.L.; Craswell, E.T. 1980. Research on modified fertilizer materials for use in developing country agriculture. Muscle Shoals, Alabama. IFDC Paper Series. 24 p.

Ponnamperuma, F.N. 1964. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant. In Symposium on the Mineral Nutrition of the Rice Plant. Los Baños, Philippines, 1964. Proceedings. Los Baños, IRRI. pp. 295-328

_____.1976. Temperature and the chemical kinetics of flooded soils. In Symposium on Climate and Rice Proceedings. Los Baños, Laguna, Philippines IRRI. pp. 249-263.

Prasad, R.; Rajale, G.B.; Lakhdive, B.A. 1971. Nitrification retarders and slow-release nitrogen fertilizer. Advances in Agronomy 23: 336-387.

Ramírez, S.A. 1979. Evaluación agroeconómica de la respuesta del arroz (Oriza Sativa) bajo riego a la aplicación de fertilizantes N, P_2O y K_2O en el Alto Magdalena. Bogotá Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Documento de trabajo código 00-6-072-79.157 p.

Sánchez, L.F.; Owen, E.J.1974. Algunos aspectos sobre fertilización del arroz de riego en el Meta. In Reunión Anual del Programa Nacional de Arroz, 6o., Villavicencio, 1974. Trabajos presentados. Villavicencio, Instituto Colombiano Agropecuario, pp. 133-151.

Sánchez, P. A. 1972. Fertilización y manejo del nitrógeno en el cultivo del arroz tropical. Suelos ecuatoriales 4(1): 197-240.

_____.1973 a. Puddling tropical rice soils. 1. Growth and nutritional aspects. Soil Sc. 115: 149-158.

Sánchez. P.A.; Ramirez, G.E.; Pérez, V. C. 1979. Influencia de la radiacion solar sobre la respuesta varietal del arroz al nitrogeno en la costa del Perú. In Boernemisza. E. y Alvarado, A., eds. Manejo de suelos en la América Tropical. Raleigh, North Carolina State University. pp. 253-264.

Singh, N.T.; Josan, A.S.; Gupta, J.P. 1977. Complementary effect of soil puddling, submergence and organic mater on rice production. Agron. J. 69 (5):882-884.

Tanaka, A.; Navasero, S.A.; Garcia, C.V.; Parao, F.T.; Ramirez, E.1964.Growth habit of the rice plant in the tropics and its effect on nitrogen response. Los Baños, Philippines. The International Rice Research Institute, Tech. Bull No. 3.80p.

Tanaka, A.; Kawano, K.; Yamaguchi, J. 1966. Photosynthesis, respiration, and plant type of the tropical rice plant. Los Baños, Laguna, Philippines. The International Rice Research Institute. Tech. Bull. No. 7. 46p.

Tanaka. A. 1969. Physiological basis for fertilizer response of Rice varieties. In Symposium on optimization of fertilizer effect in Rice Cultivation, Tokyo, Japan, 1969. Proceedings. Tokyo, Ministry of Agriculture on Forestry. pp 37-43.

Tascon, E. 1983. Comparación de cuatro formas de manejo del riego en arroz. Cali, Colombia. CIAT. Seminarios internos. 18p.

Tejeda, H.R.; Craswell, E.T.; De Datta, S.L. 1980. Site factors affecting the efficiency of nitrogen fertilizers in INSFFER Experiments. Muscle Shoals, Alabama, International Fertilizer Development Center. 20p. Paper presented at the Meeting of the International Network for Soil Fertility and Fertilizer Evaluation for Rice (INSFER) at IRRI, 1980.

Vargas, J.P. 1975. Respuesta de CICA 6 a diferentes niveles de nitrógeno de densidades de siembra en riego y secano en el Meta. IN reunión anual del Programa Nacional de Arroz, Bogotá, Colombia, ICA. pp.167-181.

Vleck, P.L.G.; Byrnes, B.H.; Craswell, E.T. 1980. Effect of urea placement on leaching losses of Nitrogen from flooded rice soils. Pland and soil 54 (3): 441-449.

Wahhab, A.; Bhatti, H.M. 1957. Effect of various sources of nitrogen on rice paddy yield, Agron. J. 49(3): 114-116.

WU, B.F. 1966. Studies on some physiological characters of rice plants grown under upland and lowland conditions. Mag. Sci. Thesis. Los Baños, Philippines, University of the Philippines. College of Agriculture. 110p. tomado de YOSHIDA, S. Factors that limit the growth and yields of upland rice. In Mayor research in upland rice. Los Baños, Philippines, International Rice Research Institue. 1975. pp.46-71.

Yoshida, S.; Cock, J.H.; Parao, F.T. 1972. Physiological aspects of high yields. In Rice breeding. Los Baños, Laguna, Philippines, The International Rice Research Institute. pp. 455-469

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Los Baños Laguna, Philippines, International Rice Research Institute. p.83-85.

Yoshida, T.; Padre Jr., B.C. 1975. Effect or organic matter applications and water regimes on the transformation of fertilizer nitrogen in a Philippines soil. Soil Sci. Plant Nutr. 21(3): 281-292.1975.

EL FOSFORO Y LA FERTILIZACION FOSFORICA EN LOS SUELOS ARROCEROS DE LA AMERICA LATINA

L.A. León y O. Arregocés

En América Latina la deficiencia de fósforo es común en los suelos ácidos, como los Ultisoles y los Oxisoles, en los cuales no sólo es baja su disponibilidad, sino que además algunos de éllos son altos fijadores del fósforo aplicado, produciendo compuestos insolubles, poco o nada disponibles para las plantas. Por otra parte se ha demostrado que la inundación mejora la disponibilidad del fósforo para las plantas de arroz. Por esta razón los cultivos en secano son generalmente más afectados por la deficiencia de este elemento que los de riego.

Aunque el efecto de las aplicaciones de fósforo en el rendimiento de las plantas de arroz no es tan espectacular ni generalizado, como cuando se aplica nitrógeno, excepto para los suelos muy pobres en él, es necesario realizar fertilización fosfórica en los suelos medios y bajos en este elemento, porque esta insuficiencia puede limitar significativamente la producción con variedades modernas.

EL FOSFORO EN LOS SUELOS

Para el análisis de los procesos que ocurren con el fósforo del suelo, es necesario contemplar varios aspectos, como son: el ciclo del fósforo en un sistema suelo-planta-animal, la fijación y su disponibilidad en los suelos inundados.

CICLO DEL FOSFORO EN UN SISTEMA SUELO-PLANTA-ANIMAL

El ciclo del fósforo fue representado gráficamente (Figura 1) por Fox y Benavides (1974). Presentan en forma simplificada los caminos más importantes por los cuales se mueve el fósforo en un sistema suelo-planta-animal. El número de flechas que parten de la caja que representa la solución del suelo o llegan a élla, corresponde a las hipótesis sobre la forma en que las plantas obtienen o derivan su fósforo de esta solución.

Las plantas toman de la solución del suelo la cantidad de fósforo que necesitan para su desarrollo. Cuando las plantas son cosechadas, el fósforo que contienen los residuos puede retornar a la solución del suelo, ya sea directamente al descomponerse los residuos o indirectamente al ser éstos consumidos por microorganismos y convertirse más tarde en parte de la materia orgánica.

Al pasar el fósforo a ser parte de la materia orgánica del suelo se inmoviliza, y su mineralización lo restituye a la solución del suelo.

Cuando los animales superiores consumen plantas, pueden almacenar fósforo en su organismo y lo ceden parcialmente después en la orina y en las heces, y al descomponerse sus cuerpos cuando mueren.

Figura 1. Representación esquemática de los caminos por los cuales se mueve el fósforo entre los varios componentes del sistema suelo-planta-animal (Fox, R. y S. Benavides, 1974).

El fósforo se puede inmovilizar temporalmente por distintos mecanismos; primero, este elemento reacciona con los componentes del suelo y se precipita, formando varios compuestos que en muchos casos no pueden ser tomados inmediatamente por las plantas, pero con el tiempo, pueden ceder fósforo a la solución del suelo; segundo, el fósforo puede ser adsorbido en la superficie del suelo mediante intercambio con otros aniones, quedando así parcialmente retenido y puede pasar nuevamente a la

solución para ser tomado de ésta por plantas y animales inferiores; y tercero, cuando hace parte de la materia orgánica.

El fósforo se pierde definitivamente del suelo cuando al cosechar se retiran plantas completas, cuando los animales superiores lo sustraen del suelo,cuando se lixivia o es eliminado por el proceso de erosión.

FORMAS DEL FOSFORO EN EL SUELO

Las diferentes formas en que el fósforo se encuentra en el suelo son: fósforo soluble en agua y en una solución de cloruro de amonio; fósforo unido al calcio (apatítico y no apatítico), puede hallarse en cantidades relativamente altas; fósforo unido al hierro y al aluminio, compuestos que en muchos casos pueden ser abundantes y constituyen, junto con los anteriores, el fósforo mineral. Para completar añadiremos el fósforo orgánico componente de la materia orgánica que representa en general una cantidad bastante grande; el fósforo reductible, determinado al agregar una solución reductora a una muestra de suelo; y el fósforo ocluído o inerte, componente de minerales primarios.

Todas estas formas, especialmente las primeras, junto con el fósforo orgánico, constituyen el llamado factor de capacidad, o sea, el que representa la capacidad del suelo para suministrar fosfatos a la solución (Figura 2).

Figura 2. Representación esquemática del sistema suelo-planta (Fassbender, H. 1974).

La cantidad de fósforo que las plantas pueden absorber en un momento dado de la solución del suelo es lo que se llama factor de intensidad. En otras palabras, el factor de capacidad lo constituye el fósforo que está en la fase sólida del suelo y el factor de intensidad lo representa el fósforo de la solución del suelo. Ambos factores conforman con la planta un sistema del cual se nutre esta última. Si la cantidad del fósforo que suministra la parte sólida a la solución del suelo, no es suficiente para reemplazar el que toma la planta en un momento dado, entonces aparecerán síntomas de deficiencia de fósforo en la planta.

FIJACION DEL FOSFORO EN EL SUELO

La fijación es el fenómeno mediante el cual el fósforo es retenido en

el suelo en forma no extraible con ácidos diluídos, por lo cual se considera como no aprovechable inmediatamente por la planta.

La retención del fósforo en el suelo puede ser débil, es decir, una simple adsorción debida a las cargas positivas del suelo, o fuerte cuando el fósforo reacciona químicamente con sustancias del suelo para formar compuestos insolubles. Este fenómeno es muy grave en los suelos muy ácidos, donde la fijación es el resultado de la reacción del fósforo con compuestos de hierro y aluminio, generalmente óxidos e hidróxidos, y con arcillas de tipo caolinítico, todos muy abundantes en dichos suelos. En los suelos alcalinos, generalmente la fijación se debe a la reacción del fósforo con el calcio para formar compuestos insolubles, y también a que es retenido por las arcillas formando puentes arcilla-calcio-fosfatos.

Los factores principales que influyen en la fijación del fósforo en el suelo son: el tipo de arcilla; el tiempo de reacción; el pH de suelo; la temperatura y la materia orgánica.

TIPO DE ARCILLA

Si un suelo contiene arcillas de tipo caolinítico, o si estas arcillas están recubiertas por óxidos de hierro o de aluminio, resulta altamente fijador de fósforo. Las arcillas amorfas de tipo "alófana", derivadas de la deposición de cenizas volcánicas, son aún más activas que las caoliníticas y pueden fijar más fósforo.

Veamos un ejemplo clásico de las reacciones de ión fosfato, $H2PO^{-}4$, con un hidróxido de hierro $Fe3^{0}2(OH_{2})$, también conocidas como sorciones, puesto que implican algo más que un fenómeno de adsorción física (Figura 3).

Pueden existir tres tipos diferentes de reacción: en el primero, reacción A, el ión fosfato ácido ($H2PO^{-}4$) reacciona y desplaza un ión OH del hidróxido y determina un aumento del pH en la solución del suelo. En la reacción B, hay una transferencia de un protón del fosfato sorbido a la solución. En este caso no se producen iones hidróxidos sino moléculas de agua y el pH no cambia. En la reacción C, hay una transferencia de un protón del hidróxido superficial a la solución, también se produce agua. En las reacciones B y C se crea una carga negativa en la superficie del suelo. En C, la carga negativa proviene de la arcilla y en B, del ión fosfato. El cambio del ligamento (en este caso, el grupo químico con carga negativa) es más evidente en el paso de B a C. En ambos casos aumenta la capacidad de cambio del suelo, aunque no se modifique su pH.

En la reacción del fósforo con los hidróxidos de aluminio, se desplazan generalmente iones hidróxidos y por lo tanto, el pH aumenta.

TIPO DE REACCION

Está demostrado que mientras más tiempo permanezca un fosfato soluble en contacto con el suelo, mayor será su fijación. Por esta razón se aconseja aplicar los fertilizantes fosforados al momento de la siembra y no antes.

Figura 3. Mecanismos posibles de sorción de fosfato en donde ocurren cambios de ligando (De Mekaru, 1969; tomado de Fox, R. y S. Benavides, 1974).

El pH

El grado de acidez o alcalinidad del suelo también afecta la fijación del fósforo. Existen varios tipos de fosfatos según el pH del suelo. En la solución del suelo el fósforo existe como ión $H_2PO_4^-$(ortofosfato primario) o como ión HPO_4^-(ortofosfato secundario). Cuando el pH es ácido predomina el ión $H_2PO_4^-$ y cuando es alcalino, el ión HPO_4^-; el que toman usualmente las plantas es el lión ortofosfato primario, generalmente más abundante en los suelos.

El fósforo aprovechable es bajo en los suelos alcalinos, o muy ácidos, aumenta a medida que sube el pH y llega a un máximo en los suelos neutros.

Cuando el pH es menor de 4.5 el fósforo aprovechable disminuye sensiblemente, puesto que en los suelos ácidos, parte del fósforo es fijado por los iones de aluminio, de hierro y de manganeso. Además, parte del fósforo puede reaccionar con las arcillas, tipo 1:1. Cuando el pH está cercano o es neutro, parte del fósforo es fijado por las arcillas y un poco por su reacción con óxidos o hidróxidos de hierro y aluminio. Cuando el pH es alcalino, gran parte del fósforo se fija al reaccionar con carbonatos produciendo fosfatos de calcio insolubles (Figura 4).

Figura 4. Disponibilidad de fósforo en el suelo según su pH.

TEMPERATURA

La temperatura del suelo afecta la fijación del fósforo porque acelera las reacciones químicas: a > temperatura la fijación será mayor. Sin embargo, en suelos ácidos de regiones frías, donde predomina la alófana, la fijación puede ser muy alta a pesar de las bajas temperaturas.

MATERIA ORGANICA

En relación con la materia orgánica cuando su contenido es alto y especialmente si se encuentra asociada con compuestos de aluminio o con arcillas de tipo alofánico, puede reaccionar con el fósforo para formar compuestos complejos.

DISPONIBILIDAD DEL FOSFORO EN LOS SUELOS BAJO INUNDACION

Muchas investigaciones indican que la disponibialidad del fósforo aumenta después de la inundación (IAEA, 1970; De Datta, 1978), lo que se refleja en aumento de la cantidad del fósforo soluble en agua (Figura 5), en el incremento de la cantidad de fósforo disponible (extractable mediante varios métodos como el de Bray I, Bray II, Olsen, etc.) y en el aumento del contenido de fósforo en la planta de arroz cultivado bajo riego, en comparación con el cultivo de secano (Figura 6).

Figura 5. **Cambios de la concentración de P en la solución del suelo después de la inundación de varios suelos de diferente pH y contenido de Fe. (Ponnamperuma, F.N. 1972; tomado de Howeler, R. H. 1974).**

Figura 6. **Contenido de P en las hojas de arroz (con riego y de secano) a un mes y tres meses de edad del cultivo, con varios niveles de aplicación de superfosfato triple a un suelo de Carimagua, en ensayos de potes (Howeler, R. H. 1974).**

Ponnamperuma, citado por Howeler (1974), atribuye el aumento en la concentración de fósforo soluble en agua a tres factores: a) Hidrólisis de fosfatos de Fe^{+++}; b) liberación del fósforo adsorbido por intercambio aniónico a la arcilla e hidróxidos de Fe^{+++} y Al^{+++} y c) reducción de Fe^{+++} a Fe^{++}, con la liberación del fósforo adsorbido y fijado. Las dos primeras reacciones ocurren como consecuencia del aumento en el pH, debido a la reducción del suelo inundado. En suelos ácidos ferralíticos, el aumento en la concentración de fósforo soluble en agua es muy pequeño porque el fósforo es readsorbido por las arcillas y los hidróxidos de aluminio presentes en la zona reducida, o se difunde a la capa oxidada donde puede ser reprecipitado por iones de hierro. Ejemplo de ésto ocurre con el suelo alto en Fe de la Figura 5.

ABSORCION DEL FOSFORO Y SU DISTRIBUCION EN LA PLANTA

Las plantas absorben el fósforo como iones ortofosfatos, primario y secundario, presentes en la solución del suelo. La concentración de estos iones en la solución y el mantenimiento de esta concentración, son de gran importancia para el crecimiento de las plantas.

El fósforo es absorbido rápidamente por la planta de arroz durante su crecimiento y alcanza una acumulación máxima en la época de floración. Durante el período de llenado y maduración del grano, el índice de absorción es bajo. La Figura 7 ilustra la curva de absorción del fósforo como P, en diferentes estados de desarrollo de la variedad IR-36, en el Asi-

Figura 7. Absorción de fósforo por un cultivo bien fertilizado de IR-36 durante su crecimiento (Fernández, F. 1978).

Poca cantidad de fósforo se acumula en las raíces y en las hojas del arroz hasta la iniciación del primordio floral, pero a medida que el tallo se elonga y crece la panícula, una cantidad considerable de fósforo circula por él hasta la etapa de floración. De allí en adelante continúa la absorción hasta el período de llenado del grano y el fósforo es rápidamente traslocado a los granos que acumulan alrededor del 75% del fósforo absorbido. Solamente el 15%, o menos, permanece en las estructuras vegetativas y el resto vuelve al suelo con las hojas muertas.

SINTOMAS DE DEFICIENCIA

El fósforo es indispensable en la planta de arroz para el desarrollo de las raíces, el crecimiento y la producción de hijos y frutos. Por esta razón, en suelos deficientes en este elemento el crecimiento de las plantas de arroz es raquítico y su macollamiento pobre.

Cuando se presentan deficiencias agudas, las hojas pueden ser de color verde grisáceo con visos color púrpura, se tornan amarillentas cuando envejecen y sufren necrosis de la punta hacia abajo. Además, la formación de la panícula se retarda y sólo ocurre en pocos hijos de la planta.

FERTILIZACION FOSFORICA

RESPUESTA DEL CULTIVO A LA FERTILIZACION CON FOSFORO

Además de las condiciones estudiadas en el sistema de cultivo y del tipo de suelo, existen otros factores que afectan la respuesta del arroz al fósforo aplicado como son: la variedad, la fuente de fósforo, la época de aplicación y el método de aplicación del fertilizante fosforado.

VARIEDADES DE ARROZ

Trabajos realizados en los Llanos Orientales de Colombia, permitieron evaluar como las variedades presentaron diferentes respuestas al fósforo aplicado.

En un suelo de Carimagua, Colombia, se hicieron aplicaciones de 0,50 y 100 kg/ha de $P2O_5$ en dos lotes, el segundo de los cuales además había recibido la aplicación de 600 kg/ha de $P2O_5$ un año antes. El resultado de este ensayo se presenta en la Figura 8 y permite observar que las variedades altas, Bluebonnet 50 y Monolaya, produjeron más que las variedades enanas IR 8 y CICA 4, incluso sin aplicación del fertilizante. Por otra parte, sólo la variedad alta Bluebonnet 50 respondió a la fertilización con 50 kg de $P2O_5$.

Por otra parte el ensayo permitió comprobar la alta fijación ocurrida, pues no se observó diferencia entre el lote con fósforo aplicado un semestre antes y el lote nuevo.

FUENTE DE FOSFORO

Las fuentes más comunes de fósforo son: el superfosfato simple y triple, el fosfato diamónico, DAP, las rocas fosfóricas y las Escorias Thomas, subproducto de la función del hierro.

Figura 8. **Respuesta de cuatro variedades de arroz a tres niveles de fósforo en un ensayo de P x cal con arroz de secano, en Carimagua, 1972. En B se hizo en 1971 una aplicación previa de 600 kg/ha de P_2O_5, lo que no se hizo en A.**

Figura 9. **Contenido de P en las hojas de plantas de arroz de secano de un mes (A) y tres meses (B) de edad, en un ensayo de potes en que se incorporaron varias fuentes fosfóricas a un suelo de Carimagua, Colombia (Howeler, R. H. 1974).**

En la Figura 9 aparece el contenido de fósforo en dos períodos, en las hojas de plantas de arroz, cultivadas en potes con suelo de Carimagua, Colombia, al cual se incorporó el equivalente a 200 kg/ha de P20h5 y las rocas de Carolina del Norte (CAR.N.), de Florida Central (FLOR.C) y la roca local fosfórica 22 (FOSF.22). Se puede observar que no existe diferencia comparando superfosfato triple (SPT), Escorias Thomas (E.T.) entre plantas fertilizadas con 5 diferentes fuentes de fósforo, aunque el superfosfato triple al principio es un poco mejor que las demás, debido probablemente a su mayor solubilidad. La roca fosfórica 22, fue la menos efectiva, aunque elevó el contenido de fósforo de la planta joven en comparación con el testigo sin P. El contenido de fósforo en plantas de tres meses de edad disminuyó con cualquiera de las fuentes aplicadas y las diferencias entre tratamientos fueron menos notorias a esa edad que a la edad de un mes.

Los resultados para rendimiento, en otro ensayo hecho en Carimagua, con varias fuentes de fósforo aplicadas en diferentes dosis, se presentan en la Figura 10. Las mejores fuentes fueron el superfosfato triple (SFT) y la roca fosfórica de Carolina del Norte (CAR.N) al nivel de 100 kg de $P2O_5$/ha; la roca fosfórica local (Boyacá) fue la menos efectiva. (Los bajos rendimientos generales se debieron a ataques de piricularia).

Figura 10. **Respuesta del arroz de riego a varias fuentes de fósforo aplicadas en un ensayo de campo en Carimagua, Colombia, 1971. (Howeler, R. H. 1974).**

Figura 11. **Efecto de cuatro fuentes de fósforo, solas o en mezcla en el rendimiento de la variedad de arroz IR-22. (León, L.A. *et al.*, 1978).**

La Figura 11 corresponde a un ensayo de rendimiento de la variedad de Arroz IR-22, fertilizada con distintas rocas fosfóricas o con mezclas de éllas más superfosfato triple.

La roca fosfórica con algo de superfosfato triple dió rendimientos tan buenos como el superfosfato triple solo y los obtenidos con Escorias Thomas también fueron muy buenos. El ensayo permitió observar como con la adición de una pequeña cantidad de SPT, a las dos rocas utilizadas, la respuesta de la planta fue igual a cuando se emplearon el superfosfato o las escorias, los cuales representan excelentes fuentes de P en arroz. La baja de rendimiento con SPT, 400 kg, posiblemente se debió a inducción de deficiencia de algún nutrimento como zinc.

La Figura 12 describe los rendimientos de la variedad CICA 6 en los Llanos Orientales de Colombia, cuando se aplicaron las siguientes fuentes de fósforo; superfosfato triple (SFT), roca fosfórica colombiana de Turmequé (FOS.22) y Escorias Thomas (ET). Los rendimientos más altos se obtuvieron con Escorias Thomas. La roca fosfórica a partir del nivel e 120 kg/ha de $P2O_5$ superó al superfosfato triple.

Figura 12. **Efecto del superfosfato triple (SFT), Escorias Thomas (ET) y Roca Fosfórica 22 (FOSF 22) en el rendimiento del arroz (León, L.A. *et al.*, 1978).**

Cuando se compararon (Figura 13) varios niveles de superfosfato triple, con tres rocas fosfóricas colombianas en un Ultisol en Santander de Quilichao, Colombia, la roca fosfórica Huila produjo un efecto en el rendimiento, similar al del superfosfato aplicado en las dos formas; la roca fosfórica Pesca, al nivel de 100 kg $P2O_5$/ha, dió también un resultado similar al del superfosfato triple.

* Sólo se aplicó a los niveles de 100 y 200 kg/ha

Figura 13. Efecto de varios niveles de superfosfato triple y de tres rocas fosfóricas colombianas en el rendimiento del arroz sembrado en un Ultisol en Santander de Quilichao, Colombia (León, L.A. y W.E. Fenster, 1979).

Los anteriores ejemplos ilustran muy bien las diferencias entre fuentes, así como también para variedades y lugares.

En general el fósforo en forma de superfosfato se aplica al momento de la siembra, aunque se pueden hacer aplicaciones posteriores hasta el final de la etapa de máximo macollamiento, unos 50 días de siembra, porque durante ella en planta se usa más efectivamente el fósforo para la producción del grano. Sin embargo cuando se siembra en suelos muy pobres en fósforo, tener en cuenta que la aplicación en las primeras etapas del crecimiento es esencial para el desarrollo de las raíces y el macollamiento.

Dividir la cantidad recomendada de fósforo en dos o más aplicaciones, no ha ofrecido ventajas contra la aplicación única inicial, debido a que la solubilidad de ese elemento en el suelo aumenta con el tiempo de inundación y a que sus pérdidas por lixiviación son bajas. Sin embargo el fósforo como fosfato di y mono amónico, se viene utilizando en aplicaciones post-siembra, o post-transplante con buenos resultados.

Epoca de aplicación

Se ha considerado que la roca fosfórica se puede aplicar mucho tiempo antes de la siembra, para que ésta reaccione con el suelo y se encuentre disponible para el arroz al momento del establecimiento del cultivo. La Figura 14 muestra que su aplicación al momento de la siembra, o si se quiere 20 días antes, da resultados satisfactorios.

Métodos de aplicación

Aparentemente cualquier tipo de fosfato puede aplicarse a los suelos inundados, en banda o al voleo, al momento de sembrar. No se ha observado ninguna diferencia en los resultados obtenidos con ambos métodos y por consiguiente se recomienda aplicar el fósforo al voleo en el momento de la siembra. Si se cultiva en cambio arroz de secano, las fuentes fosfóricas solubles en aguas pueden incorporarse en banda mientras que las insolubles (rocas fosfóricas y escorias) se deben adicionar al voleo e incorporarlas.

Ensayos realizados por la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA, 1970) han demostrado que cuando un fertilizante fosfatado se aplica al voleo en la superficie del suelo, la absorción del fósforo se reduce cuando se aplica nitrógeno incorporado al suelo entre 5 y 10 cms de profundidad. Esta incorporación del fertilizante nitrogenado aumenta la absorción del nitrógeno, pero disminuye la del fósforo. (Cuadro 1). Cuando el fertilizante nitrogenado y el fosfórico se mezclan y se aplican en bandas o al voleo, se estimula la absorción del fósforo.

Figura 14. **Efecto de la época de aplicación de la Roca Fosfórica 22 en el rendimiento del arroz (L.A. León *et al.*, 1978).**

DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE FOSFORO QUE SE DEBE APLICAR AL SUELO

Existen varios métodos para determinar la cantidad de fósforo que se debe añadir al suelo, con el objeto de que el cultivo produzca buenos rendimientos. El siguiente ha sido utilizado por Fox en Hawaii: se toma una muestra de suelo y se le agregan cantidades crecientes de fósforo, se agita media hora, dos veces al día, durante seis días y después se determina el fósforo que quedó en la solución sobrenadante. Con estos datos se elaboran curvas llamadas isotermas.

Cuadro 1. Efecto de la profundidad de colocación del nitrógeno y de la mezcla de los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos en la utilización por la planta del nitrógeno y del fósforo procedentes de esos fertilizantes (IAEA, 1970).

Método de aplicación de N y P	P en la planta derivado del fertilizante (%)	N en la planta derivado del fertilizante (%)
N al voleo en la superficie, y P al voleo en la superficie	12	30
N incorporado en los primeros 5 cm de suelo y P al voleo en la superficie	10	29
N colocado a 5 cm de profundidad, y P al voleo en la superficie	9	47
N colocado a 10 cm de profundidad, y P al voleo en la superficie	7	40
N y P mezclados y aplicados en banda	12	33
N y P aplicados por separado en bandas	9	28

En la Figura 15 se observan las isotermas de dos suelos: en el de Palmira, para obtener niveles altos de fósforo en la solución del suelo, basta con añadirle cantidades pequeñas de fósforo; en un suelo de Carimagua, en cambio, para obtener la misma cantidad de fósforo soluble hay que agregar cantidades mucho más altas. Algunos cultivos, como las especies hortícolas, requieren concentraciones relativamente altas de fósforo en la solución para su crecimiento normal. Por ejemplo un cultivo A que requiere 0.2 ppm de fósforo en la solución del suelo, para suplir esa cantidad (Figura 15) en Carimagua, se necesitará añadir al suelo 450 ppm(#910 kg de $P2O_5$/ha) de ese elemento; el mismo cultivo en el suelo de Palmira, necesitaría menos de 100 ppm (#200 ± kg de $P2O_5$). En cambio, para el cultivo B (menos exigente en fósforo) en el suelo de Carimagua habría que añadir un poco más de 100 ppm de fósforo, pero no es preciso aplicar si se siembra en el suelo de Palmira. En pocas palabras, la cantidad de fósforo que se debe añadir a un suelo, depende del cultivo y el suelo.

Fox y Benavides (1974) utilizan el siguiente método: calculan los rendimientos relativos de un cultivo con distintas concentraciones de fósforo en la solución del suelo y elaboran curvas. Por ejemplo, la Figura 16 muestra un ensayo sembrado con maíz en dos suelos; valiéndose de las curvas isotermas, se calcula la cantidad de fósforo que debe tener la solución para que el cultivo alcance un rendimiento relativo del 95%; el rendimiento máximo se obtiene cuando la concentración de fósforo en la solución de los suelos varía entre 0.05 y 0.10 ppm. Curvas de ese tipo pueden trazarse para cualquier cultivo.

Como estos métodos son dispendiosos, lo que se hace generalmente es medir el fósforo que una solución extractora toma del suelo; luego al correlacionar las cantidades de fósforo extraídas por la solución, con la respuesta del cultivo a las fuentes de fósforo previamente añadidas al suelo, es posible saber si cierta cantidad de fósforo encontrada en el suelo es suficiente o no para el crecimiento normal de un cultivo. El agua es una solución extractora muy débil y se usan soluciones especiales como la mezcla de ácido clorhídrico 0.05 N con ácido sulfúrico 0.025 N conocida como Mehlich 1 o Carolina del Norte; la solución de bicarbonato de sodio a pH 8.5 (llamada de Olsen); una solución de fluoruro de amonio 0.03 N y ácido clorhídrico 0.1 N (denominada Bray II).

En el Cuadro 2 se indica la cantidad de fósforo extraída con varias soluciones en 68 suelos del Valle del Cauca. Mientras el agua extrae en promedio 0.21 ppm de P la solución Bray II extrae 29.3 ppm y las otras dos extraen aproximadamente 18.0 ppm. Por ello es importante conocer el método por el cual se obtuvo la determinación de fósforo, a fin de interpretar su análisis.

Cuadro 2. Cantidad de fósforo extraída con cuatro extractantes en 68 suelos del Valle del Cauca, Colombia.

	Fósforo extraído, con solución extractora (ppm)			
	Agua	Mehlich 1	Olsen	Bray II
Promedio	0.21	17.9	18.3	29.3
Rango	0.02 - 0.93	3.5 - 48.0	5.9 - 64.0	6.0 - 98.0

NIVELES CRITICOS DE FOSFORO

La clasificación de la cantidad de fósforo aprovechable de los suelos en baja, media y alta, está basada en la probabilidad de respuesta de la cosecha a la adición de fertilizantes fosforados. Cuando el fósforo de un suelo ha sido clasificado como bajo, la probabilidad de una respuesta significativa a su aplicación es mucho más alta que en otro suelo, en donde ese nutrimento se considera alto.

Figura 15. **Requerimientos de fertilizante fosforado para dos cultivos en dos suelos de Colombia (modificado de Fox, R. y S. Benavides, 1974).**

Figura 16. **Rendimiento del maíz en función de las concentraciones de P en las soluciones de dos suelos de Hawaii (Fox, R. y S. Benavides, 1974).**

Usando el método Bray II, se han encontrado los niveles críticos que aparecen en el Cuadro 3; un suelo con menos de 15 ppm sería clasificado como bajo y alto con más de 30 ppm. Estos niveles son válidos cuando se cultiva arroz de secano, pero no son adecuados para el arroz de riego (Cuadro 4) . Por ejemplo, en este caso, un suelo con 10 ppm de fósforo, clasificado normalmente como bajo, cuando se inunda experimenta un aumento en la concentración de fósforo de la solución del suelo, lo cual hace probable que no se obtengan en él una respuesta del cultivo a la adición de un fertilizante fosforado.

En cambio, si se cultiva arroz de secano en suelos con menos de 15 ppm de fósforo, el añadir este elemento existe alta probabilidad de obtener una respuesta significativa en el rendimiento, cuando las condiciones de cultivo son adecuadas.

Cuadro 3. Niveles críticos de fósforo en el suelo para el cultivo de arroz de secano según el método Bray II (ICA, 1979).

P en el suelo, ppm	P_2O_5 equivalente,* kg/ha	Clasificación del P
Menos de 15	Menos de 70	Bajo
De 15 a 30	De 70 a 140	Medio
Más de 30	Más de 140	Alto

* Relación aproximada.

Cuadro 4. Niveles críticos del fósforo en el suelo según el método Bray II para arroz cultivado con inundación (ICA, 1979).

P en el suelo, ppm	P_2O_5 equivalente,* kg/ha	Clasificación del P
Menos de 10	Menos de 46.7	Bajo
De 10 a 20	De 46.7 a 93.4	Medio
Más de 20	Más de 93.4	Alto

* Relación aproximada.

RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION

En el Cuadro 5 se muestran las recomendaciones para aplicar fertilizantes fosforados al arroz cultivado bajo inundación o en secano, según los análisis en suelos hechos por el método Bray II y la investigación de campo adelantada por el ICA (Colombia). Como puede verse, las recomendaciones son siempre mas altas cuando se trata de arroz de secano y también cuando los suelos son ácidos. Esta es una situación muy común en Oxisoles, Ultisoles y algunos inceptisoles en donde se cultiva arroz en América Latina.

Cuadro 5. Recomendaciones mínimas de fósforo para el cultivo de variedades enanas de arroz con inundación o en secano mecanizado.

Condiciones del cultivo y del suelo	P_2O_5, kg/ha Análisis del P, método Bray II	
	Bajo	Medio
Inundación - Suelos con pH igual a o menor de 5.5	75	50
Inundación - Suelos con pH mayor de 5.5	40	20
Secano - Suelos con pH igual a o menor de 5.5	125	65
Secano - Suelos con pH mayor de 5.5	80	40

EMPLEO DE FUENTES DE FOSFORO NO CONVENCIONALES

Al hablar de fuentes se mencionaron algunos trabajos realizados incluyendo productos diferentes al superfosfato. En este aparte se busca ampliar el concepto sobre el empleo de estas fuentes no convencionales como las rocas fosfóricas.

En América Latina hay un gran número de suelos cuyos requerimientos de fósforo son altos o que fijan este elemento inutilizándolo así para las plantas.

Puesto que el fósforo es un nutrimento costoso cuyo transporte a largas distancias lo encarece aún más, es necesario idear una estrategia de bajo consumo de energía, es decir, un método económico de usar el fósforo como fertilizantes. Esta estrategia se basa principalmente en los seis puntos siguientes:

1. Uso de fuentes baratas de fósforo. Una de las mejores soluciones y la más sencilla es el empleo de fuentes locales de roca fosfórica. En la Figura 17 aparecen algunos de los depósitos de rocas fosfóricas que existen en América Latina.

2. Aplicaciones localizadas del fertilizante fosfórico, cuando se cultive arroz de secano.

3. Disminución de la fijación del fósforo en el suelo mediante encalamiento o aplicación de silicatos; en este último caso el fósforo aparentemente se fija menos y el arroz responde a la fertilización solicitada.

4. Uso de la mezcla de rocas fosfóricas con sustancias generadores de ácidos, para que disuelvan las rocas fosfóricas y liberen el fósforo, para que pueda ser aprovechado más rápidamente por las plantas. Se están ensayando también, un gránulo pequeño, llamado minigránulo, el cual puede contener roca fosfórica parcialmene acidulada o mezclada con superfosfato o con azufre. Los resultados obtenidos con gránulos pequeños, aún comparados con fertilizantes convencionales de gránulos regular, han sido excelentes; además, estos son materiales muy fáciles de manejar manual y mecánicamente.

5. Uso de termofosfatos, es decir, productos de la fusión de rocas fosfóricas y minerales de magnesio como la olivina o la serpentín.

6. Selección de plantas que toleren niveles bajos de fósforo en el suelo; a este aspecto de la estrategia se le está prestando gran atención en el CIAT.

Figura 17. Depósitos de roca fosfórica en el Trópico de América del Sur.

USO DE ROCAS FOSFORICAS

Para estudiar la efectividad agronómica de tres rocas fosfóricas colombianas, solas y combinadas con superfosfato triple (SFT), se estableció un experimento en un Ultisol (CIAT, Quilichao) cultivando en rotación de arroz (CICA 8) con maní (Tatuí 76). Hasta el presente se han obtenido dos cosechas de arroz y una de maní con los resultados que se muestran en el Cuadro 6.

En la primera cosecha de arroz (1978B) los rendimientos aumentaron con cada incremento de la cantidad de fósforo aplicado como roca fosfórica, a excepción de la roca Huila que produjo con 50 kg/ ha de $P2O_5$ rendimientos de arroz cercanos al máximo obtenido en el ensayo. Aún con las rocas fosfóricas menos activas, Pesca y Sardinata, las mezclas 1:1 de RF: SFT en las dosis más bajas de fósforo (50 y 100 kg/ha), dieron generalmente rendimientos más altos que las mismas rocas solas. Este resultado demuestra la conveniencia de una fertilización inicial con una forma soluble de fósforo cuando se aplican dosis bajas de ese elemento.

Los rendimientos de maní (1979A), no reflejaron ventaja para las rocas o las mezclas de ellas. Solo la roca fosfórica Huila produjo rendimientos cercanos a los obtenidos con el SFT (95%), cuando se usó la dosis más alta de $P2O_5$.

Los rendimientos de maní (1979A), no reflejaron ventaja para las rocas o las mezclas de ellas. Solo la roca fosfórica Huila produjo rendimientos cercanos a los obtenidos con el SFT (95%), cuando se usó la dosis más alta de $P2O_5$.

En la segunda cosecha de arroz (1979B), se incrementaron considerablemente los rendimientos en grano, con todas las dosis y combinaciones del fósforo aplicado, demostrando mayor disponibilidad de este elemento, tanto en el SPT, como posiblemente por condiciones de ambiente. Los rendimientos de arroz obtenidos en éllas fueron comparables a los alcanzados con aplicaciones similares de fósforo como superfosfato triple. Nuevamente la roca Huila superó a SPT en dosis de 50 y 200 kg/ha de $P2O_5$.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de un experimento hecho con la variedad CICA 8 en un cultivo de secano establecido en un oxisol en Carimagua, para determinar la efectividad agronómica de rocas fosfóricas aciduladas en $H2SO4$, en polvo y en minigránulo. La acidulación fue parcial, es decir, con el 20% del ácido necesario para obtener una reacción completa cuyo producto final es superfosfato simple. Con la dosis más alta de fósforo, todos los tratamientos se comparan favorablemente con el SFT, excepto para la roca de Carolina en polvo con o sin acidular, a nivel de 200 kg.

A manera de resumen puede concluirse que para el cultivo de arroz el empleo de rocas fosfóricas, con o sin acidulación, ofrecen una buena alternativa de sustitución a los superfosfatos. Sin embargo, cuando se emplean dosis menores de fosfato, parece que es conveniente mezclar las rocas con una fuente más soluble de fósforo.

Cuadro 6. Efecto del superfosfato triple (SFT) y de tres rocas fosfóricas colombianas (RF), solas y en combinación, en el rendimiento relativo del arroz de secano y del maní, cultivados en rotación en un Ultisol de Quilichao, Colombia, 1978-79 (León, L.A. y Fenster W.E. 1979).

Fuente de fósforo	Relación RF:SFT[1/]	Rendimiento relativo, %								
		Arroz, 1978B			Maní, 1979A			Arroz, 1979B		
		P_2O_5 aplicado al suelo, kg/ha								
		50	100	200	50	100	200	50	100	200
Superfosfato triple, SFT (en banda)	0 : 1	91	101	100[2/] (5.5)[3/]	79	94	100[2/] (3.8)[3/]	85	93	100[2/] (7.2)[3/]
Huila	1 : 0	103	99	109	82	77	95	97	83	104
Huila + SFT	1 : 1	99	108	111	72	80	86	76	94	104
Pesca	1 : 0	73	95	93	72	68	77	83	91	97
Pesca + SFT	1 : 1	79	94	103	69	73	74	86	91	96
Sardinata	1 : 0	71	73	94	68	77	76	83	79	97
Sardinata + SFT	1 : 1	85	96	94	75	74	84	83	86	97
Testigo	0 : 0	53 (2.9)[3/]			66 (2.5)[3/]			68 (4.9)[3/]		

1/ Basada en el contenido total de P_2O_5 de la fuente de fósforo; RF = roca fosfórica.
2/ Se asumió como 100% el rendimiento de las parcelas fertilizadas con SFT aplicado en banda a razón de 200 kg/ha de P_2O_5
3/ Rendimiento de arroz con cáscara o maní descascarado en ton/ha.

Cuadro 7. Efecto del grado de acidulación con H_2SO_4, de los niveles de fertilización con fósforo y del tipo de granulación de dos rocas fosfóricas en el rendimiento de arroz de secano establecido en un Oxisol de Carimagua, Colombia (León, L.A. y Fenster W.E. 1979).

Fuente de fósforo[1/]	Tamaño del gránulo	Nivel de acidulación, °/o	Rendimiento relativo, °/o		
			Niveles de P_2O_5, kg/ha		
			0	100	200
Superfosfato triple	Regular	100		81	100[2/] (4.3)[3/]
Carolina del Norte	Polvo	0		79	93
Carolina del Norte	Polvo	20		74	98
Carolina del Norte	Minigránulo	0		93	112
Carolina del Norte	Minigránulo	20		84	109
Florida	Polvo	0		70	107
Florida	Polvo	20		81	109
Florida	Minigránulo	0		74	107
Florida	Minigránulo	20		95	100
Testigo			42		

1/ El SFT se aplicó en banda y las rocas fosfóricas al voleo.

2/ Se asumió el rendimiento con SFT a 200 kg/ha de P_2O_5 como el 100°/o.

3/ Rendimiento equivalente de arroz en ton/ha.

BIBLIOGRAFIA

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978. Unidad de Arroz in____ Informe anual 1977. Cali, Colombia, pp.D1-D-21.

Chien, S.H. 1981. Direct application of phosphate rocks in some tropical soil of South America: A status report, Muscle Shoals, Alabama, International Fertilizer Development Center, 21p.

Trabajo presentado al National Conference on Phosphorus and Potassium in the Tropics, Kuala Lumpur, Malaysia

De Data, S.K. 1978. Fertilizer management for efficient use in wetland rice soils. In International Rice Research Institute. Soils and rice. Los Baños Philippines pp. 671-701.

Fassbender, H. W. 1974. Aspectos físico-químicos de las interacciones del fósforo con otros elementos. Suelos Ecuatoriales 6(1):45-66.

Fernández, F. 1978. Etapas del desarrollo de la planta de arroz para propósitos de evaluación y adiestramiento en el IRRI. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Seminario Interno. Serie SE-16-78 10p.

Fox, R. y Benavides, S.T. 1974. El fósforo de los oxisoles. Suelos Ecuatoriales 6 (1): 137-175.

Howeler, R.H. 1974. La fertilización fosfórica del arroz de riego y de secano. Suelos Ecuatoriales 6 (1): 245-263

International Atomic Energy Agency. 1970. Rice Fertilization. Viena, Austria. Technical Reports Series No. 178. pp.31-32

Instituto Colombiano Agropecuario, 1979. Estado actual de la fertilidad de los suelos colombianos y estimativos sobre las necesidades de fertilizantes para varios cultivos. Bogotá (Documento preliminar).

León, L.A. et al. 1978. Investigaciones realizadas en Colombia sobre el uso de diversas fuentes de fósforo (P) como fertilizantes. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. Departamento de Suelos. 24p.

Trabajo presentado al Simposio Nacional sobre Roca Fosfórica, Sogamoso, Colombia, 1979.

Sánchez, L.F. 1977. Respuesta del arroz de riego (*Oryza sativa* L.) a la aplicación de roca fosfórica en suelos ácidos. Arroz 26: 4-12

ACIDEZ, ENCALAMIENTO Y FERTILIZACION CON CALCIO, MAGNESIO Y POTASIO PARA EL CULTIVO DEL ARROZ

L.A. León

América Tropical, comprendida entre 23°N y 23°S posee un gran potencial agrícola en sus regiones de bosque húmedo tropical y de sabana. Dichas regiones están dominadas por suelos ácidos e infértiles. En unos 1043 millones de has de un total de 1493 millones que comprende el trópico americano, más de un 90% de éllas presentan deficiencias de N y P, un 77% son deficientes en K y un 70% son deficientes en Ca y Mg y muestran problemas por toxicidad de Al (Sánchez y Salinas, 1983.)

En América Tropical 502 millones de has han sido clasificadas como Oxisoles, 320 como Ultisoles, con áreas un poco menores para Inceptisoles, Alfisoles y Entisoles: 204, 183 y 124 millones de has, respectivamente (Cuadro 1).

A pesar de que las condiciones físicas y topográficas de la región tropical dominada por suelos ácidos, en su mayoría bajo bosque o sabana, son adecuados para adelantar una agricultura mecanizada, como ya se indicó arriba, sus suelos poseen unas propiedades químicas que los hacen poco atractivos para este tipo de empresas ya que se requieren cantidades altas de insumos para suplir sus deficiencias de nutrimentos. (McNeil, 1964; Goddland e Irwin, 1975). Sin embargo, con un manejo adecuado y estratégico se pueden llegar a obtener altos rendimientos de cultivos anuales y perennes tal como lo han demostrado recientemente numerosos investigadores citados por Sánchez y Salinas (1983).

Problemas de toxicidad en suelos ácidos

Si por definición consideramos un suelo ácido como aquel cuyo pH en agua, relación suelo-agua 1:1, es menor de 5.5, podremos observar que en mayor o menor grado su capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) se encuentra saturada por iones Al^{3+}. Dicha saturación puede ir desde un 10-20% en suelos con pH 5.5-5.2 hasta un 80-95% en suelos con pH 4.5-4.0 (Abruña, et al 1975; Kamprath 1978). Cuando el porcentaje de saturación de Al sube del 60% la concentración de iones Al^{3+} en la solución del suelo aumenta rápidamente hasta llegar a niveles tóxicos para las plantas, lo cual limita su crecimiento normal (Kamprath, 1980).

Otra de las restricciones posibles para una buena producción de cultivos en suelos ácidos es la toxicidad causada por el Mn. Son suficientes 2 ppm de Mn soluble en agua (relación suelo-agua de 1:2) para que se observen síntomas de toxicidad de Mn. (Morris, 1948). La concentración en la solución del suelo en un suelo ácido depende de la cantidad de Mn fácilmente reducible que éste tenga y de su pH. La cantidad de Mn fácilmente reducible en un suelo depende del material parental del cual éste fue formado. (Kamprath, 1980). A pesar de que la mayoría de los

Cuadro 1. Distribución generalizada del área de suelos en América Tropical en base a datos tabulados de FAO-UNESCO (1971). De 23°N-23°S, actualizado por Sanchez, P.A.

Asociaciones de suelos dominadas por :	Millones de ha
Oxisoles	502
Ultisoles	320
Entisoles	124
Alfisoles	183
Inceptisoles	204
Vertisoles	20
Aridisoles	30
Mollisoles	65
Andisoles	31
Histosoles	4
Spodosoles	10
Total	1.493

problemas de los suelos ácidos en cuanto a toxicidades se deben al Al, existen en América Tropical algunas regiones en las cuales el Mn es tóxico para las plantas (Pearson, 1975).

Problemas de deficiencias de calcio y magnesio en suelos ácidos

Como es de suponer, en suelos ácidos del trópico cuya capacidad de intercambio catiónica efectiva, CICE, (suma de Al, Ca, Mg y K intercambiables) es baja, los cationes intercambiables Ca y Mg son generalmente muy bajos debido a que el Al se encuentra saturando en un alto porcentaje el complejo de cambio (Cuadro 2). Con valores de Ca intercambiable tan bajos como 1.0 me/100g y de Mg de menos de 0.5 me/100g es de esperarse que muchos cultivos sufran por deficiencias de alguno de estos dos nutrimentos.

Cómo medir e interpretar la acidez del suelo

La información sobre el pH del suelo no es suficiente para predecir si un suelo puede presentar problemas de toxicidad o deficiencias de nutrimentos que lleguen a influir en el crecimiento normal de un cultivo. Por este motivo se han encontrado métodos para determinar los cationes intercambiables de un suelo, sus saturaciones con respecto a la CICE y las relaciones que existen entre las saturaciones, el pH del suelo y el crecimiento de un cultivo (Kamprath, 1980).

Cuando se hace una extracción y lavado del suelo con una solución IN de KCL , el K^+ desplaza al H^+ y al Al^{3+} que están neutralizando las cargas negativas de los coloides del suelo. La suma del H^+ y el Al^{3+} desplazados es lo que generalmente se conoce como "acidez intercambiable" (Lin y Coleman, 1960). Investigaciones realizadas con suelos ácidos minerales señalan que las extracciones con KCl IN no contienen H intercambiable (Evans y Kamprath, 1970; León, 1971). Se asume, claro está, que la solución extractora debe adquirir el pH del sistema del suelo, pues a medida que el pH se aumenta el Al^{3+} intercambiable se hidroliza para formar $Al(OH)^{++}$, $Al(OH)_2^+$ y $Al(OH)_3$.

El pH del suelo está relacionado con la saturación de Al de un suelo lo mismo que el crecimiento de los cultivos. Para Oxisoles y Ultisoles se han encontrado muy buenas correlaciones entre pH y saturación de Al (Abruña, et al 1975; Kamprath 1978; Juo 1977). Para suelos de un área determinada esta relación puede indicar cualitativamente si hay o nó posibilidades de una toxicidad de Al. Hay que tener en cuenta que si se fertiliza intensamente se puede aumentar la concentración de electrolitos en la solución del suelo y ésto hace que se aumente también el Al en la solución del mismo, pudiendo presentarse problemas de toxicidad no predichos por la relación pH-saturación de Al. (Pearson 1975).

El determinar en forma rápida y rutinaria el Al^{3+} que hay en la solución del suelo es poco práctico cuando se trata de un gran número de muestras. Hay sin embargo una buena correlación entre la saturación de Al de CICE y Al que hay en la solución del suelo (Nye et al 1961, Evans and Kamprath 1970). También se han encontrado relaciones entre el crecimiento o rendimiento de un cultivo y el porcentaje de saturación de Al. A mayor porcentaje de saturación de Al menor el rendimiento relativo de cultivos

Cuadro 2. Aluminio, calcio y magnesio intercambiables y sus porcentajes de saturación en suelos ácidos de América Tropical.

Suelo	Localización	Al	Ca	Mg	CICE1/	Al	Ca	Mg
		me/100 g				% saturación		
Oxisoles								
Haplustox	Carimagua, Colombia	3.5	0.5	0.3	4.4	80	11	7
Haplustox	Brasilia, Brasil	1.9	0.2	0.2	2.4	79	8	8
Acrustox	Caicará, Venezuela	1.0	0.3	0.1	1.5	67	20	7
Ultisoles								
Paleudult	Yurimaguas, Perú	2.3	0.2	0.2	2.8	82	7	7
Paleuhumult	Quilichao, Colombia	2.7	0.7	0.5	4.3	63	16	12
Paleustult	Jusepín, Venezuela	0.5	0.5	0.1	1.1	45	45	9
Paleudult	Echapora, Brasil	0.4	1.0	0.1	1.6	25	63	6
Alfisoles								
Topaqualf	Yurimaguas, Perú	7.4	11.4	6.3	25.8	29	44	24
Paleustalf	Maracaibo, Venezuela	0.1	1.7	0.7	2.8	4	61	25
Inceptisoles								
Dystrandept	La Selva, Colombia	1.5	0.1	0.4	2.2	68	5	18
Andept	Alajuela, Costa Rica	5.6	3.6	0.2	9.9	57	36	2
Dystrandept	Tufiño, Ecuador	1.1	8.0	0.8	10.3	11	78	8

1/ CICE = capacidad de intercambio catiónica efectiva. Suma de Al, Ca, Mg y K intercambiables.

que no están adaptados a las condiciones de extrema acidez de un suelo (Sánchez y Salinas, 1983).

Con el fin de saber cuál es el valor crítico de pH y de saturación de Al para que un cultivo pueda rendir más del 90% ó menos del 50% del máximo rendimiento, es necesario hacer ensayos de encalamiento en invernadero y campo con los cultivos en estudio. De esta manera se han encontrado valores críticos de saturación de Al para que un cultivo produzca un 90% de su rendimiento máximo. Para el maíz, por ejemplo, está entre el 10 y 20% (Soares, et al 1975; Abruña, et al 1975), para la soya, fríjol verde, caña de azúcar y algodón tiene que ser menor al 10% (Soares, et al 1975; Abruña y Vicente -Chandler 1967; Foster 1970). Generalmente la saturación de Al está entre el 40 y el 60% cuando los cultivos comienzan a producir rendimientos menores al 50% del máximo (Kamprath 1980).

Cuando se establecen niveles críticos se debe tener en cuenta que existe una amplia diferencia en cuanto a la tolerancia de las variedades al aluminio dentro de una misma especie. Hay variedades de arroz que producen más del 70% de su máximo rendimiento con una saturación de Al del 25% mientras que otras producen el 80% de su rendimiento máximo con un 64% y otras inclusive con más del 70% de saturación de Al (Salinas 1978).

Alternativas para manejar los problemas de acidez del suelo en el cultivo del arroz.

Cuando el problema de un suelo ácido es su alta saturación de Al, éste será más o menos difícil de resolver si se trata de cultivar arroz de secano o bajo inundación. La toxicidad de Al será un factor limitante de la producción en el caso de cultivar arroz de secano en suelos ácidos de América Tropical (CIAT, 1973). Es posible que cuando el arroz se cultive bajo riego permanente el Al no sea un problema, pues en un suelo ácido inundado, al cabo de unas pocas semanas, el pH aumenta pudiendo llegar casi a la neutralidad y el Al intercambiable disminuye a contenidos que dejan de ser tóxicos, (CIAT 1981).

Como un elevado porcentaje del arroz que se siembra en América Tropical es de secano, resulta de importancia estudiar qué alternativas se presentan para contrarrestar los efectos negativos de la toxicidad del Al.

Sánchez y Salinas (1981) señalan tres estrategias para atenuar las limitaciones impuestas por la acidez del suelo: (1) añadir cal con el fin de reducir la saturación de Al por debajo del nivel que pueda causar toxicidad a una determinada variedad de arroz; (2) añadir cal para suministrar Ca y Mg a la planta y para estimular el movimiento de estos dos nutrimentos del suelo superficial al subsuelo; y (3) buscar variedades de arroz que sean tolerantes a las altas concentraciones de Al y Mn en el suelo.

1. Encalado para reducir la saturación de aluminio.

En este caso hay que tener en cuenta tres puntos importantes: cuánta cal debe aplicarse, la calidad química y física de la cal y cuánto tiempo durará su efecto en el suelo.

Como es bien sabido, la cal agrícola y la cal dolomítica son materiales obtenidos de depósitos naturales de carbonato de calcio y de carbonatos de calcio y magnesio, respectivamente. Estos carbonatos, en contacto con el suelo húmedo reaccionan para dar como productos finales CO_2, H_2O y Ca^{2+} ó Ca^{2+} y Mg^{2+}. El Ca^{2+}, que se encontrará en la solución del suelo en una alta concentración, desplazará al Al^{3+} intercambiable de los coloides del suelo. El Al^{3+} en la solución se hidroliza hasta llegar a $Al(OH)_3$ que tiene una solubilidad muy baja y por esta razón se precipita separándose así del sistema. Como la reacción hace que el Al^{3+} en solución baje de concentración, más Al intercambiable pasará a la solución del suelo. Los sitios de intercambio dejados por el Al pasarán a ser ocupados por el Ca y el Mg (Pearson, 1975). Este es el fenómeno denominado neutralización de la acidez de un suelo.

La cantidad de Al desplazada de los sitios de intercambio dependerá en gran parte de la cantidad de cal que se añada a un suelo. Como esta cantidad cambia de acuerdo con las características del suelo, sería necesario hacer "curvas de encalamiento" para cada suelo, lo cual resulta poco práctico y muy costoso. Un ejemplo de este tipo de curvas se presenta en la Figura. 1.

Si la intención es neutralizar la mayor parte del Al del suelo, se puede aplicar la siguiente fórmula que ha dado buenos resultados para suelos minerales (menos de 10% de materia orgánica) con pH menor a 5.5.

(1) me Ca/100 g suelo = 1.5 x me Al interc./100g suelo

(2) t $CaCO_3$eq/ha = 1.65 x me Al interc./100g suelo.

La cantidad de cal así calculada hará aumentar el pH del suelo a 5.2-5.5.

Si se trata de un suelo con más del 10% de materia orgánica y con un pH menor de 5.0 la cantidad de cal necesaria será:

(3) me Ca/100g suelo = 3.0 x me Al interc. /100g suelo.

Las fórmulas presentadas arriba tienden a sobre estimar las cantidades de cal requeridas para disminuir el Al en un suelo hasta niveles que no sean tóxicos para las plantas, además de que muchas veces resultan antieconómicas. Por otra parte, un suelo puede estar catalogado como"alto" en Al intercambiable pero tener también cantidades "altas" de Ca, Mg y K de tal manera que su saturación de Al no pase de un 40%. Por ejemplo Si tenemos un suelo con 2.0 me Al interc./100g de suelo y con 1.5, 1.0 y 0.5 me de Ca, Mg y K interc./100g de suelo, respectivamente, su saturación de Al con respecto a la CICE será :

$$\text{Saturación de Al} = \frac{\text{Al interc.}}{\text{(Al+Ca+Mg+K) interc.}} \times 100$$

$$\text{Saturación Al} = \frac{2.0}{2.0+1.5+1.0+0.5} \times 100 = 40\%$$

Figura 1. Efecto de varias dosis de $CaCO_3$ en el pH del suelo y en la saturación de Al de dos suelos colombianos después de 30 días de incubación.

Si se aplica la fórmula (2) para calcular cuánta cal aplicar se obtiene:

$$t\ CaCO_3\text{-eq/ha} = 1.65 \times 2 = 3.3$$

Aquí se estaría aconsejando aplicar 3.3 t de cal/ha cuando posiblemente para muchas variedades de arroz un 40% de saturación de Al del suelo no sería un obstáculo para obtener un buen rendimiento.

Las recomendaciones de cal en suelos ácidos del Trópico Americano deben tener un sentido práctico y económico que tienda más bien a encontrar un equilibrio para cada sistema específico suelo-cultivo y no darle aquel enfoque tan común de encalar el suelo para eliminar casi todo el Al intercambiable y lograr una respuesta óptima del cultivo (Sánchez y Salinas, 1983). Con este objetivo en mente, Cochrane et al (1980) desarrollaron una fórmula para determinar la cantidad de cal que se necesita para disminuir el nivel de saturación de Al de la capa superficial de un suelo un valor más apropiado para que una variedad de un cultivo produzca al menos por encima del 80% del rendimiento máximo.

$$\text{Cal requerida } (tCaCO_3eq/ha) = \frac{1.8\ Al - RAS(Al + Ca + Mg)}{100} \quad (4)$$

donde

RAS = Porcentaje crítico de saturación de Al requerido por un cultivo, variedad, etc. para superar la toxicidad del Al

Al, Ca, Mg = Cationes intercambiables en me/100g suelo

Para sembrar arroz en un suelo que tenga el 80% de saturación de Al con 8.0 me de Al, 1.5 me de Ca y 0.5 me de Mg, de acuerdo con la fórmula (2) se necesitaría:

$$1.65 \times 8 = 13.2\ t\ CaCO_3eq/ha$$

Suponiendo que se siembra una variedad de arroz que tolera una saturación de Al del 60%, entonces aplicando la fórmula (4), los requerimientos se reducen así:

$$\text{Cal requerida} = 1.8\ [\ 8 - \frac{60\ (10)}{100}\ ] = 3.6\ t\ CaCO_3eq/ha$$

Es fácil ver con este ejemplo que la adopción de esta fórmula, si se conoce la tolerancia de los cultivos al Al en términos de porcentaje de saturación, podría conducir a una utilización más racional, efectiva y económica de la cal.

Además de los problemas anotados, los suelos ácidos del trópico presentan una aguda deficiencia de P (Sánchez y Salinas 1983) y para obtener un buen rendimiento de arroz es necesario hacer aplicaciones relativamente altas de este elemento.

En muchos países se cuenta con materiales fosfatados tales como rocas fosfóricas molidas o parcialmente aciduladas, fosfatos de Mg fundidos, y escorias básicas (Thomas), las cuales muchas veces tienen un alto poder de neutralización. Si estos materiales son apropiados para obtener una buena fertilización fosfatada, también podrán servir paralelamente como substancias encalantes. En muchos casos, cuando no se requiere bajar la saturación de Al drásticamente, o cuando solo se necesita añadir Ca y/o Mg para nutrir el arroz, la sola adición de uno de esos compuestos fosfatados puede ser suficiente para evitar el uso de cal agrícola (CIAT, 1977). El uso contínuo de estos materiales por largos períodos de tiempo también puede ir mejorando paulatinamente un suelo hasta eliminar de él los problemas de toxicidad de Al y las deficiencias de Ca y Mg.

En América Tropical es muy poca la atención que se presta a la calidad de la cal agrícola que se utiliza y muchas veces solo se indica si es calcítica o dolomítica pero no se sabe nada respecto a su poder neutralizante y a su finura (López 1975). Por esta razón en muchos casos las recomendaciones de cal no surten los resultados esperados. O las partículas son demasiado gruesas, lo cual impide que la cal reaccione en el suelo, o la concentración del $CaCO_3$ ó del $CaCO_3$. $MgCO_3$ en el material es más bajo de lo que se suponía quien dió la recomendación. Es necesario cerciorarse de que la cal agrícola esté en forma carbonatada y de que un 100% pase por un tamiz No. 10 y un 50% pase por un tamiz No.100 (Sánchez y Salinas 1983). En algunos lugares usan $Ca(OH)_2$ pero su efecto residual es muy corto (NCSU, 1975).

Otro problema que se presenta en el uso de la cal es el poco tiempo que los agricultores dejan para que ésta reaccione en el suelo.

Generalmente se aconseja hacer apliaciones de cal por lo menos treinta días antes de sembrar, pues se considera que en este tiempo una gran parte de la cal ha reaccionado con el suelo bajando su saturación de Al. Sin embargo, el tiempo para que la reacción se complete depende de qué porcentaje de saturación de Al se desea obtener finalmente.

Con una misma cantidad de cal se lograrán diferentes saturaciones de Al dependiendo del tiempo de contacto de ésta con el suelo. Si queremos obtener una cierta saturación de Al del suelo, en un tiempo más corto del que generalmente se acostumbra, se deberá añadir una dosis más alta de cal que la recomendada (Sánchez, 1977).

Es importante también tener en cuenta la profundidad a la cual se incorpora la cal. Una cal aplicada muy superficialmente puede producir resultados negativos en el caso de cultivos cuyas raíces se localizan en una zona relativamente profunda. (NCSU, 1975).

Otro punto de gran interés agronómico y económico es el del efecto residual de una aplicación de cal. Como los suelos del trópico están sometidos a una lixiviación debido a la precipitación alta y a una elevada temperatura, el efecto residual del encalado dura menos que en las regiones templadas (Lathwell 1979). Este efecto también depende del ecosistema. Villachica (1978) señala que en las regiones húmedas tropicales el efecto de la cal dura menos que en las sabanas con una estación seca bien definida.

En los suelos de las regiones húmedas el Al ligado con la materia orgánica se libera más rápidamente y las bases son removidas por las plantas en mayor cantidad cuando se cultiva intensamente, además de que éstas se pierden por la alta lixiviación.

Gualdrón y Spain (1979) encontraron que en un Oxisol de Carimagua se perdieron de 1-2 toneladas de cal/ha en 4.5 años. Para contrarrestar esta pérdida, según Howeler (1975), sería necesario adicionar anualmente al suelo de 200-500 kg de cal/ha. Buen efecto residual se encontró en un Oxisol de Brasilia después de 66 meses de haber encalado con 1 ton de cal/ha pero con un cultivo y una variedad tolerante al Al (61% de saturación de Al y pH 4.2) (Sánchez y Salinas 1983).

2. Añadir Cal para nutrir la planta con Ca y Mg.

A pesar de que existe en América Latina Tropical muy poca investigación sobre el Ca y el Mg como nutrimentos para las plantas (Guerrero,1980), de acuerdo con los niveles críticos tentativos indicados en el Cuadro 3, se puede decir que habrá altas posibilidades de encontrar deficiencias de éllos en los suelos ácidos, en Oxisoles y Ultisoles, en Andosoles con baja saturación de bases (Dystrandept), en suelos arenosos de regiones húmedas, en suelos orgánicos fuertemente ácidos y en suelos derivados de materiales parentales pobres en magnesio.

Cuadro 3. Niveles críticos tentativos para interpretar las disponibilidad del Ca y el Mg en suelos de Colombia. Extracción con acetato de amonio 1N a pH 7.0 (Guerrero, 1980).

Nivel de disponibilidad	Calcio		Magnesio		
	me/100 g	saturación	me/100 g	saturación	Mg/K
Alta	6.0	40	1.0	10	1.5
Media	3.0-6.0	15-40	0.4-1.0	6-10	
Baja	3.0	15	0.4	6	1.0

Según Chapman (1966) es muy probable que se presenten deficiencias de calcio con el uso contínuo por largos periodos de tiempo de sulfato de amonio, el uso de materiales acidificantes como el azufre, la acumulación excesiva de potasio intercambiable que desbalancea la relación Ca/H, la acumulación excesiva de sodio cambiable, el cultivo contínuo de especies ávidas de calcio, el exceso de Al^{3+}, H^{+} y Mn^{2+} en la solución del suelo, y las adiciones reiteradas de materia orgánica que acidifiquen el suelo y que aceleren así las pérdidas por lixiviación. Las deficiencias de magnesio pueden producirse por las mismas causas y además por el sobreencalamiento con cal calcítica que desbalancea la relación Ca/Mg. (Embleton, 1966).

En el caso de los Oxisoles y Ultisoles del trópico americano los niveles de calcio y magnesio intercambiables son muy bajos y generalmente en la capa superior del suelo están entre 0.1-0.7 me de Ca/100 g y 0.06-0.4 me de Mg/100 g, siendo mucho menores en el subsuelo (Sánchez y Salinas 1983).

El calcio y el magnesio se consideran para el arroz, junto con el potasio y la sílice, como los elementos que ayudan a la resistencia de algunas enfermedades fungosas como "Bruzone", la pudrición del tallo y las raíces. El calcio mejora la estructura del suelo, da resistencia al arroz contra el volcamiento, limita la reducción de sulfatos a H2S, promueve el crecimiento de algas fijadoras de nitrógeno atmosférico y acelera la liberación del nitrógeno y del fósforo orgánicos. Aparentemente el arroz es bastante exigente en magnesio (Frye, 1984).

No es mucha la información que existe sobre las dosis de compuestos portadores de calcio y magnesio necesarias para satisfacer los requerimientos de las plantas de arroz pero las experiencias obtenidas por Calvo, et al (1977) y por Alvarado (sin fecha), en Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia, con niveles de 0.1 - 0.4 me/100 g de estos dos nutrimentos, señalan que para arroces de estatura alta son recomendables unos 250 a 500 kg de cal por hectárea, mientras que los arroces de estatura baja requieren adiciones de 2 o más toneladas de cal por hectárea.

De acuerdo con Sánchez y Owen (1982) los suelos de clase III de los Llanos Orientales de Colombia, donde se siembra arroz de riego son generalmente bajos en calcio. Por este motivo se recomienda añadir cal o calfos (Escorias básicas) para suministrar calcio como nutrimento. A pesar de que los suelos según su análisis químico son bajos en magnesio no se han observado deficiencias en los cultivos de arroz de riego. Trabajos realizados con magnesio no han mostrado beneficios económicos. En suelos de Clase III, cuando se establece arroz inundado no hay peligro de que se presente una toxicidad por aluminio, pues éste baja con la inundación. De todas maneras hay que suministrar calcio a las plantas mediante adiciones de cal. El ICA (Sánchez y Owen, 1982) recomienda el uso de la siguiente fórmula para las variedades de arroz que se siembran actualmente.

Cal requerida en t/ha = 0.35 x Al(me/100 g)

Es posible usar cal dolomítica aplicada al voleo e incorporada con rastrillo unos 15 a 20 días antes de la siembra.

3. Variedades tolerantes al aluminio o al manganeso altos en suelos ácidos.

Generalmente el crecimiento pobre del arroz de secano se atribuye a déficit de agua o a competencia con las malezas, pero se olvida que muchos de los suelos que se usan presentan altas saturaciones de aluminio intercambiable o altos contenidos de manganeso. Aparte de inundar el suelo no hay soluciones simples para mejorar esta situación, pues muchas veces no es posible encalar un suelo o resulta antieconómico. Por esta razón hace algunos años ha adquirido gran importancia la selección y el mejoramiento de plantas tolerantes a excesos de aluminio o manganeso en el suelo. (Ponnamperuma, 1976).

Según Salinas (1978) se han realizado varios intentos para explicar las causas de la tolerancia al aluminio por las plantas y han sido separadas en: (1) cambios diferenciales en la morfología de la planta y (2) cambios diferenciales en la fisiología y bioquímica de la planta, pero parece que el grado de tolerancia es una combinación estas dos causas.

La selección de un gran número de ecotipos que sean tolerantes a la toxicidad del aluminio se puede hacer en soluciones de cultivo, en el invernadero, en el campo o mediante la combinación de estos tres (Sánchez y Salinas, 1983). La selección en soluciones nutritivas se puede hacer midiendo el crecimiento relativo de las raíces de plantas que crecen en soluciones con concentraciones altas y bajas de Al^{3+} (Howeler y Cadavid, 1976) ó mediante la prueba de la hematoxilina (Polle et al., 1978). Los resultados obtenidos deben ser validados en el campo para continuar con una selección apropiada tal como están haciendo numerosos investigadores (Sánchez y Salinas, 1983). Los cultivares se pueden clasificar por el nivel crítico de saturación de aluminio del suelo necesario para alcanzar un determinado porcentaje del rendimiento máximo.

Este nivel crítico para un determinado suelo se puede expresar en términos de la cal requerida para llegar a dicha saturación de aluminio, usando la fórmula desarrollada por Cochrane et al., (1980). Es así como Salinas (1978) encontró que algunas variedades de arroz cultivadas en un Oxisol de Brasilia podrían producir el 80% de su rendimiento máximo cuando la saturación de Al iba desde no más del 25% (para Batatais) hasta más del 70% (para Pratao precoce). Para lograr estas saturaciones tendría que añadir al suelo desde 1.,4 ton/ha hasta solo 200 kg cal/ha, respectivamente.

A pesar de que la toxicidad del manganeso es menos común que la del aluminio, ésta puede ser un factor limitante en algunos suelos dedicados al cultivo del arroz. Generalmente se encuentra en suelos altos en manganeso fácilmente reducible, con altos contenidos de materia orgánica que pueden causar condiciones anaeróbicas temporales. A pH menor de 5.5 el manganeso es muy soluble y lo es más, bajo condiciones anaeróbicas llegando a ser tóxico aún a pH 6.0 (Sánchez y Salinas, 1983). Como para incrementar el pH de un suelo ácido hasta 6.0 generalmente requiere de altas adiciones de cal, es más aconsejable buscar variedades tolerantes al manganeso que invertir grandes sumas de dinero en el encalado de un suelo.

A pesar de que puede haber variedades de arroz tolerantes a altas saturaciones de aluminio en el suelo o de manganeso fácilmente reducible, que podrían eliminar la necesidad de encalar, de todas maneras las plantas requieren calcio y magnesio. Dichos requerimientos pueden ser suplidos con pequeñas adiciones anuales o semestrales de cal dolomítica que en muchos casos resulta más económica que la fertilización con otras sustancias portadoras de estos dos nutrimentos.

FERTILIZACION CON POTASIO PARA EL CULTIVO DEL ARROZ

La mayoría de los Oxisoles y Ultisoles en América Latina presentan bajas reservas de potasio y con el tiempo su deficiencia va en aumento (Ritchey, 1979). Por añadidura parece que la aprovechabilidad del potasio

tiende a disminuir en condiciones de inundación pues forma compuestos insolubles con el aluminio y el hierro reducidos, también porque el exceso de CO_2 y de ácidos orgánicos y la falta de oxígeno hacen que la planta pierda su capacidad de absorber este elemento.

Por otra parte el potasio se puede perder por lixiviación, especialmente en suelos con baja CIC y cuando es desplazado por el NH_4^+ que proviene de la adición alta de fertilizantes nitrogenados.

Aproximadamente el arroz extrae unos 17 g de K_2O por kg de paddy ó 120 kg K_2O/ha con una producción de 7 ton/ha de paddy. Su absorción es más rápida que la de otros nutrimentos y mayor que la del N en los primeros estados del cultivo. Es crítica poco antes y después del macollamiento (Frye, 1984). A los sesenta días un buen contenido de K_2O en las hojas de arroz es del 2.7%.

Fertilización con potasio

La respuesta del arroz al potasio ha sido siempre menos frecuente que las respuestas al N y al P y a veces es errática. No obstante, a este elemento se le atribuye la resistencia al volcamiento, la baja susceptibilidad a algunas enfermedades y el incremento de la eficiencia del N y P que se añaden al suelo. Muchos autores consideran que es necesrio aplicar potasio al arroz cuando: 1) se hacen altas aplicaciones de nitrógeno, 2) se siembra en suelos compactos de mal drenaje,, 3) hay condiciones climáticas y fitosanitarias desfavorables, 4) se siembra en suelos livianos lixiviados pobres en potasio y 5) hay en el suelo exceso de calcio, magnesio o sodio con respecto al potasio (Frye, 1984).

Mundialmente se considera que en promedio se incrementa la producción en 2 kg de arroz por cada kg de K_2O aplicado. En promedio en el mundo se aplican en arroz 80 kg K_2O/ha, variando entre 30 y 140 kg K_2O/ha.

Antiguamente se aplicaba todo el potasio antes de la siembra, pero el fraccionar el fertilizante parece que mejora los rendimientos. Generalmente el ICA en Colombia recomienda aplicar 60 kg K_2O/ha cuando el suelo tiene menos de 0.15 me/100 g de potasio intercambiable, añadidos antes o a la siembra (Sánchez y Owen, 1982).

Recomendaciones para fertilizar

Estas generalmente se basan en el análisis del suelo.

1) Si el contenido de potasio intercambiable es mayor de 0.15 me/100 g y la relación $\frac{Ca,Mg,Na}{K}$ está entre 30 y 40, pero no es mayor de 40, se deben aplicar entre 20 y 40 kg K_2O/ha.

2) Si el K intercambiable es menor de 0.15 me/100 g o la relación Ca, Mg, Na/K es mayor de 30-35, se deben recomendar entre 50 y 120 kg K_2O/ha.

A medida que el contenido de potasio se hace más bajo en el suelo, se

deben incrementar la adición de éste, igual que cuando la relación Ca, Mg, Na/K va aumentando. Si se han recomendado altas dosis de N y P se deberá incrementar la dosis de potasio pues así se disminuirán los efectos desfavorables del exceso de N ó de P y se logrará una mayor eficiencia de estos dos nutrimentos.

Epocas de aplicación del potasio

1) Si los suelos son pesados y/o la recomendación es menor a 40 kg K2O/ha: incorporar superficialmente el 50% a la siembra o un poco antes y aplicar el otro 50% al iniciar el macollamiento.

2) Si los suelos tienen buena infiltración y/o baja CIC y la dosis es mayor de 40kg K2O/ha: repartir un 40% a la siembra, un 30% al iniciar el macollamiento y el 30% restante unos 15 a 20 días antes de iniciar el embuchamiento (45-50 días después de la germinación para variedades tempranas).

Fuentes de potasio

La fuente más utilizada es el CKl que contiene generalmente un 60% de K2O. Se puede usar también el K2SO4 en el caso de suelos pobres en azufre, siempre y cuando resulte más económico que usar otro fertilizante que contenga azufre. Los ensayos realizados no han mostrado diferencias significativas cuando se compara el uso de estas dos fuentes (Howeler y Spain, 1978). Cuando hay en el suelo deficiencias de magnesio se puede usar un fertilizante doble como el sulfato de potasio y magnesio o sulfomag. Recientemente se está ensayando otras fuentes de potasio de lenta disponibilidad como los feldespatos o productos "compactados" a base de KCl pero hasta el presente no se tienen resultados concluyentes ni halagadores.

Soluciones para economizar potasio

Desafortunadamente en el caso del potasio no se han encontrado soluciones de tipo "genético" como con el aluminio y el fósforo, pues no hay diferencias inter o intra específicas mayores en términos de tolerancia de las plantas a bajo potasio disponible en el suelo.

Aparte de hacer aplicaciones divididas de potasio para aumentar su eficiencia, se debe evitar el remover los residuos de las cosechas con el fin de practicar un cierto reciclaje del elemento (Sánchez y Salinas, 1983).

BIBLIOGRAFIA

Abruña, F. and J. Vicente- Chandler, 1967. Sugarcane yields as related to acidity of a humid tropic Ultisol. Agron. J. 59: 330-331.

Abruña, F., R.W. Pearson, and R. Pérez - Escolar, 1975. Lime response of corn and beans grown on typical Oxisols and Ultisols of Puerto Rico. 261-282 in E. Bornemisza and A. Alvarado, (ed.) Soil management in tropical America, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.

Calvo, F.A., J.M. Spain, y R.H. Howeler, 1977. Suelos Ecuatoriales, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Volumen 8:151-159.

CIAT, 1973. Informe anual 1973. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

_____, 1977. Annual Report 1977. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.

_____, 1981. Química de los suelos inundados; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Luis A. León. Producción : Oscar L. Arregocés. Cali, Colombia. 35p. (Serie 04SR-09.01).

Cochrane, E.T., J.G. Salinas and P.A. Sánchez, 1980. An equation for liming acid mineral soils to compensate for crop aluminum tolerance. Trop. Agric. (Trinidad).

Chapman, D.H. 1966. Calcium, p. 484-499. In Chapman, D.E. (ed.) Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, University of California.

Embleton, W.T. 1966. Magnesium p. 225-263. In Chapman, D.H. (ed.) Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, University of California.

Evans, C.E. and E.J. Kamprath. 1970. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al_1 and organic matter content. Soil Sci. Soc. Am., Proc. 34:893-896.

FAO-UNESCO. 1971. Soil map of the world. Volume IV: South America. UNESCO, Paris.

Foster, H. L. 1970. Liming continuosly cultivated soils in Uganda. East Afr. Agric. For J. 36:58-59.

Frye, A. 1984. Los suelos bajo inundación y la fertilización del arroz. p. 44-79 en Monómeros Colombo Venezolanos, S.A. (Abonos Nutrimón) Barranquilla, Colombia.

Goodland, R.J.A. and H.S. Inwin, 1975 Amazon Jungle: Green Hell to Red Desert, Elsevier, Amsterdam.

Gualdrón, R. y J.M. Spain. 1979. Calcio y magnesio: Ocurrencia y magnitud de los problemas en suelos ácidos. p. 131-146 en F. Silva (ed.) Suelos salinos y elementos secundarios. Memorias del VI Coloquio de Suelos. Suelos Ecuatoriales, SCCS, Volumen X NO. 2.

Guerrero, R. 1980. El diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. p. 141-199. En F. Silva (ed.) Fertilidad de Suelos, Diagnóstico y Control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia.

Howeler, R.H. 1975. Tech. Bull. CIAT, Cali Colombia.

Howeler, R.H., and L.F. Cadavid, 1976. Screening of rice cultivars of tolerance to Al-toxicity in Nutrient Solutions as compared with a field screening method. Agronomy Journal 68:551-555.

Howeler, R.H. y J.M. Spain, 1978. Fertilización potásica en algunos cultivos de clima cálido, p.59-61 en Silva, F. (ed.) Memorias del V Coloquio de Suelos, potasio y micronutrientes en la agricultura colombiana. Suelos Ecuatoriales (Colombia). Vol. IX No. 2.

Juo, A.S.R. 1977. Soluble and exchangeable aluminum in Ultisols and Alfisols in West Africa. Commun. Soil Sci. Plant an. 8:17-35.

Kamprath, E.J. 1978. Lime in relation to Al toxicity in tropical soils. 233-245. in C.S. Andrew and E.J. Kamprath, (ed.) Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne, Australia.

_____. 1980. Soil acidity in well drained soils of the tropics as a constraint to food production. p. 173-187. In: Priorities for alleviation soil-related constraints to food production in the tropics. International Rice Research Institute, P.O. Box 933. Manila, Philippines.

Lathwell, D.J. (ed.) 1979. Cornell Int. Agr. Bull. 35.

León, L.A. 1971. Teorías modernas sobre la naturaleza de la acidez del suelo. I- Los iones intercambiables en suelos ácidos. Revista Suelos Ecuatoriales (Colombia), SCCS. 3(1): 1-23.

Lin, C. and N.T. Coleman, 1960. The measurement of exchangeable aluminum in soils and clays. Soil Sci. Soc. Am., Porc. 24: 444-446.

Lópes, A.S. 1975. M.S. Thesis, North Carolina State University, Raleigh.

McNeil, M. 1964. Sci. Am. 211, 96-102.

Morris, H.D. 1948. The soluble Manganese content of acid soils and its relation to the growth and Manganese content of sweet clover and lespedeza. Soil Sci. Soc. Am., Proc. 13:362-371.

North Carolina State University. Soil Science Department, 1975. Agronomic-Economic Research on Tropical Soils. Annual Report for 1975.

Nye, P., D. Cnaig, N.T. Coleman and J.L. Ragland. 1961. Ion exchange equilibrium involving aluminum. Soil. Sci. Soc. Am., Proc. 25:14-17.

Pearson, R.W. 1975. Soil acidity and liming in the humid tropics. Cornell Int. Agric. Bull. 30, Cornell University, Ithaca, New York.

Ponnamperuma, F.N., 1976. Screening Rice for Tolerance to Mineral Stresses. p.341-353 in M.J. Wright (ed.) Plant Adaptation to mineral stress in problem soils. Cornell University, Ithaca, New York.

Ritchey, K.D. (ed.), 1979. Cornell Int. Agric. Bull. 37

Salinas, J.G. 1978. Differential response of some cereal and bean cultivars to Al and P stress in an Oxisol of Central Brazil. Ph.D. Thesis. North Carolina State University, Raleigh 326 pp.

Sánchez, L.F. y E.J.Owen, 1982. Fertilización de cultivos anuales en los Llanos Orientales, p. 161-181. en Silva F. (ed.) Uso y Manejo de los Suelos de la Orinoquía y de la Amazonía. Memorias del VII Coloquio de Suelos, Villavicencio. Suelos Ecuatoriales, Soc. Col. de la Ciencia del Suelo. Vol. XII No. 2.

Sánchez, P.A. 1977. Advances in the management of Oxisols and Ultisols in tropical South America. In proceedings. International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture. Society of the Science of Soil and Manure. Tokyo.

Sánchez, P.A., and J.G. Salinas. 1981. Low- Input Technology for Managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. In: Advances in Agronomy, Vol. 35 p. 279-406.

_____. 1983. Suelos ácidos. Estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, A.A. 51791, Bogotá, Colombia.

Soarez, W.V., E. Lobato, E. González and G.C. Naderman. 1975. Liming soils of the Brazilian Cerrado. 283-299 in E. Bornemisza and A. Alvarado, (ed.) Soil Management in Tropical America. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.

Villachica, J.H. 1978. Ph.D.Thesis, Nort Carolina State University, Raleigh.

CAPITULO VII

AGUA Y RIEGO

DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO Y MANEJO DE AGUA

REQUISITOS DE AGUA Y METODOS DE RIEGO EN EL CULTIVO DEL ARROZ

DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO Y DISTRIBUCION DEL AGUA

M. Grillo F.

El agua es cada vez más escasa y costosa. El aumento de la población humana y la creación de nuevas industrias, compiten con la disponibilidad del agua para la agricultura. Por otra parte, la deforestación de las cuencas hidrográficas ha ocasionado una disminución de los caudales naturales. Todo ésto ha impulsado a que se desarrollen cada vez mayores esfuerzos para mejorar el uso del agua de riego en la agricultura.

Por estas razones, las áreas agrícolas a medida que se desarrollan, van cambiando gradualmente el patrón de cultivos. Solo perduran aquellos cultivos que permiten un uso más eficiente del agua de riego. El arroz, por ejemplo, se considera como uno de los cultivos que demanda una mayor cantidad de agua, de 10.000 hasta más de 30.000 m3/ha/cosecha, de acuerdo con la eficiencia en el riego. Ha sido esta la causa fundamental por la cual se ha ido desplazando el cultivo a regiones donde existe abundante agua disponible para riego y su precio no represente un incremento notable en el costo total del cultivo.

De allí la importancia de que a medida que se obtienen variedades más productivas y se crean prácticas de cultivo más adecuadas, se desarrollen paralelamente métodos eficientes en el uso del agua de riego. De lo contrario podría ocurrir que los beneficios obtenidos con las nuevas variedades y prácticas, solamente sirvan para compensar el incremento de los costos en el riego. Por consiguiente, existe la necesidad de dar una mayor atención a aquellos factores que determinan el uso eficiente del agua, como son, el diseño del sistema de riego y los aspectos relacionados estrechamente con éste, tales como el tipo de suelo, la topografía y las características geográficas del terreno.

En el riego del arroz, el suelo se cubre con una capa de agua a una profundidad que ayuda a controlar el crecimiento de las malezas sin dañar el cultivo; ésto es conocido como inundación. Después se adiciona continuamente el agua perdida por evapotranspiración, percolación profunda y en las filtraciones de los diques, lo cual se llama mantenimiento de la inundación. El exceso de agua aplicada es luego drenada por gravedad y se usa en melgas similares de menor elevación.

El riego por inundación se adapta a suelos de textura media a pesada, con una capacidad de retención de humedad aprovechable no menor de 1.0 mm/cm (10%), para una profundidad de raíces superiores a 10 cms. Debido a la dificultad de mantener la inundación, los suelos deben ser pesados de lenta infiltración, o contener una capa impermeable cercana a la superficie, con una tasa de permeabilidad menor de 0.05 cm/hr.

Los mejores resultados en arroz inundado se obtienen cuando la pendiente del terreno es menor de 0.5%. No obstante, se pueden emplear terrenos con pendientes mayores, pero se incrementan proporcionalmente los costos de nivelación y las melgas son más angostas. En este caso los suelos deben ser lo suficientemente profundos para permitir la nivelación sin pérdida de su productividad.

METODOS DE ADECUACION PARA RIEGO EN ARROZ

Tradicionalmente, en el cultivo del arroz se han venido utilizando dos métodos de diseño para riego en arroz: el de pozas o parcelas de inundación y el de melgas en contorno. El método de pozas esencialmente consiste de secciones cuadradas o rectangulares con la superficie a nivel; generalmente se usa en unidades agrícolas pequeñas.

En el método de melgas en contorno las secciones son mayores y se trazan en franjas casi a nivel. El agua aplicada es retenida en cada lote por diques pequeños (caballones o rebordas) que rodean cada franja, construídos longitudinalmente siguiendo una curva a nivel.

Existen otras formas de riego que no incluyen nivelación, lo cual no permite mantener una lámina de agua sobre el suelo, excepto en terrenos de mínima pendiente.

Información básica

La planificación del sistema de riego debe estar precedida de un estudio completo y detallado del área, con el objeto de que la planificación del proyecto se base en una información sólida. La mayor parte de los fracasos de los sistemas de riego radican principalmente, en que no se conocen con detalle los suelos, la topografía, el agua disponible, etc. del área en consideración.

1. Se requiere de un mapa detallado de suelos del área a irrigar con el sistema de inundación, considerando lotes o fincas medianas o grandes. Se deben conocer las características de infiltración de cada uno de los tipos de suelos. También es esencial conocer la capacidad de retención de humedad aprovechable de las capas más importantes del suelo y la permeabilidad de la capa restrictiva cuando exista.

2. El mapa topográfico del área facilita la planeación del sistema de riego. En adición a las líneas de contorno, el mapa debe indicar la localización y altura de las fuentes de agua y la salida de las aguas de drenaje. También los canales, caminos y construcciones existentes.

3. Se debe medir o estimar el caudal de las aguas de riego disponibles, a fin de determinar el número de hectáreas que se pueden regar.

ADECUACION DE TERRENO

Las Figuras 1,2,3 y 4 ilustran los diferentes grados o formas, en que se pueda adecuar un mismo terreno para riego en arroz. Sin ninguna nivelación (Figura 1), se puede requerir una gran longitud de diques o caballones y canales; el agua no se puede aplicar uniforme o eficientemente; el manejo del agua es difícil; y los costos de producción, especialmente por la cantidad de mano de obra y cantidad de agua usada, son altos.

Figura 1.

Topografía típica de un lote de 16.2 ha; para ser regado por melgas en contorno mostrando rebordas y drenes.

Figura 2.

Mismo lote mostrando rebordas en contorno después de una ligera nivelación.

Melgas en contorno Previo a la nivelación del terreno se requiere un emparejamiento, mal llamado por algunos nivelación. Se trata de la eliminación de las pequeñas irregularidades de la superficie del terreno, lo cual mejora la topografía del terreno sin cambiar la pendiente natural. Este aislamiento de la superficie se hace generalmente con un marco nivelador y permite el establecimiento de un sistema de riego y drenaje, pero todavía los diques, canales de riego y drenajes resultan demasiado largos y las melgas son irregulares en forma y variables en tamaño, lo cual dificulta el riego eficiente (Figura 2).

Nivelación del terreno

Para una más eficiente operación en preparación y siembra, manejo del cultivo y del equipo de cosecha y para un mejor manejo del agua de riego, los diques o caballones deberían ser paralelos y las melgas tener un ancho uniforme. Para obtener este resultado es necesario efectuar una labor de nivelación del terreno de manera tal, que se puedan obtener curvas de contorno ligeramente rectas y uniformemente esparcidas.

Existen varios métodos de nivelación de terrenos. Estos métodos se pueden dividir en dos grupos: a) En el primer grupo el terreno se nivela en planos o serie de planos. Este método generalmente se emplea para el riego por melgas rectangulares y requiere de un gran movimiento de suelo (Figura 3). b) El método de las superficies plegadas (Figura 4) hace uso de la topografía natural y como resultado los cortes y rellenos, las distancias de acarreo y los costos son minimizados. Además, se disturba menos el suelo durante la labor de nivelación y hay menor probabilidad de exponer en la superficie capas improductivas debido a cortes profundos.

Método de contorno. En el método de superficies plegadas, se presentan varias ventajas para la nivelación de terrenos donde se sembrará arroz. Básicamente en este método se ajustan o corrigen las líneas de contorno de un mapa topográfico, para luego nivelar dentro de ella.

Las ventajas prácticas de este método son:

a. Se pueden "suavizar" las curvas de contorno ahorrando un gran movimiento de tierra y facilitando labores mecánicas.

b. Es rápido y permite diseñar una gran área en muy corto tiempo.

c. Los costos de nivelación son normalmente más bajos que los obtenidos por los métodos de planos.

La Figura 5 presenta un ejemplo simplificado de la manera como se emplea este método para el cálculo de cortes y rellenos.

Organización de la nivelación y construcción de los diques

Una vez terminado el trabajo de emparejamiento, se obtiene un nuevo plano topográfico y en él se marcan los diques paralelos a lo largo de las líneas de contorno. Cuando estas líneas resultan muy sinuosas, se suavizan eliminando los quiebres muy abruptos. Generalmente las rebordas se trazan con una diferencia de nivel alrededor de 6 cm para suelos muy planos y

Figura 3.

El mismo lote después de nivelación y la construcción de melgas uniformes.

Figura 4.

El mismo lote después de la construcción de las rebordas paralelas y la nivelación de las melgas.

Figura 5. **Ejemplo de cálculos de nivelación por el método del contorno. L. C. representa la curva corregida de cota 100.00.**

hasta 15 cm en suelos profundos de mayor pendiente.

Debe anotarse que siquiendo el procedimiento descrito, la superficie de cada melga queda con la pendiente natural de terreno. Esto es, la superficie es inclinada. Cuando se quiere mejorar aún más la eficiencia del riego, se pueden proceder a hacer una segunda nivelación bajo agua por el método conocido como "fangueo" aunque también podría realizarse en seco, es menos práctico. En este caso, la superficie de cada una de las melgas queda a nivel.

La Figura 4 presenta un lote de terreno donde se efectuó previamente una nivelación, y posteriormente a ésta se construyeron las rebordas. Puede observarse en este caso, que las rebordas tienden a ser paralelas entre sí, no presentan quiebres abruptos y la longitud de las mismas tiende a ser mucho menor que en suelos sin nivelar. Por otra parte, se puede también observar que el tamaño de las melgas es muy similar entre sí. La Figura 3 presenta el mismo lote, donde primero se construyeron las rebordas conformando melgas rectangulares de igual tamaño, posteriormente se niveló independientemente cada melga, hasta obtener una superficie plana. En este último método los cortes y rellenos de tierra fueron mayores, y consecuencialmente su costo fue más alto, pero en compensación la eficiencia en el manejo del agua de riego es mayor y los costos de producción pueden ser menores.

NORMAS GENERALES DE DISEÑO DE LA PLANTACION

Objetivos del diseño. Los objetivos básicos de un diseño de campo son: obtener un eficiente uso del agua de riego, reducción de los requerimientos de mano de obra, facilidad de operación de la maquinaria de preparación y cosecha, y facilidad de acceso para efectos de supervisión del cultivo.

Tamaño de las melgas. El primer paso a seguir en la construcción de los diques o caballones, es definir el tamaño máximo que pueden tener las melgas para que puedan ser irrigadas eficientemente, con el caudal disponible de riego. El tamaño mínimo aceptable es de 1/4 a 1/5 de hectárea.

Forma de las melgas. La forma de las melgas es muy importante, por lo tanto, se debe buscar que la forma final se aproxime a la rectangular por las razones antes expuestas. Las rebordas o caballones deben se rectos o en curvas muy suaves y paralelas entre sí. La forma rectangular constituirá la forma ideal por cuanto facilitará la aplicación del agua de riego y la operación de la maquinaria de preparación y de cosecha.

La longitud máxima de las melgas debe ser de 200 m. cuando se drena en un solo extremo o hasta 400 m. cuando se drena en ambos sentidos. El ancho mínimo de las melgas debe ser de 12 m para permitir espacio suficiente para la operación de la maquinaria.

Distancia vertical entre rebordas o caballones. El intervalo vertical ideal entre diques varía entre 5 a 12 cm, según la menor o mayor pendiente natural del terreno. Intervalos verticales menores a éstos pueden utilizarse en terrenos muy planos para reducir el tamaño de las melgas y

hacerlas compatibles con el caudal disponible de riego. Algunas veces los intervalos verticales pueden ser mayores en pequeñas partes, para mantener un ancho mínimo de las melgas de 12 m.

Dimensiones de los caballones. La altura de los caballones previamente asentados debe ser igual a la suma de la distancia vertical entre caballones, mas la profundidad del agua a aplicar y de un bordo libre no menor de 9 cm., para proveer protección contra la acción de las olas. Para caballones no compactos se debe adicionar por lo menos 9 cm para asentamiento.

La altura de construcción de un dique de riego típico con intervalo de 6 cm puede ser de 25 a 35 cm según éste se haya compactado o no, (Cuadro 1).

Cuadro 1. Altura de construcción de un dique de suelo compactado o antes del asentamiento.

Variable altura	Asentado	Sin asentar
Intervalo vertical entre curvas	6 cm	6 cm
Lámina de riego	10 cm	10 cm
Bordo libre	9 cm	9 cm
Asentamiento	-	9 cm
Altura inicial o final del dique	25 cm	34 cm

La pendiente de los lados del dique no debe ser menor de 3:1. Esto significa que para un dique de 25 cm (asentado) y 30 cm de corona, el ancho de la base debe ser aproximadamente de 1.80 m.

Usualmente se construye un pequeño canal en el lado superior de los diques. Este canal tiene una profundidad no menor de 15 cm con taludes de 1.5:1. El material excavado para la construcción del canal se usa en la conformación del caballón. Este canal es usado tanto para drenar cada melga, como para dirigir dentro de la melga al agua de riego.

Vías carreteables Cada una de las melgas en contorno debe tener acceso a través de una vía carreteable. Estas vías tienen una particular importancia si la cosecha tiene que hacerse durante un clima lluvioso. La Figura 6 presenta el diseño de un lote de arroz con melgas en contorno. En la misma

Figura 6. **Sistema de distribución y pozas para el riego de arroz.**

ilustración se puede observar la forma y dimensiones de los caminos, los caballones y los métodos para la aplicación y control del agua.

SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUAS

El sistema de distribución consiste de las facilidades requeridas para conducir el agua, desde la fuente de suministro hasta el punto más alto de cada lote a irrigar. Generalmente el agua es conducida por canales abiertos elevados. Estas facilidades también incluyen las estructuras y válvulas de distribución y medición, requeridas para controlar y dirigir el agua de los canales a los campos, en las cantidades adecuadas.

La capacidad del sistema de conducción debe ser igual o mayor que la suma de los caudales de riego mínimos requeridos de cada lote. Debido a que la entrega del agua a los lotes se hace por gravedad, el agua se debe conducir más alta que la superficie del terreno y la cabeza hidráulica no debe ser menor de 15 cm. El bordo libre del canal de conducción no debe ser inferior de 45 cm y sus taludes deben tener pendiente de 1.5:1.

Operación de los riegos

En el riego del arroz hay cuatro operaciones diferentes.

a. Control de humedad para germinación y establecimiento del cultivo

b. Inundación

c. Mantenimiento de la inundación

d. Drenaje de las melgas

La Figura 7 presenta esquemáticamente, a manera de ejemplo, el manejo del riego durante un ciclo completo del desarrollo del cultivo. Este esquema solamente se presenta como una guía general, por cuanto pueden haber variaciones con el tipo de preparación del suelo, variedad del arroz, el clima, las características de los suelos y el manejo de la inundación. Además en la práctica se pueden presentar necesidades imprevistas que obligan a cambiar el esquema propuesto.

Por cada una de las operaciones del riego se debe contar con dos tipos diferentes de estructuras. La primera de éllas se refiere al control y derivación del agua del canal de riego a las melgas. Generalmente consta de: a) el regulador del nivel del agua; y b) compuerta de entrada de agua.

Los reguladores de agua del canal regador pueden ser simplemente trinchos de bambú o de madera, como el que presenta la Figura 8. Las compuertas de entrada pueden ser tubos de aluminio corrugado como el que presenta la Figura 6 o compuertas de madera como la que aparece en la Figura 9.

El segundo tipo de estructura esencial para la operación del riego es el canal que se construye en el lado superior de cada dique.Este conduce al agua, primero a lo largo de la parte inferior de cada melga, después cuando

Figura 7. **Esquema del manejo del agua en un arrozal en función de las etapas de desarrollo de la planta para variedades de 140 días.**

Figura 8. **Tipo de regulador de nivel sencillo.**

Figura 9. **Compuerta de madera para regular la entrada de agua a una terraza.**

Figura 10. **Dos sistemas para regar un campo. A, riego por grupos de terrazas, lotes pendientes. (1 entrada de agua para 3 terrazas en el caso de la figura); B, riego por terrazas independientes (1 entrada de agua por terraza). Se nota que la pendiente débil ha permitido reducir el número de terrazas y de reguladores en el canal. En ambos casos, el drenaje puede hacerse por terraza.**

el canal está lleno, el agua empieza a cubrir uniformemente el área sin erosionar. Además es importante cuando se trata de desaguar el terreno, asi que debe tener acceso a un canal de drenaje. El correcto uso de este canal puede mejorar sustancialmente la eficiencia del riego y por consiguiente representa una gran economía del agua.

La entrada del agua al terreno se puede hacer en dos formas, bien sea con una compuerta para un grupo de melgas y paso entre éllas, o haciendo una entrada individual para cada melga. La Figura 10 representa estos dos sistemas. La desventaja del primer sistema estriba en que se deben construír vertederos en los diques que regulen el nivel del agua a cada melga del grupo, pero se requieren menos compuertas de entrada y de reguladores de nivel en el canal regador. La segunda forma permite una mejor regulación de entrada de agua a cada parcela, disminuye roturas de los diques, evita al regador la entrada al campo para revisar los vertederos y permite manejar el riego de una melga en forma independiente de las demás cuando sea necesario. Esta forma presenta como desventaja el que se necesita una mayor cantidad de estructuras, lo cual en suelos no planos (con melgas pequeñas) tienen una mayor incidencia en los costos.

Eficiencia del agua de riego

Como en los otros métodos de riego por gravedad, la eficiencia en el uso del agua en el método de melgas en contorno, depende de las características físicas del suelo, el diseño, planeamiento y construcción del sistema, y el cuidado en la operación. Asumiendo una buena planeación, construcción y operación, se puede obtener una eficiencia de riego del orden del 50 al 60%.

BIBLIOGRAFIA

U.S.Soil Conservation Service, 1961. Irrigation, Natl. Eng. Handbook, Section 15, Chapter 12, Land Leveling, Washington, D.E.

Zimmerman, J.D. 1966. Irrigation, John Wiley & Sons, Inc. New York. 190-195 p.

REQUISITOS DE AGUA Y METODOS DE RIEGO EN EL CULTIVO DEL ARROZ

E. Tascón J.

El desarrollo del cultivo en el mundo ha sido paralelo a los avances en irrigación. Chandler, (1979) indica que el aumento de la producción arrocera en Colombia ha sido consistente con el incremento en el área irrigada, aparte del empleo de nuevas variedades y otras tecnologías. Por otra parte, es importante considerar que el agua afecta, tanto el carácter físico de la planta de arroz, como su nutrición y competencia con las malezas; incidiendo estas interacciones sobre el rendimiento (De Datta, 1981).

En este artículo se discuten, los requerimientos de agua, los efectos de su manejo y los métodos de riego.

USO CONSUNTIVO Y REQUERIMIENTOS DE AGUA

Los requerimientos de agua para una cosecha normal varían con las condiciones climáticas, las condiciones físicas del suelo, el manejo del cultivo y el período vegetativo de la variedad. Están representados por el uso consuntivo y las pérdidas de agua.

Se conoce como uso consuntivo, el agua necesaria para cubrir la transpiración de la planta, la evaporación desde la superficie del suelo y la usada en formación del follaje. El uso consuntivo (E.T.) constituye un componente fundamental del gasto de agua por el cultivo. La otra parte del gasto está representada por la percolación profunda y las pérdidas laterales por filtración a través de la capa superficial del suelo, incluídos los muros o diques finales. A nivel de finca deben tomarse en cuenta otras pérdidas que ocurren en la conducción y aplicación del riego, las cuales pueden alcanzar un volumen tan grande como 30% del total disponible.

En la Figura 1, puede verse esquemáticamente el balance de agua para una parcela sembrada de arroz, donde el riego, la lluvia y en menor grado el agua capilar, compensan el gasto del cultivo.

Analicemos cada uno de los componentes del sistema :

Evaporación

Se refiere a la pérdida de agua desde el suelo saturado o sumergido generada por la diferente presión de vapor entre la superficie del suelo y la atmósfera. Está directamente relacionada con la radiación solar y la temperatura, y en relación inversa con la humedad ambiental y la cobertura del suelo por el cultivo. La capacidad de retener el vapor, o sea la energía advectiva del aire, y su velocidad inciden directamente sobre la evaporación incrementándola.

Figura 1. Diagrama del balance de agua para una parcela inundada sembrada de arroz.

Estudios realizados en el IRRI (1970), indican que la evaporación en el cultivo durante los primeros días, es casi igual a la obtenida en tanques (evaporímetros) pero a medida que el cultivo se desarrolla y cubre el suelo, la evaporación se reduce en forma acentuada mientras que la transpiración aumenta (Figura 2).

Transpiración

Está relacionada igualmente con el ambiente, principalmente la radiación, e influída por el aumento de biomasa del cultivo. El agua incluída o sea la cantidad de agua retenida por la planta para formar tejidos, sólo alcanza el 2%, según Mela 1971, siendo el resto evaporado a través de los estomas.

La transpiración ocurre principalmente en horas diurnas, ya que en la noche, sólo transpira entre un 5 a 10%. Johnson (1972) indica que la planta evapora aproximadamente 1.1 mm de agua diariamente por cada 100 cal-gr/cm2/día, lo cual representa entre 3.3 y 6.6 mm/día para lugares del trópico.

Evapotranspiración

Normalmente los anteriores fenómenos se estudian conjuntamente y se les denomina evapotranspiración (E.T.) (Figura 2). Según De Datta (1975), la evapotranspiración en el trópico en épocas húmedas varía entre 3-5 mm y en épocas secas de 5-7 mm como promedio del ciclo del cultivo. Ougkingo y Levine (1975), dan para el trópico valores promedios de 4 a 6 y valores altos de 6 a 8 mm para épocas secas con viento. En República Dominicana, Castillo et al, (1977), realizaron estudios de E.T. y determinaron un promedio varietal de 6.8 a 7.2 mm por día en primavera (época de lluvias), con variación entre 3 y 11 mm. Para la época seca, el promedio varietal estuvo entre 7.5 y 8.1 mm/día y varió entre 3 y 12 mm/día, según edad del cultivo y las condiciones ambientales; la diferencia en E.T. varietal se debió a la duración de su ciclo. En la Costa del Perú, Cumpa (1981) encontró un uso consuntivo medio de 7.37, 6.82 y 6.09 para los años 76, 77 y 78 respectivamente. La evaporación fue en todos los casos baja, menor de 3.5 mm/día.

Relación de evapotranspiración y evaporación

La relación entre estas dos variables ha sido utilizada en algunos lugares con el fín de calcular el uso consuntivo en base a la evaporación en tanques con fondo. Ensayos realizados en IRRI (1978), arrojaron los siguientes resultados:

Relación $\frac{E.T.}{E} = \frac{396}{308} = 1.29$ (1966 periodo de lluvias)

Relación $\frac{E.T.}{E} = \frac{441}{285} = 1.55$ (1966 época seca)

Relación $\frac{E.T.}{E} = \frac{589}{378} = 1.56$ (1977 época seca)

Figura 2. **Medida de la evapotranspiración, la evaporación superficial y la transpiración calculada para IR 8 cultivada en tanques con fondo. IRRI 1970, estación húmeda.**

Estos resultados son semejantes a los promedios obtenidos por Castillo y otros (1977) en Dominicana, que fueron 1.47 en época de lluvias y 1.66 en época seca.

Las anteriores cifras indican una menor relación, E.T./E. durante la época húmeda, mientras que en los períodos secos la relación tiende a ser mayor. Esta nos permite realizar cálculos teóricos sobre el uso consuntivo, en base a la evaporación registrada en el área, para una época de cultivo.

Existen otras fórmulas teóricas, basadas en estudios hidrológicos, para calcular el uso consuntivo, p.e. Penman y Thornthwhile, pero su empleo es más dispendioso y requiere de mayor información climática.

Filtración lateral

Depende de la topografía, textura y estructura del suelo. Se incrementa con la altura de la lámina de agua embalsada, permeabilidad de los caballones y presencia cercana de canales de drenaje profundos. Se le conoce como pérdida por drenaje.

En CIAT, Valderruten (1979), determinó pérdidas de agua de filtración por metro de longitud de dique o caballón de 20 lts/hora, con láminas hasta de 8 cms y hasta 60 lts por hora por metro, con alturas de agua mayores. Según Johnson (1972), estas pérdidas son mayores en lotes pequeños, pues tienen una proporción alta entre los diques perimetrales y el área inundada.

Percolación

Se refiere a la pérdida de agua por infiltración profunda. Esta pérdida se relaciona también con la textura y estructura del suelo. Además suelos con niveles freáticos altos y formaciones impermeables "Clay-pan", "Hard-pan", no permiten pérdidas mayores por percolación. Por el contrario láminas altas de riego incrementan la percolación y numerosos trabajos han demostrado su relación directa con el gasto de agua por el cultivo. Se ha demostrado que el "fangueo" disminuye las pérdidas por percolación, lo cual contribuye a mantener la inundación y a espaciar el riego. Los suelos livianos presentan altos consumos de agua (hasta 10 mm/día) debido a la rápida percolación, Cheaney (1975).

Riego

Suministro artificial de agua proveniente de ríos, lagos o pozos. La procedencia del agua generalmente se relaciona con su calidad, en función al contenido de sales disueltas en élla. También con el costo en su suministro y las pérdidas de conducción, según la distancia de la fuente, la naturaleza del suelo y las estructuras disponibles.

Lluvia efectiva

Se refiere al total de la precipitación, retenida por el suelo, que puede ser aprovechada por la planta. El resto del agua se pierde por escorrentía lateral y puede ser un factor de erosión. Los principales

factores que afectan la efectividad de la lluvia son: frecuencia e intensidad, pendiente del terreno, velocidad de infiltración del agua, y la capacidad total de retención del suelo. Además la cobertura y rugosidad del suelo, favorecen la retención e infiltración y lo contrario sucede con la compactación superficial.

Artificialmente puede mejorarse la eficiencia del agua lluvia, mediante la construcción de caballones y desde luego, la nivelación e incluso el fangueo, como se realiza en algunos lugares del Asia.

Agua capilar

Es el agua que asciende a través de los tubos capilares del suelo. Solo tiene alguna importancia, como fuente de agua, en suelos finos que poseen nivel freático alto.

EFECTO DEL MANEJO DEL RIEGO SOBRE LA PLANTA Y EL CONSUMO DE AGUA

Los estudios efectuados en relación con la interacción riego-cultivo demuestran que el agua influye no sólo en el aspecto físico de las plantas, sino en la disponibilidad de nutrimentos y en la población y especies de malezas presentes. Además influye en la incidencia de algunas plagas y enfermedades.

Los períodos de mayores requerimientos de humedad son el establecimiento de las plantas, el macollamiento y, desde la diferenciación hasta el llenado del grano. Situaciones de "stress" iniciales inciden sobre la población del cultivo y el número de hijos por planta, mientras que en la fase reproductiva pueden afectar el número de panojas diferenciadas, el número de granos llenos y el peso de los mismos, según el momento en que el agua falte. El período más crítico se considera el momento alrededor de la diferenciación de la panícula, IRRI (1972). Otros estudios, citados por Alvarado, (1978), atribuyen incrementos en el rendimiento a drenaje aplicado un poco antes de la diferenciación del primordio. Dicho aumento es explicado por la eliminación de sustancias tóxicas en algunos suelos o, por cesar la producción de hijos no válidos.

Estudios del IRRI (1970), se presentan en el Cuadro 1, permiten ver efectos sobre el ciclo del cultivo, el rendimiento y el total de agua consumida, en relación con diferentes períodos de "stress" y demuestran que la deficiencia de agua en cualquier momento del ciclo afecta al cultivo.

En relación con las malezas, existe diferencia notable entre especies y el desarrollo de las mismas, de acuerdo con el manejo del agua. Estudios del IRRI, citados por Vega y Paller (1975), muestran que con saturación del suelo o láminas bajas (2.5 cms), crecen más gramíneas y ciperáceas, las cuales son eliminadas con láminas de 15 cms desde el transplante; en cambio, malezas de hoja ancha se disminuyen pero no pueden ser eliminadas. La Figura 3, muestra los cambios mencionados en la población y tipos de malezas en arroz transplantado.

Cuadro 1. Rendimiento en grano de IR 8 y uso de agua bajo diferentes prácticas de manejo en tanques sin fondo. IRRI, 1969 Estación seca.

Manejo de Agua					Días a Madurez	Rendimiento Ton/ha	Uso de Agua MM
T	MM	JP	E	M			
i					123	7.16	1147
i	s		i		127	6.31	1178
i			s		124	6.09	904
i		s			124	5.87	730
s	i				131	5.84	1435
s		i			133	4.68	1438
s			i		145	3.72	1121
s					152	1.84	432

T = transplante; MM - máxima producción de macollas; JP = inicio panoja

E = aparición de panoja; M = madurez

s = stress a 50 cb; i = inundación contínua

La profundidad de la lâmina de agua también influye sobre su consumo y el rendimiento. Los trabajos del IRRI han demostrado que la altura del agua afecta no sólo los rendimientos sino que incrementa el uso del agua. Trabajos realizados en CIAT confirmaron los efectos negativos, Tascón (1982), para lâminas altas de agua (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Efectos de la altura del agua y el drenaje (7 días) en la producción en siembra directa. Adaptado de IRRI (1971).

Altura del agua cms.	Manejo	Rendimiento Ton/ha Estación seca	Estación húmeda
2.5	Inundación continua	6.4 b c	-
2.5	Inundación continua con drenaje una semana	6.7 a b c	-
5	Inundación continua	6.5 a b c	5.2 a
5	Inundación con drenaje a la iniciación de panícula		
5	Inundación continua. Drenaje al máximo macollamiento.	6.9 a b	-
5	Inundación continua. Drenaje al máximo panojamiento al máximo macollamiento lm.cont.	6.4 b c	-
5	Drenaje 2 semanas antes de panojamiento	6.2 c	-
10	Inundación continua	6.3 c	4.9 a b
20		5.8 d	4.0 c
-	Lluvia	-	5.2 a

Cuadro 3. Efecto de la lámina de agua (rotacional) sobre el rendimiento y la cantidad aplicada. Adaptado de Tascón, 1978

Manejo	Epoca humeda		Epoca seca	
	Agua aplicada	Rendimiento	Agua aplicada	Rendimiento
5 cms cada 3-4 días	5030	8571	6654	7723
5 cms cada 7 días	4353	7687	6616	7262
10 cms cada 14 días	4650	7586	8286	6775
0 cms cada 7 días	2092	7586	3646	5917

Se ha demostrado que el manejo del agua puede influir notoriamente sobre la eficiencia del nitrógeno aplicado. Trabajos hechos en CIAT (1971 y 1972), muestran que la demora en inundar un campo después de aplicar nitrógeno, afecta los rendimientos del cultivo (Cuadro 4). También se encontró que drenajes hechos una y dos semanas después de aplicado el nitrógeno afectaron la producción, no así cuando se drenó después de tres semanas. La recomendación que se hace al respecto es aplicar el nitrógeno sobre el lodo e inundar rápidamente el campo.

Cuadro 4. Efecto del anegamiento retardado en la respuesta a Nitrógeno 100 kg/ha, CIAT (1972)

Demora en inundación (días)	Rendimiento Kg/ha
0	6.923
3	6.200
6	6.064
9	5.400
Sin nitrógeno	5.800

METODOS DE RIEGO

Las formas de aplicación y manejo del agua en el cultivo en América Latina, son muy variadas dependiendo de la infraestructura desarrollada, el tipo de cultivo y la topografía de la zona. Es factible encontrar desde "terrazas" en valles altos del Perú y en República Dominicana, hasta métodos de riego "corrido" y de aspersión. Para describir los métodos de riego más comunes se han dividido de acuerdo al modo y frecuencia de aplicación y a la permanencia del agua sobre el suelo. A continuación se reseñan los más comunes.

Inundación contínua con lámina estática

En este método el agua es aplicada permanentemente, manteniendo la altura constante. Exige de una buena adecuación y control del riego, pero tiene potencial para rendimientos óptimos. Cuando la lámina es baja, 2.5 cms, las plantas tienden a ser de menor tamaño, con mayor número de hijos; además de tener menor tendencia al vuelco. Requiere de óptima nivelación y eficiente control de malezas. (De Datta et al, 1975).

Láminas medias (2.5 a 7.5 cms) son igualmente eficientes para producir rendimientos altos, con menores problemas de malezas y sin requerir nivelación muy afinada, al igual que con lámina baja se requiere un mínimo de agua,entre 6 y 8 mil m3 /ha para un ciclo de 100 días de riego.

Cuando la lámina es mayor de 10 cms se le considera alta y las diferencias con las anteriores radican en mejor control de malezas, menor número de hijos por planta y mayores pérdidas de agua por percolación e infiltración lateral.

Las plantas tienden a ser altas con predisposición al vuelco. Se requieren, como mínino 7 a 10 mil m3 de agua/ha y los rendimientos pueden ser menores (De Datta, 1975).

Riego contínuo con lámina variable

Dentro de este método podría estar la mayor parte de los cultivos con riego en nuestros países. La variación de lámina obedece a nivelación desuniforme, pendiente dentro de los lotes o melgas y aplicaciones escalonadas del riego que permiten cambios en el nivel de agua.

Cuando no se tienen problemas por nivelación y la frecuencia de aplicación es adecuada, sin permitir secar el suelo, el potencial de rendimiento es alto. El consumo de agua es variable, reportándose gastos de agua entre 8 y 15.000 m3/ha.

Riego rotacional

Se diferencia del anterior en que la frecuencia de aplicación es amplia, permitiendo secar el suelo entre riegos. Las plantas son más cortas y las malezas son favorecidas. Algunos ensayos muestran que cuando se permite secar el suelo para volver a inundarlo, las cantidades de agua utilizada por el cultivo son mayores y el rendimiento puede verse afectado,

especialmente cuando se tiene "stress" de humedad durante la fase reproductiva.

Riego corrido

Sistema muy utilizado en Colombia en suelos no sometidos a nivelación. Se practica este método levantando pequeños diques, con tractor o pala, para distribución del agua, siguiendo las curvas a nivel. El agua es aplicada en el sitio más alto del lote y llevada de una franja a otra por rebozamiento en los muros. El método no permite embalsar o tener una lámina de agua, salvo en sitios bajos, al lado de los caballones o en áreas con mínima pendiente. En lotes inclinados existe riesgo de erosión, especialmente cuando se rompen los diques altos.

Según la forma como el agua se suministre hay dos sub-métodos; el agua es aplicada continuamente sin permitir que el suelo se seque, o el agua es aplicada rotacional y el cultivo puede sufrir deficiencia, especialmente en partes altas del terreno. En ambos casos se tiene un potencial para rendimientos altos, pero el segundo puede tener reducciones, especialmente en épocas muy secas. Las malezas son un factor crítico en ambas formas de cultivo.

Utilizando este método, los distritos de riego en el Tolima reportan un gasto promedio de 13.300 m3 de agua por hectárea (Colombia, 1980). En la misma zona los agricultores que "fanguean" solo emplean 7 a 8.000 m3/ha.

Los problemas que tienen estos métodos, en general son :

1. Altos requisitos de mano de obra especializada en manejo del riego

2. Incremento en el gasto de agua por escorrentía y pérdida de conducción

3. Mayor problema con malezas, por germinación escalonada, haciendo difícil un control eficiente

Las principales ventajas son : bajo costo en adecuación del suelo y la factibilidad de rotación.

Riego por aspersión

El sistema por riego aéreo ha sido tenido como un recurso de suplementación para cultivos de secano, en períodos críticos de humedad. Sin embargo, con el sistema de "pivote central" (automatizado), en Estados Unidos y algunos países centroamericanos, se ha venido utilizando en arroz. Un ensayo realizado por Ferguson y Gilniour (1977), en Arkansas con diferentes frecuencias de riego, tuvo los mejores resultados cuando se regó dos veces semanales hasta la fase reproductiva y luego diariamente; los rendimientos fueron semejantes a los obtenidos bajo inundación (5000-5200 kg). Concluye que este método gasta solo la mitad del agua y no requiere nivelación. Mientras que en el Brasil, ensayos hechos por Cruz (1975) y Diniz (1976), tuvieron menores rendimientos con riego de aspersión que con inundación. Encontraron en ambos casos alta proporción de espiguillas estériles.

Abastecimiento con agua de lluvias

En América Latina alrededor del 70% del cultivo depende de las lluvias para su abastecimiento de agua. Son los arroces llamados de secano o temporal. El rendimiento está condicionado al volumen de la precipitación, su distribución y al suelo. Según De Datta (1981) 900 a 1000 mm durante la temporada de cultivo son suficientes para obtener buenos rendimientos. Para ello se requiere que los suelos sean fértiles y la topografía plana.

El manejo del agua dentro de este sistema de cultivo puede incluir drenaje cuando se trata de áreas bajas y planas, con lluvias superiores a 1000 mm, las cuales se acumulan causando buen desarrollo de las plantas, pero dificultades en la mecanización del terreno. Cuando las lluvias son menores de 1000 mm, o superan esta cifra pero son irregulares, se requiere construcción de diques e incluso nivelación, a fin de hacer más aprovechable el agua de lluvia (De Datta, 1981).

DRENAJE EN EL CULTIVO

Dentro de la parte correspondiente a manejo del agua, se trató sobre los efectos que, durante el ciclo del cultivo, tiene la falta de agua; ahora bien: la pregunta es, hasta cuándo debe mantenerse la inundación o riego para lograr el máximo beneficio? Trabajos realizados en el IRRI y el Brasil, demuestran que el corte del riego pasada la floración, es decir, 30 días antes de la cosecha, produjeron igual que tratamientos regados posteriormente y que la demora en el drenaje puede afectar la calidad del grano; sin embargo, el corte del riego, y sobre todo el drenaje o retiro del agua del campo, debe consultar varios aspectos como lámina de agua existente, capacidad de retención de agua, drenaje interno del suelo y el clima, puesto que el tiempo entre floración y maduración, representa el período de mayor acumulación de materia seca, lo cual se refleja en el máximo uso consuntivo del ciclo, alcanzando a veces 12 o más mm/día. Castillo y otros (1977). Asi pues, en épocas secas y sobre todo en suelos sueltos de baja retención de humedad, el riego debe prolongarse hasta una o dos semanas antes de madurez (Cheaney, 1975). Lo anterior es también válido para los métodos donde el agua no es retenida sobre el suelo y los terrenos son pendientes.

Por otra parte, al drenaje tardío se atribuye la posibilidad de sobremaduración y rotura del endosperma del grano y puede dar lugar a incremento del desgrane, vuelco y problemas para efectuar la cosecha (Ortega, 1971).

RESUMEN

- El riego contribuye a estabilizar los rendimientos del cultivo.

- La aplicación de láminas de agua al cultivo favorece la nutrición, el control de malezas, plagas, enfermedades y la eficiencia de los fertilizantes aplicados.

- Los requerimientos de agua durante la fase vegetativa son bajos y el riego puede ser aplicado rotacionalmente, con lo cual se favorece el macollamiento y se tienen planta mas bajas.

- Para la fase reproductiva y a partir de iniciación del primordio floral, se incrementa el gasto de agua por la planta y de preferencia el cultivo debe mantenerse inundado en esta fase.

- La nivelación en seco y sobre todo el "fangueo", disminuyen notoriamente las pérdidas de agua por percolación, lo cual favorece al cultivo y permite regar mayor área.

- La supresión del riego y el drenaje final, deben consultar, además del estado de desarrollo del grano, las condiciones ambientales y la capacidad de retención de agua por el suelo.

BIBLIOGRAFIA

Alvarado, J.R. 1978. Cantidad y manejo de agua. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 17p. (Mimeografiado).

Castillo, V.D.; Frías, F.A.; Wang, H.T. 1979. Uso consuntivo de agua en diferentes variedades de arroz. Boletín técnico, CEDIA, Rep. Dominicana, No. 3, 6p.

Chandler, R.F. 1979. Rice in the tropic: a guide to the development of national programs. Boulder, Colorado, Westview 256 p.

Cheaney, R.L. 1975. Manejo de agua en sistemas de fangueo. Conferencia en curso de arroz para Fedearroz, CIAT, Mayo 15 de 1975 (Mimeografiado).

_____.1975.El manejo de agua. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. En: Curso de producción de arroz. 23 p.

Colombia. Instituto Colombiano de Hidrología, metereología y adecuación de tierras, HIMAT, 1980. Resumen histórico del cultivo del arroz en los distritos de riego. 1972-1977. Bogotá, Ministerio de Agricultura.

Cumpa, R.J. 1981. El riego en el cultivo de arroz. En curso de adiestramiento en producción de arroz. Chiclayo, Perú, Estación Experimental. Vista Florida, INIPA. pp.299-330.

De Datta, S.H. 1981. Principles and practices of rice production. New York, Wiley-interscience. 618p.

De Datta, S.H.; Levine, A.; Williams, S. 1975. Manejo de agua y necesidades de riego en arroz. México, Limusa. En: Cultivo de arroz. Manual de Producción. Escuela de Agricultura. Universidad de Filipinas, pp.121-133. (Traducción, Countin A.)

Distrito de riego del Río Saldaña. USOSALDAÑA.1982. Infome IV Asamblea General ordinaria de usuarios Julio 30 de 1982. Saldaña Tolima, Colombia. Año IV, tomo I(V) Julio-Agosto 8p.

International Rice Research Institute.1972. Annual report for 1971, Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 128-130

_____.1969. Annual report for 1968. Los Baños, Laguna, Philippines. pp.206-212

_____.1971. Annual report for 1970

Johnson, L. 1972. Los requisitos de agua en arroz. Conferencia en curso de arroz, CIAT 5p. (mimeografiado).

Mela M.P. 1971 Cultivos de regadío, 2 ed. Zaragoza, España, J.A. Ediciones Agrociencia.

.S.; Levine, G. 1975. Sistemas de riego en arroz. México, En: Cultivo de arroz, Manual de producción. Escuela de tura, Universidad de Filipinas, 127-135 p (Traducción, Countin A.)

H. 1971. Riego y drenaje en arroz. En curso de Arroz Univ. del e Instituto Colombiano Agropecuario, Ibagué, Tolima. 38-43 pp.

en, R. 1977. Pérdidas por filtración en caballones. Cali, mbia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 11p. eografiado).

M.R. y Paller, E.C. Jr. 1925. Malas hierbas y cómo combatirlas en ltivo de arroz. Manual de producción. Universidad de Philippine. RRI. Limusa, México 186p.

CAPITULO VIII

MALEZAS

PRINCIPALES MALEZAS EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN AMERICA LATINA

MANEJO DE LAS MALEZAS EN ARROZALES

EL ARROZ ROJO Y SU CONTROL

PRINCIPALES MALEZAS EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN AMERICA LATINA

J.González, O. Arregocés y E. Escobar

Según Holm et al (1977), las cuatro malezas más importantes a nivel mundial en el cultivo del arroz son: Echinochloa crusgalli (L.) Beauv., Echinochloa colonum (L.) Link, Fimbristylis miliacea (L.) Vahl y Cyperus difformis L.; entre éstas Echinochloa colonum (L.) Link se encuentra concentrada en la zona ecuatorial, mientras que E. crusgalli (L.) Beauv., se distribuye principalmente hacia el norte y sur de la zona ecuatorial; los mismos autores indican que el segundo grupo de malezas de importancia económica a nivel mundial en el cultivo del arroz, comprende las siguientes especies: Cyperus rotundus L., Ischaemun rugosum Salisb., Eleusine indica (L.) Gaerth., Sphenoclea zeylanica, Gaertn. Monochoria vaginalis (Burm.) Prest. y Cyperus iria L.

Malezas comunes en América Latina

Debido a que la anterior información no es específica sobre América Latina se efectuó un estudio (González, et al, 1981) para determinar cuáles eran las malezas comunes en esta zona, su distribución y su importancia en los dos sistemas de cultivo: riego y secano.

Bajo el sistema de cultivo de arroz en secano, las malezas más difundidas son: Echinochloa colonum (L.) Link, Eleusine indica (L.) Gaertn, y Leptochloa spp., seguidas por Cynodon dactylon (L.) Pers., Cyperus rotundus L., C. odoratus L. y Oryza sativa L. (arroz rojo).

Bajo el sistema de riego las malezas predominantes son: Echinochloa colonum (L.) Link, Eleusine indica (L.) Gaerth, Cyperus odoratus L., Echinochloa crusgalli (L.) Beauv., Paspalum spp y Polygonum spp. También se encuentran Oryza sativa L., Cynodon dactylon (L.) Pers. Leptochloa filiformis (Lam.) Beauv., Cyperus rotundus L., Ischaemum rugosum Salisb., Ludwigia decurrens Walt. y Eclipta alba (L.) Hassk.

En el Cuadro 1, se detalla la distribución y clasificación de las malezas principales en América Latina según el sistema de cultivo, su difusión, la capacidad de invasión y agresividad. La región se dividió en cuatro zonas según las malezas que predominan en éllas, así: América Central, El Caribe, Sur América tropical y Sur América templada. Se observa en el Cuadro 1 que en la zona templada de Sur América la especie de Echinochloa que predomina es E. crusgalli en vez de E. colonum, y que las otras malezas tampoco son importantes en la zona tropical. También se nota que en la zona del Caribe unas de las malezas más difundidas difieren de las de Centro América y Sur América Tropical. En general la maleza con más amplia distribución en América es Echinochloa colonum (L.) Link.

Malezas de importancia regional

Además de las malezas mencionadas, hay otras que, aunque muy agresivas y de difícil control, son específicas de ciertas regiones, donde tienen

importancia económica, estas malezas son: Aneilema nudiflorum (L.) Kunth o piñita, que es un problema serio en los Llanos Orientales de Colombia; Luziola spruceana, ocasiona pérdidas en arrozales en Cuba; Commelina sp., una maleza importante en Costa Rica y Leptochloa uninervia (Presl.) Hitch lo es en el Perú. Existen otras especies de malezas acuáticas como Heteranthera spp y Limnochasis flava que en la actualidad van tomando importancia en arroz de riego en América Tropical.

Cuadro 1. Distribución y clasificación de las malezas en América Latina según el sistema de cultivo, difusión, capacidad e invasión y agresividad.

Especie	Riego			Secano		
	1	2	3	1	2	3a)
AMERICA CENTRAL						
Echinochloa colonum (L.) Link	XX[b)]	XX	X	XX	X	XX
Oryza sativa L.(arroz rojo)	X	X	XX	XX	XX	XX
Cynodon dactylon (L.) Pers.	X	0	0	X	XX	XX
Leptochloa filiformis (Lam.)Beauv.	X	0	0	X	0	0
Cyperus rotundus L.	X	X	XX	X	X	XX
EL CARIBE						
Echinochloa colonum (L.) Link	XX	XX	XX			
Ischaemum rugosum Salisb.	X	X	XX			
Ludwigia decurrens Walt.	X	X	0			
Eclipta alba (L.) Hassk.	X	XX	0			
SUR AMERICA TROPICAL						
Echnichloa colonum (L.) Link	XX	XX	X	X	XX	X
Eleusine indica (L.) Gaertn.	XX	X	0	XX	XX	X
Leptochloa spp.	X	X	X	XX	X	X
Cyperus odoratus L.	XX	X	X	X	0	XX
SUR AMERICA TEMPLADA						
Echinochloa crusgalli(L.)Beauv.	XX	XX	XX			
Paspalum spp.	XX	XX	X			
Polyconum spp.	XX	XX	X			

a) 1 = difusión 2 = Capacidad de invasión 3 = Agresividad

b) 0 = Poca o muy fácil
X = Moderada o fácil
XX = Alta o difícil

LA TAXONOMIA EN EL ESTUDIO DE LAS MALEZAS

Las malezas, reciben distintos nombres vulgares o comunes de acuerdo a las diferentes regiones o continentes, y así tenemos nombres como: malas yerbas, cizaña, planta invasora, planta indeseable, o yerbajo, de acuerdo a su acción o efecto en el desarrollo de una planta útil. El problema radica en que una especie vegetal, botánicamente indentificada, presenta similitud con otra pero que sistemáticamente no están emparentadas; de ahí que puedan tener el mismo nombre común o en otros casos tener denominaciones totalmente ajenas a su conocimiento. Por ejemplo, la especie Cynodon dactylon (L.) Pers. en algunas partes recibe el nombre de "Pasto Argentina" o "Pasto Bermuda", en otras recibe el nombre de "Pata de Perdiz".

La fitonomenclatura, que es una parte de la taxonomía vegetal, consiste en el conjunto de principios, reglas y recomendaciones que se deben dar a las plantas para poder nombrarlas, y así ser mejor su conocimiento. Las categorías taxonómicas, son los distintos grupos en que está dividido el reino vegetal; siendo las categorías, DIVISION-CLASE-ORDEN-FAMILIA-GENERO y ESPECIE, las que comúnmente encontramos en las diferentes publicaciones sobre el tema. Constituye la ESPECIE la categoría más fundamental en que está dividido el reino vegetal.

La determinación de una especie en el campo debe seguir un proceso de secado, montaje y consulta directa en herbarios o en forma indirecta, por revisiones taxonómicas, en publicaciones en donde se presenten tratamientos taxonómicos; de ahí que existan más de un nombre científico para una planta. Por lo anterior puede haber confusión para el aprendizaje, pero la actualización taxonómica se hace necesaria para lograr la identificación correcta, sobre todo en especies muy emparentadas filogenéticamente publicaciones, tales como Weed Abstraste y Weed Science, por especies conocidas como "Clavitos de Agua" aparecen técnica gênero Ludwigia, quedando relegado a la sinonimia, el gén ejemplo, sería el de la especie Brachiaria mutica (Fors en nuestro medio como "Pasto Pará" quedando bajo sinon Panicum purpurascens Raddi.

De vital importancia para lograr la mejor ubicación ta malezas sería buscar la distribución geográfica en donde se ya que muchas de éllas se consideran adventicias en establec cultivos en otros centros fuera de origen.

Ongkingco, Limusa. Agricul

Ortega, H. Tolim

Valderr Co (

Vega

Las malezas, como miembros del reino vegetal, se clasif grandes clases: las monocotiledóneas y las dicotiledóneas; ta unas como en las otras, encontramos malezas de gran importancia p que causan al cultivo del arroz.

Monocotiledóneas (Monocotyledoneae).

La raíz primaria tiene relativamente poca duración, siendo reemp por raíces secundarias (adventicias) que se desarrollan en la po epicotiledonar de la plántula.

Plantas generalmente con hábito herbáceo perenne, que crecen

bulbos, cormos o rizomas. No existe cambium. Las hojas son de forma muy variada que por lo general son muy angostas, alternas sin estípulas, con venación paralela, y una base generalmente envainadora (amplexicaule). En algunos miembros se desarrolla un corto pecíolo. Los pasos florales son en número de 3 o múltiplo de 3.

A la clase monocotiledónea pertenecen, en general, plantas casi siempre herbáceas, de hojas alternas, angostas y paralelinervias.

Existen varias familias de monocotiledóneas reconocidas como malezas en el arroz, de las cuales las más importantes son: Gramíneae; Cyperaceae; Pontederiaceae; Commelinaceae; Juncaceae, Butomaceae, Alismataceae y Marantaceae.

Las primeras tres familias con las más comunes pero debido a que poseen características semejantes, resulta a veces difícil su deferenciación, en especial para personas de poca experiencia con este tipo de malezas. En el Cuadro 2 se incluye la comparación de las características de estas tres familias.

Cuadro 2. Características morfológicas de las familias Gramíneae, Cyperaceae y Juncaceae.

Gramineae	Cyperaceae	Juncaceae
a. Plantas generalmente herbáceas, algunas leñosas.	a. Plantas herbáceas	a. Plantas herbáceas
b. Tallo hueco o macizo, cilíndrico, con entrenudos.	b. Tallo macizo a veces hueco;triangular	b. Tallo cilíndrico, esponjoso
c. Hojas alternas, disticas.	c. Hojas basales dispuestas en tres direcciones	c. hojas basales disticas
d. Hojas laminares paralelinervias.	d. Hojas imbricadas paralelinervias, laminares, acanaladas	d. Hojas laminares paralelinervias
e. Inflorescencia general sin brácteas.	e. Inflorescencia general comunmente con brácteas	e. Inflorescencia general sin brácteas
f. Flores sin cáliz, ni corola, espículas o espiguillas con dos glumas.	f. flores sin cáliz ni corola, espículas con una sola gluma	f. Flores con cáliz y corola (tres sépalos y tres pétalos) desprovistas de glumas
g. Fruto cariopside raramente un aquenio	g. Fruto un aquenio	g. Fruto una cápsula

Gramíneae (Gramineae)

Dentro de las gramíneas encontramos malezas de importancia en cultivos de arroz en secano e inundación, algunas de éllas son muy comunes y dañinas; el arroz es también una gramínea y debido a esta afinidad, se dificulta el control de las malezas de dicha familia; por ejemplo, el "arroz rojo" Oryza sativa L. prácticamente incombatible, no sólo causa pérdidas en el rendimiento del cultivo sino también en la calidad del grano cosechado.

Las siguientes son características típicas de esta familia:

- Hábito de crecimiento postrado, decumbente o erecto.
- Los tallos son generalmente huecos, pero pueden ser macizos. Poseen nudos y entrenudos.
- Las vainas pueden ser abiertas, sea con los márgenes separados o superpuestos; o bien cerradas, es decir con los márgenes soldados. Pueden ser glabras o vellosas.
- Presentan aurículas, las que permiten separar fácilmente un número de gramíneas.
- Las láminas generalmente angostas y paralelinervias tienen gran variabialidad en cuanto a la consistencia, a la longitud, al ancho, a la disposición (que generalmente es dística), a la pubescencia y a la terminación del ápice.
- Presentan lígula, la que se considera de importancia ya que en algunas gramíneas falta y en otras está reducida a cilios o pestañas.
- Presentan inflorescencias improvistas de brácteas.
- Presentan aristas, elemento indispensable para separar grupos de gramíneas. En algunas faltan.

Entre las malezas más importantes de la familia de las gramíneas están: Echinochloa colonum (L.) Link (Anual); Rottboellia exaltata L.F. (Anual); Leptochloa filiformis (Lam) Beauv. (Anual) Figura 1; Digitaria sanguinalis (L.) Scop. (Anual) Figura 2; Oriza sativa L. (Anual); Eleusine indica (L.) Gaertn (Anual) Panicum fasciculatum Sw. (Anual) Cynodon dactylon (L.) Pers.

Figura 1. *Leptochloa filiformis.*

Figura 2. *Digitaria sanguinalis.*

Algunas especies como Echinochloa spp Lin y Leptochloa spp generalmente se confunden con el arroz, dificultándose por ésto su identificación; en la Figura 3 se presentan las características morfológicas más importantes para su diferenciación práctica. Oryza sativa L. tiene lígula y aurícula pronunciadas, Echinochloa colonum (L.) Link no posee lígula ni aurícula y Leptochloa filiformis (Lam.) Beauv no tiene auriculas; su lígula es una membrana ciliolada.(Figura 3).

Figura 3. Diferencias morfológicas entre *Oryza sativa* (A), *Echinochloa colonum* (B) y *Leptochloa filiformis* (C).

Cyperaceas (Cyperaceae)

La segunda familia en importancia dentro de las monocotiledóneas es la Cyperaceae y de ésta el género que más se destaca es el Cyperus, cuyas especies se difunden por toda la América Latina.

Las características típicas de las cyperáceas son:

- Plantas rizomatosas, algunas con bulbos o tubérculos.
- Los tallos delgados, macizos, algunos huecos; generalmente triangulares y pocos cilíndricos. Ausencia de entrenudos.
- Hojas lineares, basales, tristicas (en tres direcciones).
- Vainas cerradas.
- Lígula ausente.
- La inflorescencia generalmente protegida por brácteas en la mayoría de los casos finalmente aserradas. (Cortaderas).

Las especies más importantes de esta familia son:

Cyperus rotundus L.	(Perenne)
Cyperus diffusus Vahl	(Anual)
Cyperus iria L.	(Anual)
Cyperus odoratus L. (C. ferax)	(Perenne)
Cyperus difformis Vahl	(Anual)
Cyperus luzulae L.Retz	(Perenne)
Cyperus esculentus L.	(Anual)
Fimbristylis annua (All) R. y S.	(Anual)
Eleocharis geniculata (L.) Roem et Schult	(Perenne)
Scirpus validus Vahl	(Perenne)

Detalles de la inflorescencia e C. rotundus, C. luzulae, C. esculentus, C. diffusus y C. odoratus se aprecian en la Figura 4.

Como una ayuda para la diferenciación de las especies del género Cyperus mencionadas se presenta la siguiente caracterización:

1. Raíces con bulbos y/o rizomas

1.1 Hojas basales nunca más largas que el tallo
1.1.1. Inflorescencia púrpura que nunca forma cabezuelas aovadas C. Rotundus L.
1.1.2 Inflorescencia blanca-grisácea cuyas espiguillas se agregan formando cabezuelas aovadas C. luzulae (L.) Retz.
1.1.3 Inflorescencia gris-verdosa con espiguillas agregadas en forma de cabezuelas y brácteas grandes C. difformis. Vahl
1.2 Hojas basales frecuentemente más largas que el tallo C. esculentus L.

A

B

C

D

E

Figura 4. Inflorescencia de *C. rotundus* (A), *C. luzulae* (B), *C. esculentus* (C), *C. diffusus* (D) y *C. odoratus* (E).

2. Raíces sin bulbos ni rizomas

2.1.1 Hojas basales erectas y angostas con vena central no prominente. Brácteas de la inflorescencia pocas y angostas... C. diffusus Vahl.

2.1.2 Espículas ligeramente acuminadas. Espículas puntiagudas. C. iria.

2.2 Hojas basales geniculadas y anchas con vena central prominente. Brácteas de la inflorescencia abundantes y anchas.... C. odoratus L.

Dentro de las cyperáceas, los géneros Eleocharis, Fimbristylis y Scirpus se diferencian porque Eleocharis y Scirpus tiene tallo cilíndrico y Fimbristylis anguloso. Todos tienen hojas o brácteas ausentes o muy reducidas. En Eleocharis, la inflorescencia es una espiga densa terminal o capitada, mientras que en Scirpus es terminal pero abierta, y la de Fimbristylis es una umbela simple, compuesta o variaciones de éllas.

Juncácea (Juncaceae)

Las juncáceas por ser plantas palustres se parecen a las de las especies del género fimbristylis, pero su tallo es cilíndrico, su fruto una cápsula globosa, sus flores con verdaderos sépalos y pétalos permiten identificarlas. Ejemplo de esta familia es Juncus biflorus Ell.

Commelináceas (Commelinaceae)

Pertenecen a las commelináceas los géneros de plantas de tallo carnoso, nudoso y cilíndrico, cuyas hojas, de vaina sesil, lo envuelven con su base; una característica importante es la savia mucilaginosa de estos tallos, que permite diferenciar las commelináceas de otras familias monocotiledóneas. La especie más importante en los cultivos de arroz es la Commelina diffusa Burm f. que puede ser anual o perenne. Anailema nudiflorum (L.) Kunth. (2) es maleza grave en varias zonas de Colombia.

Pontederiacea (Pontederiaceae)

A la familia pontederiaceas pertenecen plantas acuáticas o semi-acuáticas, que generalmente se encuentran en arroz bajo inundación; tienen el tallo reducido, flores vistosas y su fruto es una cápsula. Las especies más importantes son: Eichornia crassipes Solms. (Perenne) Heteranthera limosa (Sw.) Willd. (Anual o perenne); Heteranthera reniformis R. et P. (Anual o perenne) Monochoria vaginalis (Burm) Presl. (Anual o perenne). (Figura 5).

Otras

Existen otras familias monocotiledóneas de menor importancia actual, pero con especies acuáticas de importancia regional y potencial de daño alto. Estas son : La Alismataceae, a la que pertenecen los géneros Sagitaria y Alisma, y la familia Butomaceae con su género Limnocharis.

Dicotiledóneas (Dicotyledoneae)

La raíz primaria tiene larga duración. Los haces vasculares del tallo son abiertos y dispuestos en círculo. Existe cambium. Las plantas generalmente tienen hábito erecto y hay anuales y perennes. La consistencia puede ser herbácea, semileñosa o leñosa. Las hojas simples o compuestas, con diferentes posiciones y nerviación reticulada. Las partes florales son en número de 4 ó 5.

Pertenecen a la clase de las dicotiledóneas las malezas de hoja ancha y comprende una gran cantidad de familias; entre éllas las más importantes son: Leguminosae, Compositae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae y Amaranthaceae.

Las características más sobresalientes de las leguminosas (leguminosae) son:

Plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas; hojas compuestas, paripinadas o imparipinadas, algunas provistas de glándulas en el raquis, alternas, estípulas presentes, flores: 5 sépalos, 5 pétalos, estambres generalmente 10 o numerosos. Fruto una vaina o legumbre.

El fruto es típicamente una legumbre.

Las raíces casi siempre poseen nódulos poblados de bacterias del género Rhizobium.

Figura 5. *Monochoria vaginalis.*

Dentro de esta familia se diferencian tres subfamilias: Mimosaceae, Caesalpiniaceae y Papilionaceae o Fabaceae.

La Mimosaceae se caracteriza por tener hojas pinadas, o bipinadas o paripinadas alternas con estípulas y con glándulas en el raquis; flores con corola actinomorfa, sépalos y pétalos pequeños, estambres numerosos, reunidas en inflorescencias generalmente capitadas. Ejemplo de esta subfamilia es la Mimosa pudica L. (Perenne) (Figura 6).

Figura 6. *Mimosa púdica.*

La subfamilia Caesalpiniaceae se caracteriza por tener las hojas generalmente pinadas, parapinadas y alternas con estípulas, y flores con corola casi actonomorfa, estandarte interno y sin quilla; la inflorescencia es en racimos. La Cassia tora L. (anual) pertenece a esta subfamilia.

Las Papilionaceae tienen hojas trifolioladas, algunas pinadas, la mayoría imparipinadas, y la corola con estandarte externo, alas y quilla (flor papilionada), son representantes de esta subfamilia Macroptilium lathyroides (L.) urb. (nombre nuevo) anual; el Desmodium tortuosum (Sw) DC, anual y la Sesbania exaltata (Raf.) Cory., anual.

La familia Compositae (compuestas) se caracteriza por tener:

- Médula del tallo blanca y blanda
- Hojas simples alternas u opuestas sin estípulas
- Inflorescencia en capítulo o cabezuela, protegida por un involucro de brácteas

- Estambres libres unidos por sus anteras (Singenéticas)

- Fruto en aquenio

La maleza más importante en esta familia es Eclipta alba (L.) Hassk de ciclo de vida anual y de ambiente húmedo.

La familia de las Euphorbiaceas (Euphorbiaceae) se caracteriza por:

- Tallos y hojas laticíferos, o jugo abundante, hojas generalmente simples, alternas, con estípulas. (Existen algunos géneros sin latex).

- Fruto una cápsula tricoco

Caperonia palustris (L.) St. Hil, Euphorbia hypericifolia y E. hirta L. son malezas anuales que ilustran esta familia.

Las Convolvulaceas (Convolvulaceae) se identifican por:

- Plantas volubles, con hojas alternas sin estípulas y sin zarcillos

- Corola en forma de embudo (tubiflora)

- Flores vistosas, hermafroditas y actinomorfas

- Cinco estambres de tamaño desigual

- Fruto en cápsula deshiscente por 4 valvas.

Las malezas más importantes de esta familia son las especies del género Ipomoea (Figura 7) de ciclo anual, como I. congesta R. Br., I hirta Choisy e I. reptans Poir.

Las Amaranthacea (Amaranthaceae) se caracterizan por tener:

- Flores muy pequeñas con cáliz y corola reducidos a un involucro de brácteas de consistencia pajiza.

- Brácteas espinosas

- Inflorescencias en espigas apretadas

Las especies del género Amaranthus del ciclo anual, constituyen las malezas más importantes de esta familia.

Otras familias dicotiledóneas de menor importancia son Portulaceae y Onagraceae. Esta última cuenta con el género Jussiaea o Ludwigia que posee varias especies acuáticas, ampliamente distribuídas, pero poco nocivas.

FORMA DE PROPAGACION DE LAS MALEZAS

Las malezas son capaces de sobrevivir en los diferentes medios donde el hombre cultiva. La reproducción puede efectuarse sexualmente o asexual-

mente (por material vegetativo).

Propagación por semillas

Las malezas generalmente producen gran cantidad de semilla, lo que les asegura su dispersión y establecimiento.

Ejemplo de malezas que producen gran número de semillas por planta son: Amaranthus dubius Mart. que produce alrededor de 117.400 semillas Eleusine indica (L.) Gaertn entre 50.000 y 135.000, Portulaca oleracea L. Fimbristylis miliacea Vahl. un promedio de 10.000 y Echinochloa crusgalli (L.) Beauv. de 5.000 a 7.000 semillas.

Figura 7. *Ipomoea congesta* (A)
Ipomoea tiliacea (B).

La forma y tamaño de la semilla es variable.

Las semillas de Monochoria vaginalis (Burm) Presl.son oblongas y de 1 mm de largo; las de Amaranthus dubius Mart., pequeñas, redondas, negras y brillantes, y las de Fimbristylis miliacea Vahl. son blancas amarillentas.

Cynodon dactylon (L.) Pers. produce semillas ovales, de 1.5 mm de largo y color anaranjado-rojizo y Echinochloa crusgalli (L.) Beauv. semillas aovadas de 2.5 a 3 mm de largo y color rosado a marrón.

Propagación sexual

Las malezas perennes, a diferencia de las anuales, no dependen tanto de la semilla para propagarse. Algunas plantas perennes son altamente nocivas ya que producen semillas en abundancia y además pueden propagarse vegetativamente.

La propagación vegetativa o asexual es un mecanismo de sobrevivencia de gran importancia en las malezas y en la selección del método de conteo.

Según el tipo de propagación las plantas pueden clasificarse como:

Plantas rizomatosas: Producen tallos subterráneos que se propagan aún a cierta distancia de la planta madre. Ej. Sorghum halepense (L.) Pers. o pasto Jhonson.

Plantas estoloníferas. Forman tallos largos y rastreros; los estolones, tienen la propiedad de enraizar en los nudos y producir una nueva planta. Ej. Cynodon dactylon (L.) Pers. o argentina.

Plantas bulbíferas. Con tallos cortos en forma de discos, recubiertos de escamas, que son los bulbos, y que dan origen a nuevas plantas. Ej. Coquito, Cyperus rotundus L.

Plantas con tubérculos. Tallos subterráneos globosos unidos a rizomas formando cadenas o terminales. Ej. C. rotundus y C. esculentus.

LAS MALEZAS Y EL SISTEMA DE CULTIVO DEL ARROZ

Existen dos grandes sistemas de producción de arroz, bajo riego y en secano, y se diferencian entre sí por las características de las variedades, prácticas culturales, clima, suelo, patógenos, plagas y malezas que parecen en cada uno de éllos.

Cada sistema de producción es en sí un ecosistema y determina la adaptabilidad y agresividad de las malezas. Entre ambos ecosistemas existen marcadas diferencias en cuanto al tipo, variedad y cantidad de malezas.

Sistema de secano

Dentro del sistema de secano existe una mayor variedad de malezas, pero su cantidad dependerá de las condiciones ambientales, que generalmente en este sistema de cultivo son poco favorables.

Sistema de riego

En el sistema de riego tenemos una mayor homogeneidad del suelo, debido a que el agua uniformiza las reacciones químicas a nivel de parcela y entre parcelas; sin embargo la diversidad de vida aumenta (insectos, malezas, etc.) lo que produce un ecosistema más estable.

En el sistema de riego se dan subtipos de ecosistema, en base al manejo de agua, frecuencia del riego y naturaleza del suelo. Esto permite diversidad por tipos de malezas.

Dentro de los ecosistemas inundados (Figura 8) las malezas se clasifican según el habitat que ocupen, de la siguiente manera:

a. Flotantes. Plantas acuáticas cuyo cuerpo flota sobre el agua, como Eichornia crasipes Solms esta maleza posee peciolos ensanchados que actúan a manera de flotadores.

b. Emergentes. Plantas que enraizan en el fondo, pero durante su crecimiento, parte de su estructura sale a la superficie del agua. Ej. Limnocharis flava (L.) Buchen y Cyperus luzulae (L.) Retz (B).

c. Marginales. Plantas que crecen en los márgenes en los canales y en los bordes de los caballones en arroz bajo inundación. Ej: Heteranthera sp. (D), Brachiaria mutica (L.)

d. Sumergidas. Plantas que permanecen totalmente sumergidas en el agua. Por ejemplo, la especie Elodea canadiensi L.(E) maleza poco común en los arrozales.

Figura 8. **Tipos de malezas según el habitat que ocupan en ecosistemas inundados. Flotante (A), emergente (B), marginal (C), y sumergida (D).**

De la gran variedad de malezas en arroz, algunas aparecen sólo en sistemas bajo inundación, otras en sistemas de secano y otras son comunes en ambos sistemas.

Un ejemplo de malezas existentes sólo en cultivos de secano en Latinoamérica son las especies Physalis angulata L., Euphorbia hirta L, Emilia sonchifolia (L.) DC. y Amaranthus spp.

Otras especies que subsisten sólo en sistema bajo inundación son por ejemplo, Poligonum spp., Sesbania exaltata (Raf) Cory. Ammania spp., Scirpus spp., Juncus sp. y por supuesto las especies acuáticas Heteranthera spp., Monochoria vaginalis (Burm) Prest., Sagitaria spp., Eleocharis spp., Limnocharis flava (L.) Buchen, Alisma sp., Leersia sp. y Plántago lanceolata L.

Existen géneros comunes en ambos sistemas como es el caso de Echinochloa y Leptochloa, las especies Oryza sativa L., Commelina difusa Burm, Cassia tora L., Eclipta alba (L.) Hassk, Malachra spp., Ludwigia spp (Jussiaea) y Fimbristylis annua (All.) R. y S.

Algunas especies de Cyperus son comunes en los dos sistemas pero otras no; C. difformis (L.) es más común en sistemas bajo riego, lugares en los cuales C. rotundus L. no presenta mayor problema; del género Ipomoea la especie I. hederifolia L. no es común en arroz de inundación, pero en estas condiciones la batatilla de agua, Ipomea tiliacea, suele ser un problema grave cuando el riego es deficiente.

IMPORTANCIA DE LAS MALEZAS EN EL CULTIVO

Las malezas afectan directa o indirectamente el rendimiento del cultivo del arroz; este fenómeno se conoce con el nombre de "interferencia" y es de dos tipos : alelopatía y competencia. Alelopatía es el efecto que una planta ejerce sobre otra mediante la liberación de sustancias químicas; en arroz no se presenta este fenómeno marcadamente. Competencia es la lucha de una planta con otra por los recursos del medio.

En el Cuadro 3, se aprecia el efecto de la competencia de las malezas durante el ciclo de varios cultivos; en arroz se encontró que las pérdidas en Colombia fluctuaron entre 30 y 73 por ciento, con un promedio de 54 por ciento.

Arregocés et al, 1979, encontraron que la pérdida en la producción de arroz, en función de la cantidad de malezas, es de 0.815 kg de arroz por cada kg de materia seca de malezas.

Cuadro 3. Efecto de la competencia de las malezas en los rendimientos de varios cultivos en Colombia. Modificado de Locatelly y Doll (1977).*

Cultivo	Rango de pérdida %	Promedio de pérdida %
Algodón	0 - 39	31
Arroz	30 - 73	54
Fríjol	15 - 58	51
Maíz	10 - 84	46

* Promedio de 12 años de investigaciones realizadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Clasificación de las malezas por su nocividad

Según su nocividad, las malezas se pueden clasificar como alta, mediana y levemente nocivas.

Altamente nocivas: son aquellas malezas de amplia distribución, bien establecidas, de difícil control y muy agresivas; por ejemplo el arroz rojo, *Oryza sativa* L.

En América Latina, las malezas consideradas altamente nocivas aparte del arroz rojo son: *Echirochloa colonum* (L.) Link, *Ciperus rotundus* L. y *Leptochloa* sp. en cultivos bajo riego y *Oryza sativa* (arroz rojo), *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Cyperus rotundus* L. y *C. odoratus* L. en arroz de secano.

Medianamente nocivas: aquellas malezas de amplia distribución, ya establecidas pero de fácil control, o difíciles de controlar pero que todavía no se han establecido; por ejemplo el botoncillo, *Eclypta alba* (L.) Hassk.

Levemente nocivas; son aquellas malezas fáciles de controlar y que no son agresivas; como la paja blanca, *Chloris polydactila* (L.) Swartz.

En un experimento en suelos fangueados Arregocés, et al 1979 encontraron que las malezas predominantes eran:

- Acuáticas: *Limnocharis flava* Buch, *Heteranthera reniformis* R. et P. y *Ludwigia leptocarpa* (Nutt) Hara.

- Cyperáceas: *Cyperus odoratus* L., *C. flavus*, *C. brevifolius* (Rottb) Hassk, *Eleocharis* sp.

- Hoja ancha: Euphorbia spp., Eclipta alba (L.) Hassk, Boerhaavia decumbens Vahl.

- Gramíneas: Echinochloa colonum (L.) Link, Chloris polydactyla (L.) Swartz, Leptochloa filiformis (Lam.) Beauv.

La proporción de estos cuatro grupos de malezas en el campo estudiado fue la siguiente: acuáticas 42.6%, cyperáceas 35.8%, hoja ancha 18.0% y gramíneas 3.6%. El peso seco de todos los grupos de la comunidad de malezas correlacionó negativa y significativamente con el rendimiento (Acuáticas R=0,7976**, cyperáceas R = 0,8665**, Hoja ancha R= 0,9357** y Gramíneas R= 0,535**).

Efectos de la competencia de las malezas

Si bien el efecto de la competencia de las plantas por diferentes factores ambientales de la producción: Agua, luz, espacio, nutrimentos y CO_2, se realiza en forma integral, es comunmente aceptada la preponderancia de algunas malezas sobre otras, en la interferencia hacia el cultivo de alguno de los factores anotados. En este sentido las malezas se agrupan especialmente teniendo en cuenta su morfología y fisiología.

Competencia por luz

Las especies de plantas más altas que el cultivo, con capacidad para interferir la cantidad y calidad de la luz sobre las plantas de arroz, especialmente durante sus estados iniciales de desarrollo, son consideradas como competidoras por luz, independientemente de la interferencia alta o baja por otro factor. Dos especies de malezas que compiten especialmente por luz son Rottboellia exaltata L.F. y Sesbania exaltata (Raf). Cory, pues tienen la capacidad de sobrepasar la altura del arroz (Locatelli y Doll, 1977). También pueden incluirse entre ellas E. Crus-galli y arroz rojo. Caso contrario se presenta con una maleza acuática de poca altura, que prospera en cultivos de arroz, Heteranthera reniformis R. et P., debido a que esta maleza se desarrolla bien bajo condiciones de poca luz, especialmente cuando la tasa de transmisión de luz se reduce a menos del 25 por ciento (Gabela,1975).

En campos sembrados con la variedad IR 5 la competencia de las malezas por luz causó una reducción significativa en el índice de área foliar y en la tasa de transmisión de luz, lo que a su vez reduce los rendimientos (Okafor y De Datta, 1976).

Competencia por agua

Las plantas varían mucho en cuanto a sus requerimientos de agua. La competencia por agua es generalmente más importante que la competencia por luz porque comienza antes que ésta. La competencia por agua es mayor cuando las raíces del cultivo y de las malezas están intercaladas o muy cerca unas de otras, y obtienen agua del mismo volumen del suelo. Esto significa que la competencia de las malezas por el agua es mayor en arroz de secano que en el de riego. Cuando se presentan períodos de sequía y el arrozal está

poblado de malezas, el arroz sufre deficiencia de agua y reduce su desarrollo, mientras los cultivos libres de malezas resultan menos afectados.

Competencia por nutrimentos

En la competencia por nutrimentos las malezas generalmente absorben tanto o más elementos que las plantas de cultivo.

En un experimento realizado en el CIAT (1974), se encontró que sin control de malezas el rendimiento de arroz fue inferior donde se aplicaron 100 kg de nitrógeno por hectárea, que donde se no aplicó dicho fertilizante. Por el contrario, con un buen control de malezas la aplicación de N permitió el aumento en los rendimientos en 800 kg de arroz/ha.

El efecto de las malezas en el rendimiento del cultivo de arroz también es informado por Ray (1973) y por De Datta (1974). Este último encontró que, como lo muestra la Figura 9 , existe una alta correlación

Figura 9. Relación entre el peso seco de la maleza *C. rotundus* y el rendimiento del arroz en secano, con diversos niveles de N. IRRI, 1972 estación lluviosa (De Datta, 1974).

negativa entre el peso de la maleza Cyperus rotundus L. y el rendimiento en la variedad IR 5, y que esta correlación es afectada por la fertilización nitrogenada. La aplicación de 60 a 120 kg de N/ha incrementa significativamente los rendimientos de IR 5 con respecto a la no aplicación de N; sin embargo, los rendimientos decrecen significativamente cuando se incrementa el peso seco del Cyperus rotundus L. debido a que al ser mayor su población aumenta también la competencia de éste con el arroz.

Okafor y De Datta, 1976, en un experimento con la variedad IR 5, cambiando la población de Cyperus rotundus L. y los niveles de N, encontraron que la aplicación de N en arroz de secano beneficia más el Cyperus rotundus L. que al arroz.

Pitelli, 1981, al estudiar el efecto del espaciamiento y de la dosis de nitrógeno en arroz de secano, en la competencia de las malezas por nutrimentos con la variedad IAC 25, encontró que:

a) La competencia de las malezas Digitaria sanguinalis L. e Indigofera hirsuta L. reduce la acumulación de materia seca y nutrimentos en el tejido vegetativo y en los granos.

b) La distribución relativa del total de materia seca entre el cultivo de arroz y las malezas fue equilibrada.

c) Hay diferencia en la absorción de los nutrimentos por las malezas y el cultivo de arroz. Los niveles de fósforo, cobre, manganeso y zinc fueron más altos en las plantas de arroz; en contraste, los niveles de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio e hierro fueron más altos en las malezas.

Moody, 1981, efectuó la más completa revisión sobre la interacción maleza fertilizante en arroz. De manera general afirma que las malezas tiene altos requerimientos de nutrimentos y pueden tener mayor contenido de minerales que el arroz (Cuadro 4). La cantidad de nutrimentos requerida por las malezas que crecen en asociación con el arroz es extremadamente variable y depende de muchos factores como: período de competencia, dosis de fertilizante, tiempo de aplicación, variedad de arroz, composición de la comunidad de malezas y su control.

Competencia por espacio

El principal efecto de la competencia por espacio es el alargamiento excesivo del tallo y un bajo macollamiento, lo cual produce el volcamiento de las plantas. La competencia por espacio de los cultivos de arroz se estima que es más crítica en la etapa de macollamiento; éste puede reducirse al igual que el índice de área foliar.

Cuadro 4. Efecto de la población de malezas y de la dosis de nitrógeno en el contenido de nutrimentos de las malezas y del arroz de secano. (Moody, 1981).

	Contenido de nutrimento,% [a]					
	Nitrógeno			Fósforo		
	Malezas	Arroz		Malezas	Arroz	
Dosis de nitrógeno kg/ha		No deshierbado	Deshierbado		No deshierbado	Deshierbado
0	3.15	1.11	1.22	0.247	0.147	0.164
30	2.24	1.09	1.36	0.223	0.135	0.162
60	1.73	1.45	1.55	0.154	0.161	0.181

[a] Promedio de dos años.

En el Cuadro 5 vemos la competencia que se da entre malezas de diferentes tipos y el arroz, en un ecosistema inundado. En estos ecosistemas no hay, o es muy poca, la competencia por agua, pero sí existe fuerte competencia por espacio, especialmente por parte de malezas flotantes como Eichornia sp. y por espacio y nutrimentos, en particular por malezas emergentes como Cyperus difformis (L.) Retz.

Cuadro 5. Competencia entre malezas de diferentes tipos y el arroz, en un ecosistema inundado.

	Competencia		
	Espacio	Luz	Nutrimentos
Malezas flotantes	C	MC	SC
Malezas emergentes	C	MC	C
Malezas marginales	MC	MC	MC
Malezas sumergidas	MC	SC	C

SC = Sin competencia
MC = Competencia mediana
C = Competencia fuerte

Dificultan el manejo de las aguas. En los sistemas de cultivo de arroz con riego, las plantas invaden los canales de riego y drenaje, y los depósitos de agua. En los canales, disminuyen el flujo del agua y merman la capacidad de conducción, hacen difícil el paso del agua por compuertas, sifones y bombas y aumentan la sedimentación, lo cual acelera el daño de los canales.

Son hospedantes de plagas y agentes patógenos. La maleza Echinochloa colonum (L.) Link y otras especies de gramíneas, que crecen en los arrozales, son hospedantes de insectos, como Sogatodes oryzicola Muir, transmisor de la enfermedad "virus de la hoja blanca". Varias de las enfermedades importantes, tienen entre las malezas sus hospederos alternantes.

Aumentan los costos de producción. Los agricultores arroceros acostumbran hacer preparaciones de suelos muy especiales con el objeto de eliminar el mayor número de malezas. Muchos agricultores hacen un riego, esperan la germinación de las malezas, preparan el suelo, hacen otro riego, esperan la nueva germinación de malezas y preparan nuevamente con el objeto de evitar al cultivo la competencia de altas poblaciones de malezas. El control de las malezas,ya se haga manualmente o con herbicidas, eleva notoriamente los costos de producción, especialmente para especies difíciles.

Limitan la selección de los cultivos. En campos arroceros sembrados consecutivamente por varios años, y debido a las condiciones ambientales que este cultivo exige y al sistema de siembra que se adopta, se incrementan algunas especies de malezas hasta que llegan a hacer el cultivo del arroz poco remunerativo y obligan a sembrar otra especie. Este es el caso de malezas como el "arroz rojo" Oryza sativa L. y Rottboellia exaltata L.F.

Disminuyen el valor de la tierra. Malezas de particular agresividad y de fácil multiplicación como Cyperus rotundus L. que se propaga mediante bulbos, tubérculos y rizomas, afecta el valor de la tierra donde prolifera por la disminución que causa en los rendimientos y las dificultades para su control.

Dificultan la cosecha. Malezas como Echinochloa sp., Leptochloa spp. y Digitaria sp., forman una masa vegetal abundante, por la cantidad de hojas y tallos que producen, lo que dificulta el corte con las combinadas y en el corte manual hacen difícil y dispendiosa la tarea. Otras malezas de tipo voluble, de los géneros Ipomoea y Cucumis, producen tallos muy largos que se enredan en las plantas y forman masas compactas que dificultan el avance de las cosechadoras. En muchas oportunidades también pueden causar el volcamiento del arroz, con pérdidas de grano apreciables.

Causan pérdidas por baja calidad del grano o rechazo de grano para semilla. Entre las malezas de este grupo, la llamada "arroz rojo", es la que más demerita la calidad del arroz. Para que se note menos su presencia hay que molinar con mayor presión, lo cual hace que el porcentaje de granos partidos sea más alto y disminuye el valor comercial del producto.

También afecta la calidad del arroz el Phaseolus lathyroides L.

(Macroptilium lathyroides (L.) Urb. (nombre nuevo) cuando se cosecha junto con el arroz, debido a que su semilla tiene similar peso a la de éste y es difícil de separar durante las labores de beneficio. El consumidor rechaza grano con semillas negras y el precio se demerita.

Otras semillas de malezas que se mezclan con las del arroz y que son difíciles de separar son: Sorghum halepense (L.) Pers., zacate Johnson o cebadilla; Stenotaphrum secundatum (Walt.) Zuntze, Cartagena; Caperonia palustris (L.) St. Hill, caperonia; Ipomoea sp., batatilla; Rottboellia exaltata L.F., caminadora; Ischaemum rugosum Salisb., falsa caminadora, popa. Esta serie de malezas, junto con el arroz rojo, conforman el grupo de malezas nocivas, cuyo contenido es vetado en los granos que van a utilizarse como semilla.

BIBLIOGRAFIA

1. Arregocés, O; González, J. y Otero, C. 1979. Efecto de la competencia de las malezas en el rendimiento del arroz en suelos fangueados. Revista COMALFI. VI: 3 y 4 p. 37-42.

2. Beal. E. O. 1977. A Manual of Marsh and Aquatic Vascular Plants of North Carolina with habitat data. North Carolina Agricultural Experimental Station, Tech Bul. No. 247 .298p.

3. Briston, J.M; Cárdenas, J.; Fullerton, T.M. y Sierra, J. 1973. Malezas acuáticas, Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. 122p.

4. Cárdenas, J.; Reyes, C.; Doll, J. 1972. Malezas tropicales. Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. 341p.

5. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1974. Sistemas de Producción de Arroz. Informe Anual 1973. Cali, Colombia, pp. 209-218.

6. De Datta, S.K. 1974. Weed control in rice. Present Status and future challenge. Philippine Weed Sc. Bull 1(1): 1-16.

7. Fisher, H. 1977. Algunas familias importantes de plantas invasoras: características para su reconocimiento. In Manejo y control de malezas en el trópico' CIAT, Serie GS-18p. 13-24.

8. Gabela, F. 1975. Biology of Mudplantain (Heteranthera reniformis Ruiz et Babón) and its control in flooded rice. Tesis M.S.

9. González, J..; García, E. y Perdomo M. 1981. Important Rice weeds in Latin America, IRRI/MISS Rice Weed Control Conferencia International Rice Research Institute. Los Baños, Filipinas, 15p.

10. Holm, L.; Plucrnett, D.; Herberger, J.P. 1977. The world's worst weeds Distribution and biology. The University Press of Hawaii, Honolulu 609p.

11. Locatelly, E. y Doll, J.D. 1977. Competencia y alelopatía. In Manejo y control de malezas en el trópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Serie GS-18.p. 25-34.

12. Moody, L. 1981. Weed-Fertilizer Interactions in Rice. IRRI Research Paper Series No. 68. The International Rice Research Institute. Philippines, 35 p.

13. Okafor, L. y De Datta, S.K. 1974. Competition between weeds and upland rice in monsoon Asia Philippine Weed Sc. Bull. 1(1): 39-45

14. Pitelli, R.A. 1981. Competicao por nutrientes entre a cultura do arroz e a comunidade infestante. Efeitos do espacamento e da fertilizacao nitrogenada. Tesis de grado. Universidad de Sao Paulo, Brasil. 80p.

15. Pohl, R.W. 1980. Fieldiana Botany. Flora Costaricensis. Family No. 15, gramineae, W. Buiger ed. Serie No. 4. 608p.

16. Ray, B.R. 1973. Weed control in Rice. A review. Indian J. Weed Sci. 5(1): 60-72.

17. Standley, P.C. y Steyermark, J.C. 1958. Flora of Guatemala, Fieldiana: Botany. Vol. 24, Part I. Chicago Natural History Museum. 478p.

18. Velez,I. 1950. Plantas indeseables en los cultivos tropicales. Rio Piedras, Puerto Rico Editorial Universitaria. 507p.

MANEJO DE LAS MALEZAS EN ARROZALES

J. González F.

La maleza es un factor limitante de principal importancia en los arrozales, cuyo manejo conlleva a inversiones en equipos, insumos y fuerza humana o mecánica. Hoy en día se acepta que el rendimiento y la rentabilidad del cultivo dependen del eficiente y oportuno manejo dado a las malezas.

El propósito del presente artículo es proveer información en el manejo de las malezas, incluyendo las técnicas agronómicas convenientes y los productos herbicidas de mayor uso actual, a fin de tener una referencia fácil para técnicos de campo.

El control de las malezas en los arrozales es indispensable, pero el grado de efectividad y el logro de los propósitos, se puede conseguir por varios sistemas, basados en el conocimiento del suelo, de las condiciones ecológicas, de los costos regionales y de la población de malezas; para tener una medida de su valor y seleccionar los sistemas más adecuados, el análisis envuelve elementos técnicos, económicos, sociológicos y políticos.

Existen varios métodos de control que pueden ser usados. Algunos tradicionales que están basados en técnicas comunes, adaptadas a la región y a cada sistema de cultivo; otros más recientes, generalmente incluyen los herbicidas, los cuales son utilizados por menos gente. Debe tenerse en cuenta que una medida de control, por sí sola, no es suficiente, mientras que la combinación de varios sistemas puede ser empleada para lograr los mejores resultados dentro de condiciones económicas.

Las técnicas de control tradicionales son bien conocidas y utilizadas por los cultivadores de arroz, por lo cual se revisarán sin entrar en mayores detalles en la descripción de éllas.

SISTEMAS DE MANEJO DE MALEZAS

El principio del manejo de malezas consiste en crear condiciones favorables al cultivo y desfavorables a la maleza, p.e., cuando hay posibilidades de riego y agua abundante, una irrigación previa a la siembra, seguida por drenaje, puede causar la germinación de malezas que estén en condiciones de hacerlo y permitir su destrucción antes de sembrar. Otro ejemplo se refiere al uso de semilla limpia. La efectividad de cualquier medida de control será reducida si la semilla de arroz para la siembra lleva semillas de malezas, sobre todo las clasificadas como nocivas. La importancia de un programa de producción de semilla pura, se enfatiza lo mismo que el uso de la variedad mejor adaptada a la región, la cual competirá mejor contra las malezas.

Dentro de la lucha contra las malezas existen varios sistemas de manejo como son: cultural, mecánico, físico, biológico y químico, los cuales a su vez pueden combinarse o integrarse entre sí.

CONTROL MECANICO

Se efectúa con herramientas accionadas por la fuerza humana, animal o mecánica. Es el arranque de las malezas a mano, la destrucción de ellas con azadón, pala y otra herramienta manual o mecánica, y con el uso de máquinas e implementos.

Arranque a mano. El arranque de plantas con la mano, es un método eficaz para eliminar las malas hierbas ubicadas dentro de los surcos del cultivo, cuando sea difícil el uso de azadón, maquinaria u otro método. En lo posible debe ser practicado antes de que la maleza florezca para evitar su multiplicación por semilla.

La deshierba manual está generalmente limitada a pequeñas áreas o lotes de selección de variedades o multiplicación de semillas, donde se justifica la eliminación total de las malezas y materiales indeseables.

Labores mecanizadas. Para un efectivo control de las malezas mediante el empleo de máquinas, las labores deben ser hechas en el momento oportuno, con esmero y repetidamente. El objetivo primario del arado y las rastras o rastrillos, es el de destruír malezas por asfixia o por medio de ruptura de su parte aérea y su exposición junto con las raíces al sol. Además por colocación en condiciones favorables para la germinación de las semillas y partes de propagación que serán destruídas en la próxima labor. Con la manipulación mecánica se obtiene, además de la destrucción de las malas hierbas, el cambio en las propiedades físicas y de la actividad químico-biológica del suelo.

CONTROL FISICO

Quema o calor. El calor mata las células porque coagula el protoplasma. El punto térmico letal para la mayor parte de las células vegetales, se inicia a los 55°C aplicado por un tiempo prolongado, siendo la muerte más rápida a temperaturas más elevadas. Las semillas secas resisten temperaturas más altas, y por mayor tiempo, que las estructuras verdes, en las cuales las células poseen mayor actividad.

Inundación. El control de malezas por inundación del suelo, se efectúa rodeando con diques o caballones, la parte del terreno que se desea tratar, para luego aplicar una lámina de agua de espesor no inferior a cinco centímetros. A menos que la lámina sea profunda y permanente, el problema no se solucionará porque en algunas especies las semillas tienen la capacidad de germinar bajo el agua, aún a una profundidad mayor de 5 cm o sobrevivir en el suelo por más de un año.

En un experimento de invernadero en el CIAT, 1973, se estudió el efecto de la inundación y la posterior preparación de la tierra por "fangueo" para el control de "arroz rojo". Los resultados obtenidos indican que el anegamiento contínuo por un período de tres a cuatro semanas, reduce de manera considerable la germinación de semillas de "arroz rojo".

CONTROL CULTURAL

Es aquel en el cual se aplican, de una manera integrada, ciertas prácticas agronómicas para crear ambiente inadecuado para las malezas.

Rotación de cultivos. Algunas especies de malezas van haciéndose características del cultivo, debido a factores análogos de adaptación al medio y de escape a los sistemas de control empleados en él. Por esta razón, al rotar el cultivo con otro que requiere diferentes prácticas de manejo, o proyecta mayor o menor cantidad de sombra, o necesita un ambiente más seco o el empleo de otros agroquímicos, es un medio para hacer inadecuada las condiciones a las malezas y constituye un sistema de control excelente para especies difíciles, caso plantas acuáticas como Heteranthera sp. o Limnocharis sp.

Distancias y densidades de siembra. Un objetivo dentro del control de malezas en cada sistema de siembra, es el hallar una determinada población y distribución espacial de las plantas del cultivo, para que por medio de la competencia, principalmente por espacio, agua y luz, inhiba las plantas de malezas y no les permita progresar. Es un hecho conocido que en arroz, con siembras ralas o transplantes amplios, traen consigo dificultades en el control.

Sistemas de siembra. El arroz puede ser sembrado en diferentes sistemas y densidades, puede plantarse en hileras o al voleo, con densidades muy diferentes. P.e. al utilizar semilla pregerminada o transplante, en suelo preparado bajo el sistema de fangueo, con una delgada lámina de agua, se obtiene control de la mayor parte de las malezas no acuáticas.

El control de malezas causado por el transplante, se basa en varios factores. Uno en la siembra de semilleros en áreas pequeñas, bien preparados y libres de malezas nocivas, donde la densidad de siembra muy alta, dificulta el desarrollo de plantas extrañas, además de que en el arranque algunas pueden ser eliminadas antes del transplante en el campo definitivo. El otro factor es que el fangueo del suelo previo al transplante, destruye la mayor parte de los vegetales que hubieran iniciado su desarrollo y así dan al arroz 20 o 30 días de ventaja sobre las malezas, permitiendo que la competencia entre plantas sea ejercida del arroz sobre las malezas y no en el sentido contrario.

CONTROL BIOLOGICO

Se basa en el empleo de insectos o de patógenos para controlar las plantas indeseables, sin causar daño a las cultivadas. Su utilización en represión de malezas es reciente y aún no se presentan trabajos en arroz, como sí en otros cultivos.

CONTROL QUIMICO DE MALEZAS

Debido a que algunas técnicas culturales han resultado insuficientes para resolver el problema de las malezas, el empleo de herbicidas ha aumentado en importancia en los últimos años, siendo esta la ciencia agrícola con más rápido desarrollo reciente. Sin embargo, la correcta

aplicación de las prácticas culturales es la base de un buen control y los herbicidas deben ser considerados como un complemento a la deshierba mecánica y a los otros métodos culturales, cuando el nivel de efectividad de éstos es inadecuado para producir los efectos conducentes a rendimientos altos.

En los países de América Latina se encuentra una gama amplia de herbicidas de uso común en arrozales de riego o de secano. Una forma de agruparlos es clasificarlos por las plantas que atacan, como selectivos y no selectivos, y dentro de éllos por la época de aplicación en presiembra, preemergencia y postemergencia.

Tres características son importantes en el manejo de los herbicidas: selectividad, época de aplicación y su residualidad o permanencia en el suelo.

Selectividad

Herbicidas selectivos

Son los que destruyen ciertas especies de malezas sin causar daño a las plantas del cultivo. Aún cuando su definición parece muy simple, la selectividad es el resultado de interacciones muy complejas. Sin entrar en detalles de los mecanismos, hay dos categorías principales de selectividad.

Selectividad verdadera o fisiológica. La planta no es afectada por el herbicida por causa de alguna de sus características: la presencia de una cutícula gruesa, la naturaleza de su epidermis en relación con la polaridad del herbicida o la presencia de un sistema enzimático. Un ejemplo preciso de la selectividad fisiológica es la detoxicación del herbicida propanil por la enzima arilacilamilasa, presente en mayor proporción en el arroz que en las malezas. La selectividad depende de la dosis del herbicida. El término selectividad, es variable, define condiciones específicas de uso de ambientes.

Selectividad indirecta. Si las condiciones para la maleza y para el arroz fueran las mismas, los dos serían destruídos, sin embargo, hay técnicas agronómicas que crean condiciones favorables al arroz y desfavorables a la maleza. Dependiendo de los herbicidas, algunas de estas técnicas pueden ser: siembra profunda, abajo de la capa del suelo tratada con herbicidas; transplante, para escapar de herbicidas que actúan sobre los semilleros, lo cual da al arroz ventaja de 20 a 30 días sobre las malezas. En ambos casos, el cultivo escapa de la acción herbicida por el crecimiento rápido de sus raíces más abajo del área tratada. Además las aplicaciones dirigidas o localizadas, así como la época de aplicación puede crear situaciones de selectividad en algunos casos.

Herbicidas no selectivos

Por definición, un herbicida no selectivo debe destruír toda la vegetación presente. En efecto, algunos herbicidas son no selectivos a dosis altas y selectivos a dosis bajas y pueden ser usados por el costo comparativamente bajo de su tratamiento, otros son no selectivos o generales a cualquier dosis.

Epoca de aplicación.

El tiempo de aplicación de los herbicidas, debe estar de acuerdo con el estado de la vegetación al momento del tratamiento. Dichas aplicaciones pueden realizarse antes de la siembra o del transplante, después de la siembra, antes o después de la emergencia, y después de que hayan desarrollado las plantas. Las situaciones siguientes pueden ocurrir:

Presiembra

Tratamientos aplicados antes de la siembra del arroz y antes o después de que las malezas hayan emergido. Ejemplo Paraquat o Glíphosato, son herbicidas generales aplicados sobre el follaje de las malezas. Oxadiazon (Ronston 12L) o Bentiocarbo granulados aplicados sobre lámina de agua en suelos después de fangueados y uno a dos días antes de retirar el agua y sembrar el arroz con semilla pregerminada o seca.

Entre las aplicaciones en presiembra, hay tratamientos de presiembra incorporada al suelo (P.I.S.). En éllos se emplean productos de rápida volatilización, la que se evita al mezclarlos con el suelo, o herbicidas inmovibles en el suelo, a los cuales se les mejora su distribución por medio de la incorporación.

Preemergencia

Aplicación después de que el cultivo ha sido sembrado y la semilla recibió agua para germinar, pero antes de que las plantas del cultivo y la maleza hayan emergido del suelo, los preemergentes por ejemplo, deben ser aplicados antes de que las malezas emerjan porque van disminuyendo su eficiencia a medida que éllas crecen, a la vez que pierden la selectividad al cultivo. El transplante permite una variación a este método como son las aplicaciones postemergentes al cultivo y preemergente a las malezas, para lo cual son muy comunes los herbicidas granulados que no tienen contacto con el follaje del arroz.

Postemergencia

Tratamientos después de la siembra, cuando ya las malezas y el arroz hayan emergido del suelo. Se considera como postemergencia temprana las aplicaciones hechas cuando las malezas hayan alcanzado el estado de una a dos hojas. Se considera postemergencia tardía las aplicaciones sobre plantas de mayor follaje. Los herbicidas hormonales son un buen ejemplo de productos de este tipo, mientras Propanil o Bentazón son productos aplicados en ambas épocas.

Persistencia

La persistencia de un herbicida es el tiempo durante el cual la emergencia de las malezas es inhibida. Los herbicidas con larga persistencia son preferidos para lograr que el follaje del arroz sombree el suelo antes de que la maleza emerja. La persistencia en el suelo depende del herbicida, de los factores ambientales, de la textura y del contenido de materia orgánica del suelo. En los climas tropicales es más difícil extender la persistencia del herbicida, la cual comúnmente es llamada "efecto residual".

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACCION HERBICIDA

Las propiedades de los herbicidas son constantes. Si un producto es graminicida permanecerá con esa característica a pesar de las condiciones ambientales, pero su grado de eficiencia puede variar de acuerdo con las condiciones de su uso, por lo cual cada producto requiere ser investigado antes de usarlo comercialmente, en una nueva región ecológica o diferente sistema de producción.

Los principales factores a tener en cuenta son:

Tipo de suelo

Algunos herbicidas son fijados por los coloides del suelo y la disponibilidad para la maleza, varía de acuerdo con el tipo y la actividad biológica del suelo. La dosis aconsejada para los suelos livianos deberá ser aumentada en los suelos pesados o altos en materia orgánica, e inversamente la dosis para estos suelos puede causar fitotoxicidad al cultivo en los livianos. Además, el lavado de los herbicidas está en relación con la textura del suelo, la solubilidad del herbicida en agua y la cantidad de lluvia o riego.

Iluminación

Muchos herbicidas son sensibles a los rayos ultravioleta, los cuales aceleran su descomposición. Algunos, muy sensibles a la luz, p.e. El propanil se recomienda aplicarlo en la mañana para su mejor efecto de control, porque requiere luz para ejercer su acción herbicida. Otros requieren ser incorporados en el suelo poco después de la aplicación. Las etiquetas correspondientes adheridas en los envases indican las exigencias de la luz para el producto.

Lluvia

Si las lluvias caen pocas horas después de la aplicación, antes de que se haya ejercido la acción herbicida, o haya habido absorción en las malezas, se produce lavado, el cual reduce la eficacia del producto. En la descripción de algunos productos comerciales se anotan las indicaciones al respecto.

Humedad y temperatura del aire y del suelo.

La temperatura y la humedad afectan la velocidad de las reacciones químicas y la actividad de la vida microbial del suelo, las cuales contribuyen a la degradación de algunos herbicidas. Los productos de absorción radicular requieren de buena humedad para su eficacia de control. Las condiciones climáticas influyen además en la fisiología de los vegetales. Una planta en el estado de crecimiento activo, con sus estomas abiertos, absorbe los herbicidas en tiempo más corto que otra con actividad lenta.

Toxicidad a humanos y animales.

La toxicidad de los herbicidas es muy variable, sin embargo, aún

cuando sea baja debe encausar precauciones de manejo y almacenamiento. Los agroquímicos deben ser almacenados en cuartos ventilados, lejos de los alimentos y del alcance de los niños, deben permanecer en su empaque original, con la etiqueta que indique la naturaleza y peligrosidad del producto y el antídoto a ser usado. La toxicidad se expresa en varias formas, la toxicidad crónica que es un efecto de absorción de pequeñas cantidades durante largo tiempo, por el contrario, la aguda es el efecto de absorción de gran cantidad en corto tiempo.

La dosis Letal Media o LD-50, indica toxicidad aguda y representa la dosis media con la cual mueren individuos de determinada especie. El número LD-50 expresa los miligramos de pesticidas que resultan fatales al ser absorbidos por vía cutánea u oral, por kilogramo de peso vivo de la especie animal en relación. Entre más baja sea la cantidad indicada más tóxico es el producto, p.e. el LD-50 de 20 miligramos por kilo, para ratas, indica que en promedio 5 miligramos son suficientes para matar una rata de 250 gramos ó 1 miligramo para un ratón de sólo 50 gramos. La mayoría de los herbicidas tienen toxicidad baja, pero se recomienda manejarlos con cuidado y tener en cuenta otros efectos, pues algunos son teratógenos o actúan sobre la genética.

PRINCIPALES HERBICIDAS EN ARROZ

La literatura científica de América Latina menciona 21 herbicidas que hasta la fecha llegaron a ser comerciales, siendo probados como efectivos por los países que hacen investigación. Cada producto tiene manejo específico y el uso correcto es importante, siguiendo las indicaciones aquí resumidas, como complemento a la hoja técnica que se agrega a cada recipiente. El texto de la misma se basa en el trabajo de la entidad fabricante, de los institutos de investigación y de los servicios de extensión.

El Cuadro 1 presenta información sobre los productos más comunes en el medio, con algunas características de su empleo. Debe hacerse la aclaración de que buena parte de éllos son utilizados en secuencia, (2 a 3 aplicaciones por cultivo), o en mezclas, teniendo estas últimas el Propanil como base general combinado con un preemergente u otro postemergente de tipo hormonal.

Factores que afectan la efectividad de los herbicidas

Un porcentaje alto de las fallas y de los problemas que se presentan en la utilización de los herbicidas se debe al descuido, a desconocimiento de su manejo, a inadecuadas formas de aplicación o a falta de mantenimiento de los equipos de aplicación, lo que trae como consecuencia alteración de las dosis indicada.

Fallas en la aplicación

Es fundamental que el equipo de aplicación se encuentre en buenas condiciones, por tanto se debe dar un buen y frecuente mantenimiento.

Calibración. Se debe hacer en el terreno donde se realizará la aspersión y

Cuadro 1. Lista de los productos herbicidas de mayor uso para el control de malezas en arrozales.

Nombre técnico	Nombre comercial	Concentración gr IA por kg o lt de PC	Fórmula química	Dosis Kg ia/ha	Características
A. PREEMERGENTES					
Butralin	Basalin	480	4(1,1-Dimethil-ethil-N-(1-Metil, Propil)-2,6 Dinitrobenceno-amina	2.0	Graminicida muy selectivo en arroz secano. Actividad contra algunas dicotiledóneas comunes como Amaranthus sp. y Portulaca sp.
Oxadiazon	Ronstar 12L Ronstar 25 EC	120 250	5t Butil-3(2,4 Dichloro-5 Isopropoxifenil)-1,3,4 Oxadiazol	0.5 - 1.5	Graminicida selectivo. Hay una formulación(12L)para aplicación directa sin diluir, sobre el agua en transplante o presiembra de semilla pregerminada. La formulación 25 EC se utiliza sola en preemergencia o en mezcla con propanil en postemergencia temprana.
Piperofox + Dimetametrina	Avirosan	100 + 400 (respectivamente)	S-2-Metil, piperidono carbonil methil + OO-Dipropil fósforo ditioato + 2-(1,2-Dimethil proplamino)-4 Ethil amino-6-Methiltio 1,3,5 triazina	0,4 - 0.5 + 1.6 - 2 (respectivamente)	Controla la mayoría de las malezas anuales, dicotiledóneas, gramíneas y algunas ciperáceas.
Fluorodifen	Preforan 30 EC	300	2,4 dinitro-4 trifluorometil difenil eter	3.6 - 4.5	Efectivo graminicida, tambien destruye dicotiledóneas. Se emplea en mezcla con propanil en Post-emergencia temprana. Se empleó en mezcla con linuron en preemergencia.
Bentiocarbo	Saturno 50, Bolero	500, 563	S-(4-Clorobenzil)-NN-Dietil-tial carbamato	3.0 - 6.0	Tiene acción graminicida y destruye algunas dicotiledóneas. Controla gramíneas en emergencia. tambien se emplea en post-emergencia temprana.

Cuadro 1. (Continuación)

Nombre técnico	Nombre comercial	Concentración gr IA por Kg o lt de PC	Fórmula química	Dosis Kg ia/ha	Características
Molinate	Ordram	750	S etil hexahideo 1H-azepina-1-carbotioato	3.0 - 5.0	Utilizado en mezcla con propanil en post-emergencia. Es muy selectivo al arroz y eficiente para controlar Echinochloa sp.
Butaclor	Machete	600	N-(Butoximetil) (2 cloro-2,6-dietilacetanilida)	1.8 - 2.4	Controla malezas gramíneas en emergencia, máximo hasta post-emergencia temprana. Buen control de gramíneas difíciles como Ischaemum sp.
Pendimethalin	Prowl 330E, Stomp, Herbadox	330	N-(1 etil propil)-2,6-dinitro-3,4 xilidina	1.0 - 1.65	Herbicida para otros cultivos, útil en arroz. Graminicida utilizado especialmente contra Rottboelia sp. en secano. Puede afectar las raíces del arroz.
Oxyfluorfen	Goal 2-EC	240	Difenil eter	0.24 - 0.29	Graminicida selectivo, solo en los tres primeros días de la siembra, no selectivo en post-emergencia.
B. POSTEMERGENTES					
Propanil	Stam F34, Stam 100 Stam LV10, Surcopor, Propanex, Rogue	240, 360 480	Acido 3,4 Dicloropropionanilida	1.8 - 4.0	Postemergente a ser aplicado cuando las malezas gramíneas tengan 1 a 3 hojas. Controla monocotaledóneas y algunas dicotiledóneas. En dosis adecuadas es altamente selectivo al arroz. En dosis alta causa toxicidad temporal.
2,4 D	Varios	320, 480, 500 720	Acido 2,4-Diclorofenoxi-acético	0,25 - 0.5	Aunquando su uso es común, no es recomendable. Controla malezas dicotiledóneas pequeñas y cyperácesa. A ecta la planta de arroz en el desarrollo de sus órganos rendimiento.

Cuadro 1. (Continuación)

Nombre técnico	Nombre comercial	Concentración gr IA por Kg o Lt de PC	Fórmula química	Dosis Kg ia/ha	Características
MCPA	Agroxone 4	380	Acido 2-metil 4-clorofenoxi-acético	0.5	Controla malezas dicotiledóneas. Menos tóxico al arroz que el 2,4-D.
2,4,5-T*	Amikil 5, Esteron Tormona	430, 480	Acido 2,4,5-Triclorofenoxi-acético	0.25 - 0.5	Controla malezas dicotiledóneas establecidas y desarrolladas, tambien cyperáceas.
Bentazon	Bazagran	480	3 Isopropil-1-H-2 1,3 benzotia diazinona-4(3H)-2,2 dioxido	0.96 - 2.0	Activo contra las malezas, dicotiledóneas y cyperáceas. Esta últimas las controla en cualquier estado.
C. POSTEMERGENTES NO SELECTIVOS					
Paraquat	Paraquat, Gramoxone	200	Sal 1,1 "Dimethil 4,4" Bipiridinica	0.4 - 0.7	Herbicida no selectivo que destruye la vegetación verde sin afectar plantas leñosas.
Glifosato	Round up	360	N-(fosfonomethil) glisina	1.0 - 2.0	Herbicida no selectivo. Actua mejor en plantas activas, con hojas desarrolladas.
Dalapon	Dalapon, Dowpon Basfapon	850	Acido 2,2 Dicloropropiónico	15.0 - 25.0	Muy eficiente contra gramíneas en crecimiento, tiene poca acción selectiva.

* Su empleo se encuentra prohibido en Colombia y otros países

cada vez que se haga una aplicación o se cambie de terreno. Una calibración frecuente de los equipos reduce a un mínimo las posibilidades de hacer aplicaciones con dosis diferentes inapropiadas.

Velocidad. Durante la aplicación, la velocidad debe graduarse de acuerdo a la presión, topografía del terreno, tamaño del aguilón y forma de aplicación. Un exceso o disminución en la aplicación, altera fácilmente la dosis recomendada para una superficie determinada.

Agitación. Se debe mantener una agitación constante de la mezcla dentro del tanque de la aspersora para evitar sedimentaciones las cuales obstruyen las boquillas afectando la aplicación. Este hecho se relaciona principalmente con productos cuya formación es polvo mojable.

Aguilón. La posición horizontal y la distancia adecuada y uniforme del suelo o de la vegetación a las boquillas.es uno de los requisitos para que la distribución sea uniforme y se asegure la efectividad de la misma.

Boquillas. Es otro factor decisivo en la distribución uniforme del herbicida. El desgaste de una boquilla puede aumentar o disminuír la capacidad de descargue. En el comercio se consiguen boquillas de diferentes marcas, tipos y calibres, lo mejor es usar todas las boquillas iguales, para asperjar herbicidas se recomiendan las de abanico o las de cortina y no las de cono.

Filtros. Su principal finalidad es la de impedir la obstrucción de las boquillas con gránulos o partículas gruesas provenientes del agua o del producto. Hay filtros con mayor o menor número de hilos por centímetro cuadrado, uno con un número alto de hilos tiene orificios más pequeños, e impide el paso de mezclas gruesas como suspensiones de polvos mojables o emulsiones concentradas

Mantenimiento. No se debe dejar herbicidas en el tanque de un día para otro. Pueden ocurrir problemas de toxicidad cuando se utiliza la misma aspersora para aplicaciones de agroquímicos diferentes,sin un lavado adecuado.

Calidad del agua. Aguas muy turbias pueden anular la efectividad de los productos como en el caso de Paraquat (Gramoxone). Algunos herbicidas se fijan a los coloides suspendidos en el agua de la mezcla y disminuyen su efectividad.

Aguas duras. Calcáreas o ferruginosas pueden afectar la solubilidad del herbicida causando su sedimentación.

Cantidad de agua. Volúmenes de agua menores o mayores de los necesarios para la aspersora en uso pueden causar desuniformidad en la aplicación o disminución en la retención de la mezcla sobre las hojas.

En las aplicaciones terrestres de productos pre-emergentes y de presiembra incorporados, se recomienda para los equipos convencionales un volumen de mezcla entre 150 y 250 lt/ha.

En las aplicaciones terrestres postemergentes en forma total, se recomienda un volumen de agua entre 200 y 300 lt/ha. El empleo del mayor volumen está determinado por la cantidad de follaje al humedecer. Hay aspersoras de bajo y ultrabajo volumen pero su uso en control de malezas debe ser cuidadoso para evitar lugares sin asperjar o en insuficiente número de gotas.

Incorporación

Profundidad. La incorporación de los herbicidas en presiembra se debe realizar en los cinco centímetros de suelo. Si se hace muy superficial los resultados serán erráticos y si es profunda puede causar toxicidad a la semilla del cultivo.

De preferencia, la incorporación se debe hacer inmediatamente después se realice la aplicación, para evitar pérdidas por foto-descomposición o volatilización. Ej. Trifluralina (Treflan) en algodonales.

Mezclas. Es necesario tener precauciones en el uso de mezclas de herbicidas con insecticidas, fertilizantes, fungicidas y compuestos aditivos, ya que cuando se pueden obtener efectos sinergéticos, también se puede presentar problemas de incompatibilidad como el Propanil y los insecticidas fosforados y carbamatos.

Cuando se trata de mezclas entre herbicidas, debe verificarse su compatibilidad para evitar problemas. El principal se presenta cuando se mezclan polvos mojables con emulsiones o herbicidas de diferente formulación.

Fallas debidas al ambiente

Los factores ambientales tienen mucha influencia en la efectividad y aplicación de los herbicidas y aunque algunos de éllos no son controlables por el hombre, se deben tener en cuenta para realizar las aplicaciones en momento óptimo.

Humedad del suelo

Para aplicaciones de herbicidas al suelo (preemergentes-presiembra incorporados) se prefiere la humedad de campo o de germinación, suelos muy secos o muy húmedos, alteran la efectividad y la aplicación de los herbicidas. Los productos hormonales requieren una humedad adecuada y condiciones generales que favorezcan un crecimiento activo de las malezas y así facilitar la translocación de estos herbicidas.

Lluvia. En aplicaciones postemergentes la lluvia puede disminuir el efecto. En aplicaciones al suelo es deseable una lluvia o riego moderado, para obtener una penetración adecuada, sin embargo, un exceso de ellos puede ocasionar lixiviación o arrastre del producto.

Viento. La distribución de la aspersión es afectada por el viento, cuyo efecto aumenta con la volatilidad del producto, ocasionando perjuicios a cultivos susceptibles cercanos.

Es preferible no efectuar aplicaciones cuando la velocidad del viento sea mayor de 10 kilómetros por hora.

Las temperaturas elevadas

- Aumentan la toxicidad del producto hacia el cultivo
- Interfieren la traslocación del herbicida por las malezas
- Inactivan los herbicidas por volatilización o degradación en el suelo
- Aumentan la actividad de algunos herbicidas postemergentes permitiendo disminuir sus dosis. Ejemplo DNBP.

Las temperaturas bajas pueden disminuir la actividad de los herbicidas debido a una menor rata de crecimiento de las malezas. Ej. el 2,4-D.

Fallas debidas al suelo

En suelos livianos se puede presentar mayor pérdida por lixiviación y en suelos pesados por degradación microbiana relacionada directamente con el contenido de materia orgánica. También es afectada por exceso de acidez, alcalinidad y presencia de sales calcáreas o ferruginosas. En general, se recomiendan las dosis bajas para suelos livianos y las dosis altas para suelos pesados.

Fallas debidas al cultivo

Se presentan problemas respecto a la selectividad de los herbicidas a plantas y cultivos. Dicha selectividad puede ser parcial para algunas variedades de un mismo cultivo.

También se pueden presentar fallas cuando se realizan aplicaciones en épocas o estados de crecimiento no adecuados. La mayoría de los herbicidas se aplican en una época determinada o en un estado de crecimiento definido del cultivo y de la maleza.

Son escasos los matamalezas que se pueden aplicar en momentos diferentes a los recomendados.

Fallas debidas a las malezas

En las recomendaciones de herbicidas es importante tener en cuenta la población de malezas existentes, ya que ningún herbicida selectivo controla todo tipo de malezas. Al eliminar la competencia de las malezas predominantes toman importancia las malezas secundarias.

Otro aspecto importante es el de que a medida que aumenta el crecimiento de las malezas disminuye la susceptibilidad al herbicida.

Las malezas perennes son más resistentes a los herbicidas que las anuales.

Fallas debidas a la calidad del producto

Se presentan casos en los cuales la calidad de los herbicidas se afecta en tal forma que su poca efectividad trae consecuencias

antieconômicas para los usuarios. Esta situación está relacionada con dos aspectos principales :

Tiempo de almacenamiento

Se recomienda no usar productos que hayan permanecido más de un año guardados porque al cabo de un tiempo empiezan a degradarse o sedimentarse, lo cual anula su actividad.

Antes de ser usados se deben agitar bien para evitar posible sedimentación.

Fallas en aplicaciones aéreas

Volumen del agua. El volumen de agua utilizado es menor que en las aplicaciones terrestres debido principalmente a :

- Mayor velocidad de aplicación
- Mayor presión
- Mayor desplazamiento de la solución

Altura de la aplicación. Es importante aplicar a la altura determinada para cada tipo de aplicación (alto, bajo volumen) para evitar el acarreo de la solución y el perjuicio a cultivos cercanos susceptibles.

Faja de aspersión. Evitar que suceda repetición de la aplicación en una misma faja del terreno o que no reciba aplicación. Esto se puede obviar conociendo el ancho de la aspersión y bandereando adecuadamente el campo.

EL ARROZ ROJO Y SU CONTROL

Joaquín González F.

El arroz rojo (Oryza sativa L.) es una maleza común de difícil control en los arrozales, indeseable porque puede causar una serie de perjuicios a la producción debido a varios factores tales como :

- Compite con las variedades bajando el rendimiento del arroz blanco.
- El rendimiento total es reducido debido al desgrane del rojo antes de la cosecha.
- Causa volcamiento y pérdidas en el cultivo.
- El grano rojo baja la calidad comercial y el precio del arroz.
- El arroz blanco mezclado con rojo, al ser pulido en forma más estrecha, reduce los granos enteros y la calidad molinera.
- El grano rojo no es aceptado para consumo humano en la mayoría de los países.
- El control de esta maleza es costoso, dispendioso y requiere varios períodos de siembra o largas rotaciones para su eliminación.
- El arroz rojo también es maleza en los cultivos alternos, eleva sus costos y causa cambios en los sistemas de control de malezas.

En cuanto a su origen como problema en América hay poca información, es probable que el arroz rojo haya entrado a Estados Unidos en semillas enviadas desde Asia por la compañía "East Indian City". El rojo estuvo presente en los campos de arroz de América en los tiempos de la colonia, antes de que las variedades mejoradas comenzaran a ser sembradas. (Stubbs et al, 1904).

Las fuentes principales de contaminación con arroz rojo son la siembra de semilla impura y el desgrane antes de la cosecha, el cual se convierte en semilla en reposo que permanece en el suelo y luego germina y reinfesta. También lo son la maquinaria agrícola, el agua de riego y el ganado proveniente de los lotes infestados.

A continuación se hace la descripción de los daños que causa; se describe la planta, su fisiología, morfología y genética, y los diferentes sistemas de control para promover un método integrado de manejo, que es la forma más adecuada de atacar el problema.

Problemas ocasionados

Cada año, un mayor número de campos de arroz son infestados con esta maleza. Son muchos los factores que contribuyen a este aumento, siendo el más importante el uso de semilla contaminada junto al desconocimiento inicial del problema.

La demora en establecer programas de semillas certificadas ha sido la principal causa por la cual existen hoy en día problemas con el rojo en muchos países. Una vez el arroz rojo se introduce a un campo, y se deja madurar, su semilla cae al suelo, donde puede permanecer viable, en reposo, por muchos años y producir la reinfestación.

El arroz rojo no es deseado por molineros, consumidores, productores de semilla y agricultores, por las razones que a continuación se enuncian:

Molineros. Deben sobrepulir el grano para remover la capa roja y ésto baja el porcentaje de granos enteros. El arroz rojo posee más centro blanco, y se quiebra con mayor facilidad. Además el arroz comercial reduce su precio por la mezcla de rojo y por mayor proporción de quebrado.

Consumidores. Rechazan el grano mezclado con rojo por su mal aspecto, aún cuando éste tiene el mismo valor nutritivo.

Productores de semilla. Su reputación como proveedores de semilla de calidad es afectada. El mercado está para quien ofrezca arroz libre de rojo, aún a precios más altos. Aparte de lo anterior, tener en cuenta que la depuración de los campos es costosa y no siempre efectiva.

Productores de arroz. El rojo decrece los rendimientos, la calidad y los beneficios en el cultivo. El control de arroz rojo es difícil y costoso. En ocasiones requiere rotación del cultivo para controlarlo. Afecta la selección varietal, las fechas de siembra y los métodos de deshierba. El rojo causa vuelco, lo cual incrementa las pérdidas y los costos de cosecha.

Según Baldwin, 1978, 32 panículas de rojo por m^2 pueden reducir el rendimiento de arroz en un 64%. Una planta de arroz rojo sin controlar, teóricamente puede llegar a generar 151 kg/ha de semilla después de dos años. Ha habido campos dejados de cosechar a causa del arroz rojo.

En una encuesta en Guyana, el 80% de las muestras de arroz tenían más del 2% de rojo y algunas tuvieron hasta 40%, (Rai, 1973). La mezcla afectó la calidad, pero las pérdidas financieras fueron difíciles de calcular porque el descuento por rojo varía según las condiciones del mercado. En Louisina, 33% de las compras de arroz sufrieron descuentos que promediaron US$6.17 por tonelada a causa del rojo. (Traylor y Hill, 1963).

Botánica

El arroz rojo puede ser definido como semillas de arroz distintas, por tener la parte más externa del grano coloreado. Hay varios tipos: el rojo con glumas claras, el rojo toro; el rojo bermellón; los rojos de grano largo y el rojo de glumas negras entre otros.

Solo hay dos especies de género Oryza que se cultiva comercialmente O. sativa L. de origen asiático y O. glaberrima Steud, de origen africano, (Angladete A. 1969). El endosperma de la primera tiene un color más claro que el de la segunda, el cual presenta tonos marrón, rojo y gris.

Según Tateoka, 1963, Oryza rufipogon, Griff, es nombrado para abarcar un rango amplio de tipos de arroz salvaje, rojo y negro, relacionados con O. sativa y difíciles de distinguir de él.

Holm et al, (1979) hacen una lista de siete especies del género Oryza como malezas en 41 países.

Según Craigmiles, J.P. (1978), botánicamente, el arroz rojo y el blanco son clasificados, por algunos autores, dentro de la especie Oryza sativa L. Las principales diferencias morfológicas que distinguen el rojo del blanco, son:

- La semilla tiene el pericarpio coloreado
- La semilla desgrana fácilmente y en forma escalonada
- La semilla mantiene reposo, sin perder la viabilidad, durante un período largo de años.
- Las plantas son generalmente más altas y precoces que las variedades cultivadas.
- Las plantas son generalmente pubescentes.
- Las plantas pueden tener un color más claro

Según Sonnier EA. (1978) las variaciones que ocurren actualmente dentro del arroz rojo, pueden ser clasificadas dentro de dos grupos principales: rojo con glumas color paja y rojo con glumas color negro. En términos generales, el rojo con glumas color claro tiene planta abierta, con relativamente pocos tallos, panículas decumbentes y pueden o no tener aristas. El rojo con glumas negras tiene un tipo de planta más compacta, con más tallos, hojas angostas, erectas y la semilla casi siempre tiene aristas. Otras diferencias están en la facilidad de quitar la capa coloreada de la almendra y el tamaño, la forma y lo traslúcido de los granos molinados. El rojo de glumas claras tiende a contener más centro blanco en su endospermo. Lo que ambos tienen en común es que son malezas, plantas vigorosas, capaces de resistir condiciones adversas y cuyas semillas tienen una gran longevidad en el suelo. Antes de florecer la planta de arroz rojo, es difícil de distinguir las plantas de variedades comerciales.

Genética

Varias características del rojo son dominantes sobre sus alelos en arroz blanco y pueden ser transferidos por cruzamiento. Por éllo, nuevos tipos de arroz rojo pueden aparecer en diferentes localidades al cruzarse el rojo con las variedades blancas (Sonnier, 1978).

Las primeras investigaciones sobre antocianina en arroces de tipo Indico parecen haber sido realizadas por Héctor y Parnell (1922) y por Parnell et al (1971). Los investigadores estuvieron de acuerdo que el pigmento antocianínico presenta en la F1 dominancia completa en todos los órganos.

Parnell et al, citado por Nagai (1959) observaron la progenie de cruzamientos naturales encontrados en variedades índicas, algunos de los cuales segregaron rojo, marrón y blanco en relación 9:3:3 y otros, rojo y marrón en 3:1. Las plantas nacidas con almendras rojas tuvieron color púrpura en cualquier otro órgano vegetativo como estigma, gluma, lámina foliar o vaina, pero las nacidas de almendra marrón no tuvieron color púrpura y las de almendra blanca fueron independientes de color en los órganos vegetativos. Cruzando marrón con blanco, aparecen granos rojos en la F1, y granos rojos y blancos en la F2, en proporción 3:1 en las plantas con color púrpura y en las plantas sin partes púrpura, en relación 9:12:7, rojo, marrón y blanco como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Segregación en F2 de cruzamientos de arroz marrón con blanco, en presencia o ausencia de partes púrpura. Parnell et al citado por Nagai (1959)

Plantas	Con púrpura		Sin púrpura		
Grano	Rojo:	Blanco:	Rojo:	Marrón:	Blanco:
Genotipos	ANR :	ANr	AnR :	aNR anR	: Anr : anr : aNr
Observado	283 :	119	106 :	129	: 85
Calculado	305 :	102	102 :	136	: 97
Proporción	3	1	9	12	7

Según Grist (1975), el pigmento en el grano, el cual no es una antocianina, es generalmente heredado como un par de genes con dominancia del rojo, pero los trabajos de Nagao y Takahashi (1947) mostraron que están incluídos dos genes complementarios Rc y Rd. El Rc es responsable de la producción del pigmento en los llamados arroces gris-marrón, que tienen marrón en fajas irregulares sobre un fondo marrón-rojizo. Rd cuando está presente junto con Rc causa la aparición del color de Rc produciendo arroz rojo. Rd por sí mismo no causó pigmento. Se asume que el arroz rojo es RdRc, el arroz gris-marrón Rcrd y el blanco rcRd o rcrd. Cruces entre arroces con granos rojos y blancos segregan 3:1 o en algunos casos 9:3:4.

El arroz es autopolinizador o autógamo en más de 99.99%, el cruzamiento natural es muy bajo. Cuando éste llega a ocurrir, la primera generación y 3/4 de la segunda tienen granos con almendras rojas. Como producto de los cruces naturales de rojos con blancos, algunas plantas de rojo pueden tener las mismas características de la variedad de granos blancos y es imposible diferenciarlas para sacarlas del campo al hacer la descontaminación, éstos son los conocidos como rojos varietales.

Fisiología

El arroz rojo en sus primeras etapas crece más rápido que algunas de las variedades comerciales mejoradas, lo cual hace posible disminuir

oportunamente la competencia, removiendo las plántulas de rojo existentes en el campo.

Reposo de la semilla después de floración. Un estudio de Helpert y Eastin 1978, en panículas marcadas al florecer de arroz rojo con glumas negras, rojo con glumas color paja y el testigo "Labelle", variedad que tiene reposo inicial corto, colectando muestras cada tres días a partir de la floración, unas se colocaron inmediatamente en germinadores a 30°C y otras fueron primero almacenada secas por 2 semanas a 30°C para luego tomar muestras cada 3 días para probar la germinación.

El Cuadro 2 nos muestra los resultados del ensayo, indicando una mayor latencia de los arroceros rojos, lo cual explica su mayor permanencia en el suelo sin perder viabilidad.

Efecto de la temperatura en la germinación del rojo con glumas negras Eastin, E.F. 1978 informa sobre experimentos conducidos con semillas en platos petri, incubados a 15, 20, 25, 30, 35 y 40°C, donde el límite más bajo de germinación ocurrió entre 30 y 35°C comparando con 30°C en las variedades comerciales, pero a cualquier temperatura el rojo germinó un día antes que los blancos.

Antocianinas. Las antocianinas son compuestos complejos formados por un pigmento y una molécula de azúcar. Estos pigmentos pueden hallarse en cualquier parte de la planta y su color cambia con la acidez; el mismo pigmento puede ser rojo en una flor y azul en otra.

La acumulación de azúcares, y a veces el efecto directo de la luz, estimulan la formación de antocianinas. En investigación realizada por Nagai Suzuki citado por Diaz 1978 sobre 82 variedades de arroz y 29 especies silvestres del género Oryza, en diferentes partes de la planta identificaron las siguientes antocianinas:

Cyanin (Cyanidin 3,5-glucoside)
Chrysanthemin (Cyanidin 3-glucoside)
Karacyanin (Cyanidin 3-rhamo glucoside)
Ulginosin (Malvidin 3-gelactoside)

METODOS DE CONTROL DE ARROZ ROJO

PRACTICAS CULTURALES

El primer paso a manejar el arroz rojo es prevenir la infestación de los campos, para lo cual el uso de semilla pura tiene importancia especial, junto con el uso de equipos y maquinaria limpios, en las operaciones de la finca.

Deshierba manual

Esta es una práctica en la cual se remueven con las manos las plantas de arroz rojo junto con otras mezclas y malezas nocivas, mientras que el cultivo está creciendo. Las ventajas y desventajas de la deshierba pueden ser resumidas así: si la labor se hace apropiadamente arrancando con raíz, evitando el desgrane y sacando las plantas del campo, el costo puede ser

Cuadro 2. Germinación de dos tipos de rojo y el testigo Labelle, en diferentes períodos después de floración, con y sin almacenamiento de dos semanas a 30°C. Adaptado de Helper 1 y Eastin, 1978.

Tratamientos		Germinación (%)						
Días desde floración		15	18	21	24	27	30	33
Sin almacenamiento	Rojo Glumas paja	-	-	-	-	-	-	-
	Rojo Glumas negras	-	-	-	-	-	X	X
	Blanco Labelle	-	-	-	-	X(25%)	X	X
Con almacenamiento	Rojo Glumas paja	-	-	X(80%)	X	X	X(95%)	X
	Rojo Glumas negras	-	-	X(40%)	X	X	X(90%)	X
	Blanco Labelle	X(50%)	X	X(75%)	X	X	X(80%)	X

X = Hubo germinación

alto. En muchas situaciones, especialmente en arroz sembrado al voleo, la deshierba puede causar daño a las plantas dentro del cultivo.El control manual solo es costeable donde los jornales sean bajos, la infestación poca, o donde el valor mayor por la pureza de la cosecha lo compense.

En las siembras en surcos se puede hacer un control cultural efectivo en las calles, pero no dentro de los surcos. Mientras que el transplante con pauta lo facilita en surcos y calles.

Densidad y manejo de la siembra

Siembras más densas de lo normal, con semilla libre de rojo, pueden dar ventajas en la competencia al arroz blanco sobre el rojo, disminuyendo la producción de semilla de este último. Sonnier, (1978) encontró que duplicando la cantidad de semilla, de 100,8 kg/ha a 201,6 kg/ha, se redujo la producción de semilla de rojo entre un 31 y un 56%.

Rai 1973, sugiere la siembra de variedades precoces que maduren antes que el rojo, complementados con la aplicación de un desecante, antes de la cosecha del blanco, a la floración de rojo, para detener la producción de semilla de arroz maleza.

En las variedades comerciales, que en su mayoría son más tardías que el rojo, se pueden usar los reguladores de crecimiento que prevengan la formación de las panículas de rojo antes de florecer las variedades cultivadas. Esta posibilidad es digna de ser investigada.

Demorar la época de siembra permitirá la germinación de semillas de rojo presentes en el suelo y su posterior destrucción con equipos de preparación de suelos o herbicidas o lanzallamas, antes de la siembra.

Huey y Baldwin 1978, recomiendan mantener los arrozales húmedos y pasar rodillos sobre los residuos de cosecha para inducir la germinación del arroz voluntario que puede ser destruído sin florecer antes de sembrar la próxima cosecha. También podrían colocarse ganados y otros animales que consuman plantas de rojo en el campo.

Transplante

Es un sistema muy antiguo, se estima que fue un adelanto que introdujo el hombre en su lucha contra las malezas cuando cambió de siembra directa a transplante y hoy aún es una forma aconsejada de controlar malezas difíciles como arroz rojo. Se deben hacer almácigos usando semilla pura a razón de 400 kg/ha, en un lugar con suelo fértil y libre de malezas, cercano al campo definitivo el cual se mantiene inundado durante los 20 o 30 días que están las plántulas en el semillero. El lote definitivo es fangueado, pocos días antes del transplante para destruír toda la vegetación, en esta forma el arroz cultivado le lleva a la maleza una ventaja de 20 a 30 días y podrá ser cosechado sin que las malezas y el arroz rojo le hayan hecho mayor competencia, y el arroz puede estar libre de semillas extrañas (CIAT, 1980 Trujillo y González, J. 1961).

En estudios de emergencia, los tipos de arroz rojo, fueron capaces de germinar y emerger más rápido, y desde mayor profundidad del suelo, que las variedades comerciales. Al usar los herbicidas desarrollados para el control de arroz rojo, se debe tomar en cuenta este factor porque hay herbicidas que son absorbidos por las raíces, otros por la semilla en proceso de germinación y algunos otros por las plantas en emergencia. Si el herbicida es absorbido por las plántulas emergiendo, habrá buen control sin importar desde que profundidades venga la planta emergente, pero si es absorbido por la raíz, el herbicida tendrá que estar en el área radical en concentración suficiente para producir el control. Esto ocurre con la incorporación del Molinate (Ordran) a profundidades de 2.5 cms, en el suelo seco, dió un 90-95% de control de las plantas de rojo en la zona superficial tratada, pero solamente de 30 a 50% de control cuando las semillas estaban entre 5 a 6.5 cms de profundidad.

Manejo de agua

Una integración importante es el manejo del agua en conjunto con la siembra en agua. Hay que insistir en la siembra en agua, porque si el arroz es sembrado sobre el suelo seco, no se obtienen las ventajas prácticas del manejo del agua.

El control con agua está basado en que el arroz rojo no puede germinar cuando está cubierto por suelo y agua, pero si podrá germinar cuando está cubierto sólo por uno de los dos.

Después de la siembra de semilla pregerminada, o el transplante, en el suelo fangueado y saturado, hay tres opciones para el manejo del riego. Primera, mantener inundación continua desde la siembra hasta poco antes de la cosecha. Segunda, drenar el campo a la siembra y reinundarlo gradualmente tan pronto como las plántulas de arroz blanco hayan enraizado. Tercera, la práctica tradicional en la cual el agua es drenada a la siembra y el campo se demora en ser inundado hasta que el cultivo sea suficientemente alto para soportar una inundación completa.

La primera opción, inundación continua, tiene ventajas pero es difícil con semilla pregerminada en el trópico donde el sol aumenta la temperatura del agua, la cual pierde oxígeno con el calentamiento y las plantas mueren. Además, en suelos con contenido alto de materia orgánica es difícil establecer una población bajo agua. La segunda, inundaciones interrumpidas, mantiene el suelo húmedo y ayuda a suprimir la germinación de algunas plantas de rojo, mientras que el arroz blanco en el estado de plántula forma raíces rápidamente y se ancla en el suelo evitando ser arrastrado. En la tercera opción el cultivo se establece bien pero no hay control de rojo.

Según Sonnier (1978), en experimentos en Crowley con inundación continua, solamente el 3.3% del rendimiento total fue arroz rojo, mientras que con drenaje prolongado hay reducción del rendimiento total y el 40% fue arroz rojo.

Huey, (1978), afirma que el manejo de agua puede combinarse con la aplicación del herbicida Molinate, en presiembra incorporado, seguida por la siembra del arroz en agua con inundación continua, y puede esperarse entre un 70 a un 80% de control.

Según Barker y Sonnier (1982), los arroceros de Lousiana usan las siguientes prácticas : labranza mínima; inundación; preparación del suelo bajo agua; siembra de semilla pregerminada en agua y mantenimiento de la inundación. Esta práctica es posible porque el contenido de oxígeno en aguas frías permite la germinación y establecimiento del arroz.

Preparaciones frecuentes

Otro método de control muy usado es la preparación frecuente del suelo, roturándolo varias veces durante la época en que no hay cultivo, para destruír las plantas de maleza y el arroz espontáneo antes de que puedan producir semillas.

Sonnier, (1978) afirma que en un campo en Crowley se contaron 161 plantas de arroz rojo por m2 antes de la preparación inicial y pocas semanas después, antes de la segunda preparación, se encontraron entre 323 y 344 plantas por m2. Se continuó arando a través de los meses siguientes y el arroz rojo fue disminuyendo gradualmente. Sin embargo, en el siguiente año hubo abundante infestación, la cual fue declinando con las aradas siguientes. El problema en estos casos es el reposo de las semillas de arroz rojo, el cual es más duradero que el de las variedades domésticas y la disturbación de la capa superficial del suelo que coloca semillas profundas cerca de la superficie y en condiciones de germinar.

Quemado de residuos de cosecha

Algunos agricultores colocan fuego a los residuos de cosecha para destruír las semillas de arroz y malezas de la cosecha. Esta práctica, aparte de poder afectar la materia orgánica del suelo, tiene el inconveniente de no ser el calor lo suficientemente intenso para destruír las semillas que están en contacto con el suelo, por lo cual es posible encontrar semillas no afectadas. Ademas el calor ayuda a acortar el período de reposo de algunas semillas.

Es posible utilizar el lanzallamas para mejorar el control, pues el fuego va dirigido directamente al suelo, siendo esta una labor que se debe hacer muy lenta y puede resultar costosa.

Rotación de cultivos

No hay aún ninguna vía perfecta para limpiar los arrozales del rojo, un sistema recomendable es rotar el arroz con otros cultivos y usar métodos efectivos de control de malezas para el cultivo de rotación.

Rotación con pastos. Los primeros tratamientos de rotación fueron hechos con pastos, porque no es común encontrar plantas de arroz voluntarios dentro de pastizales. Además, los agricultores encuentran que el pastorear y arrancar el arroz antes de que produzca semilla, puede incrementar su control.

Una rotación corta, o durante solo un período, no es económica ni suficiente para terminar la infestación de arroz rojo, por lo tanto, se recomienda hacer rotación durante dos o más períodos de cultivo y después volver al arroz.

Rotación con cultivos de secano. Puesto que el arroz crece mejor en un habitat acuático, los campos infestados cuando son sembrados con cultivos diferentes al arroz reducen la producción de semillas de rojo. Siembras de soya, sorgo o algodón, durante dos períodos causan control del arroz espontáneo hasta un nivel fácil de manejar.

Rotación de cultivos, más herbicidas. Según Baldwin (1978), en ensayos efectuados por Smith en South Arkansas, el rojo fue reducido combinando control químico y prácticas culturales en una rotación soya-soya-arroz o soya-sorgo-arroz. La rotación con soya dió el 99% de control de rojo durante el primer año y 92% en el segundo cultivo, al regresar al arroz se llegó sólo a un 26% de control de arroz rojo. La rotación sorgo, soya y arroz, dió un control más rápido, sin importar en que turno está el sorgo en el ciclo. Al volver a cultivar arroz hubo 73% de control y después de dos ciclos de la rotación sorgo, soya, arroz se logró el 90% del control de rojo.

Smith (1976), presentó rotaciones de dos años con soya, sorgo de grano y arroz incluyendo labranza para estimular la germinación de la maleza. Labranza, sorgo y el herbicida propazine causaron un control total de rojo en el sorgo. Labranza, soya y herbicida causaron 98 a 100% de control. En el cultivo de arroz hubo 70 a 80% menos rojo después de un ciclo de rotación y 90% menos después de dos ciclos.

Baldwin (1978), en Arkansas afirma que en la rotación con soya se puede incluir herbicidas en presiembra incorporados, porque en esta forma causan mejor control. Por ejemplo, el alachlor como preemergente puede dar un 99% de control de arroz rojo si hay lluvias, pero solamente un 50% de control, o menos, si la época es seca; con la incorporación toma menor dependencia de las lluvias para la actividad de los herbicidas. Alachlor a la dosis máxima recomendada de 3.88 kg/ha y el doble de la dosis recomendada de dinitroanilinas, como Trifluoralin, Profluoralin Fluchloralin, Pendimenthalin, etc., dan un buen control de arroz rojo.

Según Eastin (1978) los herbicidas para soya que dieron un 90% y más de control de arroz rojo fueron: al Alachlor a razón de 3.3 a 4.4 kg/ha, con lluvias adecuadas y el Antor, similar a Lasso pero activo a dosis más bajas. Otros herbicidas preemergentes para soya, Metribuzina y Pendimenthalin, no dieron los mismos niveles de control.

En soya, los herbicidas postemergentes son aplicados cuando el arroz rojo está comenzando a macollar, asperjándolos sobre las plantas, según Eastin (1978), Paraquat a razón de 0.13 kg/ha dió un control excelente. Dichlorofobmethyl, dió buen control después de 4 semanas. Linuron 1.1 kg IA/ha, más un surfactante, resultó en un buen control de arroz rojo. Paraquat y Linuron deben ser postemergentes dirigidos mientras que Dichlorofob-methyl puede ser asperjado sobre las plantas de soya; si la soya está alta puede causar problemas en los surcos porque no hay un cubrimiento completo. Su control no es bueno cuando el arroz rojo ha macollado.

Buen control postemergente de arroz rojo en soya es obtenido con doble aplicación dirigida del Paraquat a razón de 0.13 kg IA/ha sobre soya de 15 a 20 cms repetida 7 días después.

Griffin y Haryer (1982), condujeron estudios en la estación experimental de Louisiana para evaluar el control con postemergentes en soya. Los herbicidas incluían Sethaxydim, Fluazifop, CGA 82725 y SC 1058 a 0.27 y 0.55 kg/ha, Dowco 453 y HOE 33171 a 0.13 y 0.27 kg/ha y Mefluidade a 0.13 + Bentazon a 0.8 kg/ha, aplicados sobre el rojo de 10 a 15 cm de altura. Se agregó aceite concentrado a razón del 1% del volumen de mezcla con los herbicidas excepto para Mefluidide + Bentazon. El control de rojo estuvo en un rango de 100% para Dowco 453 (0.27 kg/ha) a 50% para HOE 33171, (0.130 kg/ha). Con la excepción del HOE 33171, el control de rojo fue mayor del 80%. La combinación Mefluidade + Bentazon dió un 95% de control con poco daño temporal a la soya.

Los herbicidas evaluados por Eastin (1978) en sorgo fueron las triazinas preemergentes. Las que causaron mejor control fueron Atrazina, Propazina, Cyanazina a las dosis máximas utilizadas para el cultivo. Estos herbicidas como preemergentes sobre la superficie, dan buenos resultados cuando se aplican con lluvias adecuadas, pero con 2 semanas sin lluvias después de la aplicación el control de arroz rojo es inadecuado. Por êllo, para resultados consistentes se sugiere la aplicación en presiembra incorporada.

CONTROL QUIMICO

Según Hill (1978) y Huey y Baldwing (1978), si el arroz debe ser sembrado en campos infestados con rojo, se puede utilizar el herbicida Molinate (8E) a 4.4 kg/ha, o Molinate granular 44 kg/ha P.C. en presiembra incorporados al suelo a una profundidad de 4 cms. Este tratamiento, combinado con un buen manejo de agua, da un control parcial de rojo y un excelente control de gramíneas, pero si después del tratamiento con herbicidas, el arroz es sembrado dentro del agua y la inundación es continua, se consiguen los mejores resultados; el uso de Molinate con la siembra en agua y el manejo de agua da un control de rojo entre el 80 y 90%.

El control selectivo del rojo anual en arroz ha sido conseguido utilizando el herbicida EPTC incorporado aplicado un mes antes de la siembra. Gliphosato y Paraquat también han sido usados exitosamente para matar el arroz rojo emergido antes de sembrar el arroz.

Antídotos con la semilla.

Actualmente se viene trabajando con sustancia (antídotos) que protegen la semilla del arroz contra los herbicidas no selectivos al cultivo.

Andrade (1979), en un experimento preliminar, informa que el antídoto 1.8 Naptaleno Anhidro aplicado como tratamiento de semilla, a razón de 0.5 y 2%, protegió el arroz Bluebonnet, hasta cierto punto, contra el daño de los herbicidas Alachlor, Butachlor, Dowco 221, Molinate y Perfluidone, ninguno de ellos dañó el arroz, pero el tratamiento al 2% dió mejor protección que el tratamiento al 0.5%. El antídoto N,N-Diallyl- 2.2 Dichloraoacedamindg (R25788) mezclado con la Semilla a razón 0.5 y 2.0 kgs/ha, no permitió efecto dañino pero el control fue pobre.

CONTROL DE ARROZ ESPONTANEO Y ROJO EN EL CIAT

Durante los años 1982-1983, en el CIAT Palmira, se condujeron una serie de experimentos a fín de identificar métodos adecuados para controlar el arroz rojo, así como el arroz voluntario proveniente de cultivos anteriores. El objetivo de varios experimentos relacionados entre sí, fue buscar los medios prácticos para controlar el arroz rojo y disminuír el espontáneo en forma económica, como un complemento del uso de semilla libre de contaminación.

En tres experimentos se comparó el sistema químico contra el mecánico empleado por muchos agricultores, quienes estimulan la germinación de las semillas de arroz y malezas presentes en el suelo, para luego destruírlas mecánicamente roturando la capa superficial, antes de sembrar el cultivo.

El método empleado consistió en preparar un suelo donde previamente se había cultivado arroz y además se había sembrado semilla de arroz púrpura como contraste; posteriormente se irrigó para causar la germinación de las semillas de arroz y otras malezas y 15 días después aplicar los tratamientos buscando destruír las plantas nacidas. Hecho lo anterior se esperó 10 días para sembrar la semilla de arroz libre de contaminación.

De los herbicidas inicialmente probados se seleccionaron como los más promisorios: Linuron, Oxyfluorfen y Alachlor, y cada uno de éllos se combinó con los herbicidas generales Glifosato y Paraquat, para compararlos contra testigos mecánicos, manuales y absolutos.

En el Cuadro 3, se presentan los tratamientos usados y los rendimientos transformados a toneladas de arroz cáscara seco por hectárea, tanto del arroz cultivado como del arroz espontáneo y el púrpura.

Las mezclas Oxyfluorfen + Glifosato, Oxyfluorfen + Paraquat y Oxifluorfen + Propanil + Carbaril, presentan los mayores rendimientos de arroz, pero solo la primera de ellas permitió la menor contaminación de espontáneo superando al testigo manual, y a la vez mantuvo un efecto residual en control de malezas después de 27 días.

En la Figura 1, se observa la población de tallos de arroz, de arroz espontáneo y plantas de malezas gramíneas y ciperáceas por m2, a los 27 días después de la siembra. Se puede observar que los tratamientos (Oxyfluorfen + Paraquat), (Oxifluorfen + Glifosato), (Oxyfluorfen + Propanil + Carbaril) y (Propanil + Glifosato), presentaron a los 27 días alta población de arroz y baja de malezas y arroz espontáneo (púrpura).

El tratamiento (Alachlor + Glifosato) permitió alta población de malezas gramíneas y el (Linuron + Paraquat) mayor de ciperáceas, sólo superados por los testigos.

Los resultados obtenidos son importantes para los países donde la infestación con rojo está deprimiendo los rendimientos y la calidad del arroz.

Figura 1. Relación entre número de tallos de arroz cultivado/m², número de malezas gramíneas, ciperáceas y tallos de "arroz espontáneo"/mt², 27 días después de la siembra. CIAT 1982 – 83.

Cuadro 3. Control de arroz espontáneo, tratamientos y rendimientos causados, calculados en toneladas arroz cáscara/ha de arroz cultivado y arroz espontáneo. CIAT, 1982-3

Tratamientos	Kg IA/ha	Rendimiento de arroz: Cultivado (ton/ha)		Espontáneo (Púrpura) (ton/ha)	TOTAL
Oxyfluorfen + Glifosato	0.96 + 0.96	5.9 a*	+	0.196 a*	6.10
Oxyfluorfen + Paraquat	0.96 + 0.30	5.8 a	+	0.483 d	6.28
Oxyfluorfen + Propanil + Carbaril	0.48 + 2.8 + 1.7	5.7 a		0.504 b d	6.20
Testigo con deshierba antes y después de siembra	--	5.2 b	+	0.271 b	5.47
Linuron + Paraquat	1.0 + 0.3	4.7 bc	+	0.658 e	5.36
Alaclor + Glifosato	1.44 + 1.20	4.4 c	+	0.573 d	4.97
Glifosato + Propanil	1.2 + 2.8	4.3 c	+	0.356 bc	4.66
Linuron + Glifosato	1.0 + 1.2	3.8 cd	+	0.919 f	4.72
Testigo con deshierba antes de siembra	—	3.8 cd	+	0.288 b	4.09

* Tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente, según la prueba de Duncan al 5%

CONCLUSION

Aún cuando los resultados indicados son útiles en la lucha contra la maleza se puede afirmar que el arroz rojo seguirá siendo un problema grave en el cultivo y beneficio del arroz, si no recibe atención de la investigación y si los resultados de ella, no son transferidos y aceptados por los agricultores.

Para lograr éxito en la lucha contra el rojo, se debe evitar la infestación de los campos que están libres de él usando semilla pura, limpiando la maquinaria proveniente de campos infestados, impidiendo la entrada de ganados que hayan pastoreado en campos con rojo, no usando agua que haya regado otros campos.

Si los suelos ya están infestados, se puede buscar un programa de rotación de cultivos y uso de herbicidas pero si no se puede rotar y hay que continuar con arroz, la ciencia del control de malezas ha aportado los métodos que se han descrito con herbicidas en presiembra que aún cuando exigen dedicación y trabajo son eficientes.

BIBLIOGRAFIA

Andrade, V.A. 1979. Ensaio preliminar de controle de arroz-vermelho pelo uso combinado de herbicidas e protetor de semente. Anais da I reuniao de tecnicos em rizicultura do estado Sao Paolo. Campinas, CATI 1979. P. 327-332.

Angladete, A. 1969. El arroz, colección agricultura tropical Ed. Blume Madrid. 867 p.

Baker, J.N. 1974. Stale seedbed weed control in rice. Proceedings 27th Annual Meeting Southern Weed Science Society. 124p.

Baker, J.B. and E.A. Sonnier. 1983. Red rice and its control. Proceedings of the conference weed control in rice. Jointly sponsored by IRRI and IWSS at International Rice Research Institute. p.327-333.

Baldwin, F.L. 1978. Red rice control in alternate crops. Proceedings of red rice symposium held at Texas A and M University. p. 16-18.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1980. Siembras de arroz mediante transplante; guía de estudio del audiotutorial. Contenido Científico, Joaquín González F., Elías García. Producción O. Arregocés, Cali-Colombia. 20p.

Constantin, M.J. 1960. Characteristics of red in Louisiana. Louisiana State University. Ph.D dissertation, Baton Rouge. 95p.

Craigmiles, J.P. 1978. Red rice; Research and control. Proceedings of red rice symposium held at Texas A and M University. p5.

Díaz, Arn. 1978. Arroz rojo. Arroz 27 (294). Fedearroz Bogotá 20-24p.

Eastin, E.F. 1978. Additional red rice research in Texas. Proceedings of red rice symposium held at Texas A and M University. p 30-34.

González F, J.; E. García, M. Perdomo 1983. Important rice weeds in Latin America. Proceedings of the conference weed control in rice. Jointly sponsored by IRRI and IWSS at International Rice Research Institute. p 119-132.

Griffin, J.L. and T.R. Harger. 1982. Evaluation of overtop herbicides for red rice control. Louisiana Agric. Exp. St., Crowley. LA 70526 and Baton Rouge, LA 70803.

Grist, D.H. 1975. Rice Tropical Agriculture series 4ed Longmans, Green 8 Co. Lta.London, NY 548p.

Helper, C.W. and Eastin, E.F. 1978. Basic red rice research in Texas. Proceedings of red rice symposium held at Texas A and M University. P27-29.

Hill, L.C. 1978. Controlling red rice in Louisiana. Proceedings of red rice symposium held at Texas A and M University. p.38-40.

Holm, L.J., V. Pancho, J.P. Herberger and D.L.Plucknett. 1979. A geographical atlas of world weeds. John Wiley and Sons, New York.

Huey, B.A. 1978. Red rice control program for Arkansas. Proceedings of red rice symposium held at Texas A and M University. p.41-45.

Huey, B.A., Baldwin, F.L. 1978. Red rice control. Proceedings of red rice symposium held at Texas A and M University. p 19-25.

Nagai, I. 1959. Japonica rice its breeding and culture. Yokendo Ltd. Tokio.

Rai, B.K. 1973. The red rice problem in Guyana. PANS 19(4): 557--559.

Smith, R.J. 1971. Red rice: a problem weed in rice. Weeds today 2(2) 12-13 p.

_____.1976. Crop and herbicide systems for red rice control in rice. Proceedings Southern Weed Science Society. 29:164

Sonnier, E.A. 1978. Cultural control of red rice. Proceedings of red rice symposium held at Texas A and M University. 10-15p.

Stubb, W.C., W.R. Dodson and C.A. Brown 1904. Rice Louisiana Agric. Exp. St. Bul 77.

Tateoka, T. 1963. Taxonomic studies of Oryza. III Key to the species an their enumeration. Bot. Mag. (Tokio) 76:165-173p.

Traylor, H.D. and L.C. Hill. 1963. A $35 million problem in marketing Louisiana rice. La rural Econ. 25(3): 8-10.

Trujillo, E. y González- F.J. 1961. Efecto del transplante en el aumento de la producción y calidad en el arroz (Oryza sativa L.) Acta agronómica 11(1-2)Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia 88-110p.

CAPITULO IX

PLAGAS DEL CULTIVO

DESCRIPCION Y DAÑO DE LOS INSECTOS QUE ATACAN EL ARROZ EN AMERICA LATINA

DINAMICA DE LA POBLACION DE INSECTOS EN EL CULTIVO DEL ARROZ CON RIEGO

MANEJO DE PLAGAS EN ARROZ

INSECTOS QUE ATACAN LOS GRANOS ALMACENADOS Y SU CONTROL

VERTEBRADOS PLAGAS EN EL CULTIVO DEL ARROZ

DESCRIPCION Y DAÑO DE LOS INSECTOS QUE ATACAN EL ARROZ EN AMERICA LATINA

Y. de Galvis, J. González, J. Reyes, O. Arregocés

El daño causado por los insectos a las plantas es uno de los factores que incide sobre la producción de arroz. El comportamiento de los insectos plagas varía dependiendo de las condiciones climáticas, sistema de cultivo, época de siembra, estado de desarrollo de la planta y de la variedad.

La identificación de los insectos, lo mismo que el conocimiento de sus hábitos, del daño que ocasionan a la planta, de la edad del cultivo en que atacan y la época del año en que aparecen, permite un manejo y control eficiente de los insectos plagas para lograr un aumento en la producción del cultivo.

El presente artículo tiene por objetivos: describir los principales insectos y ácaros que atacan el arroz en América Latina, los daños que ellos causan a la planta e informar sobre su distribución geográfica.

DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Los insectos que dañan al arroz son bastante específicos en cuanto a los lugares donde se presentan. Algunos insectos de importancia económica en el Asia, nunca han sido reportados en América y viceversa. Los insectos plagas que aparecen en todas las zonas arroceras del mundo son: Nezara viridula (L.), Agrotis ypsilon (Hufnagel) e Hydrellia griseola (Fallen) (Figura 1).

Como plagas exclusivas del Continente Asiático se encuentran, entre los más importantes, los delfácidos Sogatella furcifera (Howard) y el Nila parvata lugens Stal; los barrenadores Sesamia inferens (Walker), Tryporyza incertulas (Walker) T. innotata (Walker) y el Chilo suppressalis (Walker), este último, se ha convertido en plaga grave en los últimos años, y se lo encuentra también en España (Schnitzler, 1976).

Otros insectos que aparecen solo en el Asia son: Nephotettix spp, algunas especies de Spodoptera y del escarabajo Verania sp. (Escuela de agricultura Universidad de Filipinas, 1975).

DISTRIBUCION DE LAS PLAGAS EN AMERICA

En cuanto a las plagas que se presentan en América, éstas aparecen ubicadas en mayor o menor preferencia en la parte Norte, Centro o Sur América, según el sistema de cultivo (Figura 2). Encontrándose como plagas graves de Norte América el lepidóptero Diatraea saccharalis (Fabricius) y el Spodoptera frugiperda (J.E. Smith), lo mismo que el chinche Blissus leucopterus (Say), a los cuales también se los puede encontrar en otras

Figura 1. Insectos de distribución mundial y algunos específicos del continente asiático.

Figura 2. Distribución de plagas en América.

partes de América, pero como plagas de menor gravedad. También ha sido reportada (Center for Overseas Pest Research,1976) como plaga importante en esta zona el Lissorhoptrus oryzophilus Kuschel.

En los países centroamericanos, algunas islas del Caribe como Cuba y Puerto Rico y algunos países de América del Sur, el Sogatodes oryzicola, Muir ha sido reportado como plaga que incide notablemente sobre la producción.

Como plagas comunes de Centro y Sur América aparecen Oebalus poecilus (Sailer), Rupela albinella (Cramer) y los coleópteros Euetheola bidentata (Urmeister) y Phyllophaga sp. (González y Murillo 1981). El saltahojas Draeculacephala clypeata (Osborn) solo ha sido reportado en Colombia y Surinam.

Ha sido reportada causando daño en cultivos comerciales de Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia, la mosca Hydrellia sp. La chinche hedionda (Tibraca sp.) se encuentra en la mayor parte de las áreas arroceras pero es una plaga de gravedad en el sur de Brasil, Argentina y Bolivia. (Cheaney y Jennings, 1975). El barrenador Elasmopalpus lignosellus (Zeller) se lo encuentra distribuido ampliamente en América, desde el norte hasta el sur de Argentina.

Sobre ácaros en arroz los informes indican que especies del género Schizotetranychus son las más frecuentes en dicho cultivo especialmente en América Latina. Los países donde se ha reportado este género son: Argentina, Brasil, Colombia, EE.UU., Venezuela y Costa Rica. Algunas otras especies de ácaros se presentan como locativas y su ocurrencia puede ser ocasional.

En Colombia (CIAT) también se han encontrado especies Tetranychus urticae Koch y Tetranychus cinnabarinus en poblaciones bajas, en los cultivos de arroz.

DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES INSECTOS PLAGAS EN ARROZ

Para efectos de su descripción, los insectos se han clasificado, según el tipo de daño y edad de las plantas que atacan así:

- Plagas que estan en el suelo
- Barrenadores
- Plagas que dañan el follaje
- Plagas que dañan la panícula

PLAGAS QUE ESTAN EN EL SUELO

También son conocidas como plagas del suelo, y se refieren a todas aquellas que afectan las raíces y la base de la planta. La presencia de estas plagas depende de la rotacion, del sistema de preparacion del suelo y

del manejo de los residuos de la cosecha anterior y de las condiciones climáticas.

Las principales plagas de este grupo son :

Neocurtilla (Gryllotalpa) hexadactyla Perty
Blissus leucopterus (Say)
Phyllophaga sp.
Lissorhoptrus oryzophilus Kuschel
Euetheola bidentata (Burmeister)
Spodoptera frugiperda (J.E.Smith)
Agrotis ypsilon (Hufnagel)

También se conocen como plagas que están en el suelo y que atacan la raíz, el Anaedus punctísimas (Coleóptera: Tenebronidae)en Honduras (Fausto Mendoza, información personal) y el Oryzophagus oryzae (Coleóptera: Curculionidae) o gorgojito de agua brasilero (FAO, 1979).

Neocurtilla (Gryllotalpa) hexadactyla. Orthoptera: Gryllotalpidae

Llamado verraquito o grillotopo. El adulto es de color marrón claro y mide de 25 a 35 mm de longitud (Figura 3); las patas delanteras son de tipo cavador, las cuales utiliza como palas para hacer túneles o madrigueras en el suelo, en torno a las raíces de las plantas donde vive (Coronado y Márquez, 1978). Una vez que se inunda el campo de arroz debe emigrar hacia los cabellones o partes altas, pues no puede sobrevivir en tales condiciones; en estos sitios la hembra construye celdas reforzadas donde coloca los huevos en grupos de 30 a 50. Las galerías que hace en los diques contribuyen a la pérdida de agua.

Figura 3. **Adulto de** ***Neocurtilla hexadactyla.***

Control : Inundar los lotes y aplicar insecticida carbofuran sobre los caballones lo que también es útil contra otras especies de grillos del suelo: el Scapteriscus didactylus y el Grillus asimilis.

Blissus leucopterus. Hemiptera: Lygaeidae

El adulto es un chinche muy pequeño que mide alrededor de 3.5 mm de longitud. Es de color negro o gris oscuro con las alas blancas en las cuales hay unas lineas color marrón en la base y dos manchitas de color marrón oscuro (Figura 4).

Se desplaza, volando o caminando rápidamente. Se puede presentar en altas poblaciones después de un período largo de sequia.

Los huevos miden 1 mm de longitud, son alargados de color blancuzco pero cerca a la eclosión toman color rojo oscuro. El período de oviposición suele ser de 1 mes y los huevos son colocados cerca a la base de las plantas sobre raíces o en los tallos cerca a la superficie del suelo. (González y Murillo, 1981).

Las ninfas son de color amarillo y poseen una franja anaranjada en el centro del abdomen que toma una coloración rojiza al madurar, son apteras y miden 3 mm de longitud. Este período dura alrededor de 40-50 días.

Control: Las medidas de control cultural son muy efectivas. Consisten en destruir los residuos de cosecha y las malezas, preparar los lotes con suficiente anticipación y prestar especial atención a la población, la cual se incrementa en los períodos secos.

Se le conoce como enemigo natural más importante el hongo Beauveria (Sporotrichum) globulifera (Speg) Picard.

Figura 4. Adulto de *Blissus leucopterus*.

Phyllophaga sp. Coleóptera: Scarabaeidae

Llamada comúnmente mojojoy o gallina ciega. El adulto es un escarabajo que mide entre 13 a 25 mm de longitud de color café o negro, con los ojos pronunciados y el pronoto ancho (Figura 5A). La duración del ciclo de vida es de aproximadamente un año. La larva de gran volumen, con el cuerpo curvo y de color blancuzco tiene la parte posterior brillante que permite observar a través de la piel el contenido oscuro (Figura 5B). La cabeza esclerotizada es de color café y en el tórax tiene 3 pares de patas prominentes. Se le encuentra en cultivos de secano y en suelos que hayan sido sembrados anteriormente con pastos o en lotes a los que no se les haya aplicado insecticidas (Coronado y Márquez, 1978)

Control: La inundación permanente del campo es un buen método de control, pero este insecto ataca principalmente arroces de secano y en cualquier etapa de desarrollo del cultivo puede dañar el sistema radicular.

Con una arada profunda y varios cruces de rastra, se logra colocar las larvas en la superficie del suelo, donde resulta más fácil su control natural o químico.

Figura 5. Adulto (A) y larva (B) del mojojoy o gallina ciega.

Lissorhoptrus oryzophilus. Coleóptera: Curculionidae

El adulto es un gorgojito de hábito acuático, mide unos 3 mm de largo, es de color café grisáceo siendo un poco más oscuro en el dorso y sobre el agua se ve más oscuro; algunas veces puede tomar un tinte verdoso. La cabeza es de forma esférica y en el extremo del aparato bucal tiene un pico que utiliza para raspar la epidermis de las hojas y que la hembra utiliza para hacer una cavidad donde colocar los huevos; las antenas son de color rojizo y en el dorso tienen estrías longitudinales (Figura 6). Puede vivir sobre la superficie del agua o bajo ella. Los huevos son blancos, cilíndricos, con los extremos redondeados. Son colocados bajo la epidermis de las raíces principales, y el período de incubación dura en promedio 7 días (Beltrán, 1967)

Las larvas son blancas, ápodas y miden 6 a 12 mm; la cabeza, de color marrón claro, es muy pequeña en proporción con el cuerpo. Este estado dura 30 días.

Figura 6. Adulto del gorgojito de agua.

La pupa es de color blanco y mide 3 mm de largo; aparece en un saco de seda en una celda ovalada hecha de barro impermeable al agua y adherida a las raíces del arroz. El estado pupal tiene una duración de 5 a 14 días (Beltrán 1967).

Control: El drenaje de los campos ayuda a evitar o disminuir el ataque, especialmente el de las larvas. En Cuba, los hongos Beauveria bassiana y Metarrhizium anisopliae han controlado el Lissorhoptrus brevirostris (Suffr).

Euetheola bidentata. Coleoptera : Scarabaeidae

Es plaga ocasional de los arrozales, especialmente en suelos húmedos que han sido sembrados antes con pastos. Se la conoce como "cucarro" o "carapacho".

El adulto es un escarabajo que mide cerca de 10 mm de longitud y su color varía de negro a café oscuro (Figura 7). Los huevos son blancuzcos de apariencia algodonosa y forma ovalada, ligeramente achatados con un diámetro de 1,5 mm; son colocados bajo la superficie del suelo.

Las larvas son blancas, de forma abultada y unos 10 mm de largo, con la cabeza negra quitinosa (González y Murillo, 1981).

Control: En los Llanos Orientales de Colombia la época de siembra atrasada, en relación con la iniciación de las lluvias, es una práctica adecuada para que la incidencia de su ataque sea menor.

En lotes donde se haya reconocido la inminencia de su ataque se puede aplicar Carbofurán a razón de 0.75 a 0.90 Kg de ingrediente activo por hectárea, distribuido al voleo e incorporado con la última rastrillada, o después de la siembra sin incorporarlo, cuando aparezcan los primeros síntomas de daño. También se recomienda asperjar Methil Parathion más Triclorfon, en proporción uno a uno.

La instalación de trampas de luz permite atrapar insectos adultos que son atraídos durante la noche. Es frecuente encontrar adultos afectados por el hongo M. anisopliae.

Agrotis ypsilon. Lepidoptera: Noctuidae

La hembra del Agrotis es una mariposa que oviposita sobre la superficie o en las cavidades del suelo, y aún sobre el envés de las hojas superiores. Los huevos colocados aisladamente o en masa, son globulares, de superficie estriada y eclosionan a los 5-6 días, dando origen a larvas de color grisáceo con rayas claras. Las larvas se alimentan de la parte basal del tallo y duran en estado de 20 a 30 días. La pupa se la encuentra en el suelo o debajo de los residuos de las plantas.

Control: La preparación del suelo, con aradas profundas y varias rastrilladas, ayuda a destruir pupas y larvas. También se recomienda inundar los lotes.

Figura 7. Adulto de *Euetheola* (A) y larva de *Agrotis* (B).

Spodoptera frugiperda Lepidóptera: Noctuidae

Su forma más común de ataque es como defoliador pero también actúa como trozador. Aparece en altas poblaciones durante los períodos secos que siguen a los tiempos de lluvia (Beltrán,1967).

El adulto, cuyo vida es de 10 a 12 días, es una mariposa de cuerpo robusto de color gris, con marcas blancas y gris claro sobre el primer par de alas; los ojos son grandes y bien diferenciados. En total la mariposa mide 20 mm de largo y 40 mm de envergadura. Los huevos son puestos en masa, sobre la lámina foliar o sobre el suelo y están recubiertos por escamas que provienen del cuerpo de la hembra (Figura 8).

Las larvas al completar el desarrollo son verdes o negras, de acuerdo al alimento ingerido. En la parte dorsal tienen 3 bandas más claras que van desde la cabeza hasta el extremo del abdómen. En la cabeza, que es de

color negro o café, tienen un dibujo en forma de Y invertida de color blanquecino.

El estado larvario dura de 16 a 20 días, y después de 7 instares llegan a medir hasta 40 mm de longitud.

La pupa mide alrededor de 15 a 20 mm de longitud y es de color café oscuro o negro, se la encuentra en el suelo a una profundidad de 20 a 100 mm (Beltrán, 1967).

Control: Para el control de ésta y otras plagas del suelo se recomienda :

a) Preparación del suelo y destrucción de los residuos de la cosecha anterior.

b) Reconocimiento del control natural; los pájaros y particularmente las garzas (Bubulcus ibis) ejercen acción predadora; insectos benéficos de las familias Carabidae, Tachinidae y Reduviidae ayudan parasitando o predatando.

c) Inundación profunda y completa de los lotes.

d) El control químico solo se recomienda para ataques intensos, puede efectuarse con Carbofuran 3G al suelo o aplicando al cultivo Tricorfon o Clorpirifos.

Las larvas de este lepidóptero son atacadas por hongos Nomuraea, (Spicaria sp.), por el virus de la poliedrosis y por nemátodos del género Neoaplectana. Los huevos son parasitados por Telenomus remus y las larvas por moscas de los géneros Gonia, Archytas y Eucelatoria así como por algunas especies de himenópteros especialmente de los géneros Euplectrus, Meteorus laphigmae y por la especie Chelonus texanus. Las avispas de los géneros Polistes y Polybia son buenas predadoras de larvas.

BARRENADORES

Los insectos barrenadores constituyen un grupo de mucha importancia dentro de los insectos plagas que atacan el cultivo del arroz, por lo cual dentro de un audiotutorial del CIAT, se estudian los barrenadores en América Latina, con relación a taxonomía, biología, daño económico y su control mediante la utilización de sus enemigos naturales.

Figura 8. Ciclo biológico del *Spodoptera frugiperda*.

Entre los insectos, los barrenadores constituyen un grupo que ocasiona pérdidas en la producción en algunas regiones de América Latina.

Se consideran tres especies de barrenadores :

- Diatrae saccharalis (Fabricius)
- Rupela albinella (Cramer), y
- Elasmopalpus lignosellus (Zeller)

Diatraea saccharalis, barrenador de la caña de azúcar, Lepidoptera: Pyralidae.

La hembra es una mariposa de color crema y hábito nocturno; se caracteriza por las estrías bien marcadas de las alas y por los palpos extendidos a manera de pico corto. El tamaño de la mariposa varía de 20 mm a 26 mm según la cantidad de alimento que haya ingerido durante su estado larval (Figura 9). La duración del estado adulto es de cuatro a seis días. Las hembras normalmente ovipositan durante la noche, tanto en la haz como en el envés de las hojas superiores de las plantas de arroz.

Los huevos son ovalados, planos, de color crema recién ovipositados y rojizos al acercarse la eclosión; miden alrededor de 1 mm.

Estos huevos son colocados en masas, en forma imbricada, es decir, sobrepuestos, como las escamas de los peces, en número de 10 a 60; el período de incubación es de cinco a ocho días (Beltrán, 1967).

Las larvas completamente desarrolladas se encuentran dentro de los tallos, miden de 25 a 35 mm, son de color crema con la cabeza parda oscura; tienen tres pares de patas toráxicas y cinco pares de patas abdominales. En la parte dorsal de cada uno de los segmentos del cuerpo tienen cuatro manchas ovaladas de color gris oscuro, dispuestas en forma de trapecio y de cada una de ellas sale un pelo o seta.

El período larval es de 18 a 25 días, durante el cual pasa por seis instares. Antes de empupar la larva hace un orificio en el tallo para facilitar la salida del futuro adulto.

La pupa es de forma alargada y color café claro, mide de 10 a 20 mm de longitud; este estado transcurre dentro del tallo y dura de 8 a 14 días.

En resumen, el ciclo biológico del Diatraea dura de 35 a 53 días distribuídos entre los diferentes estados.

Figura 9. Ciclo biológico de *Diatraea saccharalis.*

Rupela albinella "novia del arroz"

Este barrenador es del orden Lepidóptera y de la familia Pyralidae, fue clasificado por Cramer como Rupela albinella. En algunos textos se conoce también como Scirpophaga albinella (Figura 10).

El adulto es una mariposa blanca con el cuerpo cubierto de escamas planas, superpuestas; mide hasta 30 mm. La hembra vive 5 a 8 días y generalmente es más grande que el macho, el cual vive 4 a 6 días.

En las hojas jóvenes las hembras efectúan 2 o 3 oviposiciones, cada una de 80 a 120 huevos de color verde amarillento, cubiertos por una masa algodonosa blanca. Los huevos son lisos y ovalados, de 0.75 mm de largo y 0.5 mm de ancho. El período de incubación es de siete días.

Las larvas son blancas o de color crema y se reconocen fácilmente por su cabeza pequeña y rojiza. El abdómen, que termina en punta, tiene una línea dorsal longitudinal de color marrón claro.

El período larval consta de 6 instares y dura 35 a 50 días; al final de éste la larva mide 25 a 30 mm de longitud.

La pupa completamente desarrollada mide en promedio 20 mm de longitud, presenta una coloración blanca cremosa y su período de incubación, de 7 a 12 días, lo cumple dentro del tallo del huésped en un capullo de seda blanca.

Figura 10. Ciclo biológico de *Rupela albinella*.

Elasmopalpus lignosellus Lepidóptera : Pyralidae

Llamado comúnmente taladrador menor del maíz; a veces causa daños severos en el arroz de secano de América Central y del Brasil.

El adulto es una polilla de cuerpo delgado (Figura 11), con alas anteriores de color café grisáceo y las posteriores de color blanco; cuando está en posición de descanso, las alas se doblan sobre el dorso (Cheaney y Jennings, 1975).

La hembra oviposita sobre las hojas, los tallos o sobre el suelo; las posturas son individuales y de color verde pálido. La larva es de color verde azuloso con franjas café y mide aproximadamente 15 mm. La larva vive en el suelo y permanece en el tallo únicamente mientras se está alimentando (Cheaney y Jennings, 1975).

La pupa se encuentra cerca de la base de la planta en una cámara pupal construída con tierra.

Figura 11. Adulto (A) y larva (B) de *Elasmopalpus*.

PLAGAS QUE ATACAN EL FOLLAJE

En esta categoría se han incluído las plagas que consumen directamente el follaje y los chupadores tanto insectos como ácaros; por lo tanto esta categoría queda divida en tres grupos :

- Masticadores
- Chupadores
- Minadores

MASTICADORES

El grupo de los masticadores está constituído por especies del orden Coleóptera como Lissorhoptrus, Diabrotica, Epitrix sp. y Disonycha sp; por

las larvas de especies del orden Lepidóptera como Spodóptera, Mocis, Estigmene y Panoquina y por especies del orden Orthoptera como Conocephalus spp. y Caulopsis spp.

Lissorhoptrus oryzophilus

Este insecto es una de las plagas principales del arroz con riego en varios países. Los gorgojitos adultos se alimentan de las hojas del arroz mientras que las larvas se alimentan de las raíces (Cheaney y Jennings, (1975). Por ser éste el mayor daño, se ha descrito en la sección de plagas del suelo.

Diabrotica sp., Disonycha sp., Epitrix sp. (Chaetocnema denticulata)

Los adultos de estos coleópteros de la familia Chrysomelidae atacan el follaje del arroz y las larvas las raíces del arroz de secano. Los adultos de Diabrotica son de color verde con manchas amarillas en los élitros; esta coloración puede cambiar según las condiciones ambientales y de alimentación (Figura 12). Estos adultos son cucarroncitos pequeños de 4.5 a 5.5 mm de largo y muy móviles.

Figura 12. Adulto de *Diabrotica* (A) de *Epitrix* (B) y de *Disonycha* (C).

El adulto Epitrix, pulga saltona, es de color negro brillante y mide aproximadamente 2 mm de largo y su nombre lo debe a su forma característica de saltar (González y Murillo, 1981); Chaetocnema sp. es su nuevo nombre.

La larva y el adulto de la especie Disonycha son plagas graves del arroz en el norte de Brasil. El adulto es un cucarrón con los élitros de color azul oscuro con franjas amarillentas y la cabeza de color claro.

Spodoptera sp., Mocis sp. Lepidoptera:Noctuidae

Aunque el Spodoptera actúa como trozador; la larva, al igual que la de Mocis se alimenta del follaje y puede causar serias defoliaciones.

Los adultos de Mocis son "mariposas" de color café grisáceo de aproximadamente 30 mm de expansión alar. Cuando son perturbadas, tienen un vuelo corto y errático y luego posan con las alas extendidas. Las larvas, son por lo general de color naranja con bandas longitudinales oscuras sobre el dorso y pueden medir hasta 50 mm (Figura 13).

Estigmene sp., gusano peludo. Lepidoptera: Arctiidae

Característico de este insecto es el hecho de que las larvas en sus primeros estados viven en forma gregaria; posteriormente viven solitarias.

La larva está cubierta por muchos pelos o setas, las cuales no son urticantes. Puede alcanzar un tamaño de 50 mm y su color puede variar desde amarillo naranja hasta casi negro.

Control: Es una especie con alto control biológico, prácticas culturales como destrucción oportuna de malezas hospedantes son recomendables.

Altas infestaciones se pueden combatir con Triclorfon aplicado en el lugar del ataque.

Figura 13. Adulto (A) y larva (B) de *Mocis* y larva (C) de *Estigmene*.

Panoquina sp. enrollador de las hojas, Lepidóptera: Hesperiidae

El adulto es una mariposa de color café oscuro, con el cuerpo más o menos grueso y con manchas amarillentas en el primer par de alas, de aproximadamente 30 mm de expansión alar. La cabeza es negra con los ojos pronunciados y las antenas terminan en ganchos que utiliza el macho para coger a la hembra en la cópula (Figura 14).

La larva es de color verde claro, mide alrededor de 35 mm de longitud, con la cabeza en forma de corazón de color café claro se le encuentra en el tubo que forma al doblar los bordes de las hojas. Los huevos son colocados en las puntas de las hojas de las plantas más altas y verdes.

La pupa es inicialmente de color verde amarillento y luego de color café claro. Mide alrededor de 25 mm y se encuentra dentro de la cámara que construye la larva al enrollar las hojas para protegerse.

Figura 14. Adulto (A), larva (B) y pupa (C) de *Panoquina* sp.

Syngamia sp. Lepidóptera : Pyralidae. Nombre vulgar : Enrollador de la hoja.

Descripcion:

Adulto. Una polilla de vuelo incierto, de 10 mm de longitud color castaño claro, palpos prolongados hacia adelante típicos de su familia, con tres rayas transversales en las alas de color café.

Huevos. Son ovalados, planos y puestos en una o más hileras, semejan escamas de pescado, inicialmente de color amarillo crema, al final aparece en la parte central una franja color rojo correspondiente a los intestinos de la futura larva, casi siempre son ovipositados en la haz de las hojas superiores. (Figura 15).

Larva. De piel transparente, cabeza fuertemente esclerotizada color amarillo oscuro, de protórax incoloro, el resto del cuerpo toma el color verde de intestino, tiene las patas verdaderas hialinas, fuertes y presenta

5 pares de seudopatas, es muy nerviosa, alcanza un máximo de 12 mm de longitud. Todo su período lo pasa en las hojas.

Pupa. Alcanza un máximo de 10 mm de largo x $2^{1/2}$ mm de ancho, bastante tubular de color amarillo claro. En el sitio donde aparecerán los ojos del adulto, presenta dos puntos oscuros, el estado de pupa transcurre dentro del tubo formado por la hoja.

Daño: La larva causa roeduras en la hoja por la haz, posteriormente enrolla las hojas y con la seda va haciendo puntadas, procurandose un tubo en donde vive hasta que agota el alimento, luego cambia de hoja efectuando nuevamente el mismo daño, la parte inferior del tubo la tapa con los excrementos, se han encontrado hasta 400 hojas banderas dañadas en un metro cuadrado.

Las roeduras son siempre longitudinales y paralelas a la nervadura central. En los últimos instares, un tubo formado por la larva puede alcanzar hasta 40 cm con una puntada en cada cm.

Control biológico: Es muy frecuente el parasitismo sobre las pupas por varios himenópteros de la familia Braconidae y Chalcididae, algunos dípteros de la familia Tachinidae; también se han encontrado pupas y larvas parasitadas por Metarrhizium anisopliae, existen nemátodos parásitos de larvas y el Trichogramma sp. parasita los huevos.

La población de este insecto puede ser incrementada por el uso inadecuado de insecticidas.

Figura 15. Larva y adulto de *Syngamia* sp.

Conocephalus sp., Caulopsis sp., chapules;Orthoptera: Tettigoniidae - Tetrigidae.

Son dos tipos de chapules que se alimentan del arroz. El Tettigoniidae Conocephalus sp. es de color verde, cabeza terminada en ángulo, antenas largas y de tamaño variable, llega a medir a veces hasta 70 mm de largo (Cheaney y Jennings, 1975).

La hembra pone los huevos en hileras dobles, insertándolos en el tejido de la hoja o colocándolos en los bordes de ella.

El otro tipo de chapul, el Caulopsis sp.(Tetrigidae), es de color café verdoso, mide alrededor de 40 mm de largo y tiene las antenas cortas (González, 1981).

Los adultos y ninfas de estos ortópteros causan daño al alimentarse de la vaina y la lámina de la hoja bandera, dándole una apariencia deshilachada o desgarrada y causando la aparición de espigas blancas. Los chapules de antena corta también afectan los granos en formación.

CHUPADORES

Los chupadores constituyen el segundo grupo de las plagas que atacan el follaje de arroz. Se incluye en este grupo a los ácaros.

Insectos. Sogatodes oryzicola (Muir), Sogatodes cubanus (Crawford), Draeculacephala clypeata (Osborn), Hortensia similis (Walker), Sipha flava.

Acaros. Schizotetranychus oryzae Rossi de Simonds

Sogatodes oryzicola. Homóptera: Delphacidae

El transmisor del virus de la hoja blanca del arroz es el Sogatodes oryzicola, pequeño homóptero, cuyas ninfas ápteras son inicialmente de color blanco verdoso con franjas negras a lo largo del cuerpo y a medida que avanza el desarrollo se tornan de color amarillo intenso (Figura 15A) y después de 5 instares, que duran de 16 a 20 días, se transforman en adultos.

La hembra con su estilete ovipositor hace varias incisiones en forma vertical de 1 a 5 mm sobre el tejido esponjoso de la nervadura central en las hojas, especialmente en la haz, colocando los huevos alineados uno al lado del otro. En la incisión deposita de 2 a 8 huevecillos que inicialmente son más o menos transparentes y luego toman un color blancuzco; son ligeramente curvados, y miden 0.7 mm de largo (Beltrán 1967).

El macho adulto mide de 2 a 3 mm y es de color castaño, presentando una zona mas oscura hacia el ano y una banda blanca en la cabeza. Las hembras adultas son de color amarillo, miden de 3 a 4 mm; los adultos generalmente tienen alas normales, aunque algunos tienen alas muy cortas, especialmente las hembras. Son sedentarios y difícilmente abandonan el hospedante, y al desplazarse lo hacen caminando o saltando, o pueden ser arrastrados por el viento.

Control: Para tomar una decisión sobre la medida de control se debe considerar : a) la variedad, b) la edad del cultivo, c) la población del insecto y d) la presencia de enemigos naturales.

Existen variedades de arroz resistentes al insecto y al virus de la enfermedad hoja blanca EHB (IRAT 124, IRAT 121), pero estas resistencias no están relacionadas y por lo tanto, hay variedades resistentes al insecto y susceptibles al virus (CICA 9), y viceversa (Colombia 1), y susceptibles tanto al uno como al otro (Bluebonnet 50). La resistencia a Sogata es por antibiosis y por antixenosis.

El control más eficiente y económico es el uso de variedades resistentes.

En siembras comerciales de variedades susceptibles, la Sogata se multiplica rápidamente una vez que las hojas cubren el suelo y el daño lo inicia antes de la floracion.

La eficiencia de una población normal de Sogata en el campo, para transmitir el EHB entre plantas de arroz, es en promedio del 10 al 15% durante las epidemias, en ausencia de ellas el porcentaje de insectos vectores disminuye a menos del 1%.

La Sogata en los estados de adulto y de ninfa es altamente parasitada por Elenchus sp. Strepsiptera: Elenchidae ; por Gonatopus sp. Himenoptera: Drinidae y por Zelus longipes. Hemiptera: Reduviidae. Las ninfas son depredadas por la araña Tetragnata sp y el coleóptero Coleomegilla sp. que también come huevos. Las posturas de Sogata son parasitadas por los Himenópteros Mymaridae: Paranagrus perforator Perkins y Anagrus sp., este último es el más eficiente, y depredadas por Tythus parviceps (Reuter) Hemiptera: Miridae. En el ICA, La Libertad, se encontró una cepa de Metarrhizium que causa control eficiente.

Para el control químico se puede considerar la aplicación de Metalcamato 360 (0.54 Kg ia/ha), Diazinon 600 (0.60 Kg ia/ha), Fosfamidón (0.54 kg ia/ha) y Dicrotofos (0.48 kg ia/ha), no sin antes hacer una evaluación de la fauna benéfica existente en los lotes.

Sogatodes cubanus: Homoptera : Delphacidae

Es un poco más pequeño que el S. oryzicola. Mide alrededor de 2 mm de largo, con el cuerpo de color castaño. La cabeza es atravesada por una raya blanca, y en las alas que son translúcidas, se observa que al plegar en la parte media tienen cada una un punto negro. Figura 15B. Es una especie de hábito sedentario; los vientos y el agua contribuyen a su dispersión. Se lo encuentra alimentándose del arroz, pero generalmente prefiere malezas como Echinochloa colonum.

Figura 15 A y B. Adulto de *Sogatodes oryzicola* (A) y *S. cubanus* (B).

Draeculacephala sp. y Hortensia sp. Homóptera: Cycadellidae

Estos insectos llamados comúnmente loritos verdes, se presentan tanto en el arroz de riego como de secano (Figura 16A).

El adulto de Draeculacephala tiene la cabeza larga y puntiaguda. Mide alrededor de 10 mm de longidud, es de color verde y las alas son atravesadas por unas rayas blancuzcas lontigudinales muy finas. En el protórax tiene un triángulo de color más claro que el resto del cuerpo. La ninfa es verde pálido con los ojos claramente diferenciados y la cabeza mas oscura que el resto del cuerpo.

El adulto de Hortensia es más pequeño que el de Draeculacephala. Se distingue la Hortensia además del tamaño, porque tiene la cabeza redondeada y un patrón característico de manchas y figuras negras delineadas en la cabeza (Figura 16B).

Figura 16. Adulto de *Draeculacephala* sp. (A) y *Hortensia* sp. (B).

Control: Generalmente no es necesario tomar medidas de control. Se han encontrado en arroz de riego adultos infectados por patógenos entre otros por Beauveria sp. El control químico de la Sogata también afecta la población de Draeculacephala. Inundación o riego puede contrarrestar el daño de los chupadores.

Acaros

Generalmente los ácaros que se encuentran en el arroz, son especies de la familia Tetranychidae los cuales se caracterizan.entre otras.por tener 3 pares de patas en el estado larval y 4 pares de patas en los demás estados biológicos (protoninfa-deutoninfa-adulto). De forma globosa a piriforme y pueden medir hasta 0.8 mm de longitud.

En América Latina la especie que más se ha encontrado atacando el arroz es Schizotetranychus oryzae. Esta especie presenta una coloración verdosa y varias manchas negruzcas a ambos lados del cuerpo. En el CIAT en cultivos de arroz, se han encontrado en poblaciones bajas, las especies Tetranychus urticae y T. cinnabarinus.

Los huevos son redondos, ligeramente achatados y blanquecinos. Los ácaros se localizan en ambos lados de la hoja. Producen cierta cantidad de telaraña que se puede observar sobre la hoja.

Control. Generalmente aparecen en las últimas etapas de desarrollo del cultivo. Cuando su ataque sobreviene durante las primeras etapas del cultivo y se vea favorecido por escasas lluvias, puede causar daño de consideracion y entonces se puede hacer la aplicación de Tetradifon (0.16 Kg ia/ha)o Azufre 80% PM (2.0 kg ia/ha).

Sipha flava: (Homóptera: aphididae) el afido o pulgón amarillo, vive en numerosas colonias en el envés de las hojas, causando con su hábito de alimentación inicialmente puntuaciones amarillentas, que se pueden tornar de color rojizo. Tiene más de 25 hospedantes y últimamente sus poblaciones en el cultivo de arroz no inundado se vienen incrementando, en ocasiones sus ataques son tan severos que las plantas se ven retrasadas en su desarrollo normal.

Control : Sipha tiene numerosos enemigos naturales que regulan sus poblaciones. En caso necesario se puede aplicar Dimetoato a razón de 2 cc por litro de agua de producto comercial. En plantaciones iniciales la inundacion de los campos ejercen buen control sobre el afido.

MINADORES

El último grupo de las plagas que atacan el follaje es el minador y está representado por la mosca Hydrellia sp.

Este minador es un díptero de la familia Ephydridae clasificado por Fallen como Hydrellia griseola.

El adulto es una mosca que mide de 2 a 3 mm de largo y de 3 a 4 mm de envergadura, de color negro opaco y alas translúcidas. Tiene la antena de

tipo plumoso y el tórax dividido en franjas de color gris claro (Figura 17).

Las mosquitas pueden volar a distancias cortas y tienen capacidad para posarse y moverse en la superficie del agua.

Los huevos son de color blanco, estriados y de forma ovoide, son colocados en forma individual y preferentemente en la haz de la hoja cerca a la superficie del agua.

Las larvas son ápodas de color blanco, miden 1,2 a 1,5 mm. La pupa de forma ovoide y de color café claro se encuentra en las galerías abiertas por la larva en el parenquima foliar.

Control: En experimentos realizados en el CIAT se probó la eficiencia de varios insecticidas y de algunas prácticas culturales. El drenaje del lote por 3 o 4 días resultó ser tan efectivo como muchos insecticidas aplicados en diferentes épocas y dosis. Este método de control presenta el inconveniente que puede promover el enmalezamiento. Cuando el ataque no es severo, las plantas se recuperan del daño. En ataques localizados se puede aplicar Diazinon (0.6 Kg. ia/ha) o Carbofuran 3G 0.6 kg ia/ha).

Figura 17. Adulto (A), huevo (B) y larva (C) de *Hydrellia* sp.

PLAGAS QUE ATACAN LA PANICULA

Los insectos que dañan la panícula constituyen la cuarta categoría dentro de las plagas importantes del arroz.

El ataque lo efectúan varias especies de chinches : Oebalus poecilus o Mormidea ypsilon (L), Nezara viridula (L), Tibraca limbativentris (Stal), Alkindus atratus (Distant), Blissus leucopterus (Say)

Oebalus poecilus o Mormidea ypsilon (L) Hemíptera: Pentatomidae

Se da el nombre de chinche hediondo por el olor desagradable que expele al ser molestado.

El adulto es de color café claro con el cuerpo cubierto por una coraza en forma de escudo y en ella tiene manchas amarillas. Mide cerca de 10 mm de largo. La cabeza es pequeña, hipognata y triangular. En cada ala tiene un punto blanco (Figura 18A). Los huevos entre 10 y 200 son colocados en hileras sobre la haz de las hojas o en las panículas, tienen forma de barril y son de color rojo oscuro cerca a la eclosión. La ninfa es ovalada, tiene los ojos rojos, el cuerpo frágil y sobre la parte media del abdómen se diferencia dos puntos blancos.

Nezara viridula (L) Hemíptera: Pentatomidae

El chinche adulto es ovalado, ancho y por lo general es de color verde, aunque algunas veces el color puede variar. Mide de 15 a 20 mm de largo y 15 mm de ancho. Como todos los pentatomidos tiene forma de escudo (Figura 18B). Se lo encuentra a menudo en los arrozales, aunque no siempre ataca el cultivo.

Los huevos de forma redonda, son colocados en filas sobre el envés de las hojas; son amarillos y próximos a la eclosión se tornan rojos. Las ninfas emergen de los huevos al cabo de una semana y en la primera se las encuentra alrededor de las cáscaras de éstos y en los últimos estados son de color tanto verde como negro, con unos puntos blancos dispuestos en hileras a través del cuerpo y carecen de alas (Schnitzler, 1976).

En el CIAT se han encontrado otras chinches verdes hediondas como Thianta sp. y posiblemente Acrosternum sp.

Tibraca limbativentris. Hemíptera: Pentatomidae

Al igual que los otros es llamado chinche hediondo. Tiene el cuerpo cubierto por una coraza en forma de escudo (Figura 18C), es el chinche de mayor tamaño, es de color café y presenta a cada lado de la parte frontal del escutelo dos pequeñas formas triangulares (González y Murillo, 1981).

Edesa meditabunda. Hemíptera: Pentatomidae.

El adulto tiene cuerpo oval, ligeramente convexo en el dorso y en la región central. (Figura 18D). Mide 12 mm de largo por 6.6 mm de ancho. Es de color verdoso amarillento.

Figura 18. Adultos de los chinches *Oebalus* sp. (A), *Nezara viridula* (B) y *Tibraca limbativentris* (C) y *Edesa meditabunda* (D).

Alkindus atratus. Hemíptera: Cydnidae

Este insecto de color negro, es más pequeño que los anteriores, 4 mm de longitud, de forma ovalada, marcadamente convexo; parece mas bien un cucarroncito, pero expide también un olor desagradable. Se encuentra en Colombia y en algunas regiones de América Central (Cheaney y Jennings, 1975).

Euschistus sp. Hemíptera: Pentatomidae

Descripcion:

Adulto. De color negro o café oscuro con forma de escudo,de 8 a 10 mm de largo por 5 de ancho. Se mimetiza fácilmente sobre el suelo. No presenta dibujo sobre el escutelo.

Huevo. Son generalmente dos hileras de barrilitos perfectamente alineados de un color verde esmeralda recién ovipositados, posteriormente se tornan grises; aquellos que están parasitados son negros.

Ninfa. Tan pronto emergen del suelo son de color rojo y negro, después de la primera muda adquieren un color pardo ubicándose en el tallo casi a nivel del suelo.

Daño : Cuando se alimenta, introduce el estilete y daña los tejidos en crecimiento produciendo corazón muerto. La lámina de agua tiene mucha influencia en la recuperación de las plantas afectadas e impide que el daño se efectúe muy abajo y pueda matar la planta.

Control: Un pequeño Pteromalidae efectúa un excelente parasitismo de los huevos de esta plaga, es corriente que el promedio de posturas parasitadas sobrepase el 90%.

Blissus leucopterus. Hemíptera: Lygaeidae

Debido a que la larva causa daños a la raíz, este chinche cuyo adulto ataca la panícula se describió en la sección de plagas del suelo.

Control: Un buen control de malezas, disminuye la poblacion en forma considerable. Para decidir el uso del control químico, es necesario muestrear el lote si se presenta un nivel de infestación de 3 chinches por panícula, se puede aplicar alguno de los insecticidas recomendado para el control de la Sogata.

DESCRIPCION DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR LOS INSECTOS Y LOS ACAROS

Para lograr un adecuado manejo y control de los insectos plagas, es necesario que los técnicos además de identificar al insecto, puedan detectar su presencia en el campo, conozcan su ciclo y evaluen correctamente el daño que ocasiona al cultivo.

Conociendo los daños característicos de cada uno de los insectos y los otros signos visibles de la presencia de la plaga, se puede determinar si están atacando las plantas de arroz.

Como varias especies plagas muestran cierta preferencia por un determinado estado de desarrollo del hospedante en el cual pueden encontrar su alimento, se hará este descripción siguiendo las etapas de desarrollo del cultivo haciendo énfasis en los signos visibles.

PRIMERA ETAPA: DE LA SIEMBRA AL ESTADO DE PLANTULA

Las plagas que se presentan en esta etapa, reducen la población de las plantas de arroz al alimentarse de sus raíces o al cortar el tallo de las plántulas a ras del suelo o al cortar porciones del área foliar.

El daño es causado por varias clases de insectos y la sintomatología que presentan las plantas es muy similar.

- En un mismo surco o en parches, se presentan plantas cloróticas atrofiadas o muertas.
- Plántulas volcadas.
- Raíces destruídas o atrofiadas.

Se reconoce que el daño es causado por el adulto del Gryllotalpa sp. por la presencia de túneles que construyen en la tierra para llegar hasta las raíces de las plantas. Cuando estas galerías no se presentan se puede escarbar alrededor de las plántulas atacadas; en lotes donde se siembra arroz por primera vez, es frecuente encontrar cerca de las raíces de las plantas gusanos blancuzcos en forma de U (larvas de Phyllophaga sp.) o gusanos de color café que permanecen enroscados (Spodóptera o Agrotis) o adultos de Euetheola sp.

Al observar en el campo parches de diferentes tamaños que se van extendiendo, con plantas amarillentas atrofiadas, muertas o con un crecimiento deficiente, se puede sospechar de ataque por Blissus, Euetheola o Lissorhoptrus. Los dos primeros atacan arroz de secano,aunque el daño de Blissus es ocasional y se presenta después de periodos prolongados de sequia y el Euetheola prefiere suelos húmedos y sembrados anteriormente en pastos; el Lissorhoptrus es plaga exclusiva de arroz inundado.

Los adultos y las ninfas de Blissus que por lo general se encuentran en el suelo, chupan de las raíces y de los tallos; cuando se encuentran en altas poblaciones afectan el crecimiento de las plántulas, provocando su amarillamiento y finalmente su muerte (Cheaney y Jennings, 1975). Su ataque se presenta en parches de diferentes tamaños. El gorgojito de agua, destruye el sistema radical al alimentarse de él o al ovipositar la hembra mastica la superficie de la raíz para insertar el ovipositor y dejar sus huevos debajo de la epidermis de las raíces principales (Beltrán, 1967).

Las larvas de Spodóptera producen volcamiento de las plántulas al alimentarse de la base de los tallos tiernos de las plantas, se presentan en forma ocasional, pero si las condiciones ambientales son propicias puede presentarse en altas poblaciones.

El volcamiento de las plantas puede ser producido por la larva de Agrotis ypsilon al cortar las plantas a ras del suelo.

SEGUNDA ETAPA: DEL ESTADO DE LA PLANTULA AL INICIO DE LA FLORACION

Los insectos durante esta etapa reducen el número de hijos, lesionan el follaje al chupar unos y masticar otros para alimentarse del tejido foliar.

Los insectos que se presentan durante esta etapa causan varios tipos de daños como : "minas" o galerías en el parenquima foliar, defoliación, amarillamiento de las hojas inferiores, enrollamiento de las hojas, perforaciones y lesiones superficiales de la lámina foliar, "corazones muertos" y también la presencia de fumagina y del virus de la hoja blanca.

Las "minas" o galerías son producidas por la larva de la mosca Hydrellia sp. que después de la eclosión perfora la lámina foliar y penetra en ella, dejando cicatrices longitudinales de color crema que inicialmente miden 01-0.2 mm de ancho y luego se engrosan hasta secar la hoja.

Se reconoce el daño de Hydrellia sp. porque al mirar la lámina contra el sol, se puede ver en la "mina" la larva o la pupa de la mosca.

Si la larva de Hydrellia penetra por el cogollo de la plántula, puede llegar a provocar su muerte, pero si penetra a la lámina foliar aún enrollada produce áreas blancas o destruye las puntas de las hojas lo que puede atrasar el desarrollo de la planta y la producción de macollas. Este síntoma de daño es similar al causado por el nematodo Aphelenchoides besseyi, pero en este caso no hay estrangulamiento del tejido.

En altas poblaciones, este insecto puede disminuir considerablemente el número de plantas por superficie.

Los adultos de los gorgojitos de agua, se alimentan de las hojas del arroz y dejan también cicatrices blancas paralelas y en la nervadura central de las hojas,especialmente por la haz de las hojas en las que es posible observar un amarillamiento.

Los insectos que pueden causar defoliación son los adultos de los coleópteros como Diabrotica, Disonycha o Epitrix o por larvas de lepidópteros como Mocis, Estigmene y Spodóptera. La presencia de estas larvas puede detectarse al sacudir el follaje y observar las larvas caídas en el suelo. Este método sirve a su vez para tener una idea de la población. En el caso de Spodóptera si las larvas miden menos de 10 mm, causan un raspado en las hojas que se hace visible por la presencia de rayas longitudinales muy delgadas de color blanquecino que puede ser confundido con el raspado que hace Epitrix, al aumentar el tamaño de las

larvas llegan a comer toda la lámina de la hoja dejando solo la nervadura central.

Se detecta el daño de Mocis en el campo porque los parches de las hojas trozadas pueden llegar a ser muy grandes y además porque en los días próximos a existir una alta infestación de larvas, se encuentra abundancia de adultos.

Durante el macollamiento debido a la destrucción del punto de crecimiento por los barrenadores (Diatraea y Elasmopalpus), es característico el signo visible "corazón muerto", o sean tallos jóvenes que se secan y mueren. Como consecuencia de este ataque en algunos casos se presenta amarillamiento de las hojas inferiores y achaparramiento, mostrando como síntoma inicial la presencia de manchas translúcidas que luego se tornan pardo oscuras, en las vainas foliares.

Los daños de Diatraea son causados por las larvas; éstas inicialmente se alimentan de las hojas tiernas; depués de la primera muda penetran en el tallo, preferiblemente por la parte apical, debido a que los huevos son depositados en las hojas superiores, lo cual determina que el movimiento de la larva sea, en la mayoría de los casos, descendente. Dentro del tallo se localizan en los entrenudos superiores, se alimentan del tejido esponjoso y van construyendo galerías longitudinales; a veces salen de estas galerías y por otro sitio penetran nuevamente en el tallo, o pueden pasar a otro tallo o a otra planta. Los tallos debilitados por los túneles aparecen doblados o a punto de caer; en la base de las plantas dejan residuos parecidos al aserrín.

El daño de Rupela albinella lo inicia la larva pequeña tan pronto emerge del huevo; hace un orificio en el tallo, unos pocos centímetros arriba del cuello de la raíz por donde penetra, y luego perfora los entrenudos y abre galerías. Generalmente la larva se localiza en los dos tercios inferiores del tallo, lo cual la diferencia de la de Diatraea que se encuentra, en la mayoría de los casos, en el tercio superior del tallo, donde se notan los orificios que hace la larva antes de empupar, mientras que los orificios que hace la larva de Rupela antes de empupar se encuentran en la base del tallo (CIAT, 1980).

El Elasmopalpus sp. tambien puede causar pérdidas cuando suceden condiciones prolongadas de sequia. La larva ataca al arroz en estado de plántula, perfora la base del tallo y produce "corazones muertos" y luego la planta se seca. Si el ataque se presenta después del macollamiento, los hijos más jóvenes son dañados del mismo modo (González y Murillo, 1981).

Otro daño que se puede observar en el follaje durante esta etapa es el enrollamiento de las hojas, causado por la larva de Panoquina sp. El insecto dobla o enrosca los bordes de una o más hojas, obteniendo en esta forma un área de alimentación protegida. Dentro de este tubo forma un capullo de seda donde se encuentra la pupa.

Como chupadores y masticadores del follaje actúan los cicadelidos Draeculacephala sp y Hortensia sp. y los delfácidos Sogatodes oryzicola y S. cubanus.

Los dos primeros, aunque a veces se encuentran en altas poblaciones, causan poco daño, cuando las plantas de arroz son muy jóvenes, pueden llegar a causar disminución de altura de la planta y reducir el número de hijos. Las lesiones de su alimentación y las perforaciones que hacen para ovipositar predisponen las plantas a infecciones y favorecen la producción de "fumagina". Su daño se puede hacer visible en el lote por los parches amarillentos o rojizos que a veces se confunden con toxicidades o deficiencias de algunos elementos.

Las sogatas causan daño mecánico a la planta de arroz al perforar las hojas para alimentarse u ovipositar, cuando el ataque es severo hay producción de fumagina y secamiento total de la planta pero su principal daño consiste en ser vector del virus de la hoja blanca. No existe asociación entre la resistencia varietal al virus de la hoja blanca y al daño mecánico del insecto.

Al Sogatodes oryzicola se considera el único insecto capaz de transmitir el virus de la hoja blanca a planta de arroz, pasándolo de unas a otras. También lo puede transmitir a malezas como las especies de Echinochloa sp., Leptocholoa filiformis y Digitaria sanguinalis. También puede transmitirlo a la cebada, al trigo y a la avena, pero no se ha logrado experimentalmente la transmisión del virus de estas plantas huéspedes al arroz.

Los síntomas característicos de la hoja blanca en el arroz difieren según la variedad y la edad de la planta infectada. Los primeros síntomas solo se observan en las hojas que emergen después de la inoculación del virus y consisten en un moteado blanco amarillo en la base de la hoja. Luego las áreas cloróticas, al hacerse más numerosas, se fusionan y forman rayas de color amarillo pálido a blanco, paralelas a la nervadura central, desde el ápice hasta la vaina.

Estos síntomas están acompañados de un secamiento descendente de las hojas, y son más notorios cuanto más jóvenes sea la planta, a la vez que se observa enanismo en las macollas que se presentan mezcladas con las sanas.

El daño causado por los ácaros se manifiesta en las hojas por pequeños puntos amarillentos que aumentan progresivamente con el desarrollo de la población del ácaro, luego se observan en las hojas estrías longitudinales amarillentas y manchas blanquecinas debido a la presencia de telaraña producida por los ácaros. Alcanza su máximo daño en épocas secas.

TERCERA ETAPA: DE FLORACION A LA COSECHA

Durante esta etapa se pueden observar signos visibles como "panícula blanca", panículas deformes o manchadas.

Cuando los barrenadores atacan plantas que inician la floracion, las hojas se caen, los granos no se forman, dando lugar a la aparición de panículas blancas, vanas y erectas, las cuales al ser haladas, se desprenden fácilmente.

Panículas con las mismas características pueden ser también consecuencia de daños ocasionados por grillos, por el hongo Pyricularia oryzae cuando infecta la base de la panícula, por roedores o por la chinche Tibraca limbativentris .

Se reconoce que el ataque causado por grillos, o por roedores y no por barrenadores porque los huecos que dejan los roedores y los grillos son más grandes.

Como resultado de infecciones intermedias o tardías del virus de la hoja blanca por S. oryzicola las panículas se deforman y las espiguillas son de color marrón y vanas (Ling, 1972).

El principal daño en esta etapa, lo causan las chinches, Oebalus sp., Nezara sp. Blissus sp. y Alkindus sp. Tanto los adultos como los estados inmaduros de estos insectos se alimentan de los granos en formación, causando su vaneamiento y malformación.

El daño de los chinches en el grano de arroz sin descascarar, se puede detectar por la presencia de manchas de color café causadas por hongos en el sitio donde el insecto perforó el grano.

BIBLIOGRAFIA

Beltrán, A. 1977. Principales plagas del arroz en Colombia. Ed. FEDEARROZ. Bogotá. 44p.

Berg. C.O. 1950. Hydrellia (Ephydridae) and some other acalytrate Diptera Ento. Soc. Amer. Ann. 43:374-398.

Center for overseas pest research. 1.976. Control de las plagas del arroz. Traducido por Departamento de Producción Editorial de Hemisferio Sur. Supervisado por Juan J. Costa, Horacio F. Rizzo. Editado por Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Uruguay. 367p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1972. Reporte anual. 165-166p.

_____.1980. Descripción y daños de las plagas que atacan el fríjol. Guía de Estudio. Cali, Colombia. Serie 04SB-05.01.32 p.

_____.1980. Evaluación de la resistencia varietal del arroz a la sogata (Sogatodes oryzicola) y al virus de la hoja blanca. Guía de Estudio. Cali, Colombia. Serie 04SR-07.24 p

_____.1980. Barrenadores del tallo del arroz en América Latina y su control. Guía de Estudio. Cali, Colombia. Serie 04SR-04.02.31 p.

Cheaney R. y Jennings P. 1975. Problemas en cultivos de arroz en América Latina. CIAT. 105p.

Coronado, R. y Márquez, A. 1978. Introducción a la entomología, morfología taxonomía de los insectos. Ed. Limusa. México. 281p.

Escuela de Agricultura de la Universidad de Filipinas. 1970. Cultivo del arroz. Manual de Producción. México. Ed. Limusa.

Food and Agriculture Organization of the United Nations.1979. Guidelines for integrated control of rice insect pest. FAO Plant Production and Protection papel 14. 115p.

González, R. y Murillo J. 1981. Manual de Producción para arroz de secano en Costa Rica. Cafesa 1o. Ed. 93p.

González, J., Arregocés, O., Hernández,L. y Parada, O. 1983. Insectos y ácaros plagas y su control en el cultivo de arroz en América Latina. Fedearroz, Bogotá, Colombia 60 p.

Ling, K.C. 1972. Rice virus diseases, IRRI.

Schnitzler, W.H. 1976. Arroz enfermedades, plagas, malezas y trastornos nutritivos. BASF. Traducido por BASF española en colaboración con D. Juan Antonio Batalla Pérez.

Secretaría de Agricultura y Recursos hidráulicos. Guía para la asistencia técnica agrícola. Valle de Culiacán. Centro de Investigaciones agrícolas del pacífico norte. México 1978-1979.

DINAMICA DE LA POBLACION DE INSECTOS EN EL CULTIVO DE ARROZ CON RIEGO

Y.C. de Galvis, C. Cardona y J. González

En el cultivo del arroz existen diferentes especies de insectos plagas que pueden reducir los rendimientos y cuyo control normalmente representa gastos para el agricultor. Existen varios sistemas de control y algunas veces se emplean insecticidas indiscriminadamente y cada vez en dosis mayores, porque algunas plagas se tornan paulativamente resistentes a los insecticidas. Por otra parte, no se tiene buen conocimiento de la incidencia de los insectos y de su dinámica poblacional, a fin de establecer un control mas racional, económico y efectivo de los insectos dañinos.

La mayor parte del arroz se cultiva en el trópico cálido y húmedo, y estas condiciones favorecen la proliferación de las plagas del arroz, así como de sus enemigos naturales. Además el problema de los insectos se acentúa en las regiones en donde se cultiva arroz durante todo el año, ofreciendo condiciones de vida permanentes, por lo cual los insectos no pasan por un período de diapausa definido, sino que se presentan todo el tiempo en generaciones escalonadas o sucesivas (Cárdenas y Pachón, 1977).

Debe considerarse también que una diversidad de insectos atacan este cultivo, desde la siembra hasta la cosecha, con lo cual le causan pérdidas en germinación, en la población de plántulas, en los rendimientos de grano, perjudican su desarrollo y calidad, transmiten enfermedades y otros daños (González y Murillo, 1981).

Para determinar la fluctuación de algunos insectos perjudiciales al arroz, en relación con las diferentes etapas de desarrollo del cultivo y las diferentes épocas del año, se realizó una investigación en el Programa de Arroz del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, en Palmira, Colombia.

Los objetivos de este trabajo fueron: conocer la incidencia de los insectos en el cultivo y las fluctuaciones en relación con la época del año, el desarrollo o estado de la planta y la variación del parasitismo de Rupela albinella, barrenador de mayor incidencia en el medio.

El ensayo se realizó en el campo experimental del Centro, cuyas condiciones ambientales más significativas son: altura 1000 msnm, lluvia promedia anual 1000 mm, con dos épocas de mayor precipitación abril, mayo y junio, la primera; y septiembre, octubre y noviembre la segunda, y dos períodos intermedios más o menos secos.

En la Figura 1 se pueden observar las condiciones ambientales promedias, ocurridas durante el período del ensayo.

Figura 1. **Condiciones ambientales, promedio de los dos años de estudio.**

Se efectuaron siembras en suelos fangueados cada mes durante 2 años, en parcelas de 450 m2 cada una. La variedad utilizada fue CICA 8, con densidad de 100 kg/ha de semilla pregerminada. En cada una de las parcelas se ubicaron dos franjas en sentido diagonal de 1 m de ancho y 16 m de longitud cada una (Figura 2), para tomar muestras de la población de insectos con una aspiradora D-Vac, alternando para éllo las franjas demarcadas cada semana.

Figura 2. Diagrama de la parcela típica sembrada cada mes, mostrando fajas donde se recogen insectos y los cuadros donde se evalúan los daños de barrenadores.

Las especies estudiadas fueron las de mayor incidencia en el Valle del Cauca, comunes en muchos lugares de América Latina, como son: Hydrellia pos griseola, Rupela albinella, Oebalus poecilus, Draeculacephala clypeata, Hortensia similis, Sogatodes oryzicola, S. cubanus y Epitrix sp. y los parásitos Tratala sp., Strabotes abdominalis obscurus y Telenomus rowani.

La evaluación del daño por el minador Hydrellia sp., se efectuó escogiendo en las franjas 10 plantas al azar, a las cuales se les determinó el número de tallos, el número de hojas sanas y afectadas y la altura.

Para determinar el nivel de parasitismo en las posturas de Rupela albinella, desde la aparición de los primeros adultos se procedió a hacer un conteo semanal del número de posturas en 30 plantas tomadas al azar, determinando en cada recuento el número de posturas parasitadas y sanas, y además el número de larvas del parásito Telenomus rowani, por postura.

DINAMICA DE POBLACION

Con base en los datos obtenidos, se pudieron identificar tres grupos de insectos: el primero cuya población fluctúa según la edad y desarrollo del cultivo, el segundo cuya población fluctúa según la época del año y, el tercero, en el cual la población fluctúa sin tener ninguna relación con la edad del cultivo, ni con la época del año.

Insectos que fluctúan con la edad del cultivo

En el primer grupo se clasificaron seis especies cuya población varió de acuerdo con la edad. La primera fue Hydrellia sp.; se encontró que su población aumenta hasta los 30 primeros días del cultivo, época que corresponde a la iniciación del macollamiento y luego declina fuertemente hasta los 90 días; después se encuentran pocos adultos del insecto. La "novia del arroz", Rupela albinella también fluctúa según la edad del cultivo, pues inicialmente su población fue baja y presentó el mayor número de adultos cuando el cultivo tenía entre 60 y 90 días, período de desarrollo del tallo y la panícula; disminuyó hacia los 120 días y luego se mantiene constante hasta el final del ciclo, 140 días para la variedad.

También la población del chinche del grano, Oebalus poecilus, demostró estar relacionada con la edad del cultivo. Hasta el tercer mes su población fue muy baja; en este momento, que corresponde a la etapa de desarrollo de la panícula, comienza a aumentar el número de chinches hasta alcanzar su máximo a los 120 días, cuando el grano se encuentra en estado lechoso, y luego declina ligeramente hasta el momento de la cosecha, cuando todavía se encuentran adultos en el campo. La Figura 3 compara la variación de adultos por muestra de las tres especies anteriores, destacando momentos diferentes para la máxima incidencia de cada uno.

Tres especies de Homópteros fueron igualmente influídos por la edad de la planta: Hortensia similis, Sogatodes oryzicola y Draeculacephala clypeata, Tuvieron un comportamiento muy similar, pues su máxima población se presentó alrededor de los 60 días, para luego declinar hasta la época de cosecha (Figura 4). Fueron también las plagas más numerosas, correspondiendo la mayor cantidad de adultos encontrados en el estudio, a H. similis, seguida por el S. oryzicola y por último el D. clypeata.

Insectos cuya población varía con la época del año.

Este grupo de insectos, cuya población fluctúa con la edad del cultivo, se encuentra bastante definido, a excepción del Cicadellidae Hortensia similis, cuyo comportamiento también muestra relación con el ambiente, como se observará más adelante.

Dos especies mostraron estar influídas por la época del año. La primera Hortensia similis, aparece en poblaciones más altas en los meses de enero y julio, que marcan períodos más o menos secos, al igual S. cubanus; siendo determinado el comportamiento de esta última solo por la época del año sin que influyera la edad del cultivo. La Figura 5, enseña la fluctuación similar de ambas plagas por los dos años del estudio, alcanzando las mayores concentraciones de insectos en el cultivo durante

Figura 3. Fluctuación de la población de adultos de *Hydrellia griseola*, *Oebalus poecilus*, *Rupela albinella*, según edad del cultivo (promedio de 28 siembras).

Figura 4. **Fluctuación de la población** *S. oryzicola*, *Hortensia similis* **y** *Draeculacephala clypeata* **segun la edad del cultivo (promedio 28 siembras).**

Figura 5. **Fluctuación de la población de *Hortensia similis* y *Sogatodes cubanus* según la época del año (promedio de 2 años).**

los períodos secos. En comparación con éllos, el díptero Hydrellia sp. no presentó fluctuación relacionada con la época del año (Figura 6).

Figura 6. **Fluctuación de la población de *Hydrellia griseola* según la época del año (promedio 28 meses).**

Insectos que varían sin relación con la época o edad del cultivo

Solo una especie de las estudiadas, Epitrix sp., no mostró consistencia en su comportamiento poblacional al relacionarla con los meses del año, ni con la edad del cultivo.

DAÑO POR MINADOR

En relación con el daño del minador Hydrellia pos griseola, se encontró que el mayor número de hojas afectadas ocurre en plántulas hasta la cuarta semana, disminuyendo luego el daño para ser mínimo a medida que aumenta la edad del cultivo (Figura 7). Este daño es consistente con la variación de la población antes registrada e independiente de la época del año.

Figura 7. **Relación entre el número total de hojas de la planta del arroz y las dañadas por *Hydrellia* pos *griseola*.**

PARASITISMO EN RUPELA

Parásitos de larvas

Cuando se comparó la fluctuación de la población de insectos adultos de Rupela albinella y sus parásitos Tratala sp. y Strabotes sp, se encontró que la reducción en la población del barrenador, correspondió a un notable aumento a los parásitos que lo controlan en forma de larva, especialmente la segunda de éllas, la cual llega a superar en el cuarto mes la de su hospedero Rupela sp. (Figura 8).

Figura 8. **Comparación entre la fluctuación de la población de *Rupela albinella* y los parásitos *Trathala* sp. y *Strabotes abdominalis obscurus*.**

Parásito de huevos

Al determinar el nivel de parasitismo por parte del himenóptero Telenomus sp. en las posturas de Rupela, éste resultó ser muy alto, confirmando estudios precedentes hechos en CIAT. Se observa además cierta relación en su población con el número de posturas, más no con el número de larvas que presenta poca variación.

Además, al relacionar parasitismo en posturas de Rupela con la época del año, el mayor número de larvas del parásito se encontró en el mes de Mayo (Figura 9).

Figura 9. **Población de larvas de *Rupela*/m², número de posturas en 30 plantas y número de adultos de *Telenomus* emergidos de c/muestra.**

CONCLUSIONES

El anterior estudio permite sacar algunas conclusiones, que si bien son preliminares y deberían compararse con estudios en otros lugares o de mayor duración, nos ilustra sobre lo que puede ocurrir con algunos de los insectos importantes (plagas y enemigos naturales), en un medio donde no se emplean los insecticidas.

Los insectos cuya población fluctúa con la edad del cultivo, son el Sogatodes oryzicola, Rupela albinella, Hydrellia griseola, Oebalus poecilus, Draculacephala clypeata y Hortensia similis. Excepto este último, todas parecen no recibir influencia ambiental.

Sogatodes cubanus y Hortensia similis son insectos cuya población fluctúa con la época del año, aunque el período estudiado pudiera resultar corto para definirlo, por ello se debe continuar con la investigación, para confirmar la influencia en la población de condiciones ambientales tales como precipitación, temperatura y por la variedad.

La población de Rupela está influenciada por la fluctuación de la población de sus parásitos de huevos y larvas.

La población del coleóptero Epitrix sp., no muestra estar influenciada por las causas estudiadas.

BIBLIOGRAFIA

Cárdenas, S. y Pachón, J. 1977. Plagas del algodonero en el Valle del Fuerte, Sinaloa. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México

González, R. y Murillo, J. 1981. Manual de producción para arroz de secano en Costa Rica, CAFESA. San José, Costa Rica.

Jiménez, A. 1979. Insectos plagas del cultivo de arroz en los Llanos Orientales. ICA. Compendio No. 29, Bogotá, Colombia.

Raigosa, J. 1980. Fluctuación de la población de Diatraea saccharalis capturada con trampa de luz negra en caña de azúcar. Revista Colombiana de Entomología. Vol. 6 No. 1-2 Enero-Junio.

MANEJO DE PLAGAS EN ARROZ

J.A. Reyes Q.

Generalmente la importancia que alcanza una plaga en un cultivo, es el resultado de las actividades del hombre transportándola a regiones antes no infestadas, introduciendo a su medio nuevas plantas y animales exóticos, produciendo variedades o razas de organismos y simplificando los ecosistemas como un resultado de las actividades agrícolas e industriales.

Antes de tratar de controlar a los insectos plagas debemos aprender a convivir con ellos, a realizar un inteligente manejo de nuestros recursos, razonando no sólo en función económica sino también en función ecológica.

Es frecuente la opinión de que en el cultivo del arroz en América Latina son pocas las plagas que tienen importancia económica. También es común que cuando aparece un insecto plaga en altas densidades de población, se hacen aplicaciones de insecticidas no selectivos, los cuales pueden producir drásticas alteraciones en la entomofauna del cultivo con consecuencias impredecibles.

En el cultivo del arroz existe un excelente equilibrio biológico para muchas plagas, debido en parte a la presencia de numerosos agentes benéficos que regulan sus poblaciones. Esta situación favorable es conveniente que perdure, evitando al máximo la utilización de insecticidas de alta toxicidad para organismos benéficos. Con el ánimo de contribuir a que se cumpla este propósito, se presentan a continuación algunas consideraciones sobre el manejo de plagas, con énfasis en arroz.

CONTROL INTEGRADO

Desde hace muchos años se viene insistiendo en la conveniencia de ejercer un control integrado de plagas y enfermedades, sin embargo en la mayoría de los cultivos su control se ha realizado casi exclusvamente en base a agroquímicos no selectivos.

Es indispensable analizar profundamente cuales son los factores que impiden o retrasan la aplicación por parte de los agricultores, de las diferentes técnicas de control integrado. El agricultor es consciente de la conveniencia del control integrado, pero sin embargo, no quiere correr ningún riesgo y prefiere recurrir a la aplicación de insecticidas no selectivos, antes de pensar en la posibilidad de que ocurra una disminución en los rendimientos de sus cosechas. Es muy posible también de que no existan en las fincas las condiciones necesarias para su aplicación, o quizá se requiere conocer muchas más de la parte práctica de su empleo.

Cualquiera que sean las causas que retrasen su aplicación, es necesario considerar que no basta con desarrollar tecnologías mejoradas para el manejo de plagas, sino que es indispensable contar con personal capacitado a todos los niveles, que pueda realizar demostraciones convincentes en las propias fincas, para darles plena confianza a los agricultores en la adopción del método de manejo integrado de plagas.

Este manejo se debe realizar considerando que es necesario producir los máximos rendimientos con costos mínimos de control, estableciendo niveles de daño económico para cada plaga y haciendo todo lo posible para proteger, preservar y aumentar los agentes benéficos que regulan las poblaciones de insectos plagas, en los distintos ecosistemas.

Los insecticidas se deben considerar como componentes indispensables para el control de insectos plagas, pero aplicados en el momento preciso y cuando fallen las otras alternativas de control. Su utilización indiscriminada a través de las últimas décadas, ha puesto al descubierto los problemas que se generan de su excesiva utilización tales como: contaminación ambiental, residuos tóxicos en los alimentos, aumento en los costos de producción, disminución de las poblaciones de parásitos y predadores, aparición como plagas de arrópodos que se consideraban como secundarios, y un creciente aumento de la resistencia de los insectos plagas a los insecticidas, por muy tóxicos y complejos que sean. Existen en la actualidad más de 300 especies de insectos resistentes a insecticidas, entre los cuales están varias que atacan el cultivo del arroz.

En relación con la resistencia de los insectos a los insecticidas, debe considerarse que el insecticida tiene como función primordial, bajar la densidad de la población de una plaga a niveles sin importancia económica, en donde se espera que permanezca por largos períodos, gracias a la acción de otros mecanismos de control, tales como resistencia varietal del cultivo, parásitos y predadores, prácticas culturales y otros factores reguladores.

El efecto de la resistencia varietal de un cultivo sobre la densidad de población de una plaga, se aumenta por la acción de parásitos y predadores, llegándose a creer que todo se debe a la variedad mejorada. Este efecto complementario de la resistencia y agentes benéficos, se puede detectar cuando se eliminan los parásitos y predadores por las aplicaciones de insecticidas no selectivos, caso en el cual se intensifica el daño en la variedad resistente.

La crisis sufrida por cultivos que han dependido de los insecticidas para el control de las plagas, ha obligado a técnicos y agricultores a entender que el control integrado, es la manera más racional de regular las poblaciones de las especies dañinas.

El control integrado consiste en la combinación e integración de todas las técnicas disponibles, para que aplicadas en forma armoniosa, mantengan los insectos plagas a niveles que no produzcan daño de importancia económica a los cultivos. Parte básica del control integrado es el control biológico, el cual puede definirse como el combate de plagas mediante la deliberada y sistemática utilización de sus enemigos naturales. La acción de parásitos, predadores y patógenos, mantienen la densidad de otros organismos a nivel más bajo del que podría ocurrir en su ausencia.

La exitosa aplicación del control integrado a insectos plagas no es tan fácil, puesto que requiere un profundo conocimiento de la correcta identificación de la especie, de su biología y comportamiento, de los factores que regulan sus poblaciones, entre las cuales tiene mucha importancia los parásitos y predadores. Es igualmente indispensable

establecer sistemas de muestreo que faciliten determinar los niveles de población de las distintas plagas, con posibilidad de ocasionar pérdidas de importancia económica, durante los diferentes estados de desarrollo del cultivo (Figura 1).

Figura 1. Posición de equilibrio de una población de insectos, umbral económico y daño económico (Plaga ocasional).

NIVELES DE DAÑO ECONOMICO

El nivel de daño económico no se puede determinar por un simple número o porcentaje, es un factor variable que depende de muchos parámetros, tales como: vigor de la planta, parte afectada por la plaga, condiciones climáticas y edáficas, exigencias del mercado en calidad y presentación.

Los tres componentes básicos para tomar decisiones en los programas de manejo de plagas son: a) los muestreos para determinar la densidad de población de los insectos plagas; b) el nivel de daño económico para determinar la densidad de población que causa pérdidas a un cultivo; y c) los factores de mortalidad que regulan las poblaciones de los insectos.

La determinación y evaluación del daño ocasionado por un insecto plaga es muy difícil, por cuanto se tienen experiencias de que el daño causado por una plaga a una planta, puede o no resultar en pérdidas económicas; inclusive, en ciertos estados de desarrollo de la planta, el daño producido por un insecto se puede traducir en un incremento de la producción. A pesar de esta dificultad, el técnico insiste en encontrar definiciones o fórmulas que le permitan determinar con facilidad, en la práctica, los niveles de daño económico. En el cultivo del arroz lograr ésto va a demorar unos cuantos años, por cuanto se necesita más investigación y mucha experiencia sobre las plagas de un ecosistema dado.

No se pretende con los temas siguientes satisfacer esta inquietud, sino más bien discutir sobre las causas de la fluctuación en las poblaciones de insectos plagas y las épocas en que su densidad y su daño, afectan económicamente a los cultivos; en segundo lugar comprender que los técnicos no solo son quienes ofrecen soluciones a los problemas que se presentan con las plagas, sino que en la mayoría de los casos son los responsables de su ocurrencia, por desconocer los principios básicos del manejo de plagas.

FACTORES NATURALES DE MORTALIDAD

Los factores naturales de mortalidad cumplen un papel muy importante en la regulación de las poblaciones de los insectos plagas.

Howard and Fiske (1949) distinguieron dos categorías de causas naturales de mortalidad entre los insectos. En una categoría están los factores que causan un porcentaje constante de mortalidad, sin importar la abundancia de los insectos; se les denomina factores catastróficos. En la otra categoría están los factores que causan porcentaje creciente de mortalidad, a medida que el número de insectos hospederos se incrementa; éstos se denominan factores facultativos. Smith (1935) citado por Soria (1982), los llamó como factores de mortalidad independientes de la densidad los primeros y dependientes de la densidad los últimos. Puede entenderse fácilmente que los factores físicos, clima y tiempo, que ofrecen resistencia ambiental, son independientes de la densidad, o sea que su acción varía independientemente de las variaciones en la población de insectos, y que los factores biológicos, tales como competencia por alimento, por espacio y por abrigo, los depredadores y los parásitos, son dependientes de la densidad, esto es, que éllos son afectados por el aumento o descenso en la población del insecto hospedero.

El entomólogo agrícola está interesado en los factores de mortalidad que pueden determinar la densidad de población promedial o la posición de equilibrio de una especie. Si tales factores tienen éxito en mantener una posición de equilibrio bajo el nivel de daño económico "cero económico" entonces son importantes, de otra manera no lo son. Smith (1935), ha mostrado que los factores de mortalidad dependientes de la densidad pueden determinar la posición de equilibrio en la población de una especie, y que los factores independientes de la densidad, no pueden hacerlo nunca si operan solos. En el caso de un insecto hospedero bajo control biológico, el porcentaje de mortalidad causado por factores bióticos, particularmente insectos entomófagos, incrementa su valor porcentual cuando la densidad del hospedero tiende a disminuír. Los factores dependientes de la densidad son los únicos que son realmente reguladores.

Las variaciones en el clima pueden causar fluctuación en el número de insectos huéspedes de un cultivo, cambio que puede tener importancia económica. Sin embargo, se debe hacer una distinción entre estas fluctuaciones y las densidades de población promedias controladas por factores bióticos.

A menudo han sido trasladados accidentalmente insectos perjudiciales desde un país, donde la densidad promedio de población ha sido satisfacto-

riamente baja desde un punto de vista económico, hasta otro país donde la densidad promedio de población se incrementó rápidamente hasta una extensión alarmante. Este incremento no fue causado por un clima más favorable, pues efectivamente, el clima fue algunas veces menos favorable; el incremento fue causado por la ausencia de los factores dependientes de la densidad, que operaban en el ambiente anterior, pero no en el nuevo. En vista de que algunos factores dependientes de la densidad, tales como competencia por alimento, por espacio, etc. supuestamente operarían en el mismo grado tanto en el nuevo ambiente como en el viejo; los factores dependientes que no fueron alcanzados o ejecutados automáticamente en el nuevo ambiente, principalmente predadores y parásitos, podría lógicamente ser considerados como el "eslabón perdido" en la combinación de factores que proveían un control exitoso de la plaga en el ambiente anterior (Soria 1982).

Según lo anterior, se puede entender que en los ecosistemas naturales todos los seres vivos están regulados por factores de mortalidad y de no existir estos factores reguladores, el incremento de una población sería infinita. Se sabe que no ocurre así, sino que las poblaciones tienen una fluctuación muy dinámica sobre la cual se establece la posición de equilibrio. Esta es el promedio de la densidad de la población sobre la cual la cantidad de individuos fluctúa (Figura 1). La frecuencia con que ocurren estas oscilaciones depende del tipo de organismo, en el caso de bacterias pueden ser horas, en el caso de insectos días o meses, en el caso del hombre décadas, y en el caso de algunos árboles miles de años (Falcon 1982).

En los ecosistemas artificiales o manejados (agroecosistemas), lo que interesa a los técnicos es conocer cuándo la población de un insecto alcanza densidades que causen disminución económica en los rendimientos de las cosechas o "nivel de daño económico", y cuál sería la densidad de población a la cual se deben aplicar medidas de control para que no ocurra ninguna pérdida, "umbral económico", (Figura 1). En la aplicación práctica del control integrado, si una plaga tiene su posición de equilibrio en el nivel A (Figura 2), se pretende causar una reducción de su densidad de población hasta otra posición de equilibrio donde no cause daño al cultivo, como el nivel B., mediante la introducción de un enemigo natural o por cualquier otro factor regulador (Falcon 1982). Pero lo que se pretende con un buen manejo de plagas es que no ocurra lo contrario, es decir, que por causa del abuso con los insecticidas, se eliminen también los enemigos naturales de alguna plaga secundaria, provocando un nuevo nivel de equilibrio del insecto que lo convierte en plaga de importancia económica; paso del nivel B a A en el ejemplo dado.

Figura 2. Cambio de la posición general de equilibrio de un insecto plaga.

Para entender el efecto de estas fluctuaciones sobre los cultivos y para facilitar las decisiones que se deben tomar dentro de un programa, se discuten someramente algunas posibles posiciones. Un insecto cuya densidad de población ocurra alrededor de su posición de equilibrio, sin que llegue al punto de umbral económico, se considera un insecto que no es plaga (Figura 3). Puede ocurrir que en la fluctuación de su población una plaga llegue a sobrepasar temporalmente el umbral económico, como se vió en la Figura 1, tenemos entonces una plaga ocasional. En este caso no se quiere permitir que la plaga llegue a niveles de daño económico, por lo cual las medidas de control se deben iniciar cuando sus poblaciones lleguen al umbral económico (nivel de control).

Figura 3. Insecto no plaga (Plaga potencial).

Cuando la densidad de población de un insecto dañino sobrepasa en forma frecuente el umbral económico (Figura 4), nos encontramos con una plaga clave, que requiere frecuentes medidas de control. Estas situaciones son provocadas generalmente por el uso indiscriminado de insecticidas; normalmente durante estas situaciones las poblaciones de insectos se recuperan rápidamente después de cada aplicación y plagas que en raras ocasiones causaban daño, se convierten en plagas claves; se llega a una época de crisis seguida por una etapa de desastre, en la cual el uso continuado de agroquímicos eleva los costos de producción hasta tal punto que el cultivo pasa a ser antieconómico y los agricultores prefieren cambiar de cultivo.

Figura 4. Plaga clave.

En la gran mayoría de los casos, los técnicos encargados de atender cultivos comerciales, presionados por el temor de los agricultores, con justificada razón se preocupan por conocer la plaga, saber sobre un indicativo del nivel con que se deben controlar y la dosis de los productos más efectivos que son por lo general los que más efectos letales tienen sobre todo tipo de vida (biócidas) de un ecosistema. Esta situación debe cambiar en el futuro por una condición más favorable y menos azarosa que brinda el control integrado.

RESISTENCIA VARIETAL

Painter, define la resistencia como la suma relativa de cualidades heredables poseídas por una planta, que influencian en último grado el daño causado por los insectos.

La resistencia varietal es base fundamental para poder tener éxito en un programa de control integrado de plagas y enfermedades. De poco sirve a un técnico entender y querer aplicar las diferentes técnicas de control integrado, si no hay resistencia varietal.

Lo anterior se puede comprender mejor con un ejemplo muy común en América Latina; caña de azúcar versus algodonero. Aún personas con pocos conocimientos en manejo de plagas, no aplican insecticidas contra Diatraea spp. en caña de azúcar, porque históricamente conocen que el cultivo es tolerante a esta plaga y se recupera con facilidad de sus daños; sin embargo, el mejor entomólogo en el cultivo del algodonero se ve en la necesidad de realizar varias aplicaciones de insecticidas contra Heliothis virescens, porque sabe que este insecto destruye las estructuras fructíferas, reduciendo considerablemente la producción y existe poca posibilidad de que la planta se recupere durante ciertos períodos de desarrollo del cultivo.

El cultivo del arroz afortunadamente se encuentra entre los que tienen resistencia o tolerancia a varias plagas y enfermedades, y aunque esta resistencia se pierda después de largos períodos, es de los pocos cultivos en que los fitomejoradores tienen la fortuna de poder entregar al agricultor variedades resistentes y con alta productividad. Esta condición tan favorable brinda la posibilidad de que en el cultivo del arroz se puedan establecer exitosos programas de control integrado, siempre y cuando se complete la información requerida sobre plagas, parásitos, predadores e insecticidas selectivos.

Son numerosas las ventajas de utilizar plantas resistentes a los ataques de los insectos, tales como: no implican costo adicional al agricultor, no ofrecen riesgo de residuos dañinos o polución, no hay efectos adversos sobre la fauna benéfica, se integra muy bien con otros métodos de control y es un método permanente de control de insectos (Maxwell, F.G.1970).

La naturaleza de las variedades resistentes a plagas de insectos está clasificada en tres amplias categorías: No preferencia o Antixenosis, Tolerancia y Antibiosis.

No preferencia

Una planta posee diferentes factores que no la hacen atractiva al insecto para la oviposición, alimentación o refugio (Painter). Antixenosis: término propuesto por Kogan y Ortman (1978), para reemplazar la categoría de "no preferencia" de Painter. Si los mecanismos de defensa afectan el comportamiento del insecto, la resistencia es antixenosis que define la forma como la planta afecta el establecimiento de la plaga. El mecanismo de antixenosis incorpora lo que se ha definido como preferencia, pero es más amplio porque involucra los mecanismos de defensa mecánicos y los químicos que afectan al insecto, a nivel de selección de la planta, antes de que inicien la ingestión del alimento (Kogan, 1982).

Tolerancia

Las plantas que presentan mecanismos de defensa que no afectan directamente al insecto, se consideran como plantas tolerantes. Las plantas tienen capacidad para recuperarse del daño y es un mecanismo defensivo eficiente, puesto que el costo metabólico se realiza sólo si existe el daño del insecto (Kogan, 1982).

Antibiosis

Las defensas que afectan la fisiología del insecto después de la ingestión son los factores antibióticos (Kogan, 1982). En la mayoría de los casos estudiados, la antibiosis parece deberse a diferencias en los constituyentes químicos de la planta. Estas diferencias pueden ser cuantitativas o cualitativas, pueden existir sólo en ciertas partes de la planta, o en ciertos estados de su crecimiento. Los factores bioquímicos que intervienen en la antibiosis han sido clasificados en dos grandes categorías: inhibidores fisiológicos y deficiencias nutricionales (Maxwell, 1970).

CONTROL BIOLOGICO EN ARROZ

Una aplicación práctica del control biológico consiste, en la introducción de insectos benéficos efectivos de una región a otra donde no existan, para controlar una plaga y posteriormente evaluar su impacto sobre la población del insecto que se quiere controlar. Es lógico que para poder seleccionar un buen parásito o predador, resulta indispensable realizar investigación sobre la cantidad y diversidad de enemigos naturales, sobre su distribución y capacidad de reducir la población de una plaga, aún en condiciones de baja densidad de esta última.

Nickel en 1964, realizó un estudio muy completo sobre la posibilidad de utilización del control biológico en la regulación de los barrenadores en el cultivo de arroz, reportando más de 80 parásitos de dichos barrenadores y su distribución geográfica. Destaca además que los parásitos encontrados difieren significativamente de región a región, lo cual ofrece la oportunidad de introducir parásitos de una región a otra, para reducir las poblaciones de barrenadores en este cultivo. El mismo autor comenta que existe la posibilidad de tener éxito con programas de control biológico de barrenadores en el cultivo del arroz, pero es indispensable realizar investigaciones bien planeadas sobre control biológico, con el suficiente soporte de capital y personas capacitadas en este campo; resultados positivos no se pueden esperar con esfuerzos a medias.

Desafortunadamente en América Latina, la entomología en el cultivo del arroz ha recibido poca atención; se sigue pensando que los insectos plagas no causan suficientes pérdidas como para destinar a su estudio capitales adecuados. Quizás haya razón en que no son muchas las plagas que causen reducciones drásticas en el cultivo, pero lo que no se ha entendido, es que esta afortunada situación es debida en gran parte, al excelente equilibrio biológico, ocasionado por la presencia de eficientes enemigos naturales. Por lo tanto, debemos entender que es parte de nuestra responsabilidad tratar de que esta situación tan favorable perdure, para lo cual es indispensable dedicar esfuerzos y capacitar profesionales, para que hagan del control biológico un método de control eficiente.

La utilización de productos biológicos en el control de plagas del arroz no es una práctica comercial ampliamente utilizada. El producto comercial más común es *Bacillus thuringensis* con el cual se registran aceptables controles sobre *Diatraea* spp., *Panoquina* sp., *Mocis latipes* y *Parnara guttata*.

En Colombia, en el cultivo del arroz, se han observado reducciones superiores al 75% en las poblaciones de Panoquina sp. y Spodoptera frugiperda, por la acción natural de Nomuraea rileyi, Poecilomyces tenuipes y bacterias no identificadas.

Varios hongos entomopatógenos han sido aislados de algunos insectos plagas del arroz. Conidiobulos coronatus se ha aislado en colonias de Nilaparvata lugens, en países del Asia Tropical y Entomophthora delphacis sobre el mismo insecto en Japón. Algunos de los insectos plagas del arroz presentan alta susceptibilidad a inoculaciones de un virus aislado del barrenador Chilo suppressalis. En ensayos experimentales de diseminación de agentes patógenos se encontró satisfactorio control de Scotinophora lurida con Metarhizium anisopliae (Aizawa, 1980). En Colombia este mismo hongo se viene probando con éxito para el control de Sogatodes oryzicola.

En Japón sobre Chilo suppressalis se encontraron los hongos entomopatógenos Cordyceps sp., Aspergillus sp., Isaria (Cordyceps) farinosa y Spicaria soki (Nickel, 1964).

Considerando el complejo Sogatodes oryzicola - Virus de la Hoja Blanca, las posibilidades de encontrar variedades resistentes son muy favorables, pero sobre los controladores naturales de Sogatodes, que deben ser un complemento en el manejo de este complejo, poco se conoce. Existen escasos trabajos sobre sus parásitos, depredadores y en ocasiones solamente se han identificado algunos (Cuadro 1), por lo tanto es recomendable que los investigadores de arroz le den prioridad a conocer el papel de los agentes controladores de Sogatodes en la regulación de sus poblaciones.

Se discutió al inicio del presente artículo que las poblaciones de los enemigos naturales de los insectos plagas pueden ser reducidas considerablemente por las aplicaciones indiscriminadas de insecticidas, lo que se traduce en un incremento de las plagas y en una mayor frecuencia de sus apariciones sobre los cultivos.

Un buen ejemplo de lo anterior se observa en las investigaciones realizadas por Tróchez (1984) en Colombia en cuatro fincas con la variedad CICA 8. En las fincas donde se aplicaron insecticidas para el control de Sogatodes oryzicola (El Refugio 1984A y Santa Isabel 1984B). Las poblaciones de esta plaga fueron considerablemente mayores que en las fincas donde no se aplicó (Figura 5).

Esta experiencia de Colombia puede aprovecharse para discutir sobre la forma como se debe proceder para evitar situaciones similares. Es indispensable antes de recomendar la aplicación de un insecticida estar seguro si la densidad de población de la plaga que está sobre el cultivo puede ocasionar pérdidas de importancia económica si decidimos no controlarla. Si por el contrario se determina que si es indispensable su control químico debe en este caso recurrirse al uso de productos que ofrezcan algún grado de selectividad a la fauna benéfica, lo cual implica no recurrir a la aplicación de mezcla de insecticidas que afectan a todo tipo de vida incluyendo al hombre y sus animales. Debe tenerse muy presente que la decisión más difícil es la de no aplicar un producto para lo cual se deben utilizar adecuados sistemas de muestreo y disponer de información

Cuadro I. Algunos enemigos naturales *Sogatodes oryzicola*

Agente	Clasificación	Hábito
Anagrus sp.	Hymenóptera: Mymaridae	Parásito de huevos
Paranagrus perforator	Hymenóptera: Mymaridae	Parásito de huevos
Paranagrus sp.	Hymenóptera: Mymaridae	Parásito de huevos
Gonatopus sp.	Hymenóptera: Dryinidae	Parásito de Ninfas y Adultos
Haplogonatopus hernandezae	Hymenóptera: Dryinidae	Parásito de Ninfas y Adultos
Sogatelenchus mexicanus	Estresíptera: Elenchidae	Parásito de Ninfas y Adultos
Elenchinus sp.	Estresíptera: Elenchidae	Parásito de Ninfas y Adultos
Tithus parviceps	Hemíptera: Myridae	Predador de Huevos y Ninfas
Zelus longipes	Hemiptera: Reduviidae	Predador de Ninfas y Adultos
Zelus ruvideus	Hemiptera: Reduviidae	Predador de Ninfas y Adultos
Zelus sp.	Hemiptera: Reduviidae	Predador de Ninfas y Adultos
Nabis sp.	Hemiptera: Nabidae	Predador de Ninfas y Adultos
Entomophthora sp.	Patógeno (hongo)	Ninfas y Adultos
Metarhizium sp.	Patógeno (hongo)	Ninfas y Adultos

Figura 5. Poblaciones de *Sogatodes oryzicola* en cuatro fincas del Valle del Cauca en variedad CICA 8. 1984 (A y B) con y sin aplicación de insecticidas.

Fuente: Trochez, 1984.

precisa sobre los niveles de daño económico.

De la información revisada para la elaboración del presente artículo se puede concluír que existe poca información sobre manejo de plagas del cultivo del arroz en América Latina. Los estudios realizados son más informativos y en su mayoría no obedecen a una política clara de desarrollar programas bien planeados, que conduzcan a la realización y establecimiento de metodologías de control integrado. Esta situación debiera ser discutida ampliamente por los programas nacionales para establecer, si realmente es necesario realizar investigación sólida y continuada sobre las plagas del arroz y sus agentes reguladores especialmente parásitos y predadores.

BIBLIOGRAFIA

Aizawa, K.1980. Progress in microbial control in rice. Proceedings of workshop on insect pest management with microbial agents. p32.

Falcon, L.A. 1982. Control integrado de Plagas. Conferencia curso control integrado de plagas en yuca. CIAT. Cali, Colombia.

Kogan y Ortman (1978). Antixenosis. A new term proposed to define painter's "nonpreference" modality of resistence. Bull. Entomol Soc. Amer, 24: 175-176.

Kogan, M. 1982. Principios de la relación insecto-planta y su aplicación en la resistencia varietal. In yuca. Control integrado de plagas. CIAT Cali, Colombia.

Maxwell, F.G.1970. Host plant resistance to insects. Conferencia en curso radioisótopos aplicados a la entomologia, Turrialba, Costa Rica.

Nickel, J.L. 1964. Biological control of rice stem borers: A feasibility study. The International Rice Research Institute, Technical Bull 2, August 1964.

Painter, R.H. 1958. Resistance of plants to insects. Ann. Rev. Entomol. 3: 267-290.

Reyes, J.A. 1982. Agentes benéficos en el cultivo de la yuca y su importancia en la regulación de las poblaciones de plantas. In yuca: Control integrado de plagas, CIAT. Cali, Colombia.

Soria, S. 1982. Bases teóricas del control biológico. In yuca: control integrado de plagas, CIAT. Cali, Colombia.

Tróchez, A. 1984. Estudios sobre poblaciones de Sogatodes oryzicola (no publicado) ICA Palmira, Colombia.

INSECTOS QUE ATACAN LOS GRANOS ALMACENADOS Y SU CONTROL

R.L. Cheaney y E. Tascón J.

A nivel mundial las pérdidas de grano se calculan en un 10%, pero en algunos países de América Latina, pueden alcanzar niveles mayores (Tróchez). Pérdidas enormes son causadas en los almacenes por el ataque de insectos dañinos; se estima en un 2% la destrucción mensual de los granos almacenados en las fincas.

El grano de arroz puede ser infestado por varias especies de insectos desde antes de la cosecha, hasta que se almacena en las fincas o en los silos y las bodegas de la ciudad. Algunos de estos insectos pueden volar y se mueven de los depósitos a los campos cercanos de arroz, para depositar sus huevos sobre los granos e iniciar su infestación.

Además de la pérdida de peso, los insectos pueden causar daños considerables al arroz debido al calor. Los insectos activos generan temperaturas altas en sus cuerpos y como resultado pierden humedad; luego el calor y la humedad son absorbidos por los granos, causando su rápido deterioro. Los daños a los granos por los insectos también aumentan el porcentaje de granos partidos y reducen su valor comercial por la contaminación con las heces y olores.

CLASES DE INSECTOS EN EL ALMACEN

Los insectos que atacan los granos de arroz almacenado son clasificados como primarios, los que atacan los granos en cáscara y hacen su desarrollo completo en su interior, también atacan el arroz industrializado; y secundarios, los que atacan solamente los granos fracturados o rotos, el arroz molinado y los subproductos, ya que no tienen capacidad de invadir granos con cáscara.

INSECTOS QUE ATACAN EL ARROZ EN CASCARA

1. Gorgojo de los granos, *Sitophilus granarius* L.
2. Gorgojo del arroz, *Sitophilus oryzae* L.
3. Barrenador menor de granos, *Rhyzoperta dominica* Fabricius
4. Polilla de los granos, *Sitotroga cerealella* Oliv.

La polilla de los granos, el barrenador menor de los granos y el gorgojo del arroz, son las plagas más destructivas del arroz en cáscara. *S. granarius* prefiere otros cereales. Estos insectos perforan los granos, viven por dentro y pueden destruirlos por completo. Además su acción destructiva se ve favorecida cuando el arroz es descascarado.

INSECTOS QUE ATACAN GRANOS ROTOS, DESCASCARADOS Y EL ARROZ BLANCO

Después que la cáscara ha sido removida de los granos, la situación se torna más grave, pues muchos insectos de menor incidencia en arroz en cáscara, se vuelven importantes; son las llamadas plagas secundarias del grano. Este grupo de insectos no penetran los granos, sino que se alimentan de la superficie y afectan mucho su calidad. También debe anotarse que el daño realizado por los primarios favorece el ataque de este grupo.

Los principales insectos secundarios son :

1. Polilla indígena de los granos - Plodia interpunctella (Hubner)
2. La cadella - Tenebroides mauritanicus (L)
3. Gorgojo dentado de los granos - Oryzaephilus surinamensis (L)
4. Carcoma achatada de los granos - Laemophloeus minutus (Oliv.)
5. Gorgojo rojo de la harina - Tribolium castaneum (Herbst.)
6. Gorgojo de la harina - Tribolium confusum (J. du V.)
7. Polilla del arroz - Carcyra cephalonica (Staint.)
8. Polilla mediterranea de la harina - Ephestia Kuhniella (Zeller)

En el Apéndice se describen las 12 especies antes mencionadas.

CONTROL DE INSECTOS EN ARROZ ALMACENADO

A fín de poder seleccionar los métodos de control es preciso conocer la forma como son infestados los granos. Se sabe que algunas especies como S. Orizae y Sitrotoga sp. pueden volar a los campos de arroz e iniciar su infestación ovipositando en los granos aún no maduros, con lo cual la plaga es introducida con la cosecha en los depósitos. Los focos de infestación también pueden provenir de la maquinaria utilizada, en el acondicionamiento y de los depósitos. En todos éllos pueden existir restos de grano y residuos, especialmente en grietas, rincones y sacos sucios, así como en existencias viejas de grano y otros productos almacenados, comunmente infestados por especies como la polilla de los granos y otras especies omnívoras. Algunos como la "Cadella" perforan la madera y asi sobreviven.

Las plagas también pueden venir de otros depósitos cercanos, de alacenas domésticas y de los desperdicios de grano, como la cáscara del arroz arrojada cerca de los molinos.

METODOS DE CONTROL

Se consideran tres pasos fundamentales para el control de las plagas de almacén: saneamiento, protección y control.

Saneamiento

La primera medida para evitar la infestación del grano es una limpieza completa de los empaques, depósitos y maquinaria que van a ser utilizados. Como regla general se puede decir que los insectos que quedan

en los residuos de granos, harinas y desperdicios, son la principal fuente de infestación del grano nuevo (Tróchez). Es necesario que los almacenes estén limpios, libres de insectos y cerrados. Además se requiere que otras fuentes de infestación cercanas al depósito sean eliminadas.

En relación con el tipo de depósito se prefieren los metálicos por ser más fáciles de limpiar y ofrecen menor protección a los insectos que los de madera o cemento.

El saneamiento también exige la desinfestación de los recipientes, depósitos y maquinaria. Para el tratamiento de almacenes de metal o madera y la maquinaria, se recomienda el empleo de Malathion 57%, grado premio, a razón de 120 c.c. por galón de agua. Para los de madera se puede utilizar aspersión con Metoxiclor al 25% C.E. y 460 c.c. por galón de agua. Las piretrinas al 6% pueden utilizarse para uso general, lo mismo que Vapona 24 C.E. en aspersión. La desinfestación de los empaques utilizados requiere tratamiento con productos fumigantes, en las mismas condiciones y precauciones, que la que se emplean para los granos.

Protección

Se refiere a las medidas tendientes a evitar que las plagas invadan y proliferen en el grano. Comprende una serie de medidas físicas y tratamiento preventivo del producto a almacenar. Entre las físicas tenemos:

Secamiento. La actividad de los insectos se ve favorecida por una alta humedad del grano Mc. Neal (1961) encontró que existe una alta correlación entre la humedad del grano, la temperatura y el daño ocasionado a los granos por los insectos.

Temperatura. Temperaturas de 10°C inactivan la mayoría de insectos, un poco mayores pueden prolongar su ciclo, pero temperaturas altas como las tropicales favorecen la actividad y daño de los insectos del grano. Incluso los focos con mayor temperatura dentro de la masa del grano, son indicativos de presencia alta de insectos, lo cual también aumenta la humedad del grano, propiciando el ataque de otros organismos como hongos y bacterias.

Tratamiento. Se realiza al aplicar productos residuales, los cuales, aparte de controlar la infestación natural existente al momento de almacenar, protegen el grano por un período relativamente largo. Los productos empleados están en relación con el destino del grano. Por ejemplo para semilla es posible utilizar los insecticidas clorinados, los cuales son vedados para arroz de consumo. Los productos fumigantes no son empleados como protectores, sino para el control de poblaciones existentes, dada su carencia de efecto residual.

Algunos productos aprobados para ser utilizados como protectores del grano son :

a) Malathion 57% (G.P.) C.E. en aspersión sobre el flujo de granos, o sobre arrume de sacos. Se emplean 460 c.c. en 3 a 5 galones de agua, para tratar unas 3.5 Ton. de arroz. También se emplea como polvo al 1% mezclado al flujo de grano, cuando se llena el almacén o silo. El arroz tratado con Malathion debe ser almacenado por 6 meses para evitar la contaminación de los subproductos de molinería.

b) Piretrinas al 6% en mezcla con Piperonil Butoxido al 60%. Dosis 615 c.c. para 3 a 5 galones de agua, aplicado en igual volumen de grano que el anterior.

c) Otros productos utilizados principalmente para semillas son : clorinados como Lindano, BHC, Clordano, Thiodan, etc.; fosforados como Diazinon, Vapona (DDVP), Baythion y Atellic; carbamatos como Sevin; Piretroides; Aceites vegetales y otros.

3. Control

Puede decirse que el control es la desinfestación del grano almacenado a fin de asegurar su conservación, la cual requiere de una debida inspección y muestreo. Las técnicas de muestreo son muy difíciles por la ubicación de las plagas dentro de volúmenes de difícil inspección y la posición de insectos jóvenes dentro de los granos. Los silos con control de temperatura pueden indicar focos calientes, los cuales generalmente presentan alta humedad y un crecimiento acelerado de hongos e insectos. Una inspección general debe incluír muestras de granos vertidos, barreduras, sacos y utensilios dejados en los almacenes.

Por otra parte, para bodegas se pueden utilizar trampas para detectar la presencia de insectos adultos, aunque no permiten evaluar su cantidad, pero si detectar su presencia y variedad. En la práctica el control se realiza en base a productos fumigantes, los cuales tienen la ventaja de controlar los insectos en diferentes fases de su desarrollo, gracias a su poder de penetración dentro de la masa de granos.

Los fumigantes son productos volátiles a la temperatura ordinaria y pueden venir en forma líquida, sólida y gaseosa, pero todos se gasifican al ponerles en contacto con el aire. Por esta razón, unida a la alta toxicidad de la mayor parte de los fumigantes, se requiere tomar muchas precauciones para su manejo y aplicación.

El fumigante a utilizar puede variar con el destino del producto a tratar, con el tipo de construcción, el tipo de fumigación, con el equipo y la experiencia del personal que la efectúe. En relación con el destino del producto, se debe tener en cuenta que algunos fumigantes afectan la germinación de las semillas, otros pueden dejar residuos por largo tiempo, lo cual no se acepta para granos de consumo. En relación con los tipos de construcción y de almacenamiento, considerar que para arrumes de sacos o en silos profundos, se deben utilizar productos de alta penetración. En silos de madera, o donde se presente peligro de explosiones, algunos tipos

de fumigantes serían peligrosos. Además, cuando no se dispone de equipo especial o personal bien entrenado, se deben seleccionar los productos menos tóxicos.

Métodos de fumigación

1. Mezclado directo. Se emplean polvos o tabletas, no productos líquidos. La aplicación se hace mezclando el insecticida con la corriente de granos al llenar un depósito, o cuando se traslada el producto de un depósito a otro.

2. Aplicación superficial. Los líquidos se rocían uniformemente sobre la superficie del conductor de granos. Estos líquidos se convierten en gas que pesa más que el aire y penetran al grano por gravedad.

3. Fumigación local. Aplicación por tubos o inyección, a ciertas áreas calientes con alta actividad de insectos.

4. Recirculación. Los vapores de las fumigaciones se hacen recircular dentro del depósito y pasan varias veces por los granos.

5. Fumigación bajo lonas plásticas o papel. Usada para pequeñas cantidades de granos, o en almacenes difíciles, para evitar el escape del fumigante y también se hace al aire libre.

6. Aplicación en cámaras. Se diseñan cuartos especiales que reunan condición de hermetismo, en el cual se tratan lotes de grano, especialmente semillas empacadas. En los almacenes de condiciones controladas, cada depósito funciona como una cámara con sus estructuras para fumigar y airear en el momento apropiado.

Fumigantes

Acido cianhídrico (HCN). Bueno para semillas secas, pero no se recomienda para frutas y hortalizas frescas.

Bromuro de Metilo (C H3 Br). Es empleado como fumigante para las semillas, debido a su facultad de penetrar en grandes montones de sacos y bolsas. Sin embargo, en algunas circunstancias el tratamiento ha originado una pérdida de viabilidad. La semilla de arroz debe contener menos del 14% de humedad para evitar mayor daño.

Dicloruro de etileno (CH_2Cl-CH_2Cl). Se usa mezclado con tetracloruro de carbono para cereales y semillas.

Tetracloruro de carbono (CCl_4).No afecta la germinación de las semillas, usado principalmente en mezcla con otros fumigantes. Es inflamable.

Cloropicrina (CCl_3NO3). Bueno para semillas y cereales, no recomendado para frutas, ni hortalizas. Inflamable.

Fosfamina (HP). Son tabletas de fosfuro de aluminio que al ser expuestas a la humedad, se forma el gas fosfamino. Las tabletas no deben ser tocadas por las manos y es necesario usar guantes.

Diclorvos o DDVP o Vapona,0-0 dimetil 0-2-1 dicloro vinilfosfato.Liquido que volatiliza lentamente.

Mezclas de Fumigantes

Las mezclas de fumigantes tienen ciertas ventajas sobre la aplicación de un solo producto. Entre éllas las más importantes son :

a. Se reduce o impide el riesgo de la inflamabilidad

b. Pueden aumentar la velocidad de acción, obtener mejor penetración o menor absorción del fumigante por los granos.

c Puede diluír los ingredientes tóxicos y mejorar su distribución dentro del depósito

Guia de Fumigación

A. Fumigación durante el almacenamiento en los depósitos

Los granos pueden ser tratados con un fumigante durante el almacenamiento. Las tabletas de fosfuro de aluminio pueden ser agregadas a la corriente de arroz, en una dosis de 3-4 tabletas por tonelada de grano.

B. Fumigación de arroz en depósitos verticales

Algunos de los fumigantes son más pesados que el aire y se pueden aplicar a la superficie expuesta del grano y los fumigantes convertidos a gases, pasan dentro de la masa de arroz por la gravedad. Mezclas de dicloruro de carbono, disulfuro de carbono y tetracloruro de carbono, son usados comunmente.

C. Fumigación de arroz ensacado bajo lonas plásticas

En almacenes que no se pueden cerrar bien para la fumigación o en áreas muy grandes, donde la fumigación del espacio total es muy costoso e inconveniente, se pueden fumigar arrumes individuales bajo una lona de plástico. En algunos casos, el plástico puede quedar cubriendo los arrumes durante el período total de almacenamiento. Normalmente se usan láminas de 4 mm. de espesor para este propósito. Esta práctica evita la reinfestación por insectos voladores y permanece listo para otras fumigaciones. La dosis está basada en el volumen cubierto por la lona. Para evitar el escape del fumigante, la base de la lona en contacto con el suelo es pisada con pequeños sacos rellenos de arena, "culebras de arena". Los productos utilizados se detallan en el Cuadro No. 1.

Cuadro No.1 Productos, dosis y período de exposición para los productos de mayor empleo bajo lonas.

FUMIGANTES	DOSIS	TIEMPO DE EXPOSICION
Bromuro de Metilo *	1 1/2 libras para 1000 libras de arroz	16-24 horas
Cianohídrico	1 1/2 -2 1/2 libras para 1000 pies3	24 horas
Fosfuro de Aluminio **	45 tabletas para 1000 pies3	72-96 horas

* La humedad del grano debe ser menor del 14% para evitar daño a la germinación por el bromuro de metilo. Este fumigante debe ser introducido encima de los arrumes por un tubo plástico desde la base. El número máximo de fumigaciones con Bromuro de Metilo es de 3 para evitar residuos excesivos.

** La dosis total del producto se coloca en el piso sobre láminas de metal, 1/4 en cada esquina del arrume. Las lonas deben estar bien pegadas al piso con los saquitos de arena.

D. Fumigacion por recirculacion

En este sistema, es necesario que el deposito sea cerrado herméticamente y que tenga instalado unos ventiladores y conductos, que permitan la circulacion continua de los vapores de los fumigantes.

Los productos y dosis más utilizados son :

a. Bromuro de Metilo a razón de 1 1/2 - 2 libras por cada 1000 $pies^3$ de granos y

b. Acido cianohidrico en dosis de 3 1/2 libras para igual volumen. Después del período de fumigacion, hay que pasar aire para renovar los vapores del fumigante.

Precauciones

Seguir precisamente las instrucciones en la etiqueta del producto y usar máscaras protectoras en buen estado y el equipo con el mecanismo de distribución correcto y recomendado para el fumigante utilizado.

Tener en cuenta la residualidad de los productos a fin de seleccionarlos de acuerdo al destino de las mismas (Cuadro 2).

Destrucción de residuos y recipientes vacíos.

Marcar adecuadamente las bodegas y sitios donde se estén aplicando venenos.

Observe todas las advertencias con respecto a la mezcla, manejo de equipo y recomendaciones en los recipientes para evitar accidentes.

Cuadro 2. Tolerancia del arroz a los residuos de los fumigantes y protectores.

Disulfuro de carbono	Exento
Tetracloruro de carbono	Exento
Dicloruro de carbono	Exento
Cloropicrina	Exento
Malathion	8 ppm
Metoxiclor	2 ppm
Broluro de metilo	50 ppm de Br.
Fosfamina	0.1 ppm
Butoxico de piperonilo	20 ppm
Piretrinas	3 ppm
DDVP	2 ppm

BIBLIOGRAFIA

Balzar, 1.942. Insect Pests of Stored Rice and Their Control U.S.D.A. Farmers Bulletin No. 1906

Bayer, 1.972. Reconocimiento de plagas en productos almacenados. Circular No. 43 Bogotá, Colombia

Bayer, 1.972. Protección de granos almacenados con los productos Baythion, Oedevap, Phostoxin y Racumin. Circular No. 40 Bogotá, Colombia

Monro. H.A.U. 1.962 Manual de Fumigación contra insectos. FAO Estudios Agropecuarios No. 56. Roma

North Carolina State University 1.964. North Carolina Pesticide Manual Division of General Extension, Box 5125, Raleigh, North Carolina

Tróchez. A.L. (-) Plagas en granos almacenados y medidas de control ICA 12 p. (no publicado).

Truman L. C. and Butts, L. 1.962. Scientific Guide to Pest Control Operations. Pardue University, Lafayette, Indiana

U.S.D.A. 1.971-Controlling Insect Pests of Stored Rice. Agr. Handbook No. 129

U.S.D.A.. 1.953-Stored grain Pests. Farmers Bulletin No. 1260

Grist, D.H. and Lever, R.J.A.W. Pests of Rice, Longmaws Greew and Co. Ltd. London and Harlow

APENDICE

RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCION DE LOS INSECTOS PRINCIPALES QUE ATACAN AL ARROZ EN EL ALMACEN *

A continuación se describen las 4 especies de plagas primarias y las 8 secundarias de mayor frecuencia en el arroz almacenado.

I. Insectos que atacan el arroz en cáscara

1. GORGOJO DE LOS GRANOS
Sitophilus granarius L.

COLEOPTERA
Curculionidae

DESCRIPCION

El adulto es un insecto de 3-4 mm. de longitud; cuerpo algo cilíndrico y de color café rojizo. La cabeza se prolonga en una especie de pico, la superficie dorsal del protórax tiene pequeñas punturas oblongas. Los élitros están surcados por estrías longitudinales, las alas verdaderas o membranosas son vestigiales y el insecto no tiene capacidad para volar.

DAÑOS

La hembra hace en el grano una pequeña excavación con sus mandíbulas y deposita en ella un huevecillo, el cual tapa luego con una sustancia gelatinosa. De los huevos nacen las larvas, que permanecen alimentándose dentro de los granos hasta que se transforman en pupas. El insecto adulto al emerger hace un orificio irregular por donde sale al aire libre.

Este insecto se alimenta de maíz, trigo, sorgo, arroz, cebada, pastas, avena y otros productos. Los adultos se alimentan de granos enteros o de harina, pero las larvas se desarrollan solamente dentro de los granos o pedazos de los mismos lo suficientemente grandes para crecer en éllos y no en harinas a menos que estén apelmasadas.

Como el insecto adulto no tiene alas funcionales, su dispersión la hace el hombre a través de sus actividades de intercambio comercial

---

* Esta descripción e ilustraciones han sido adaptadas de Agro-Bayer. Circular No. 43

2. GORGOJO DEL ARROZ
Sitophilus oryzae L.

COLEOPTERA
Curculionidae

Sitophilus oryzae

Este gorgojo es similar en apariencia y hábitos al gorgojo de los granos (S. granarius); sin embargo, tiene algunas características diferenciales. Asi por ejemplo, es más pequeño que el gorgojo de los granos y las punturas en la superficie dorsal del protorax son redondeadas. Hay una mancha de tonalidad clara en cada base y en cada extremo de los élitros; alas membranosas funcionales y por lo mismo, el insecto tiene capacidad para volar y puede infestar el grano en el campo.

3. BARRENADOR MENOR DE LOS GRANOS
Rhyzopertha dominica Fabricius

COLEOPTERA
Bostrichidae

DESCRIPCION

La forma adulta es de 3 mm. de longitud aproximadamente; cuerpo algo cilíndrico, de color café oscuro, casi negro. La cabeza se encuentra escondida debajo del plato protoráxico, que es algo redondeado y granuloso. Los élitros están surcados por hileras de pequeños picos; hacia el extremo caudal los élitros tienen un ligero declive. Las clavas antenales son relativamente grandes y aserradas.

Rhyzopertha dominica

DAÑOS

Tanto el adulto, como la larva, se alimentan del interior de los granos. Muchas veces el grano queda reducido a la cáscara; varios insectos pueden ser encontrados en un solo grano. Constituye plaga del arroz, maiz y trigo, principalmente; también se alimenta de semillas, raices secas y drogas. Con alguna frecuencia perfora la cubierta y hoja de los libros; también ataca maderas.

4. POLILLA DE LOS GRANOS
Sitotroga cerealella Oliv.

LEPIDOPTERA
Gelechiidae

Sitotroga cerealella

DESCRIPCION

Polilla de aspecto delicado, de color blanco pajizo. Con las alas desplegadas mide entre 8 y 12.5 mm. de longitud. Las alas posteriores son de color gris claro, dotadas de un denso fleco de pelos finos, cuya longitud es mayor que el ancho de las mismas; el extremo apical de estas alas termina en una expansión alargada a modo de dedo. El borde posterior de las alas anteriores también tiene un fleco profuso de pelos.

DAÑOS

Este insecto ataca a varios granos almacenados. Especialmente trigo, maiz, arroz y semilla de algodón. La hembra deposita los huevecillos sobre o cerca de los granos. Cuando los huevos eclosionan, dan origen a pequeñas larvas que penetran en los granos, de cuyo contenido se alimentan. Cuando la larva alcanza su máximo desarrollo, hace un tunel dentro del grano casi hasta el exterior y deja intacta únicamente la película a través de la cual, la polilla ya formada sale al aire libre.

II. Insectos que atacan granos rotos, el arroz blanco y la harina

1. POLILLA INDIGENA DE LOS GRANOS
Plodia interpunctella, Hubner

LEPIDOPTERA
Pyralidae

Plodia interpunctella

DESCRIPCION

La polilla mide entre 12 y 18 mm. de extremo a extremo con las alas desplegadas. Es activa durante la noche o sitios oscuros. Puede ser fácilmente diferenciada de las otras polillas por la coloracion de las alas. Las alas anteriores son de color café rojizo en los dos tercios apicales; el tercio basal es de color gris oscuro.

DAÑOS

Es una de las plagas importantes de los productos almacenados. El material se presenta más o menos entrelazado y a menudo sucio por la telilla que contiene las excreciones de las larvas. Este insecto ataca toda clase de granos, harinas, frutas secas, nueces, semillas, raíces, especímenes de museo, leche en polvo y otros productos.

2. LA CADELLA
Tenebroides mauritanicus L.

Tenebroides mauritanicus

COLEOPTERA
Ostomatidae

DESCRIPCION

El insecto en su forma adulta, es oblongo, algo aplanado y de color café oscuro a negro. En promedio, mide 8 mm. de longitud.
El protórax está claramente separado del resto del cuerpo, al que se conecta a través de una juntura triangular y prominente. La cabeza y prótorax son finamente punteados, los élitros tienen surcos longitudinales y paralelos.
El plato protoráxico en el borde frontal, forma vértices pronunciados.

DAÑOS

Las larvas totalmente desarrolladas, tienen el hábito de perforar la madera de las bodegas. Dentro de las galerías que construye, el insecto puede permanecer largos periodos, para solo salir cuando se almacenan granos en la bodega. Las galerias sirven también de refugio para otros insectos. Cuando este insecto aparece en gran número, se convierte en seria plaga de los graneros; usualmente ataca el embrión de granos y semillas. Como es un insecto relativamente grande, las perforaciones que hace en los empaques, son serias molestias en las bodegas y almacenes de víveres.

3. GORGOJO DENTADO DE LOS GRANOS
Oryzaephilus surinamensis L.

COLEOPTERA
Cucujidae

DESCRIPCION

El gorgojo dentado de los

Oryzaephilus surinamensis

granos, es de 2.5 mm. de longitud, color café oscuro. El cuerpo es aplanado, por lo que el insecto puede deslizarse fácilmente por intersticios y diminutas rajaduras. Con la ayuda de un lente de aumento, se aprecian seis proyecciones a modo de dientes de serrucho en cada borde lateral del protórax.

DAÑOS

El insecto ataca cereales, frutas secas, macarrones, carnes secas, chocolate, tabaco etc. La presencia de este insecto en harina y pan, les imparte olor y sabor desagradables.

4. CARCOMA ACHATADA DE LOS GRANOS
Cryptolestes pusillus,(Laemophoeus minutus Oliv.)

Cryptolestes pusillus

COLEOPTERA
Cucujidae

DESCRIPCION

Este pequeño insecto mide 1.5 mm.de longitud aproximadamente; es de color café rojizo, con antenas tan largas como la longitud del cuerpo; puede volar y saltar.

DAÑOS

Esta especie se comporta generalmente como plaga secundaria. Los granos enteros son inmunes a su ataque, pero los que presentan cualquier pequeño daño , pueden ser fácilmente infestados por este insecto. Es cosmopolita y frecuenta los molinos, bodegas, graneros, almacenes de abastecimiento, etc,.

5. GORGOJO ROJO DE LA HARINA
Tribolium castaneum, Herbst.

6. GORGOJO DE LA HARINA
Tribolium confusum J.Du V.

COLEOPTERA
Tenebrionidae

Tribolium castaneum

Tribolium confusum

DESCRIPCION

Los adultos de ambas especies son insectos pequeños, de 3.5 mm. de longitud en promedio y de color café rojizo. Tanto el T. castaneum como el T. confusum son similares en su biología, hábitos y apariencia. Sin embargo, existen algunas diferencias morfológicas entre estas dos especies. Si se los mira por debajo de la cabeza, los ojos del T. confusum están separados por 3 veces el ancho de sus ojos, mientras que la separacion de los ojos del T.castaneum es igual al ancho de los mismos. Por otra parte, las antenas del T.castaneum son abruptamente clavadas y las clavas de 3 segmentos, mientras que las antenas del T.confusum son progresivamente clavadas y las clavas de 4 segmentos. Además, los bordes laterales del protórax en el T. castaneum son curvados y en el T.confusum sensiblemente rectos.

DAÑOS

Ambas especies son polifogas.

POLILLA MEDITERRANEA DE LA HARINA
Anagasta Kuehniella (Ephestia Kuehniella) Zeller

Anagasta kuehniella

LEPIDOPTERA
Pyralidae

DESCRIPCION

La polilla, con las alas desplegadas mide alrededor de 2 cms. Las alas anteriores son de un color gris pálido, con fajas transversales formadas por pequeñas manchas negras; las alas posteriores son de un color

blanco sucio. Durante el reposo, la polilla levanta las patas anteriores dando a las alas una inclinación definida; esta característica es mucho más estable que las fajas transversales de las alas anteriores, las que pueden desaparecer cuando las alas se desgastan. La polilla vuela durante la noche y se mueve rápidamente en zig-zag.

DAÑOS

Las larvas de esta polilla se alimentan preferentemente de las harinas y constituyen una de las plagas más importantes de los molinos, porque al secretar profusamente hilos sedáceos, entraban los grânulos de harina y forman grumos densos que muchas veces paralizan la maquinaria. Las larvas también atacan a los granos enteros de trigo, maíz, semilla de algodón y otros granos.

8. POLILLA DEL ARROZ

Corcyra cephalonica, Staint

LEPIDOPTERA
Pyralidae

Corcyra cephalonica

DESCRIPCION

Esta polilla es similar en hábitos a la polilla mediterránea de la harina. También se le ha encontrado en harinas, cereales, semillas de cacao y algodon almacenados.

DAÑOS

Similar a la anterior.

VERTEBRADOS PLAGAS EN EL CULTIVO DE ARROZ

D. Valencia G.

Uno de los factores limitantes en la producción de arroz es el daño ocasionado por plagas, entre las cuales encontramos a los vertebrados como causantes de pérdidas en la mayoría de las áreas arroceras del mundo.

En América Latina se han estudiado diversas clases de aves y roedores que atacan los cultivos de arroz en diversos estados de desarrollo y épocas de siembra. Además de Colombia, han reportado problemas con aves y roedores, países como Venezuela, República Dominicana, Brasil, Argentina, Uruguay y Nicaragua.

Colombia es un país que debido a su estratégica posición geográfica y a su gran variedad de microclimas, recibe la visita de aves, las cuales sumadas al gran número de especies nativas, lo colocan como el primero en el mundo con el mayor número de especies de aves. Entre ellas se encuentran insectívoras, que no son problema en arroz, y aves omnívoras y consumidoras exclusivas de granos, donde se ubican las especies dañinas al cultivo.

Es indudable que la nueva tecnología sobre tierras ocupadas anteriormente por bosques y pastos, sumada a una rápida expansión de nuevos cultivos, crean un medio altamente favorable para la alimentación y desarrollo de aves y mamíferos, nativos o migratorios.

Tal combinación de factores desencadenantes del problema, ha sido estudiada en detalle en Argentina (Bucher 1970) y resulta un claro ejemplo de como los cambios que el hombre introduce en el ambiente alternan muchas veces delicados balances y se traducen en situaciones negativas para el mismo.

Aves dañinas

El impacto visual de un gran número de aves sobre un cultivo de arroz, produce muchas veces falsos cálculos en el daño que puedan causar, pues no siempre a mayor número de aves hay mayor porcentaje de daño. Los estimativos de daño de aves en el arroz, deben hacerse directamente sobre la planta afectada y nunca con base en la población de las aves. La Figura 1, muestra el daño causado por Porphyrula sp. el anidar, ave cuyo daño por consumo no tiene importancia.

Las técnicas de evaluación de daño de aves en arroz no están muy avanzadas, pero se sugiere el muestreo al azar de un metro cuadrado para determinar el porcentaje de plantas afectadas y el porcentaje de granos dañados, conociendo las características del daño que causa el ave y comparándolo con una muestra testigo o normal. Este tipo de observación es de mucha importancia para no confundirlo con el daño de roedores y evitar tratamientos innecesarios de control de aves en los arrozales.

Son muchas las especies de aves involucradas en el daño de arroz. Sin embargo, se reconocen únicamente aquellas que pueden registrar daños de importancia económica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Aves que causan daño en el cultivo del arroz en algunos países de América Latina

Especie	Nombre común	Estado del cultivo	Nivel de daño	Lugar
Sicalis spp.	Chisgas, arroceros	Grano tierno	Medio	Colombia, Perú
Sporophila minuta	Chisgas o arroceros	Grano tierno	Bajo a medio	Colombia, Perú
Volatinia jacarina	Arroceros	Grano tierno	Bajo a medio	Colombia
Emberizoides herbicola	Arroceros	Grano tierno	Bajo a medio	Colombia
Annas spp.	Patos	Siembra-cosecha	Medio	Colombia y Venezuela
Porphyrula martinica *Molothrus bonaerensis*	Caica o galletera Chamon-Vaquero	Desarrollo Cosecha	Medio Alto	Colombia y Rep.Dominica, Perú,Ecuador y Colombia.
Ploceus cucullatus	Madam sagaz	Cosecha	Medio	Rep.Dominicana y Haiti
Leistes militaris	Sargento	Cosecha	Bajo	Colombia
Zanaida auriculata	Torcaza, Paloma	Cosecha	Medio	Colombia, Ecuador, Perú y otros
Columba fasciata	Torcaza	Cosecha	Bajo a medio	Colombia
Eupelia cruziana	Tortola	Cosecha	Bajo a medio	Colombia, Perú
Spiza americana	Sabanero	Cosecha	Alto	Colombia, Perú y Venezuela

Figura 1.
Nido hecho con plantas de arroz.

Figura 2.
Adulto de caica *Porphyrula martinica*.

Figura 3.
Sporophila sp. ave típica comedora de granos de pico fuerte.

En Colombia se destacan como plagas la chisga o arroceros (Sicales sp., Sporophila sp. Figura 3), la caica (Porphyrula martinica), Figura 2 y la torcaza (Zenaida auriculata). En República Dominicana y Haití, la "madame sagaz" (Ploceus cucullatus) es un factor limitante en la producción de arroz, mientras en Centro América, los patos (Annas spp.) constituyen en problema durante ciertas épocas.

Métodos de control de aves.

Las labores de control se basan en la actualidad en métodos físicos, utilizando personas (pajareros) que espantan las aves con pitos, ruidos y sonidos fuertes como pólvora. Estos métodos en el caso de aves migratorias especialmente, no trabajan con eficiencia, ya que la mayoría de estas aves llegan en horas cuando el control no está en funcionamiento.

También se emplean otros métodos físicos como cañones de gas, cintas gravadas y banderas de colores, pero la utilidad de todos los métodos se basa en su empleo rotacional, ya que las aves se acostumbran a éllos.

Existen por otra parte los métodos químicos basados en tóxicos agudos y repelentes químicos. Entre los primeros se emplean generalmente insecticidas mezclados con grano, pero en Colombia es un método vedado.

Dentro de los repelentes químicos se conocen dos productos comerciales, a base de Methiocarb (carbamato), los cuales han presentado buenos resultados de control de daño a nivel experimental.

En el cultivo de arroz se sugiere la aplicación de cebos con arroz o maíz partido, mezclado con Methiocarb al 0.5% en peso y distribuído sobre los caballones, terraplenes o lugares secos accesibles a las aves. El producto irrita inicialmente el sistema digestivo y posteriormente afecta el sistema nervioso, obligando a las aves a abandonar lenta y progresivamente los lotes tratados, lo cual se traduce a una disminución notable de la población. Las observaciones iniciales señalan resultados promisorios para el control de chamones, chisgas y palomas o torcazas, utilizando cebos.

En relación con las aves migratorias cuando se conocen las fechas de llegada y el período de permanencia normal, el agricultor puede estar prevenido y alterar los períodos de siembra y cosecha para evitar daños de aves por consumo.

Roedores

Existen dos grupos de roedores: ratas y ratones, que realizan daño en el arroz. Cuadro 2.

Por la dificultad para observarlos durante el día y por su gran habilidad para esconderse entre la vegetación, el daño ocasionado por los roedores generalmente es considerado por el agricultor como un factor secundario dentro del grupo de plagas. Sin embargo se ha demostrado que en algunas zonas arroceras de América Latina, el daño de roedores es tan importante, o más, que el causado por los insectos o las enfermedades.

Cuadro 2. Roedores que causan daño en el cultivo.

Especie	Nombre común	Estado del cultivo	Nivel de daño	Lugar
Sigmodon spp.	Rata arrocera	Desarrollo y cosecha	Alto	Colombia y Nicaragua
Oryzomis sp.	Ratón arrocero	Cosecha	Bajo	Colombia
Rattus norvegicus	Rata noruega	Cosecha	Medio	Colombia
Holochilus brasiliensis	Rata de agua	Cosecha	Alto	Venezuela
Rattus rattus	Rata negra o casera	Cosecha y almacen	Alto	Colombia
Mus musculus	Ratón casero	Cosecha	Bajo	Colombia

Las Figuras 4 y 5 muestran las dos especies de ratas arroceras.

Daños del 14% ya justifican económicamente el tratamiento para el control de ratas y ratones en los arrozales. El daño de las ratas se presenta durante todo el ciclo del cultivo. Consumen inicialmente las semillas, luego cortan los tallos y consumen parte de éllos (Figura 6). Utilizan las hojas del material en desarrollo para construir el nido en las madrigueras cercanas a los canales de riego o junto a los caballones; posteriormente el ataque se dirige a la panícula, para éllo cortan las plantas de las cuales sólo consumen una parte del grano y el resto se pierde.

Las poblaciones de roedores crecen en forma intempestiva porque en el arroz encuentran agua, alimento y vivienda, factores éstos indipensables para la reproducción y desarrollo de una población. Cuando uno de estos factores se reduce o controla, la población se ve afectada y disminuye.

Métodos de control de roedores

En el arroz tan sólo se puede controlar el área de vivienda, con una limpieza de canales y eliminación de residuos de cosecha que destruya las posibles zonas de anidamiento ya mencionadas. La renovación de los caballones cada 2 o 3 cosechas es una medida importante cuando la población es alta.

El control químico debe hacerse en base a cebos portadores de un tóxico agudo o productos anticoagulantes de acción más lenta que no causen rechazo.

Son fundamentales para el éxito de un cebo los productos utilizados como portadores y atrayentes. La harina de maíz y el arroz molido, por ejemplo, pueden ser la base de un buen cebo; un 90% de cualquiera de los anteriores cereales más 5% de aceite de maíz o soya y 5% de azúcar en polvo, completan una buena mezcla atrayente. Una vez preparada la mezcla, se agrega el ingrediente activo o raticida, en la proporción recomendada, tales como warfarina al 5%, fósforo de zinc al 2%, fluoracetato de sodio al 2% o cualquier otro ingrediente raticida disponible en el mercado. La warfarina es un producto anticoagulante efectivo, pero requiere un consumo alto por el individuo. De ella existen varias marcas comerciales ya preparadas como cebo.

El cebo-raticida se debe colocar en lugares secos o dentro de estructuras como trozos de bambú, "guadua", o recipientes plásticos que permitan la entrada de los roedores a consumir el raticida; esta forma de aplicación evita que el producto se descomponga física y químicamente y además asegura que consuma el cebo en una mayor cantidad (Figura 7). Otra forma de aplicación es empacar el cebo raticida en pequeñas bolsas plásticas y en cantidades de 30 a 50 gramos, lo cual facilita aún más el manipuleo para el tratamiento en el campo.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en Colombia, experimenta en la actualidad cebos raticidas con parafina como material aglutinante y como protector contra la humedad; la preparación de los cebos parafinados,

Figura 4.

Rata noruega, especie *Rattus norvegicus* cuerpo rollizo, orejas y cola pequeñas hábil nadadora.

Figura 5.

Rattus rattus. Rata negra o rata casera, cuerpo alargado, con cola y orejas grandes. Extiende su daño al cultivo.

Figura 6.

Daño de ratas a las plantas de arroz.

Figura 7.

Colocación del cebo dentro de recipientes de plástico sobre los caballones o bordes de cultivo.

requiere personal entrenado para el manejo de la parafina caliente; estos cebos han mostrado mucha eficiencia en el campo y mayor duración bajo condiciones de humedad. Los cebos raticidas en lotes de arroz, deben colocarse cada 5 metros en los caballones y terraplanes cercanos a los canales de riego y a 10 metros o más, en los caballones intermedios.

Definitivamente la alteración de las condiciones ambientales, afecta directa o indirectamente la población de aves y roedores en zonas agrícolas; por otra parte la eliminación de predadores o enemigos naturales, serpientes y carnívoros principalmente, favorece la proliferación de vertebrados plagas en cultivos agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

1. Bucher, E.H. 1970. Consideraciones sobre la paloma Zenaida auriculata como plaga en Córdoba. Dir. Prov. Asuntos Agrarios de Córdoba, Colombia, Serie Ciencia y Técnica, 1: 1-11.

2. De Grazzio, J.W. 1971. Vertebrate Pest problems in Venezuela, Colombia, and Nicaragua. Denver Wildlife Research Center. Denver. USA.

3. Valencia, G.D. 1981. Guía para el control de ratas y ratones. Boletín Didáctico No. 10 ICA. CN - Palmira, Colombia.

CAPITULO X

ENFERMEDADES

PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL ARROZ Y SU CONTROL EN AMERICA LATINA

LA SOGATA *Sogatodes oryzicola* Y EL VIRUS DE LA HOJA BLANCA EN ARROZ

PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL ARROZ Y SU CONTROL EN LA AMERICA LATINA

J. Castaño

Aunque se ha informado de la existencia de más de 70 enfermedades del arroz producidas tanto por agentes bióticos como abióticos (Apéndice 1), se considera que cerca de una docena de estas enfermedades limitan la producción del arroz en América Latina (Cuadro 1). La mayoría de estas enfermedades están comprendidas dentro de las causadas por hongos. Piricularia (Pyricularia oryzae), helmintosporiosis (Cochliobolus miyabeanus; estado conidial Helminthosporium oryzae) y escaldado de la hoja (Metasphaeria albescens; estado conidial Rhynchosporium oryzae), son las enfermedades más ampliamente diseminadas en la región. La Figura 1 representa las principales enfermedades del follaje en América Latina.

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR HONGOS

PIRICULARIA, BRUSONE, ANUBLO O QUEMADO

Esta enfermedad es causada por el hongo Pyricularia oryzae y será por mucho tiempo el problema más complejo del cultivo del arroz, especialmente en las áreas tropicales. Más de 70 países en los cinco continentes han registrado la presencia de dicha enfermedad. Las pérdidas que ocasiona en el cultivo del arroz pueden ser totales en algunas localidades. Existen muchos ejemplos de variedades resistentes que han sido eliminadas debido a la aparición de nuevas razas fisiológicas del patógeno. Se ha informado de la existencia de más de 260 razas (13). Aunque el hongo puede atacar tanto en el estado de plántula como en el de floración, el daño económico más grave se produce en este último.

Tanto la humedad del suelo como la del ambiente, están en íntima asociación con el desarrollo de la enfermedad. Las plantas que crecen en condiciones de suelo seco, llegan a ser más susceptibles al hongo, en tanto que una alta humedad relativa, favorece el desarrollo de la enfermedad.

El grado de resistencia parece aumentar en proporción con la aplicación de silicatos y con la cantidad de silice acumulado en el tejido de la planta. Por el contrario, la fertilización con altos niveles de nitrógeno predispone la planta del arroz al ataque del hongo. Existe una íntima relación entre el nitrógeno soluble y la susceptibilidad. La intensidad de la influencia del suministro de nitrógeno en la enfermedad, varía según las condiciones edáficas y climáticas, y también con los métodos de aplicación de fertilizantes (16). Se ha encontrado que la enfermedad ataca más drásticamente, cuando se aplican fertilizantes nitrogenados de acción rápida, tales como el sulfato de amonio en una sola aplicación, o cuando los efectos retardados de la fertilización ocurren, ya sea por aplicación muy tardía o muy fuerte, o por temperaturas muy bajas en las primeras etapas del crecimiento de la planta (16).

Cuadro 1. Problemas limitantes de arroz en América Latina

	AGENTE CAUSAL														
	O. Oryzae	C. miyabeanus	M. albescens	A. oryzae	S. oryzae	M. salvinii	D. gigantea	Th. cucumeris	U. virens	Hoja blanca	X. campestris p.v. oryzae	M. de grano	Espiga erecta	S. oryzicola	Nematodos
Argentina	XXXX					XXX							XXXXX		XXX
Belice	XXXXX	XXXX												XXXX	
Bolivia	XXXX	XXXXX	XXX												
Brasil	XXXXX	XXX		XXXXX						XX	X	XXXXX			
Colombia	XXXX			XXX										XXXXX	
Costa Rica	XXXXX	XXXX	XXX						XX					XXXX	
Ecuador	XXXXX					XXXX				XXXXX				XXXX	
El Salvador	XXXXX	XXX	XXXX									XX		XXXX	
Guatemala	XXXXX	XXXX	XXX												
Haití		XXXXX			XXXX										
Honduras	XXXXX	XXX	XX		XXXX										
México	XXXXX	XXX.	XXX									XXX			
Panamá	XXXXX	X	XXXX				XX	XXX						XXXX	XXX
Perú	XXXXX			XXXXX		XXXXX	XXX			XXXXX		XXX		XXX	
Surinam	XXX	XXXXX			XXXX										
Venezuela	XXXXX		XXXX											XXXXX	

Fuente : Informe de la cuarta conferencia del IRPT para América Latina, Agosto 10-14, 1981
P = Pyricularia, C = Cochliobolus (Helminthosporium), M = Metasphaeria (Rhynchosporium), A = Alternaria, S = Sphaerulina (Cercospora), M = Magnaporthe (Sclerotium), D = Drechslera, Th = Thanatephorus, U = Ustilaginoidea, X = Xanthomonas
M = Manchado, S = Sogatodes
X ... XXXXX = Grado de importancia

Figura 1. Enfermedades comunes del follaje del arroz.

El hongo puede sobrevivir como conidias o micelio en la semilla, en los residuos de la planta en el suelo y en muchas gramíneas.

Control

El interés creciente por la corta duración de la mayoría de las variedades comerciales, ha conducido a los investigadores a la búsqueda de alternativas; la resistencia varietal, las prácticas de cultivo y el control químico, se han utilizado en el control del patógeno. Cuando las plantas jóvenes son atacadas, se puede reducir el desarrollo de la enfermedad mediante la inundación, o por la elevación del nivel de agua. La siembra temprana puede reducir significativamente la incidencia de la enfermedad.

HELMINTOSPORIOSIS:

El hongo Cochliobolus miyabeanus; estado conidial Helminthosporium oryzae, puede atacar tanto plántulas como plantas adultas, siendo más común en estas últimas. Esta enfermedad se asocia con suelos deficientes en nutrimentos, o con suelos reducidos donde se han acumulado muchas sustancias tóxicas. La enfermedad es más severa en aquellas plantas que crecen en suelos deficientes en silicio, potasio, magnesio, hierro y zinc (21). El ácido sulfúrico, los compuestos férricos y algunos ácidos orgánicos que se encuentran en el suelo, dañan las raíces del arroz, reduciendo la tasa de absorción mineral y por consiguiente, aumentando la severidad de la enfermedad. Parece que la planta se ve más afectada por la pudrición de la raíz que por la enfermedad propiamente dicha.

Control

La medida más eficiente de control de este patógeno, consiste en la utilización de variedades resistentes, cuando están disponibles comercialmente. Las prácticas de cultivo, tales como la buena preparación del suelo, la nivelación de tierras, la fertilización balanceada y sobretodo buen manejo del agua, son medidas eficientes para reducir la incidencia de la enfermedad.

Es probable que en aquellas áreas donde sea común la infección de las semillas, el tratamiento químico de las mismas, sea útil en la reducción del daño. También se ha ensayado la aspersión de fungicidas en el campo para prevenir infecciones secundarias que pueden provenir por corrientes de aire; sin embargo, es dudosa la utilidad práctica de dicha aspersión.

ESCALDADO DE LA HOJA:

Esta enfermedad causada por Metasphaeria albescens, estado conidial Rhynchosporium oryzae, afecta más las plantas adultas, después del estado de formación de panículas, siendo más severa en campos de secano y en condiciones de alta humedad relativa. El aumento del nitrógeno del suelo favorece el desarrollo de la enfermedad.

Control

La resistencia varietal es la forma más económica para el control del hongo. Se recomiendan prácticas de cultivo, tales como evitar la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados y la siembra de variedades susceptibles en campos de secano; también puede ser útil el control químico.

CERCOSPORIOSIS:

Se ha observado que esta enfermedad que causa el hongo Sphaerulina oryzina estado conidial Cercorpora oryzae, ataca más frecuentemente plantas adultas. En condiciones edáficas desfavorables, tales como deficiencias de fósforo y potasio, este patógeno puede causar daños severos. Es común encontrar esta enfermedad asociada con Helminthosporium oryzae.

Control

La medida más importante en el control del hongo es la utilización de variedades resistentes. Las prácticas de cultivo tales como la siembra de variedades de madurez temprana y el evitar la aplicación excesiva de fertilizantes potásicos, conducen a la reducción de posibles pérdidas ocasionadas por esta enfermedad.

PUDRICION DEL TALLO

Es causada por el hongo Magnaporthe salvinii; estado conidial Sclerotium oryzae. Cuando esta enfermedad se presenta, produce daños severos. La aplicación de altos niveles de fertilizantes nitrogenados favorece el desarrollo de élla; por el contrario, la fertilización a base de potasio aumenta la resistencia de la planta al ataque del hongo. De aquí que las relaciones K/N y C/K en el tejido de la planta sean muy importantes en la determinación de la resistencia o susceptibilidad a la pudrición del tallo.

La aplicación de silicato de sodio reduce la incidencia de esta enfermedad, mientras que el efecto del fósforo es similar al del nitrógeno favoreciendo la enfermedad pero en grado más bajo.

Control

El agua de riego constituye un agente importante de diseminación del patógeno, puesto que ella transporta los esclerocios del hongo de un campo a otro. Por lo tanto, su manejo adecuado desempeña una importante función en el control de las infecciones del tallo. Con frecuencia, esta enfermedad se puede controlar variando el nivel del agua durante la etapa de crecimiento vegetativo; cuando las lesiones de la parte exterior de la vaina están cubiertas de agua, éstas se pudren rápidamente y el hongo no penetra en las vainas interiores, posteriormente se reduce el nivel de agua y la mayor parte de las vainas se secan y se desprenden del tallo, previniendo así la penetración del patógeno en el tallo.

AÑUBLO DE LA VAINA

El hongo que causa el añublo de la vaina es Thanatephorus cucumeris, estado imperfecto Rhizoctonia solani. Esta enfermedad recibió poca atención hasta muy recientemente, cuando se convirtió en un problema importante de las variedades de alto rendimiento. La edad de la planta influye considerablemente en la incidencia de esta enfermedad. Las plantas que tienen entre dos y tres semanas de edad, son más resistentes a la infección que plantas adultas. En el estado de formación de panículas, las plantas son muy susceptibles al hongo. Las variedades de porte alto con escaso macollamiento son más resistentes a la enfermedad que las variedades enanas con mucho macollamiento. La alta densidad de plantas favorece el desarrollo del hongo, debido al microambiente y a la mejor adherencia de los esclerocios a la superficie del tallo, favoreciendo así la diseminación de la enfermedad mediante el micelio. La fertilización con nitrógeno y fósforo o la deficiencia del potasio, predisponen las plantas de arroz al añublo de la vaina.

El hongo sobrevive como esclerocios o micelio en residuos de la planta en el suelo, en malezas y en otras plantas de cultivo.

Control

Como la resistencia está condicionada a las condiciones ambientales, la enfermedad se debe prevenir, primero mediante el uso de prácticas de cultivo que no favorezcan el desarrollo de la enfermedad, tales como el uso de niveles bajos de fertilizantes nitrogenados, de menores densidades en siembra directa y un espaciamiento mayor en el arroz transplantado, los cuales reducen significativamente la incidencia de la enfermedad. Otro aspecto a considerar es que el hongo tiene una amplia gama de hospedantes, por lo cual es muy importante controlar las malezas gramíneas. El control químico tiene sus limitaciones.

OTRAS

Otras enfermedades fungosas tales como la pudrición de la vaina, causada por el Acrocylindrium oryzae, la mancha ojival causada por Drechslera gigantea y el falso carbón causado por Ustilaginoidea virens, son hasta ahora ocasionalmente epidémicas o de importancia local.

Control

Estas enfermedades se controlan usualmente mediante la utilización de la resistencia varietal cuando ésta se encuentra disponible en variedades comerciales y también se utilizan las prácticas culturales.

ENFERMEDADES BACTERIANAS

MARCHITAMIENTO BACTERIANO DE LA HOJA

La bacteria que causa afecciones en las plántulas, así como necrosis foliar se llama Xanthomonas campestris ps. oryzae. Recientemente se

informó de la existencia de esta enfermedad en México, América del Sur y Centro América. Sin embargo, la severidad de la enfermedad en América Latina ha pasado de ligera a moderada. Un clima lluvioso, la deficiencia de potasio y el exceso de nitrógeno, son factores que predisponen las plantas de arroz al ataque de X. campestris ps oryzae.

Control

La enfermedad se controla principalmente mediante el uso de la resistencia varietal y de ciertas prácticas culturales que reducen la cantidad de inóculo sobreviviente entre un cultivo y otro. La bacteria ha llegado a ser rápidamente resistente a varios antibióticos. No hay disponible una medida de control unilateral de la enfermedad, por lo tanto, se recomiendan medidas de control integrado.

ENFERMEDADES VIRALES

HOJA BLANCA *

Desde que se informó sobre el enanismo del arroz en Japón en 1883, se han registrado más de 15 enfermedades virales y enfermedades producidas por patógenos similares a virus (18). La Hoja Blanca del arroz es única en las Américas.

Control

La enfermedad se controla principalmente mediante el uso de variedades resistentes al vector, Sogatodes oryzicola, al virus, o a los dos. Es útil el uso de insecticidas para limitar la población del vector, cuando se presentan epidemias.

ENFERMEDADES CAUSADAS POR NEMATODOS

Aunque se ha prestado poca atención a los nemátodos, hay varias enfermedades importantes causadas por éllos. El nemátodo de la hoja o punta blanca (Aphelenchoides besseyi) es el más frecuente. Otros nemátodos, como el nemátodo del tallo (Ditylenchus angustus), el nemátodo de la raíz (Hirschmanniella oryzae), el nemátodo del nudo de la raíz (Meloidogyne graminicola), el nemátodo anillado (Criconemoides onoensis) y los nemátodos migratorios (Xiphinema parasetariae y el X. orbum) constituyen un grupo de importancia económica. El grupo Xiphinema es muy importante puesto que varias especies son conocidas por el hecho de que transmiten enfermedades virales en Asia. Cuando el daño es severo, se sugiere buscar variedades resistentes.

Control

Para el nemátodo de la hoja o punta blanca, el cual se transporta mediante la semilla, el tratamiento de ésta con agua caliente o con

---

* Esta enfermedad se discute en otro artículo del libro. (Nota de editor).

productos químicos, reduce significativamente la severidad del daño producido por el nemátodo.

ENFERMEDADES DE ORIGEN NO PARASITARIO

ESPIGA ERECTA

La espiga erecta es una enfermedad fisiológica, asociada con suelos anegados. Las plantas severamente afectadas por la enfermedad muestran un desarrollo incompleto con emergencia irregular de la panícula y esterilidad de las espiguillas.

Esta enfermedad es común en suelos nuevos con poca capacidad de drenaje o con alto contenido de materia orgánica.

Control

La mejor medida de control contra esta enfermedad, es la utilización de variedades resistentes. Las prácticas culturales, tales como evitar la siembra en suelos franco arenosos que no están completamente drenados, el drenar justo antes de la elongación del tallo y también evitar las aplicaciones repetidas de insecticidas que contengan arsénico, reducen significativamente la incidencia de esta enfermedad fisiológica. Se cuenta además con resistencia varietal.

MEDIDAS GENERALES DE CONTROL

RESISTENCIA DEL HOSPEDANTE

La utilización de la resistencia varietal es uno de los métodos más baratos y seguros en el control de las enfermedades de las plantas. La mayoría de los agricultores aplican productos químicos para reducir el daño ocasionado por las enfermedades. Aunque para las zonas templadas hay disponibles controles químicos efectivos, es cuestionable su uso en los trópicos debido a las lluvias frecuentes y fuertes. Por lo tanto, el desarrollo de variedades de arroz resistentes es esencial.

Se han desarrollado métodos para seleccionar y probar la resistencia de las variedades a las enfermedades más graves del arroz, mediante la infección natural en el campo o mediante la inoculación artificial, tanto en el invernadero como en el campo.

El Programa de Pruebas Internacionales de Arroz (IRTP) ha organizado viveros para pruebas de resistencia a varias de las enfermedades más severas. El objetivo de dichos viveros es identificar variedades con resistencia a diversas enfermedades y determinar la variación del patógeno sobre las variedades seleccionadas. Como resultado de este intenso programa de selección, se han identificado varias fuentes de resistencia a las enfermedades del arroz. Aunque los fitomejoradores la están incorporando activamente en las variedades comerciales, aún no se han encontrado fuentes de resistencia estable para varias enfermedades importantes.

Es muy común observar que las variedades de arroz que tienen resistencia a una enfermedad importante, son susceptibles a otras enfermedades (Cuadro 2). Por consiguiente, el mejoramiento para resistencia a las enfermedades, debe hacer énfasis en variedades que resistan un complejo más amplio de enfermedades. La incorporación de resistencia múltiple en las variedades comerciales es un esfuerzo complejo a largo plazo y la llamada "obtención de genes piramidales de resistencia" solamente ha tenido éxito limitado. La desventaja más importante ha sido la ruptura de la resistencia, debida principalmente al desarrollo de nuevas razas fisiológicas de los patógenos. Esto es particularmente cierto para Pyricularia oryzae. Este hongo es altamente variable y la resistencia se vence muy rápidamente en los trópicos.

Unas pocas variedades comerciales han sido altamente resistentes al patógeno, pero solamente durante un corto lapso (Cuadro 3). Se espera sin embargo, que esta desventaja sea superada mediante el uso de estrategias de mejoramiento, tales como la utilización de multilíneas, el despliegue de genes, la diversificación de variedades o la concentración sobre una misma variedad de componentes de desarrollo lento de la enfermedad. No obstante, el mejoramiento con miras a la obtención de resistencia a un número limitado de enfermedades del arroz debe ser obviamente, una estrategia permanente donde quiera que el ambiente sea favorable para el desarrollo de la enfermedad.

PRACTICAS CULTURALES

Las prácticas culturales para el control de enfermedades, frecuentemente se han integrado con otras prácticas.

Aunque el agricultor opera en un ecosistema simple, aún tiene que ejercer un gran control. El puede decidir cuándo empezar la sucesión de prácticas y cuando terminarlas, lo cual debe decidir en términos del daño producido por la interacción clima versus enfermedades. En su ambiente natural, la tasa de desarrollo de una enfermedad depende, en primera instancia, de la disponibilidad de tejido susceptible, y cualquier acción que influya directa o indirectamente en el suministro de alimentos, causará un cambio correspondiente en la población de los patógenos. Consecuentemente, algunas de las técnicas mejoradas del cultivo son indirectamente responsables del aumento en la población de patógenos.

El arroz es el único cultivo que comunmente se efectúa en condiciones de inundación. La utilización controlada de las aguas de riego se traduce en mejores condiciones de crecimiento no solamente para las plantas, sino también para las malezas, muchas de las cuales son hospedantes alternantes de plagas. Por lo tanto, dichas aguas deben ser utilizadas para controlar las malezas en los arrozales.

La siembra y la cosecha en forma oportuna, el almacenamiento de la semilla, las dosis de fertilizantes, la rotación de cultivos y la quema de residuos o socas y las medidas de control de malezas, frecuentemente producen efectos en el control de enfermedades. Estas y otras prácticas culturales, tales como las medidas de control físico y regulatorio, pueden manipularse para minimizar la producción de inóculo, la supervivencia, la

Cuadro 2. Grado de resistencia de 6 variedades de arroz a 3 enfermedades limitantes del cultivo en Colombia

Variedad	Grado de resistencia a :		
	Pyricularia oryzae	Hoja blanca	Manchado del grano
Colombia 1	R	R	R
Metica 1	R	R	S
Azucena	MR	S	S
CICA 4	S	MR	R
IR 22	S	S	MR
CICA 8	S	S	S

R = Resistente

MR = Moderadamente resistente

S = Susceptible

Cuadro 3. Cambios en la reacción a P. Oryzae de 6 variedades comerciales de arroz en Colombia

Variedad	Año de :		Período útil (años)
	Liberada	Quiebre de la resistencia *	
IR 8	1968	1970	2
CICA 4	1971	1973	2
IR 22	1971	1972	1
CICA 6	1974	1975	1
CICA 9	1976	1977	1
CICA 8	1978	1981	3

* Observada en campos comerciales

Fuente: Ahn, S.W. 1981. The Slow Blasting Resistance. In Proceedings of the Symposium on Rice Resistance to Blast. Montpellier, France. pp. 343-370.

diseminación, así como la infección y el desarrollo de las enfermedades. Este campo de control de enfermedades del arroz, es el que recibe la menor atención por parte de la investigación organizada y sin embargo, tiene uno de los potenciales más altos para reducir las pérdidas de rendimiento ocasionadas por enfermedades.

CONTROL QUIMICO

El descubrimiento de la mezcla Bordelés, hace un siglo, puede ser considerado como el primer acontecimiento importante en la historia del control de enfermedades de las plantas. La producción comercial de muchos cultivos, incluído el arroz, sería difícil o imposible sin el uso de productos químicos que controlen las principales enfermedades. Sin embargo, la actitud pública de hoy es negativa con respecto al uso de agroquímicos, incluídos aquellos utilizados para controlar las enfermedades de las plantas.

El descubrimiento de los fungicidas sistémicos a base de ditiocarbamatos, hacia el final de la década de los 60, se considera el segundo evento más importante en la ya centenaria historia del control químico de enfermedades (4).

En la población de una especie fitopatógena que en general es sensible al control químico de enfermedades, pueden existir o surgir cepas que sean significativamente menos sensibles al compuesto. A medida que aumenta la frecuencia de estas cepas bajo la presión selectiva del agente químico, disminuye progresivamente la efectividad del compuesto. Este problema de resistencia era prácticamente desconocido para la patología vegetal, mientras que se usaron únicamente químicos inorgánicos para el control de enfermedades de las plantas. Con unos pocos protectores orgánicos se observó resistencia en instancias aisladas, pero resultó ser un problema serio después de que se introdujeron los fungicidas y antibióticos de acción específica (4).

La resistencia fue la responsable del fracaso total de los fungicidas a base de benzimidazol (benomyl, tiabendazol, carbendazim, tiofanato de metilo), contra enfermedades producidas por un número de hongos patógenos; la blasticidina-s y la kasugamicina contra Pyricularia oryzae; y la polioxina contra Thanatephorus cucumeris del arroz (4,6,9) para citar unos pocos ejemplos.

Parece probable que la resistencia llegue a ser un factor importante en el control de enfermedades de la planta durante esta década. Sea que los problemas de resistencia surjan en la práctica, dependerá ulteriormente de la adaptación y virulencia de los mutantes resistentes, del tipo de enfermedad, de las condiciones ambientales y de la persistencia y el método de uso del fungicida. Una presión selectiva continúa ejercida por un tipo de fungicida, puede favorecer el desarrollo de una población resistente y, por consiguiente, ésto se debe evitar (9). Merece prestarle atención a la posibilidad de reducir la importancia de la resistencia, mediante el uso de mezclas químicas para el control de enfermedades o mediante la aplicación alternada de dichos productos al cultivo.

Ha venido aumentando el uso de fungicidas para el control de enfermedades y existen en el mercado diferentes fungicidas que son útiles en la reducción del daño ocasionado por algunas enfermedades del arroz (Cuadro 4). Los fungicidas pueden ser específicos contra una sola especie de hongos, por ejemplo, el tricyclazol y Piricularia oryzae (22), o pueden tener un amplio espectro y controlar varias enfermedades. El Benomyl, por ejemplo, controla P. oryzae, Sphaerulina oryzina, Thanatephorus cucumeris y Metasphaeria albescens (7, 14, 22, 23).

Las pruebas de campo con fungicidas foliares para controlar P. oryzae pueden producir un incremento del rendimiento de 1-2 ton/ha (7), lo cual indica que las enfermedades fungosas tales como Piricularia, pueden destruir hasta el 25% de la cosecha potencial. Esto significa que el desarrollo y el uso de fungicidas para el control de enfermedades del arroz, debe ser un elemento esencial de cualquier programa de manejo o control de enfermedades. Los programas integrados que incluyen prácticas sanitarias, buenas prácticas culturales y variedades resistentes, deben ir de la mano con la aplicación racional de agroquímicos (Apéndice 2). Existe la necesidad de mejores productos químicos, mejores métodos de aplicación y consistencia en los programas de control. Los agroquímicos se deben utilizar junto con buenas prácticas y no como una alternativa (20).

Finalmente, el control integrado mediante una resistencia más estable, combinada con tratamientos químicos, se convierte en una alternativa fascinante. La resistencia horizontal a menudo es imcompleta, parcial y, en algunas estaciones, excepcionalmente conduce al desarrollo de la enfermedad y puede no proteger la planta de manera adecuada. Hay evidencia de que esta deficiencia de la resistencia horizontal, se puede solucionar mediante el uso de fungicidas que no sean suficientemente efectivos en variedades susceptibles (24).

Tiempo de aplicación en relación con las propiedades fungicidas de los agroquímicos.

Si se toma como ejemplo la enfermedad más importante del arroz, la Piricularia, causada por Pyricularia oryzae, existen varios fungicidas excelentes para su control, pero son un poco diferentes entre sí en su modo de acción. En el Cuadro 5, por ejemplo, se puede observar que el antibiótico Kasugamicina no ofrece ninguna actividad protectora contra la penetración del hongo, pero sí tiene un marcado efecto preventivo en el crecimiento del micelio después de la penetración, con una actividad residual más bien corta; por su parte, la blastina (un compuesto organoclorado) tiene un fuerte efecto protector en la penetración, con una larga acción residual, pero no en el crecimiento del micelio después de la penetración, mostrando de esta manera, un marcado contraste con las características de la kasugamicina (17). Por otra parte, el benomyl, un compuesto carbamato, tiene propiedades tanto preventivas como de erradicación. El producto es sistémico en su actividad como fungicida efectivo para aplicar al suelo y con una prolongada acción residual, penetra a las raíces en las áreas tratadas (10). Si la kasugamicina, la blastina y el benomyl se aplican varios días antes de la infección primaria, la Kasugamicina no ejercerá un control satisfactorio, pero la blastina y el benomyl proporcionarían un excelente control. Contrariamente,

Cuadro 4. Lista parcial de productos químicos reportados eficientes para el control de algunos de los patógenos más importantes del cultivo del arroz.

Nombre comercial	Nombre común oficial	Fórmula química	Compuesto	Actividad	Patógenos controlados o prevenidos	Referencias
Kasumin	Kasugamicina		Antibiótico	Sistémica	Pyricularia oryzae	7,11,17,22,23
Hinosan	Edifenfos	O,etil -s,s,difenil-fosforo ditioato	Orgánico	Preventiva,erradicante	P.oryzae, Thanatephorus cucumeris,Magnaporthe salvinii,Sphaerulina oryzina,Metasphaeria albescens	7,12,14,17,22 23
Benlate	Benomil	1(butilcarbamoil)2 benzimidazol carbamato de metilo	Carbamato	Sistémica	Pyricularia oryzae, Magnaporthe salvinii,Metasphaeria albescens, Sphaerulina oryzina,Thanatephorus cucumeris	7,14,22,23
Bla-s	Blasticidina	Sulfonato de bencilaminobenceno	Antibiótico	Preventiva	Pyricularia oryzae	11,17,22
Kitazin		S-bencil-O,O-diisopropil-fosforo tioato	Orgánico	Sistémica	P.oryzae, Thanatephorus cucumeris, Magnaporthe salvinii	7,11,22
Beam	Triciclazole	5-metil-1,2,4-triazol(3,4,6) benzotiazol	Benzotiazol	Sistémica	P.oryzae	22,23
Topzin-M	Tiofanato metil	Dimetil-4,4 -O-(fenilene)bis 3 tioalofanato	Orgánico	Sistémica	P.oryzae, Sphaerulina oryzina,Thanatephorus cucumeris	14,22
Bayleton	Triadimefon	1-(4-clorofenoxi)3-3-dimetil-1 (1 H 1,2,4,triazol-1-il)-2-butanona	Orgánico	Sistémica	Sphaerulina oryzina,Metasphaeria albescens	23
Bavistin	Carbendazim	Metil-IH-bencemedazol-2-ilcarbamato	Benzimidazol	Sistémica	P.oryzae, Thanatephorus cucumeris Sphaerulina oryzina,Metasphaeria albescens	22,23
Antracol	Propineb	Propilenobisditiocarbamato de zinc	Carbamato	Protectora	Sphaerulina oryzina, M.albescens, Helminthosporium oryzae	23

Cuadro 4. Continuación

Nombre comercial	Nombre común oficial	Fórmula química	Compuesto	Actividad	Patógenos controlados o prevenidos	Referencias
Dithane M-45	Mancozeb	Etilenobisditiocarbamato de manganeso mas zinc ionico	Carbamato	Protectora	S.oryzae, Helminthosporium oryzae	23
Difolatan	Captafol	Cis-N-(1,1,2,2, tetracloroetil) tio 4-ciclohexeno-1,2 dicarboximida	Organico	Protectora	Metasphaeria albescens	23
Validacin	Validamicina		Antibiótico	Sistemica	Thanatephorus cucumeris	22,23
Polyoxin			Antibiótico	Sistemica	T.cucumeris, Xanthomonas sp.	11,22
Du-ter	Fentin hidróxido	Hidróxido trifenil de estaño	Organico	Protectora, curativa	Pyricularia oryzae, Helminthosporium oryzae	7,22,23
Neo-Asozin		Metanoarsonato ferrico	Organico	Preventiva	Thanatephorus cucumeris	22
Pabcide	Tetracloroftalida	4,5,6,7 tetracloroftalida	Ftalido	Protectora	Pyricularia oryzae	22
Celdion	Fentiazon	3,bencilidenoamino-4-feniltiazolina-2-tiona	Organico	Preventiva	Xanthomonas campestris p.v.oryzae	22
Ganocide	Drazoxolon	4 (2-clorofenilhidrazono)3-metil-5-isoxazolona	Organico	Protectora, erradicante	Pyricularia oryzae	22
MC 25	Guazatina	sal de 9, aza-1,17-diguanidino heptadecano	Guanadina	Erradicante	Pyricularia oryzae	22
Phenzain		Fenzain-5-oxido	Organico	Preventiva	Thanatephorus cucumeris	22
Fuji -one	Isoprotiolano	Diisopropil 1,3-ditiolan-2-ilidan malatona	Organico	Sistemica	Pyricularia oryzae, Magnaporthe salvinii	22
MK 23	Fluorolimida	N-(p-fluorofenil)2-3-dicloromaleimida	Organico	Preventiva	Pyricularia oryzae	22

NOTA : El principal objetivo de esta lista es proporcionar una guía para la identificación apropiada de los compuestos químicos y en ningún momento se debe considerar como una recomendación de ellos por parte del CIAT.

Cuadro 5. Propiedad protectora-erradicante y sistemática de algunos quimoterapéuticos contra el añublo del arroz.

PRODUCTO	INGREDIENTE ACTIVO	Actividad protectora contra		Actividad erradicante contra			Actividad sistémica a través	
		Penetración	Acción residual	Desarrollo de lesión	Esporulación	Acción residual	Follaje	Raíces
BLA-S a/*	bencilaminobenzol-sulfanato	+++	++	++++	+++	++	-	-
BLASTIN*	pentachlorobenzyl alcohol	+++++	+++++	±	++++	+++	+++	-
HINOSAN*	(o-ethyl s,s-diphenyl phosphoroditioate).	+++	+++	+++	+++	+++	±	+
KASUMIN b/ *	kasugamycina	+	±	+++++	++++	+++	±	+++
KITAZIN P*	(s-benzyl o,o-diisopropyl thiophosphate	+++	++	+++	+++	++	±	++++
BENLATE **	methyl 1-(butyl carbamoyl)-2-benzimidazole carbamate.	+++++	+++++	+++++	++++	+++	+++	+++++
BRESTAN **	trifenil acetato de estaño	+++	++					++++

a/ y b/ Antibióticos extraídos de *Streptomyces griseochromogenes* y *S. Kasugaensis*, respectivamente.

* Kozaka, T. 1969. Chemical Control of Rice Blast in Japan. Rev. Pl. Protect. Res. 2: 53-63

** Galvez, G y J. Castaño 1974. Aplicación de Productos Quimoterapeúticos al suelo para el control de *Pyricularia oryzae* en arroz. Fitopatología 9 (1): 18-23.

± Grado de actividad

si estos tres fungicidas se aplican varios días después de la infección primaria, la blastina daría un control insatisfactorio, pero la kasugamicina y el benomyl ofrecerían buen control.

En términos generales, los agroquímicos que tienen un alto poder protector, con una acción residual más larga, proporcionan un mejor control de la Piricularia de la hoja, cuando se aplican inmediatamente antes o después de la infección primaria, y de la pudrición del cuello de la panícula cuando se aplican en el momento de la emergencia uniforme de la mayoría de las panículas. Es el caso de la Piricularia de la hoja, el control protector con cualquier clase de agroquímico actualmente en uso, causa un retraso en la aparición del síntoma primario de la enfermedad, Dicho retraso depende del químico, pero no produce ningún efecto en la tasa de desarrollo de la enfermedad después de su aparición.

La duración del período del efecto químico, expresada por la demora en la aparición de la enfermedad, usualmente no es mayor de una semana, incluso cuando los agroquímicos permanencen activos por más de una semana en un nivel inicial alto sobre las superficies de las plantas, debido a que las hojas recién emergidas, a razón de una hoja por semana por planta, después del control químico pueden presentar una nueva infección. Esto indica que el mejor intervalo para el control exitoso de la enfermedad es de una semana.

Las condiciones difieren un poco de los fungicidas que tienen un alto efecto sistémico y que se aplican al follaje, además de sus efectos protectores.Estos químicos pueden prevenir en alguna medida una ulterior infección en las nuevas hojas emergidas después de la aplicación. El efecto de erradicación reduce la tasa de desarrollo de la enfermedad. La duración del período de control en la erradicación, está influenciada por varios factores además del período válido de acción química sobre y dentro de los tejidos de la planta, pero se asume que se determina más que todo por la intensidad de la tasa de desarrollo de la enfermedad.

El mejor control se obtiene con aplicaciones frecuentes en las fases tempranas del desarrollo de la enfermedad, p.e. dos o tres aplicaciones con un intervalo de tres a cuatro días. Sin embargo, el número de aplicaciones depende de las condiciones ambientales del área, de la severidad de la enfermedad, del tipo de agroquímico y de la variedad cultivada.

BIBLIOGRAFIA

1. Abeyguna Wardena, D.V.W. 1967. Conditions that favor Helminthosporium leaf Spot Disease and its control in Ceylon. In Rice Diseases and their control by Growing Resistant Varieties and other Measures. Tropical Agriculture Research Series No. 1, Japan, pp. 171-179.

2. Ahn, S.W. 1980. Eyespot of Rice in Colombia, Panamá and Perú. Plant Disease 64(9): 878-800.

3. _____,1981. The Slow Blasting Resistance. In Proceedings of the Symposium on Rice Resistance to Blast. Montpellier. France. pp. 343-370.

4. Anon. 1979. Problems and Prospects of Chemical Control of Plant Disease. Committee on chemical control ISPP. Special Report #1. Octubre 1979.

5. Bottrell, D.R. 1979. Integrated Pest Management, Council of Environmental Quality.

6. Bunting, A.H. 1972. Ecology of Agriculture in the World of Today and Tomorrow. In Pest Control Strategies for the future. Nat. Acad. Sci.

7. Castaño, J. y G.E. Galvez, 1972. Control Químico del Añublo (Pyricularia oryzae Cav.) Mediante Aspersiones Foliares. CIAT Cali, Colombia.

8. CIAT.1982. Annual Report Rice Program: Internal Program Review 1982. CIAT, Cali, Colombia.

9. Dekker, J. 1976. Acquired Resistance to Fungicides. Ann. Rev. of Phytopath 14:405-424.

10. Galvez,G.E. y J. Castaño.1974. Aplicación de Quimoterapéuticos al suelo para el control de Pyricularia oryzae Cav. en Arroz. Fitopatología 9 (1): 18-23.

11. Huang, K.T. and T.Misato. 1970. Agricultural Antibioties Rev. Plant Protect, Res. 3:12-23.

12. IRRI.1972. Chemical Control of Sheath Blight. In Annual report 1972. IRRI. Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 127-128.

13. _____.1975a. Disease Resistance. In Annual Report 1975. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 91-110.

14. _____.1975bv. Chemical Control of Neck Blast and Cercorpora Leaf Spot by foliar Spray in Upland Rice. In Annual Report 1975. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 206-207.

15. IRTP. 1981. Informe de la Cuarta Conferencia del IRTP para América Latina Agosto 10-14, 1981. CIAT, Cali, Colombia. 78p.

16. Kozaka, T. 1965. Control of Rice Blast by Cultivation Practices in Japan. In The Rice Blast Disease. Proc. Symp. Int. Rice Res. Inst. IRRI. Johns Hopkins Press. Baltimore, pp. 421-439.

17. _____.1969. Chemical Control of Rice Blast in Japan. Rev. Plant Protect. Res. 2:53-63.

18. Ling, K.C. 1972. Rice virus Diseases. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 134.

19. Ou, S.H. Rice Diseases, Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surre, England. 368 p.

20. Sbragia, R.J. 1975. Chemical Control of Plant Diseases: An Exciting Future. Ann. Rev. Phytopath. 13: 257-269.

21. Takahashi, Y. 1967. Nutritional Studies in the Development of Helminthosporium Leaf Spot. In Rice Diseases and their control by Growing Resistant Varieties and other Measures. Tropical Agriculture Research Series No. 1, Japan, pp. 157-170.

22. Thomson, W.P. 1980. Agricultural Chemicals. Book IV- Fungicides. Thomson publications, Fresno, Ca.

23. Villarraga, L.A. y E. Andrade. 1982.Principales enfermedades en el cultivo del Arroz: Sintomatología, Epidemiología y Control. Arroz 31 (321) : 8-20.

24. Zadoks, J.C. and R.D. Schein, 1979. Epidemiology and Plant Disease Management, Oxford University Press. 427 p.

APENDICE I

LISTA PARCIAL DE ENFERMEDADES DEL ARROZ

NOMBRE COMUN	AGENTE CAUSAL O VECTOR
1. Enfermedades fungosas	
A. Enfermedades del follaje	
Añublo - Bruzone (Blast)	Pyricularia oryzae Cav.
Helminthosporiosis (Brown leaf Spot)	Cochliobolus miyabeanus (Ito et Kuribayashi) Drechsler et Dastur (Helmintosporium oryzae (Breda de Haan)
Enfermedad del Bakana (Bakanae disease)	Gibberella fujikuroi (Saw)Wr. (Fusarium moniliforme Sheld)
Mildeo polvoso (Downy mildew)	Sclerophthora macrospora (Sacc.) Thirum, Shaw et Naras
Cercosporiosis (Narrow brown Leaf Spot)	Sphaerulina oryzina Hara (Cercospora oryzae Mikaye
Carbón de la hoja (Leaf smut)	Entyloma oryzae Sydow
Quemazón (Stack burn disease)	Trichoconis padwickii Ganguly
Escaldado de la hoja (Rhynchosporium leaf scald)	Metasphaeria albescens (Von thuemen) Wei (Rhynchosporium oryzae) Hashioka et Yokogi
Mancha del Homodendrum(Homodendrum spot)	Homodendrum sp.
Pudrición del cuello (collar rot)	Ascochyta oryzae Cattaneo
Branquisporius (Brachysporium blight)	Brachysporium oryzae Ito et Ishiyama
Rayado blanco de la hoja (White leaf streak)	Ramularia oryzae
Roya (Rust)	Puccinia graminis f. sp. oryzae Frag and Uromyces coronatus Miyabe et Nishid ex Deitel
Falso añublo (False blast)	Alternaria oryzae Hara, Epicoccum neglectum Desm., Cladosporium

Continuación Apéndice 1

	herbarum (persoon) Link, Curvularia lunata (Walker) Boedijn, etc.
Mancha ojival (Eyespot)	Drechslera gigantea syn. Helminthosporium giganteum
B. Enfermedades del tallo, de la vaina y de la raíz	
Pudrición del tallo (Stem rot)	Leptosphaeria salvinii Catt. (Helminthosporium sigmoideum Cav. y Helminthosporium sigmoideum Cav. var. irregulare Cralley et Tullis
Añublo de la vaina (Sheath blight)	Thanatephorus cucumeris (Frank) Dork (Rhizoctonia solani Kuhn)
Mancha de la vaina (Sheath spot)	Rhizoctonia spp
Marchitamiento de la vaina (Sheath net-blotch)	Cylindrocladum spp
Pudrición de la vaina (Sheath rot)	Acrocylindrium oryzae Sawada
Pudrición café de la vaina (Brown Sheat rot)	Ophiobolus oryzinus Sacc.y O. oryzae Mikaye
Manchas negras (black dots)	Pyrenochaeta oryzae Shirii ex Mikaye
Hierba de bruja (Witch weed)	Striga lutes (Lour) y S. hermothica
C. Enfermedades de las plántulas	
Damping-off (Seedling dampling off)	Fusarium spp., Pythium spp., Achlya spp., Pythiomorpha sp.etc.
Marchitamiento (Seedling blight)	Corticium rolfsii Curzi (Sclerotium rolfsii Sacc.)
D. Enfermedades del grano y la inflorescencia	
Falso carbón (False smut) (Green smut)	Ustilaginoidea virens (Cke.) Tak
Carbón del grano (Kernel smut)	Neovossia horrida (Tak.) Padwich et. Azmat. Khan
"Ubdatta" ("Ubdatta" disease)	Ephellis oryzae Syd
Pudrición del grano (Scab)	Gibberella Zeae (Schw) Petch.

Continuación Apéndice 1

Grano rosado (Pink colorig of rice grain)	Epicoccum neglectum Desmagier
Marchitamiento del grano (kernell blight)	Phyllosticta (Phoma) glumarum (Ellis et Tracy) Miyake
Grano negro (black kernell)	Curvularia spp.
Manchado de grano (Grain discoloration)	Varios hongos, especialmente Helminthosporium oryzae (Breda de Haan).
II. Enfermedades bacterianas	
Marchitamiento bacteriano de la hoja (Bacterial leaf blight)	Xanthomonas campestris p.v. oryzae (Uyeda et Ishiyama) Dowson
Rayado bacteriano de la hoja (Bacterial leaf streack)	Xanthomonas campestris p.v. oryzae translucens f. sp. oryzicola Pordesimo (X.oryzicola Fang et al.)
Pudrición bacteriana de la vaina Bacterial sheath (brown) rot	Pseudomonas oryzicola Klement, Erwinia carotovora (L.R.Jones) Holland
Ojo negro del grano (Black eyespot of grain)	Bacterium atroviridigenum Mikaye et Tsunoda
Pudrición negra del grano (Black rot of rice grain)	Xanthomonas itoama(Tochinai) Dowson
Mancha canela del grano (Cinnamon speck of rice grain)	Xanthomonas cinnamona(Mikaye et Tsunoda) Muko
Rayado bacterial de la vaina (Bacterial sheath(brown)stripe)	Pseudomonas panici (Elliot)Goto
III. Enfermedades Virosas	
Enanismo (dwarf)	Nepthotettix cincticeps (Uhler), N. apicalis (Motsch) and Recilia (Inazuma) dorsalis (Motsch)
Rayado (stripe)	Laodelphax (Delphacodes) Striatellus (Fallen), Unkanodes sapporonus, Ribautodelphax albifascia
Hoja blanca (White-leaf)	Sogatodes (Sogata) oryzicola (Muir), y S. cubanus (Craxf.)

Continuación Apéndice 1

Grano rosado (Pink colorig of rice grain)	Epicoccum neglectum Desmagier
Marchitamiento del grano (kernell blight)	Phyllosticta (Phoma) glumarum (Ellis et Tracy) Miyake
Grano negro (black kernell)	Curvularia spp.
Manchado de grano (Grain discoloration)	Varios hongos, especialmente Helminthosporium oryzae (Breda de Haan).
II. Enfermedades bacterianas	
Marchitamiento bacteriano de la hoja (Bacterial leaf blight)	Xanthomonas campestris ps. oryzae (Uyeda et Ishiyama) Dowson
Rayado bacteriano de la hoja (Bacterial leaf streack)	Xanthomonas campestris ps. translucens oryzae f.sp. oryzicola Pordesimo (X.oryzicola Fang et al.)
Pudrición bacteriana de la vaina Bacterial sheath (brown) rot	Pseudomonas oryzicola Klement, Erwinia carotovora (L.R.Jones) Holland
Ojo negro del grano (Black eyespot of grain)	Bacterium atroviridigenum Mikaye et Tsunoda
Pudrición negra del grano (Black rot of rice grain)	Xanthomonas itoama(Tochinai) Dowson
Mancha canela del grano (Cinnamon speck of rice grain)	Xanthomonas cinnamona(Mikaye et Tsunoda) Muko
Rayado bacterial de la vaina (Bacterial sheath(brown)stripe)	Pseudomonas panici (Elliot)Goto
III. Enfermedades Virosas	
Enanismo (dwarf)	Nepthotettix cincticeps (Uhler), N. apicalis (Motsch) and Recilia (Inazuma) dorsalis (Motsch)
Rayado (stripe)	Laodelphax (Delphacodes) Striatellus (Fallen), Unkanodes sapporonus, Ribautodelphax albifascia
Hoja blanca (White-leaf)	Sogatodes (Sogata) oryzicola (Muir), y S. cubanus (Craxf.)

Continuación Apéndice 1

Enanismo del rayado negro	Laodelphax (Deiphacodes) Striatellus (Fallen) y Unkanodes sapporonus (Mats) Ribautodelphax albifascia
Tungro	Nephotettix impicticeps Ishihara, N. apicalis, Recilia (Inazuma) dorsalis
Penjakit merah (Tungro)	Nephotettix impicticeps Ishihara
Amarillamiento de la hoja (tungro, leaf yellowing)	Nephotettix impicticeps Ishihara
Amarillamiento transitorio (transitory yellowing)	Nephotettix apicalis (Motsch.) y N impicticeps
Hoja amarillo-naranja (tungro, yellow orange leaf)	Nephotettix impicticeps Ishihara N. apicalis Motsch. Recilia (Inazuma) dorsalis (Motsch)
Enanismo de graminea (grassy stunt)	Nilaparvata lugens (Stal)
Mosaico amarillo (yellow mottle)	Sesselia pusilla Gerstacker y transmisión mecánica
Mosaico (mosaic)	Transmisión mecánica
Mosaico necroso (necrosis mosaic)	Transmisión a través del suelo

IV. Enfermedades causadas por organismos similares a Mycoplasmas

Enanismo amarillo (yellow dwarf)	Nephotettix impicticeps Ishihara, N. cincticeps (Uhler) y N. apicalis (Motsch).

V. Enfermedades causadas por nemátodos

Nemátodo de la hoja o punta blanca (leaf or white tip)	Aphelenchoides besseyi Christie
Nemátodo del tallo (Stem nematode) Ulfra or Dak Pora)	Ditylenchus angustus(Butler) Filipjev.
Nemátodos de la raíz (Root Knot nematodos)	Meloidogyne incognita var. acrita

Continuación Apéndice 1

	Chitwook y M. graminicola golden y Birchfield.
Nemátodo enquistado (cyst nematode)	Heterodera oryzae Luc. et Briz
Nemátodo del enanismo(Stunt nematode)	Tylenchorhynchus martini Fielding, T. elegans, Siddiqi, T. brevilineatus
Nemátodo de raíz (Root nematode)	Hishmanniella oryzae Luc et Goodey H. spiniecaudata (sch. stek) Luc y goodey, H. thornei Thornei, H. imamuri Sher, H. caudacrena Sher, H. mucronatus (Das) Lucy Goodey
Nemátodo de la lesión de la raíz	Pratylenchus brachyurus, (Godfrey) Goodey, P. pratensis, (de Mar) Filipjev, P. Zeae Graham
Nemátodo espiral (Spiral Nematode)	Helicotylenchus multicinetus, H. erythrinae (Zimmerman) Golden
Nemátodo anillado (Ring nematode)	Criconemoides komabensis, C. onoensis Hollis et al, C. rusticus,(Micolcetzky Taylor (Imamura) Taylor
Nemátodo espiral (Spiral nematode)	Rotylenchus spp.
Nemátodo migratorio (Migratory nematode)	Xiphinema orbum, Siddiqi, X. parasetarie Luc.
Nemátodo de lanza (Lance nematode)	Hoplolaimus galeatus, (Cobb) Sher H. indicus

VI. Enfermedades no Parasíticas

Akiochi (Akiochi)

Akagare (Akagare)

Aogare (Aogare)

Espiga erecta (Straight head)

Sofocación (Suffocation)

Anaranjamiento

Bronceado (Bronzing)

APENDICE 2

MEDIDAS DE CONTROL GENERALIZADAS DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL ARROZ

A continuación se mencionan las enfermedades más importantes, el organismo causal de la misma y las medidas de control, representadas en variedades fuente de resistencia utilizadas por los mejoradores, las prácticas culturales más indicadas y los productos recomendados para el control químico.

1) AÑUBLO O PUDRICION DEL CUELLO DE LA PANICULA

Patógeno:
Pyricularia oryzae Ca.

a) Resistencia varietal

1. Tetep
2. Carreón
3. Milagrosa
4. Mamoriaka
5. Periyavellai
6. Chennellu 1388
7. C 46-15
8. Tadukan
9. Colombia 1
10. Dissi Hatif

b) Prácticas culturales

1. Cuando las plantas jóvenes son atacadas, el desarrollo de la enfermedad puede ser retardado mediante inundación del lote o aumento del nivel de agua.

2. Siembra temprana.

3. Evitar excesivas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados.

4. Evitar alta densidad de siembra

c) Control Químico*

1. Kasugamicina
2. Edifenos
3. Benomil
4. Tiofanato metil
5. Triciclazole
6. Blasticidin-S
7. Kitazin
8. Carbendazim

2) MANCHA PARDA, HELMINTHOSPORIOSIS

Patógeno:
Cochliobolus miyabeanus Drechsler et Dastum
Helminthosporium oryzae Breda de Haan

---

* Nota: El principal objetivo de la lista de productos químicos citados, es el de proporcionar una guía para su identificación apropiada y en ningún momento se deben considerar como una recomendación de éllos por parte del CIAT.

a) Resistencia varietal

1. Kameji
2. Norin 17
3. Taichung (N) 1

b) Prácticas culturales

1. Fertilización balanceada
2. Rotación de cultivos
3. Nivelación del lote
4. Buena preparación del suelo
5. Buen manejo del agua

c) Control químico

En áreas donde la infección de la semilla es común, el tratamiento químico de la semilla podría ser apto para reducir el daño a las plántulas y muchos fungicidas desarrollados para el tratamiento de la semilla, pueden ser efectivos.

Aspersiones en el campo con fungicidas para prevenir infecciones secundarias, también han sido usadas. Sin embargo, la utilidad práctica de tales aspersiones ha sido dudosa.

3) MANCHA LINEAL, CERCOSPORIOSIS

Patógeno:
Sphaerulina oryzina Hara
Cercospora oryzae Miyake

a) Resistencia varietal

1. Blubonnet 50
2. Fortuna
3. Nira
4. Rexoro
5. Nato
6. Century Patna 231
7. Asahi
8. Kamrose
9. Bonnet 73
10. Brazos
11. Caloro
12. Colusa
13. Mars
14. Melrose
15. Nortai

b) Prácticas culturales

1. Empleo de variedades de maduración temprana.
2. Evitar excesivas aplicaciones de fertilizantes potásicos.

c) Control químico

1. Benomil
2. Tiofanato metil
3. Triadimefon
4. Edifenfos
5. Carbendazin
6. Propineb
7. Mancozeb

4) ESCALDADO DE LA HOJA

Patógeno:
Metasphaeria albecens (Von Themen) Wei
Rhynchosporium oryzae Hashioka et Yokogi

a) Resistencia varietal

1. Asahi
2. Pandhori

b) Prácticas culturales

1. Evitar excesivas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados
2. Evitar siembras bajo condiciones de secano

c) Control químico

1. Fertin hidróxido
2. Captafol
3. Propineb
4. Benomil
5. Edifenfos
6. Triadimefon
7. Carbendazim

5) PUDRICION DEL TALLO

Patógeno:
Magnoporthe (Leptosphaeria)
Salvini(Catt.) Kranse 7 Webster
Sclerotium oryzae catt.
Helminthosporium sigmoideum Cav.

a) Resistencia varietal

1. Raminand Str. 3
2. Bozu
3. Gimbozu
4. Dudshar
5. Colusa
6. Shinriki
7. Asahi Mochi

b) Prácticas culturales

1. Quema de residuos de arroz después de la cosecha
2. Buen drenaje permitiendo que se agriete el suelo antes de irrigar
3. El uso apropiado de fertilizantes. Excesos de nitrógeno tienden a incrementar la incidencia de la enfermedad pero el potasio tiende a reducir el daño.

c) Control químico

Generalmente no es recomendado

6. AÑUBLO DE LA VAINA

Patógeno:
Thanatephorus cucumeris (Frank) Dork
Corticium sasakii (Shirai)
Rhizoctonia solani Khun
Pellicullaria sasakii (Shirai) A. Ito

a) Resistencia varietal

1. Ta-poo-cho-z
2. Kataktara DA-2
3. Colombia 1
4. Carreon
5. Sinaloa A-68
6. Begahia
7. Meharan 69

b) Prácticas culturales

1. El uso apropiado de fertilizantes ayuda a reducir el daño, por ejemplo, la enfermedad es más severa sobre las plantas que crecen en suelos con alto contenido de nitrógeno y fósforo. Sin embargo, el potasio tiende a reducir el daño.
2. Evitar alta densidad de plantas por unidad de área y de malezas. El hongo tiene un amplio rango de hospederos (188 especies en 32 familias), es muy importante el control de malezas.

c) Control químico

1. Edifenfos
2. Polyoxin
3. Pentaclorofenol *
4. Tiofanato metil
5. Benomil
6. Kitasin
7. Carbendazim
8. Validamicina
9. Neo-Azozin
10. Phenzaim

* Este agroquímico usualmente empleado para controlar malezas en campo de arroz, también ha sido observado ser útil en el control del añublo de la vaina.

7) PUDRICION DE LA SEMILLA

Patógeno:
Sclerotium rolfsii Sacc.

a) Resistencia varietal

1. Taichung (N) 1
2. Milfer No. 2

b) Prácticas culturales

1. Evitar alta humedad en el suelo durante la germinación
2. Evitar alto contenido de materia orgánica en el suelo
3. Aradas profundas con el propósito de cubrir los desechos del cultivo y estructura del hongo, tienden a reducir la incidencia de la enfermedad.

c) Control químico

Tratamiento de la semilla con agroquímicos debería ser aprobado.

8) FALSO CARBON

Patógeno:
Ustilaginoidea virens (Che.) Tak.

a) Resistencia varietal

Se tiene poca información sobre resistencia varietal, pero se ha observado que algunas variedades, frecuentemente son más atacadas que otras.

b) Prácticas culturales

Plantas que crecen bajo condiciones de alta fertilidad favorable para el crecimiento vegetativo del arroz, son más susceptibles a la enfermedad. Por consiguiente, un manejo adecuado de la fertilidad del suelo, ayuda a reducir los daños.

c) Control químico

El control químico no garantiza una medida efectiva contra la enfermedad. Con un entendimiento mejor del ciclo de vida del hongo es posible combatir el falso carbón, mediante la aplicación oportuna de un fungicida apropiado pocos días antes de la floración.

9) CARBON DEL GRANO

Patógeno:
Tilletia barclayana (Bref.) Sacc. & Syd.

a) Resitencia varietal

1. Arkrose
2. Saturn
3. Zenith
4. Elon-elon

b) Prácticas culturales

1. Evitar excesivas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados
2. Siembra de variedades de floración temprana.

c) Control químico

La enfermedad no es económicamente importante y las medidas de control no son necesarias. Debido a que la enfermedad no es transmitida por la semilla, el tratamiento de la misma no se justifica.

10) AÑUBLO BACTERIAL

Patógeno:
Xanthomonas campestria p.v. oryzae (Uyeda E. Ishiyama) Dowson

a) Resistencia varietal

1. BJ 1
2. DZ 192
3. Hahikalmi
4. TKM 6
5. Sigadis
6. Malagkit Sungsons
7. Zenith
8. Wase aikoko 3

b) Prácticas culturales

1. Evitar las inundaciones en los viveros y en el campo porque la bacteria es llevada de un lugar a otro por medio del agua de irrigación.
2. Remover la fuente primaria del inóculo.
3. Evitar el uso de fertilizantes nitrogenados

c) Control químico

1. Compuestos a base de cobre
2. Cloranfenicol
3. Cellocidin
4. TF-130
5. Polyoxin
6. Fentiazon

Nota: No existe una simple medida de control efectivo para esta enfermedad, y por lo tanto se sugiere medidas de control integrado. La utilidad práctica de las anteriores medidas es dudosa en el trópico.

11) PUNTA BLANCA

Patógeno:
Aphelenchoides besseyi Christie

a) Resistencia varietal

1. Bluebonnet 50
2. Asahi
3. Fortuna
4. Nira
5. Rexoro
6. Century Patna 231
7. Bluebelle
8. Bonnet 73
9. Dawn
10. Della

b) Prácticas culturales

1. Semilla libre del nemátodo
2. Siembra temprana
3. Siembra directa en agua.

c) Control químico y físico

Si el nemátodo está dentro de la semilla, el tratamiento de esta con agua caliente y agro-químicos tales como Benomyl, Tiocianoacetato de etilo (también llamado Sassen) o Tiocionoacetato de butilo, reduce de una manera significativa la incidencia de la enfermedad.

12) ESPIGA ERECTA
Patógeno:
Enfermedad fisiológica

a) Resistencia varietal

1. Bluebelle
2. Labelle
3. Lebonnet
4. Nortai

b) Prácticas culturales

1. Evitar sembrar en suelos areno-arcillosos, los cuales no han sido completamente drenados.
2. Drenar justamente antes de la elongación del tallo
3. Evitar aplicaciones contínuas de insecticidas de arseniato

c) Control químico

Ninguno

13) HOJA BLANCA

Patógeno:
Vector
Sogatodes oryzicola (Muir)
S. cubanus (Craxf.)

a) Resistencia varietal

1. Colombia 1
2. Napal
3. ICA 10
4. Mudgo
5. CICA 4
6. Metica 1

b) Prácticas culturales

1. Variedad resistente
2. Rotación de cultivos
3. Cuarentenas
4. Manejo de vectores mediante insecticidas, tales como:

- Azodrin/Nuvacron
- Metil paration
- Dipterex 80
- Furadan
- Basudim
- Dimecron-100
- Sevin 80

c) Control químico del virus Ninguno

LA SOGATA *Sogatodes oryzicola* Y EL VIRUS DE LA HOJA BLANCA EN ARROZ

A. Pineda y P.R. Jennings

La hoja blanca es una de las enfermedades que mayor perjuicio puede ocasionar al arroz en el trópico del hemisferio Occidental. El agente causante de la hoja blanca (VHB) es un virus transmitido por el insecto *Sogatodes oryzicola* Muir (Sogata). Este insecto puede además causar graves daños al alimentarse del cultivo y al ovipositar en él.

Por ser los daños ocasionados por este insecto una de las causas de los bajos rendimientos y debido a lo difícil y costoso del control químico, el Programa de Arroz del CIAT ha dado gran importancia a la selección de variedades resistentes a la Sogata.

En el presente artículo se discuten la biología del insecto y los daños que ocasiona al cultivo del arroz; se describen los procedimientos para la evaluación de la resistencia de líneas o variedades al insecto y al virus de la hoja blanca.

BIOLOGIA DEL *Sogatodes Oryzicola*

El transmisor del virus de la hoja blanca es el *Sogatodes oryzicola*, pequeño homóptero, cuyas ninfas ápteras, de color blanco verdoso con franjas negras a lo largo del cuerpo, después de 5 instares que duran unos 15 días, se transforman en adultos (Figura 1).

El macho mide de 2 a 3 mm y tiene en las alas anteriores y en el cuerpo una coloración más oscura que en las alas posteriores.

La hembra adulta es de color amarillo, mide de 3 a 4 mm, y sus alas son más pequeñas que las del macho; estos insectos son sedentarios y difícilmente abandonan el hospedante. La duración del estado adulto, aunque está determinada por las condiciones ambientales, es aproximadamente de 24 a 36 días (Figura 2).

La hembra, una vez alcanza su estado adulto, es fecundada al segundo o tercer día, e inicia la oviposición del tercero al quinto día (Everett, 1967).

Para depositar sus huevos la hembra hace con su estilete ovipositor de 8 a 10 incisiones, de 1 a 5 mm de largo en la hoja. Sólo en una de estas incisiones deposita entre 2 y 10 huevecillos blancuzcos, ligeramente curvados, que miden de 0.7 mm de largo; de esta manera en 2 o 3 días puede poner hasta 200 huevecillos.

El período de incubación depende de la temperatura y la eclosión ocurre en 8 días, aproximadamente; en un mínimo de 7.4 días a 26.4°C y en un máximo de 19.2 días a 23.7°C

Figura 1. Adulto de *Sogatodes oryzicola*.

Figura 2. Ciclo de vida del *Sogatodes oryzicola* Muir.

DAÑOS QUE CAUSA LA SOGATA A LA PLANTA DE ARROZ

La sogata puede causar directa o indirectamente daños a la planta de arroz:

a. Directamente al hacer las perforaciones o incisiones para alimentarse u ovipositar. En siembras comerciales de variedades susceptibles, la Sogata se multiplica rápidamente una vez que las hojas cubren el suelo y el daño lo inicia antes de la floración. Cuando el ataque es severo hay producción de fumagina y secamiento total de la planta adulta.

b. Indirectamente porque inocula el virus de la hoja blanca (VHB).

Los síntomas característicos de la hoja blanca en el arroz difieren según la variedad y la edad de la planta infectada. Los primeros síntomas sólo se observan en las hojas que emergen después de la inoculación del virus y consisten en áreas cloróticas o en lesiones típicas de un mosaico.

Luego las áreas cloróticas, al hacerse más numerosas, se fusionan y forman rayas de color amarillo pálido, paralelas a la nervadura central, desde el ápice hasta la vaina. Estos síntomas están acompañados de un secamiento descendente de las hojas, siendo más notorios cuanto más joven sea la planta. Las plantas afectadas tienen menos macollas y presentan enanismo.

En infecciones tempranas la planta muere, mientras que en infecciones tardías las espiguillas salen deformes, vanas y decoloradas (Ling, 1972).

RELACION INSECTO-PLANTA-VIRUS

El VHB puede ser adquirido y transmitido por la sogata, macho o hembra, en estado ninfal o adulto. El período promedio de incubación del virus en el insecto es 20-22 días (rango de 10 a 40 días) y en plántulas de 10 días de edad de 8-9 días; la inoculación es independiente del estado de desarrollo del insecto al momento de hacer la inoculación.

El VHB es transmitido por las hembras a través del huevo a un alto porcentaje de la progenie. El macho también pasa el virus a la progenie a través de los espermatozoides.

Varios autores (Lobatón y Martínez, 1976; Webber, et al, 1971; Jennings y Pineda, 1971) indican que el patógeno produce efectos deletéreos en el insecto, como la reducción tanto de la fecundidad de las hembras como de la viabilidad de las ninfas y la longevidad de los adultos (Cuadro 1).

Sogatodes oryzicola es considerado como el único vector importante del virus a plantas de arroz, que además lo pasa de unas a otras y lo puede transmitir a malezas como las especies de Echinochloa spp., Leptochloa filiformis y Digitaria sanguinalis, y a cultivos como la cebada, el trigo y

la avena. Sogatodes cubanus es el vector principal del VHB entre las malezas. Este insecto puede transmitir la hoja blanca al arroz en condiciones de alimentación forzada de invernadero; sin embargo, en el campo, no se considera que tenga un papel importante en la transmisión del virus a las plantas de arroz.

La hoja blanca es una enfermedad cíclica; las epidemias duran varios años, seguidas por períodos más largos libres de la enfermedad.

La eficiencia de la población de sogata en el campo para transmitir el virus de la hoja blanca a plantas de arroz, durante las epidemias es, en promedio, del 10 al 15% (Gálvez y Jennings, 1959). Durante la ausencia de ataques de hoja blanca, el porcentaje de insectos vectores disminuye a menos del 1%.

La capacidad de transmitir el virus se controla genéticamente, lo cual hace posible desarrollar, por medio de cruzamientos selectivos, una colonia con un 70 a un 95% de eficiencia de transmisión (Everett, 1967).

Cuadro 1. Longevidad y oviposición de hembras virulíferas y no virulíferas en las variedades de arroz Mudgo y Bluebonnet 50[1].

	Hembras no virulíferas		Hembras virulíferas	
	Mudgo (r)	Bluebonnet 50 (s)	Mudgo (r)	Bluebonnet 50 (s)
No. de hembras	48	45	50	46
Longevidad hembras (días)	5.9	14.3	2.9	5.1
No. de huevos/hembra	29.5	190.9	13.3	44.4
Huevos/hembra/día	5.0	13.4	4.6	8.7

r = Resistente a sogata

s = susceptible a sogata

1 Jennings y Pineda. 1970

Resistencia varietal a la Sogata

Investigaciones recientes indican que hay variedades de arroz con alto grado de resistencia a S. oryzicola. Las variedades resistentes infestadas de sogatas muestran poco o ningún daño. Jennings y Pineda, (1971) sugieren que esta resistencia por antibiosis y por no preferencia es altamente hereditaria y que puede ser combinada fácilmente con otros caracteres como altura de la planta, resistencia al vuelco, rendimiento, etc.

La resistencia al insecto no protege a la planta contra la hoja blanca, por lo tanto es necesario que la variedad sea resistente tanto al insecto como al virus.

La relación entre la edad de la planta y la reacción al daño causado por el insecto fue determinada por Jennings y Pineda (1971). Los resultados indican que las plántulas de 15 días de edad de variedades resistentes conservan su resistencia hasta edades avanzadas. Las variedades susceptibles en estado de plántula también lo son en edades avanzadas.

La única diferencia que observaron entre los estados de crecimiento fue que el insecto requería más tiempo para matar las plantas más viejas de las variedades susceptibles.

En términos generales variedades de secano, japónicas y de los Estados Unidos son susceptibles a Sogata. Utilizando fuentes de resistencia del Asia, el CIAT ha producido materiales resistentes al daño. Todas las líneas avanzadas del CIAT son resistentes al insecto.

Resistencia varietal al virus de la hoja blanca

Se ha encontrado que existen variedades de arroz resistentes al virus de la hoja blanca y que esta resistencia, también hereditaria, no está relacionada con la resistencia a la sogata (Gavidia, 1970).

En el Cuadro 2 se especifica que existen los siguientes tipos de arroz:

a. Variedades resistentes al virus y susceptibles al insecto, como la Colombia 1.

b. Variedades susceptibles al virus y resistentes al insecto, como la CICA 8.

c. Variedades susceptibles al virus y al insecto, como la Bluebonnet 50.

d. Variedades resistentes al virus y al insecto, como IRAT 121 e IRAT 124.

Existe sólo un tipo de resistencia confirmada al virus. Entre las variedades que cuentan con esta resistencia están: Colombia 1, ICA 10, Taichung 176 y otras japónicas y unas líneas de IRAT (IRAT 120, 121 y 124). Todas estas fuentes de resistencia son japónicas o provienen de éstas. Este tipo de resistencia funciona en el campo tanto como en el invernadero y en todos los estados de desarrollo de la planta.

Cuadro 2. Reacción de cinco variedades de arroz al virus de la hoja blanca y al daño directo de Sogatodes oryzícola Muir.

Variedad	Reacción a hoja blanca (a)	Reacción a S.oryzicola (b)
IRAT - 124	R	R
IRAT - 121	R	R
Colombia 1	R	S
CICA 8	S	R
Bluebonnet 50	S	S

Otras variedades (Mudgo, Metica 1 y CICA 7) a veces presentan poco daño del VHB en el campo cuando la población de Sogata es baja. Pero ellas demuestran mayor susceptibilidad cuando hay muchos vectores, lo mismo en el invernadero y en estado de plántula.

EVALUACION DE LA RESISTENCIA VARIETAL A LA SOGATA Y AL VHB

En un programa de mejoramiento en el cual se manejan millares de selecciones, es de importancia básica contar con una técnica para evaluar la resistencia varietal a los insectos y a las enfermedades. La técnica debe ser fiable, fácil y de rápida aplicación a fin de evaluar en corto tiempo, y preferiblemente en estado de plántula, todo el material.

A continuación se detalla el procedimiento para la evaluación de la resistencia varietal a la sogata y al virus de la hoja blanca, desarrollados por el Programa de Arroz ICA-CIAT; estos procedimientos son similares, con la diferencia de que en el primer caso se trabaja con insectos no transmisores y en el segundo con insectos de alta capacidad transmisora, criados especialmente para este fin.

Evaluación de la resistencia varietal a la sogata

Equipo e instalaciones

El equipo que se utiliza es el siguiente:

a. Jama o red para colectar las sogatas en el campo

b. Estacas para identificación

c. Materas

d. Tubos de plástico (especial)

e. Bandas de caucho

f. Trozos de seda o nylon, y

g. Un aspirador para el manejo de los insectos

La instalación principal es una jaula de madera de 2.20 m de largo x 1.80 de ancho y 1.00 m de alto, cuyas paredes son de plástico y las puertas de vidrio (Figura 3).

El plástico que se utiliza para la fabricación de esta jaula debe ser de butirato de celulosa, ya que el de acetato de celulosa segrega una sustancia tóxica que mata a los insectos.

Procedimiento

El procedimiento se ha dividido en tres partes:

Manejo del insecto, manejo del material en prueba y evaluación del material en prueba. Plantas en F_2 o de generaciones avanzadas (Figura 4).

a. El manejo del insecto se ha dividido en dos partes:

Colección de los insectos en el campo.

Multiplicación de los insectos no portadores del virus.

El primer paso es hacer la colección de los insectos en el campo, utilizando para ello la red. Se colectan de 100 a 200 insectos y se llevan al invernadero. Se evalúan individualmente para separar los no vectores; éstos se trasladan para su multiplicación a una jaula donde se tienen plantas de la variedad Bluebonnet 50, de 40 a 50 días de edad. Se usan plantas de esta edad para evitar que el insecto cause su muerte en corto tiempo. Se elige la variedad Bluebonnet 50 porque es altamente susceptible al ataque del insecto, razón por la cual éste vive en ella y se multiplica con mucha facilidad.

A los 10 ó 15 días de haber introducido los insectos en la jaula se observan las primeras ninfas. En este momento se siembra el material que se desea evaluar.

b. Manejo del material en prueba

El fitomejorador envía la semilla del material que ha seleccionado en el campo, debidamente identificada en sobres que contienen de 0.5 a 1 gramo de semilla. La identificación de las muestras de cada material se hace

Figura 3. **Jaula de madera.**

Figura 4. **Procedimiento para evaluar la resistencia a la sogata.**

marcando las estacas según la numeración que traiga el sobre de las semillas.

En materas se colocan las estacas y se siembran las semillas de cada selección en número suficiente para obtener un mínimo de 10 plantas.

Se colocan dos selecciones en una sola matera cuando se tienen muchas líneas o variedades para evaluar.

El número de semillas que se siembre debe calcularse para que después del raleo, el cual se efectúa 10 a 12 días después de la siembra, queden 10 plantas.

Cuando las plántulas tienen 15 días de edad se introducen a la jaula donde se multiplica el insecto; las plantas en las que se ha multiplicado previamente la sogata se sacuden y se retiran de la jaula.

Para hacer una buena evaluación se considera que debe tenerse una población promedio de 10 insectos por planta. Se ha encontrado que esta población es suficiente para causar la muerte a plantas de 15 días de edad de variedades susceptibles.

c. Evaluación del material en prueba

Como testigo se utilizan las variedades Bluebonnet 50 (susceptible) y Mudgo (resistente); de cada una de estas variedades se siembran 100 plantas en cinco materas, de a 20 por matera.

La evaluación se realiza cuando el testigo susceptible (Bluebonnet) muere. El procedimiento es el siguiente :

- Determinar el número total de plantas de cada selección
- Determinar el número de plantas muertas de cada selección, si las hay
- Al resto de plantas se les da una calificación siguiendo la siguiente escala:

1. Libre de daño
2. Hojas primarias y secundarias parcialmente amarillas en el ápice y bordes.
3. Amarillamiento pronunciado, principios de enanismo y marchitamiento.
4. Decoloración total de hojas, marchitamiento y pronunciado enanismo.
5. Secamiento de plantas (igual a testigo susceptible)

En la escala de evaluación del daño se consideran como selecciones resistentes las calificadas con 2 ó menos, intermedias con 3, susceptible con 4 a 5. Ejemplo:

Si tienen 10 plantas y se les da la siguiente calificación: 4/10-3

El numerador indica el número de plantas muertas. El denominador el número total de plantas.

El segundo número es la calificación de las 6 plantas restantes de acuerdo con la escala correspondiente. En este caso la línea en prueba segrega para resistencia y susceptibilidad.

Evaluación de la resistencia al virus de la hoja blanca

Como se mencionó anteriormente la resistencia de una variedad o línea al ataque del insecto y la resistencia al virus son diferentes.

En el CIAT se trata de desarrollar un método confiable para hacer evaluaciones en el invernadero, pero se han encontrado algunos problemas tales como:

1. Se necesita una colonia estable, vigorosa y de alta capacidad vectora.

2. Las condiciones del invernadero son diferentes a las condiciones del campo.

3. Los resultados son difíciles de interpretar

En el Cuadro 3 se muestra la reacción de cinco variedades al virus de la hoja blanca evaluadas en el invernadero. Se observa que variedades susceptibles como Bluebonnet 50 y CICA 8, muestran susceptibilidad en todas las edades. Pero las variedades resistentes tienen dos tipos de reacción: La variedad Colombia 1 es altamente resistente tanto a los 10 como a los 40 días de edad, mientras que las variedades Mudgo y Metica 1 sólo demuestran resistencia en el invernadero a las infecciones tardías de 30 y 40 días.

Debido a que la evaluación en el invernadero no es muy confiable, se recomienda hacer también la evaluación de los materiales genéticos al virus de la hoja blanca en el campo en épocas de epidemias.

La severidad de la infección o reacción de la variedad en el campo se puede evaluar a los 90-100 días según la siguiente escala :

Severidad de la infección	Calificación
1. Plantas sanas	Resistente
3. Hojas con tenues rayas amarillentas	Moderadamente resistente
5. Hoja bandera afectada Amarillamiento moderado en las hojas	Medianamente susceptible
7. Amarillamiento intenso de las hojas, panículas afectadas	Susceptible
9. Amarillamiento y secamiento de las hojas. Muerte de las plantas o granos vanos.	Altamente susceptible

CUADRO 3. Reacción de cinco variedades al virus de la hoja blanca.

Variedad	Edad de la planta a la infección, días (a)							
	10		20		30		40	
	Plantas con H.B. %	Período de incubación, días	Plantas con H.B. %	Período de incubación días	Plantas con H.B. %	Período de incubación, días	Plantas con H.B. %	Período de incubación, días
Bluebonnet 50	100	7	100	7	100	10	94	10
CICA 8	100	7	100	8	87	10	81	11
Metica 1	100	7	100	9	94	10	25	16
Mudgo	100	7	88	7	44	10	13	16
Colombia	13	16	6	21	0	-	0	-

(a) Infestación con cinco vectores por planta durante cinco días.

BIBLIOGRAFIA

Everett, R.T. 1967. Vectors of hoja blanca virus. The virus diseases of the rice plant. Proce. of a Symp. at IRRI.p. 111-121.

Galvez, G.E. y Jennings, P.R. 1959. Transmisión de la hoja blanca del arroz en Colombia. Agricultura Tropical. XV-8: 507-515.

Gavidia, O.A.; 1970. Resistencia de 15 variedades de arroz (Oryza sativa L.) al virus hoja blanca y al vector Sogatodes oryzicola Muir. Tesis de grado. MS. Programa de estudios para graduados en Ciencias Agrarias UN-ICA.

Jennings, P.R. y Pineda, A. 1970. Screening Rice for resistance to the planthopper, Sogatodes oryzicola (Muir). Crop. Science, 10:687-689.

_____.1970.Effect of resistant rice plants on multiplication of the planthopper, Sogatodes oryzicola (Muir). Crop Science, 10:689-690

Ling, K.C. 1972. Rice virus diseases. IRRI.

Lobaton V. y Martínez López. 1976. Algunas relaciones biológicas insecto-planta-patógeno en la enfermedad hoja blanca del arroz. Noticias fitopatológicas Vol. 5 No. 1 p.29-37

Webber, A.J., Damsteegt, V.D. y Graham, C. L. 1971. Studies on the relationship of the hoja blanca virus to the plant-hopper vector Sogatodes oryzicola Phytopathology. Vol. 61. p. 916.

CAPITULO XI

COSECHA Y BENEFICIO DEL GRANO

MADUREZ, COSECHA Y TRILLA DEL ARROZ

MOLINERIA

MADUREZ, COSECHA Y TRILLA DEL ARROZ

E. Tascón J.

Tres aspectos fundamentales deben ser tenidos en cuenta para la recolección del cultivo de arroz. Cuándo cosechar, el método de cosecha y las pérdidas en rendimiento y de calidad del grano.

EPOCA DE COSECHA

La determinación del momento óptimo de cosecha resulta fundamental dentro de la economía del cultivo en una región. La Figura 1, tipifica las situaciones posibles en relación con el tiempo de cosecha, así como las pérdidas que ocurren y el rendimiento efectivo de grano.

Para determinación del momento de cosecha se debe tener en cuenta la humedad del grano, el contenido de materia seca del mismo, la germinación y el vigor de la semilla, el porcentaje de granos inmaduros o yesosos y el rendimiento en molino de granos enteros y quebrados. Varios trabajos se han realizado a fín de determinar el momento de madurez a partir del período de floración. Esta tarda en ocurrir un tiempo diferente para cada variedad y en la misma variedad con diferente ambiente, mientras que el período de floración a madurez en el trópico cálido ha demostrado ser bastante constante.

Las características que se afectan a medida que el grano desarrolla y madura son: el contenido de humedad y de materia seca, la germinación y el vigor; mientras que el tamaño del grano está condicionado al de las glumas, las cuales se han formado previamente y permiten poca variación.

Figura 1.

Cambios típicos a través del tiempo en el rendimiento y las pérdidas del grano.

A) Desgrane natural y por clima.
B) Desgrane por cortadora.
C) Pérdidas en trilla.
D) Pérdidas en la limpieza.

Contenido de humedad

Matsuda, citado por García 1978, indica que en arroz la humedad del grano en el momento de la fecundación alcanza el 90%. Después la humedad disminuye gradualmente hasta alcanzar la humedad de equilibrio, entre 20 y 14% según el ambiente. Se acepta que la madurez fisiológica del grano se alcanza alrededor del 27% de humedad promedia de los granos. Las Figuras 2 y 3 muestran las variaciones que se presentan en la humedad y relaciones entre este aspecto y las demás características analizadas.

Contenido de materia seca

Puede decirse que el contenido de materia seca es inverso a la humedad del grano, hasta alcanzar la madurez fisiológica. El incremento inicial es bajo hasta unos 7 días; después sufre un incremento muy rápido hasta el 22° día y sigue un incremento menor hasta alcanzar el máximo peso seco, alrededor de 30 días desde la floración. Posteriormente los procesos fisiológicos consumen parte de la materia seca y el contenido en el grano se hace menor. (García 1978, Rajanna 1970, Fernández 1978).

Según Fernández 1978, el máximo contenido de materia seca alcanza al final de la etapa 8, o estado de maza dura. Después viene la etapa de grano maduro en la cual éste pierde agua hasta alcanzar la humedad de cosecha, con consumo de una parte pequeña de la materia seca acumulada en los procesos fisiológicos desde la siembra. En áreas subtropicales o templadas, con temperaturas de 20°C o menos, durante el llenado del grano, este proceso se dilata hasta unos 45 días, lo cual también incide en un mayor número de granos llenos con mayor tamaño y peso.

Germinación y vigor

Es una característica del arroz y de otras gramíneas, que sus semillas pueden germinar poco después de la fecundación del óvulo, la cual se incrementa rápidamente hasta los 20 o 25 días cuando se hace constante por un período de varios meses. (Ver Figuras 2 y 3).

En relación con el vigor éste puede ser expresado como velocidad de emergencia (V3), longitud de plántula (V2), y senescencia rápida (VI). Un estudio hecho por (García 1978), indica que el vigor 1 sigue la misma tendencia que la germinación, mientras que V2 y V3 se mejoran después de la maduración fisiológica (Figura 4). Por otra parte, se conoce que tanto las condiciones reinantes entre la maduración y la cosecha, así como el almacenamiento con alta humedad (intensa actividad fisiológica de la semilla) o humedad muy baja del grano (menos de 10%) afectan el vigor de las plántulas. Igualmente, temperaturas de secado superiores a 50° también perjudican el vigor y la germinación. La temperatura para almacenamiento largo se recomienda por debajo de 15°C.

Rendimiento y calidad molinera

El rendimiento es una función del aumento de materia seca en el grano y se incrementa hasta unos 30 días desde la floración. El IRRI (1968) realizó un ensayo con 6 variedades, tanto en época húmeda como en la seca,

Figura 2. Relación entre poder germinativo, peso de materia seca, vigor y humedad de semillas de arroz var. EEA-404, provenientes de cosechas realizadas cada tres días después de la antesis.
(Gonçalo y Maciel 1975, citado por García, 1978).

Figura 3. Relación entre contenido de humedad, peso de la materia seca, germinación y vigor de semillas de arroz var. Bluebonnet 50, provenientes de cosechas realizadas diariamente después de la antesis. (Datos prom. de 3 épocas de plantío). (Rajana 1970).

Figura 4. Relación entre los datos observados en la prueba de germinación y los datos calculados obtenidos en las pruebas de vigor: V-1, V-2, V-3, de materia seca y de humedad realizadas en semillas identificadas, cosechadas en diferentes épocas.

y encontró que a la edad citada tanto el rendimiento de grano, como en el molino eran máximos. También en CIAT, Cheaney y Sánchez 1973, realizaron un ensayo con la Línea 13 (Figura 5) y encontró que el número de granos enteros era máximo a una humedad entre 25 y 27%, mientras que el número de granos inmaduros tendía a ser constante por debajo del 27% de humedad. Vélez, 1971, en el área cálida peruana y con tres variedades, encontró rendimientos máximos a los 30 días del 50% de la floración para 2 variedades y a los 40 para otra, y una reducción a partir de los 40 días en las tres variedades; el rendimiento de arroz pilado también se afectó después de los 40 días en todas las variedades y el grano quebrado disminuyó hasta los 30 días y se aumentó después de esa fecha.

CUANDO COSECHAR

Con base en las anteriores consideraciones y teniendo en cuenta los riesgos por dehiesencia natural del grano, volcamiento, aves y ratas, desastres y pérdida de valor comercial, la cosecha debe realizarse tan pronto el grano alcance su madurez (IRRI, 1968), para lo cual el mejor indicador es la humedad del grano, pero también puede tomarse el color del mismo. Cheaney y Sánchez, 1973 y otros autores, recomiendan cosechar cuando el 95% de los granos en las panojas tengan color paja y el resto estén amarillentos.

Un resumen en relación con la humedad de cosecha sería:

- Mayor de 27%: menor rendimiento y granos yesosos
- Entre 20 y 27%: Humedad óptima
- Menor de 18%: Pérdida de granos, de calidad y mayor riesgo.

La cosecha de grano para semilla se prefiere hacerla alrededor de 20% de humedad del grano, a fin de evitar riesgos de daño a la viabilidad de la semilla, por calentamiento cuando se demore el secamiento de élla.

METODOS DE COSECHA

En Latinoamérica la cosecha se realiza en variados sistemas para las diferentes áreas productoras, de acuerdo con su grado de desarrollo tecnológico o sistema de producción.

Cosecha manual. Se practica ampliamente en América Latina a nivel de pequeños y aún medianos productores, donde la mano de obra es abundante y el jornal agrícola bajo, o sencillamente se emplea mano de obra familiar o comunitaria. (Caicedo, M.)

Los métodos manuales son muy variados y en algunos lugares se cortan sólo las espigas para trillarlas, mientras que en otros se corta la planta a diferentes alturas. Lo anterior es importante, pues ha sido una razón del rechazo de muchas variedades de alta producción de paja corta y espigas bajo el follaje, las cuales dificultan la cosecha en ambas formas.

Figura 5. Rendimiento en granos enteros y granos yesosos en arroz (Línea 13). Cosechada a diferentes contenidos de humedad. Cheaney y Sánchez, 1973.

Algunos de los métodos más empleados son: a) Raspar a mano los granos sin cortar la espiga. b) Cortar espigas y hacer manojos, los cuales se almacenan colgados para después trillarlos con un palo. c) Cortar las espigas y transportarlas a patios, para dejar secar en "montón" y trillar con los pies (común en Haití). d) Cortar la paja con espigas y hacer montones sobre lonas. La trilla puede ser de diferente forma: golpeando con palo o golpeando la espiga sobre troncos, tambores, rocas o mesas diseñadas para tal fin (aporreadero). e) Cortar la paja con espigas y amontonar en patios para trillarlas con tractores o patas de animales (Cheaney y López 1973).

Cosecha semi-mecanizada

Dentro de este método se combinan el trabajo manual con el empleo de máquinas generalmente trilladoras estacionarias. Existen también máquinas que cortan el arroz dejándolo en el campo para trillarlo a mano, pero son poco difundidas.

Trilla con máquinas estacionarias. En este caso el arroz cortado se recoge en grandes montones, donde se transporta después a una máquina trilladora la cual se alimenta a mano, desgrana y limpia rápidamente el arroz. El método, además de los jornales de corte y recogida, requiere unas 8 personas para alimentar y manejar la máquina trilladora. (López 1983).

La trilla con máquina portátil. Se trata de un equipo menos voluminoso y liviano que el anterior y puede ser transportado dentro del campo, así que permite realizar muchos montones pequeños, con lo cual se ahorra mano de obra. Su trabajo es más lento que el anterior; las máquinas pueden ser accionadas por un motor pequeño o pueden ser de pedal.

Un sistema muy extendido de cosecha semimecanizada se desarrolla en el Perú y tiene los siguientes pasos: (López, 1983).

a) Siega con hoz y extensión de haces para el secado por 6 hasta 10 días: 11 jornales/ha.

b) Recogida o "carguío" para formar heras: 11 jornales/ha.

c) Formación de heras o pilas: 1.2 jornales/ha.

d) Trilla con máquina estacionaria, del equivalente de 4 ha por día (aproximadamente 28 toneladas): 3 jornales/ha.

El total medio calculado fue de 26.2 jornales/ha, en comparación con unos 40-50 jornales/ha de la cosecha enteramente manual.

Cosecha mecanizada

El tipo de cosechadoras predominante en el cultivo de arroz son las autopropulsadas, con ruedas de caucho o metálicas de carril (oruga). El tamaño de la máquina está en relación al ancho de la barra de corte. "Implement and tractor" 1967, trae una clasificación de cuatro grupos de máquinas autopropulsadas que describen la variación en la capacidad de

operación y potencia de cada uno. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cosechadoras autopro-pulsadas, tamaños promedios por grupo. "Implement and tractor", 1967.

Indicadores de Capacidad	GRUPOS I	II	III	IV
Longitud del cilindro, pulgadas	32.9	35.7	40.5	49.0
Area total de separación,pulgadas cuadradas	3.944	4.848	5.937	7.729
Area total limpieza, pulgadas cuadradas	2.697	3.223	3.979	4.895
Capacidad de la tolva del grano en quintales (aproximadamente)	22	28	35	42
Caballos de fuerza del motor(H.P.)	66	83	94	110
Peso en libras	7.655	9.259	11.288	13.534

Partes de la combinada

Para el análisis de la labor de estas máquinas es importante conocer las partes que trabajan directamente en la cosecha, ordenadas en tres secciones: corte, trilla y limpieza. Además se cuentan con la sección de empaque o depósito del grano.

Sección de corte o alimentación.

Molinete. Estructura rotacional compuesta por 4 a 6 bandejas, cuya función es acercar las panículas a las cuchillas de la mesa para ser cortadas. Su velocidad y altura son graduables a fin de evitar desgrane, tirar las espigas hacia adelante o cortar inadecuadamente las panojas. Cuando el arroz está volcado, el molinete debe tener ganchos recogedores para levantar el arroz y poder cortarlo.

Barra de corte. Consta de un juego de cuchillas con filo estriado y guarda-cuchillas lisos. Cortan el arroz en acción similar a la tijera. Las cuchillas vienen por secciones y deben ser reemplazadas cuando se desgastan. La altura de corte está dada por el mínino a que estén las panojas, pero evitando introducir muchos tallos y follaje a la maquinaria pues afectan la trilla y separación.

Sinfín recolector. Su objeto es recoger el material cortado al centro para ser transportado al mecanismo de trilla. Posee dos velocidades y tiene ajustes vertical y horizontal.

Transportador de arroz cortado. Recoge el arroz cortado y lo transporta en forma homogénea al cilindro. Su diseño es flotante con cadenas y bandejas que empujan el material cortado.

Sección de trilla

Tiene la función de separar los granos de las panículas y consta de cilindro o tambor giratorio y una estructura que envuelve un tercio de él, el cóncavo, con sus rejillas.

Cilindro. Existen tres tipos de cilindros:

a) De dientes. Son el modelo más antiguo. Posee barras con dientes sobre filas que separan los granos al pasar entre los dientes del cóncavo. Los dientes pueden ser removidos y cambiados.

b) De barras raspadoras. Consta de barras transversales con la superficie activa estriada. Las estrías están labradas diagonales a la barra y opuestas a las ubicadas en la siguiente barra.

c) De barras angulares. Las barras están ubicadas en forma espiral y tienen el borde de ataque recubierto con caucho vulcanizado. También las barras del cóncavo tienen igual cobertura, cuyo fin es proteger las semillas más frágiles.

Cóncavo y rejillas. Estructuras con barras equivalentes al cilindro, al cual rodea en una cuarta parte; las barras portan dientes o son labradas o recubiertas de caucho. Entre las barras existen rejillas que permiten el paso de la mayor parte del grano trillado. Al final tiene una prolongación en forma de peine, la criba de uñas, que impide el paso del tamo hacia las zarandas de limpieza.

Sección de separación y limpieza.

La mayor parte del grano se separa en la rejilla y la criba del cóncavo, pero parte del grano permanece entre la paja y es expulsado del cilindro hacia los sacapajas donde se completa la separación. La limpieza se realiza en las zarandas en ayuda de aire. Las partes del sistema son:

Batidor del cilindro. Separador de paja que la retira hacia los sacapajas, girando en sentido contrario al cilindro, sobre la criba de uñas.

Sacapajas. Son secciones longitudinales con movimiento oscilatorio que impulsan el tamo hacia la salida posterior de la máquina. La agitación que dan a la paja, terminan de separar el grano trillado.

Cortinas deflectoras. Sobre los sacapajas están colocadas dos láminas cuyo objeto es evitar que los granos lanzados por el batidor salgan junto con la paja.

Zarandas. Las cosechadoras normalmente traen dos zarandas semejantes a las máquinas desbrozadoras. La superior, llamada zarandón, tiene un sistema de

persiana con rejillas dentadas graduables que permiten el paso de grano y otros materiales de tamaño similar. Al final posee una extensión, articulada en ángulo con aberturas mayores por donde pasan las espigas no trilladas, cayendo al sinfín de retorno que las regresa al cilindro. La zaranda inferior es cribada con orificios adecuados al tamaño del grano. Esta zaranda es removible según el grano que se coseche. Se ubica con inclinación al igual que el zarandón para permitir la acción del aire. El grano que atraviesa la zaranda cae al sinfín recolector de grano limpio, donde es tomado por un transportador hacia la tolva de grano o ensacadora.

Ventilador. Suministra una corriente de aire constante que retira los materiales livianos de las zarandas hacia la salida posterior. Su dirección e intensidad son graduables.

Receptor de granos

Está compuesto por tres partes:

Elevador de granos. Transporta eficientemente el grano a la unidad ensacadora o depósito.

Criba rotativa. Posee un sinfín interior y tabiques para clasificar el grano.

Aparato ensacador o depósito. Con canalones y compuertas el primero o con sinfín descargador del depósito. Estos tienen capacidad de 500 a 1600 kilogramos según el tamaño de la máquina y su diseño, que permita el avance con ese peso adicional.

PERDIDAS DE GRANO

Las pérdidas de granos pueden ocurrir en cualquiera de las etapas que constituyen el proceso de cosechar, ésto es: corte y alimentación, trilla, separación y limpieza.

1. Pérdidas en la barra de corte. Consiste en grano picado por la barra de corte, espigas que no son cortadas o son lanzadas hacia adelante y no entran a la plataforma, y grano desgranado por la acción del molinete. Plantas descabezadas o granos sobre la superficie del suelo antes de que la máquina entre al lote, no constituyen pérdidas en la barra del corte, es la denominada pérdida natural que se acentúa con la demora en la cosecha y la variedad.

2. Pérdidas en el cilindro. Están constituídas por granos sin trillar, los cuales permanecen en la paja luego de pasar a través de la combinada. También los granos partidos o molidos.

3. Pérdidas en el transportador del tramo o paja. Consisten en granos sueltos los cuales no han sido separados de la paja a medida que pasan sobre el transportador y las zarandas, y son lanzados hacia afuera de la máquina mezclados con los residuos.

4. Pérdidas en las zarandas. Están constituídas por grano suelto que pasa sobre las zarandas y cae al terreno. Pueden deberse a las zarandas o al aire mal dirigido, o muy potente.

El Cuadro 2 presenta resultados en lotes comerciales en el Tolima y permite observar diferencias varietales, así como la existencia de mayores pérdidas en los mecanismos de limpieza.

Cuadro 2. Pérdidas medias obtenidas en 39 ensayos de cosecha con combinada en el Tolima[1] Adaptado de Augusto y Morales (1982).

Variable	Variedad				
	Cica 8	Cica 9	IR 22	"Pajonales"	Promedio
No. de ensayos	6	14	14	5	39
Pérdidas naturales	0.05	0.061	0.05	0.069	0.062
Pérdidas en el cabezote	1.31	1.47	1.32	1.82	1.48
Pérdidas en trilla	1.01	1.70	1.70	1.39	1.45
Pérdidas en limpieza	1.98	4.45	5.47	1.96	3.47
Total de pérdidas (%)	4.34	7.68	8.57	5.24	6.46

(1) Expresadas como % de rendimiento

En el estudio citado 6.46% de pérdidas correspondió a 366 kg/ha sobre el rendimiento medio de 5.663 kg/ha. Estas pérdidas según los autores superan las normales que varían entre 3 y 5%. Cheaney y López 1973, reportan pérdidas para condiciones normales de trabajo de 50 a 60 kg/ha en mecanismo de trilla, 40 a 45 kg/ha en el sacapajas y unos 10 kg en otras operaciones, para un total de 100 a 115 kg/ha.

RECOMENDACIONES PARA REDUCIR PERDIDAS DE GRANO.

Asumiendo que la cosechadora está en buenas condiciones mecánicas los ajustes deben hacerse en el siguiente orden:

1. Revisión de la velocidad de la máquina. Comprobar si la combinada está trabajando a las revoluciones por minuto recomendadas. Refiérase al manual de instrucciones en cuanto a la velocidad básica de la máquina. Esta puede ser dada en términos de las revoluciones del motor; del sinfín de la plataforma, etc.

2. Ajuste de la luz entre el cilindro y cóncavo, y la velocidad del cilindro. Estos ajustes deben hacerse de tal modo que se pueda obtener la mayor cantidad posible de grano separado de las espigas (grano trillado).

La norma general a seguir en el ajuste de esta unidad es la de establecer la máxima luz posible entre cóncavo y cilindro. Al tener una luz reducida o alta velocidad, se obtendrá el mismo efecto que resulta al sobrecargar la máquina, esto es, fragmentación excesiva la cual aumenta los residuos en el cilindro, los transportadores y las zarandas, afectando la limpieza. Si cantidades grandes de grano permanecen en la espiga (revisar el elevador de retorno), se recomienda incrementar la acción de trilla aumentado la velocidad del cilindro. Si aún se requiere una mayor acción de trillado se debe reducir la luz entre cóncavo y cilindro. Aparentemente hay menor tendencia a aumentar la velocidad del cilindro que reducir la luz entre cóncavo y cilindro. Evite el sobrecargar la máquina conduciendo muy rápido, pues las pérdidas en el sacapaja o transportadores aumentan considerablemente.

3. Ajuste de barra de corte y molinete. Ajuste el molinete de tal forma que las paletas golpeen las plantas un poco abajo de las espigas más bajas y su velocidad de manera que el golpe no desgrane el arroz.

4. Ajuste la corriente de aire y las aberturas de las zarandas. Las pérdidas en las zarandas pueden ser ocasionadas por la sobrecarga de la máquina y el sobretrillado del grano; por inadecuadas cantidades y dirección de la corriente del aire, así como deficiente graduación de las zarandas. El material debe ser levantado desde el frente de las zarandas por la corriente de aire para flotar hacia atrás. Una separación pobre resulta cuando los residuos permanecen sólidamente como formando una manta sobre las zarandas. La corriente de aire debe ser incrementada hacia el punto de que solamente una ligera cantidad de residuos aparezca con el grano. Cuando las aberturas de las zarandas están muy cerradas, grandes cantidades de grano pasarán por el sinfín y elevador de retorno para regresar al cilindro trillador, y entonces esta excesiva cantidad de material ocasiona su ruptura en el cilindro.

Haga los ajustes en el orden propuesto. No es posible reducir las pérdidas en el sacapaja y zarandas cuando la combinada está trabajando a velocidad incorrecta, o si está sobretrillando (fragmentando demasiado el tamo), o si está sobrecargada. Los ajustes deben hacerse frecuentemente ya que las condiciones de cultivos cambian. El Cuadro 3 resume los ajustes para disminuir las pérdidas de grano.

Cuadro 3. Ajustes para minimizar pérdidas de grano. Adaptado de Cheaney y López, 1973.

Pérdida de Grano	Causa probable	Solución
Pérdidas excesivas del cilindro (espigas sin trillar o parcialmente trilladas).	Baja velocidad del cilindro. Excesiva luz entre cóncavo y cilindro.	Aumentar la velocidad del cilindro. Reducir la luz entre cóncavo y cilindro.
Pérdidas altas en el sacapaja (grano suelto en el tamo).	El cilindro está fragmentando demasiado el tamo. Máquina sobrecargada.	Aumentar luz entre cóncavo y cilindro. Reducir la velocidad de trabajo, levante la barra de corte o no emplee la plataforma en su anchura total.
Pérdidas altas en la unidad de limpieza	El cilindro está fragmentando demasiado el tamo. Aberturas de las zarandas muy pequeñas. Excesiva corriente de aire mal dirigida. Aberturas de la zaranda tapadas. Corriente de aire insuficiente.	Reducir velocidad del cilindro o incrementar luz entre cóncavo y cilindro. Ampliar aberturas zarandas. Reducir corriente de aire, cambiar la dirección de la corriente de aire. Limpiar zarandas. Aumentar corriente de aire.
Pérdidas altas en la barra de corte (plantas sin cortar)	Barra de corte muy alta. Molinete muy bajo. Cuchilla desgastada.	Bajar la barra de corte levantar el molinete. Reemplazar y ajustar cuchilla
Grano partido	Luz entre cóncavo y cilindro insuficiente. Alta velocidad del cilindro. Excesiva cantidad de grano trillado regresando al cilindro en el sinfín de retorno. # excesivo de barras del cóncavo y cilindro.	Aumentar luz entre cóncavo y cilindro. Reducir velocidad del cilindro. Aumentar ligeramente aberturas de las zarandas. Quitar barras cóncavas y cilindro.
Pobre limpieza del grano	Fragmentación excesiva del tamo o malezas por el cilindro. Zarandas muy abiertas. Corrientes de aire insuficiente. Corriente de aire mal dirigida. Máquina sobrecargada.	Aumentar luz entre cóncavo y cilindro. Reducir velocidad del cilindro. Disminuir ligeramente aberturas de zarandas. Aumentar cocorriente de aire hacia el frente de las zarandas. Reducir velocidad de avance

Anexo 1. Tabla de pérdidas en el cultivo de arroz en Kg/Ha. Empresa de Assistencia Técnica e Extensao Rural, 1982.

No. de granos contados dentro del marco	Area de conteo o área del marco (m^2)					
	1,5	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4
100	24	20	18	17	16	15
125	30	25	22	21	20	18
150	36	30	27	26	24	22
175	42	35	31	30	28	26
200	48	40	36	34	31	30
225	54	45	40	38	34	33
250	60	50	45	43	39	37
275	66	55	49	47	42	41
300	72	60	54	51	47	45
325	78	65	58	55	50	48
350	84	70	63	60	55	52
375	90	75	67	64	58	56
400	96	80	72	69	63	60
425	102	85	76	73	66	63
450	108	90	81	77	70	67
475	114	95	85	81	73	71
500	120	100	90	86	78	75
525	126	105	94	90	81	78
550	132	110	99	94	86	82
575	138	115	103	98	89	86
600	144	120	108	103	94	90
625	150	125	112	107	97	93
650	156	130	117	111	102	97
675	162	135	121	115	105	101
700	168	140	126	120	110	105
725	174	145	130	124	113	108
750	180	150	135	129	117	112
775	186	155	139	133	120	116
800	192	160	144	137	125	120
825	198	165	148	141	128	123
850	204	170	153	145	131	127
875	210	175	157	149	136	131
900	216	180	162	154	140	135
925	222	185	166	158	144	138
950	228	190	171	162	148	142
975	234	195	175	166	152	146
1000	240	200	180	171	156	150

Obs. Peso aproximado de 100 granos = 3,6 gramos.
Marco de conteo = Ancho de corte x 0.5

BIBLIOGRAFIA

Augusto, J. y Morales, R. 1982. Evaluación de pérdidas en recolección de arroz con combinada. Bogotá. 60 p. (2 apéndices).

Bainer, R.; R.A. Kepner y E. Barger. 1963. Principles of Farm Machinery. John Wiley & Sons, Inc. New York. London. pp 381-409.

Berlijin, J.D. 1965 Tractores y Maquinaria Agrícola. Tomo V - Maquinaria de operaciones de cosecha. Editorial de la Universidad Agraria, La Molina. Perú pp. 109-124.

Ceicedo, M. Sistemas Manuales de Cosecha de Arroz. CIAT 4 p (mimeografiados).

Cheaney, R. y P. Sánchez N. Epoca de Cosechar el Arroz. En curso especial de producción de arroz. República Dominicana 1973. 4p.

Cheaney, R. y López, R. 1973. Métodos para cosechar el arroz. En curso de Arroz CIAT. 17 pp y Figuras.

Fernández, F. 1978. Etapas de desarrollo de la planta de arroz para propósitos de evaluación y adiestramiento en el IRRI. CIAT, Serie SE-16-78. 4p.

García, E. 1980. Maduración fisiológica del Arroz. En Curso de Arroz CIAT 9 p.

IRRI.1968. Informe Anual 1967.

López, E. 1983. Cosecha y trilla mecanizada y semimecanizada. En Curso de Arroz y Leguminosas de Grano. Manual Técnico INIPA, CIPA II, Chiclayo 419-470 p.

Park, J. K. 1984. Cosecha con combinada. En Curso de Producción de Semillas, CIAT, 25 p.

Rajanna, B. 1970. Some trends in seed maturation of rice (Oryza sativa L.) State College, Mis. Mississipi State University 90 p. (Thesis M.S)

Valenzuela, C. La cosecha de arroz. CIAT,INIA. Hoja divulgativa No. 5.

Vélez, J. 1972. Epocas óptimas de cosecha de arroz de secano para rendimiento y calidad molinera en Tingo María. Informe técnico No. 71, Programa Nacional de Arroz, Ministerio de Agricultura, Perú. 7p.

MOLINERIA DEL ARROZ

N. Rodríguez M.

En un molino arrocero se ejecutan dos procesos bien definidos que son: secamiento y molinería. Para realizar el primer proceso, el arroz que llega del campo con contenidos de impurezas (4 a 10%) y humedad (18 a 24%) altos son sometidos a prelimpieza y reducción del porcentaje de humedad con el objeto de facilitar las condiciones de aptitud que permitan que el grano pueda ser trabajado con los equipos de molinería sin interrupción del proceso que perjudique su rendimiento.

Es de anotar que estos dos procesos se ejecuten en forma diferente, pues mientras en la mayoría de los casos, el secamiento se ejecuta por batches o cochadas; el proceso de molinado se lleva a cabo en forma continua.

De otra parte, debido a que los picos de cosecha solo duran de 45 a 60 días por semestre, se hace necesario tener una buena capacidad de recibo, secamiento y almacenamiento a fin de tener materia prima suficiente para mantener en continua actividad al molino durante 4 ó 5 meses por semestre. Esto es de vital importancia si se tiene en cuenta que tanto la nómina de empleados y obreros, así como el flujo de caja para la mayoría de gastos de administración, se mantienen constantes y deben ser cubiertos con el producido del molino.

Es pues la molinería un proceso que requiere no sólo una buena capacidad técnica y administrativa para ejecutarla, sino que también necesita de una buena cantidad de recursos, tanto monetarios como de almacenamiento, a fin de obtener buenos resultados en su funcionamiento.

El proceso de molinería propiamente dicho se ejecuta partiendo del arroz cáscara (paddy seco 13% de humedad), el cual pasa por diferentes máquinas para dejarlo en condiciones aptas de consumo.

Como puede observarse en el diagrama de flujo, el arroz con cáscara proveniente de la sección de secamiento, es depositado en la tolva de recibo, para alimentar de manera permanente el molino en donde mediante elevadores de canjilones se transporta a las diferentes máquinas que componen el molino, sufriendo en cada una de ellas procesos intermedios, hasta obtener el producto final llamado arroz blanco entero, el cual, se ofrece al mercado con un porcentaje de partido que varía de acuerdo con la calidad que se desea.

En Colombia el arroz blanco entero puede venderse en tres categorías principales a saber:

EXCELSO:

El cual es un arroz que teóricamente debe tener un máximo de partido inferior al 5% en peso respecto al entero.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MOLINADO

CORRIENTE DE PRIMERA

Con un porcentaje de partido inferior al 15%.

CORRIENTE DE SEGUNDA

Por otro lado en el mercado, los precios de estos arroces varían de acuerdo con sus procentajes de partido, siendo la primera categoría el EXCELSO ya que es éste el arroz que se obtiene de las mejores calidades de arroz cáscara.

También, si se analiza el diagrama de flujo, se notará que durante un proceso completo se obtienen varios tipos de subproductos, los cuales se clasifican hasta el momento en dos grandes grupos a saber:

SUBPRODUCTOS DE DESHECHO:

Son aquellos que salen del proceso, pues además de ser indeseables, no ofrecen ninguna entrada para el molino. Estos son: Las impurezas o basura extraídas por la prelimpiadora y la cascarilla, la cual es obtenida en la separadora neumática. Es de anotar que con la cascarilla se han realizado varias investigaciones con resultados promisorios en la fabricación de bloques para construcción, cemento de características similares al cemento postland, etc., pero que hasta ahora no se ha producido a nivel industrial, ya que el uso de la cascarilla no disminuye los costos de producción cuando se pretende usar como sustituto o relleno. Sinembargo se anota que varios molinos, a los cuales se les ha venido aumentando en forma preocupante los costos de energía y/o de combustibles, han venido adaptando sus intalaciones para producir calor para secamiento con el uso de quemadores de cascarilla, o para producir vapor y/o energía con la que se pueda mover el molino empleando la cascarilla como combustible para calderas.

SUBPRODUCTOS UTILIZABLES.

Son aquellos que después de ser sacados del proceso, pueden ser vendidos en el mercado con el fin de obtener una entrada extra, que en la mayoría de los casos sirve para sostener los gastos de funcionamiento del molino. Estos son: La Harina de Blanqueo o de Pulimento utilizada en las fábricas de concentrados; el "Partido Grande" llamado "Arroz Cristal" el cual se vende en el mercado como arroz para sopa, a ser utilizado por la industria cervecera; y los partidos pequeños (o sea de tamaños inferiores a 1/4 de grano) los cuales son conocidos en el mercado como "Granza" y cuya utilización también la tienen las fábricas de concentrados para animales.

Es de anotar que el mejor rendimiento en un molino arrocero se obtiene mediante una adecuada calibración y mantenimiento de las máquinas que componen el molino, para lo cual, es de gran importancia contar con un operario calificado, ya que pequeñas variaciones en los porcentajes de rendimiento del molino afectan notoriamente las entradas del mismo, puesto que el precio del arroz blanco entero es muy superior al partido o a la harina. Sin embargo a manera de guía, los rendimientos que pueden ser obtenidos en un molino arrocero son los siguientes :

DIAGRAMA DE PRODUCCION DE UN MOLINO ARROCERO

CONVENCIONES DIAGRAMA DE PRODUCCION DE UN MOLINO ARROCERO

1. Elevadores de Canjilones
2. Prelimpiadora de paddy verde tipo Scalper
3. Transportadores sin-fin
4. Silos Secadores de fondo plano
5. Silos de almacenamiento
6. Arrume de sacos
6A. Tolva de recibo de paddy seco
7. Limpiadora de molino
8. Descascaradora de rodillo
9. Separadora de cascarilla
10. Mesa separadora de paddy integral
11. Conos blanqueadores
12. Pulidora tipo fricción
13. Zaranda desgranzadora
14. Cilindro clasificador
15. Sacos de arroz blanco entero - cristal y granza

De un 100% de arroz cáscara con 13% de humedad se pueden obtener los siguientes porcentajes aproximados:

58 a 60% de arroz entero (excelso o corriente)

20 a 23% de cascarilla

8 a 10% de arroz partido grande o cristal (1/2 a 3/4 de tamaño)

2 a 4 % de arroz partido pequeño o granza (menos de 1/4 de tamaño)

6 a 8 % de harina de blanqueo o pulimento

1 % de impurezas, polvo y vanos.

Nótese que:

1. El arroz cáscara tomado como base para los rendimientos anotados anteriormente, debe ser un arroz que antes de secado se ha sometido al proceso de prelimpieza.

2. Estos rendimientos son los obtenidos industrialmente, entendiéndose por arroz entero aquel que contiene una mezcla de granos enteros y granos partidos de tamaños superiores a 3/4 de grano.

CAPITULO XII

PRODUCCION DE SEMILLAS, VARIEDADES

DISTRIBUCION Y MANTENIMIENTO DE VARIEDADES MEJORADAS DE ARROZ

PRODUCCION Y BENEFICIO DE SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ

CONTROL DE CALIDAD DE LAS SEMILLAS DE ARROZ EN EL LABORATORIO

CARACTERISTICAS DE ALGUNAS VARIEDADES DE ARROZ QUE SE CULTIVAN EN COLOMBIA Y OTROS PAISES

DISTRIBUCION Y MANTENIMIENTO DE VARIEDADES MEJORADAS DE ARROZ

C. P. Martínez

Durante los últimos años han ocurrido cambios grandes tanto en las variedades como en las prácticas de cultivo utilizadas en el arroz. Esto se refleja a nivel mundial, regional y nacional.

En el plano mundial se observa que aproximadamente el 25% del área arrocera se siembra con variedades mejoradas de alto rendimiento (8) mientras que en Colombia se estima que el 99% del área de arroz mecanizado, riego y secano, se siembra con las nuevas variedades. Estas variedades se caracterizan por ser precoces o tempranas y presentan tallos cortos resistentes al volcamiento, hojas cortas y erectas y buena respuesta a los fertilizantes especialmente al nitrógno; además son insensibles al fotoperíodo; tienen un potencial de rendimiento alto y son tolerantes a las principales plagas y enfermedades que afectan la producción. Tales variedades han desplazado a miles de variedades tradicionales de bajo potencial de rendimiento, algunas sensibles al fotoperíodo, de tallos largos, susceptibles al volcamiento y a varias plagas y enfermedades.

El propósito principal del fitomejorador es el desarrollar variedades mejoradas que reemplacen aquellas que no rinden bien, o que sucumben ante las plagas y enfermedades, o presentan poca adaptación a condiciones adversas de cultivo tales como infertilidad de los suelos, exceso o deficiencia de ciertos microelementos, o que tienen mala calidad de grano. Sin embargo, las nuevas variedades mejoradas por sí solas no garantizan aumentos en la producción. Para lograr ésto, tienen que llegar a las manos de los agricultores, los cuales deben usarlas adecuadamente para lograr mayores rendimientos; además deben tomarse ciertas precauciones y cuidados para evitar que la nueva variedad se mezcle con arroces de tipo indeseable: menos productivos, de menor calidad o susceptibles a patógenos; ésto es, debe conservarse la identidad de la nueva variedad.

El objetivo de este artículo es el de comentar algunos aspectos relacionados con el nombramiento, la multiplicación y el mantenimiento de variedades mejoradas de arroz.

NOMBRAMIENTO Y ENTREGA DE NUEVAS VARIEDADES

En esta parte hay que distinguir dos procesos distintos (6): uno informal o no oficial y otro formal u oficial. En el proceso informal, la participación de una agencia oficial o gubernamental es muy poca o nula, mientras que la mayor responsabilidad en la diseminación de la semilla de la "nueva variedad" recae en agricultores, comerciantes, empresas distribuidoras de semilla, entre otros. En este caso se trata de materiales introducidos al país por agentes distintos al programa nacional de investigación o del Ministerio de Agricultura, o de materiales mejorados que llegaron a manos de agricultores a través de las pruebas regionales o de la multiplicación de semilla de líneas promisorias. En todo caso, la "nueva variedad" no ha sido oficialmente nombrada por la entidad encargada. En algunos casos estas variedades no oficiales, pueden llegar a ocupar un porcentaje significativo del área arrocera en una región y se las conoce

con nombres regionales, o de fincas, o de personas. Por lo general, no existe un programa de multiplicación y certificación de semillas de estos materiales, por lo cual en poco tiempo pierden su pureza e identidad.

Por el contrario, los mayores participantes en el proceso formal u oficial son entidades oficiales a las cuales se les ha asignado dicha responsabilidad y además, la industria de semillas también interviene. Casi siempre la entrega oficial de la nueva variedad se hace mediante una reunión, día de campo, etc.

Cada país tiene sus propias reglas relacionadas con el nombramiento y entrega oficial de nuevas variedades. Allard (1) identifica los siguientes pasos: a) quién toma la decisión; b) nombre de la variedad; c) producción de semilla genética; d) multiplicación y distribución de la semilla básica y e) producción de semilla certificada.

Quién toma la decisión

En algunos países como Estados Unidos, Canadá y Filipinas existe un comité especial nombrado por el gobierno para revisar y estudiar toda la información pertinente a los materiales que se consideran como posibles variedades. En Colombia, el Ministerio de Agricultura delegó esa función en el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. El Programa de Arroz de dicho organismo debe presentar evidencias acerca de la bondad y ventajas del nuevo material que pretende lanzar como variedad.

Estas evidencias se refieren a observaciones sobre el comportamiento agronómico y adaptación en las diferentes zonas arroceras del país, potencial de rendimiento en comparación con otras variedades comerciales, reacción a las principales plagas y enfermedades, calidad de cocina y molinería. El rango de adaptación y potencial de rendimiento se determinan mediante pruebas regionales en fincas de agricultores, ubicadas en todas las áreas arroceras del país y por un período no menor de dos semestres.

La información se revisa con cuidado y se determina cuáles son las posibles ventajas de la nueva variedad sobre las ya existentes. Como mínimo se considera que la nueva variedad debe superar a las ya existentes en una característica importante.

Cuando se piensa nombrar una variedad, la pregunta clave que surge se refiere a la superioridad de ella. Esto es, tanto el agricultor, como el agrónomo extensionista, y el especialista en semillas, entre otros, desearán saber por qué o en cuáles características la nueva variedad es superior a otras ya conocidas. Según Briggs y Knowles (2), "una variedad superior es el resultado de la combinación de un grupo de genes que interactúan bien con el medio ambiente".

Sin embargo, a medida que las variedades se van mejorando en cuanto a rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, calidad, etc., se va haciendo más difícil la labor del mejorador en su afán por crear variedades superiores. Las características propias de una variedad están determinadas por muchos genes portadores de los caracteres que se transmiten de padres a hijos. La recombinación de esos genes se efectúa al

azar y el mejorador no tiene control sobre este proceso genético. Al mejorador sólo le queda la posibilidad de identificar y seleccionar, en una población segregante, aquellos tipos que puedan representar nuevas recombinaciones de genes que pudieran dar origen a una variedad superior. De tal manera que como indica Carter (3), "las nuevas variedades rara vez resultan por azar, ellas son generalmente producidas por mejoradores de plantas conocedoras y hábiles".

Nombre de la variedad.

La denominación de las nuevas variedades varía de acuerdo a los diferentes países e institutos. En general, se prefieren nombres cortos y sencillos. En el caso de Colombia, las variedades provenientes del proyecto cooperativo ICA-CIAT-FEDEARROZ se denominaban como CICAS, seguido por un número que indica el orden de aparición. En la actualidad la nominación se realiza tomando en cuenta la especie y la institución (Oryzica).

Una vez que se ha decidido nombrar una línea promisoria como variedad, el mejorador tiene que hacer una descripción de ella, la cual debe ser lo más completa posible. Deben mencionarse tanto las virtudes como los defectos. Es más honesto y fácil indicar cuáles son los defectos y las precauciones necesarias en el momento de hacer la descripción, y no después cuando los defectos sean obvios en fincas de los agricultores o en los molinos. Cuando no se han indicado cuáles son las debilidades de la nueva variedad, especialmente en condiciones de campo, se corre el grave peligro de causar un daño irreparable a la credibilidad en las variedades por parte de los usuarios.

Por otra parte, debe tenerse especial cuidado al describir aquellas características que pueden presentar modificaciones debidas al medio ambiente, como es el caso de la expresión de la arista en arroz. Por ejemplo, las variedades IR 22 y CICA 4 fueron descritas como no aristadas, pero posteriormente en ciertas zonas se observaron lotes de multiplicación de semilla en donde algunas plantas presentaban granos con arista, lo cual dió origen a rechazos por los organismos certificadores de semillas.

Sin embargo, luego se determinó que esas plantas no constituían mezclas. Hubiera sido mejor indicar en la descripción que bajo ciertas condiciones ambientales esas variedades pueden presentar algunos granos aristados (8).

En el proceso de nombramiento de una nueva variedad deben evitarse dos situaciones: la entrega prematura y la entrega tardía . El primer caso se refiere a aquella situación en la cual no hay suficiente información sobre el comportamiento de la nueva variedad, especialmente en medios ambientes distintos a aquel en donde se seleccionó la variedad; si no existe suficiente confiabilidad en los datos existentes es mejor esperar un poco. Por el contrario, es frecuente encontrar casos en los cuales los programas nacionales esperan demasiado tiempo para tomar la decisión. Si existe información adecuada y élla es confiable, no se debe demorar dicha entrega ya que la evaluación prolongada de materiales genéticos recarga las actividades del programa nacional, entorpece la evaluación de otros materiales nuevos y puede demorar la solución a un problema a través de la

nueva variedad. Es preciso tener presente que es casi imposible producir una variedad perfecta, y que solo la siembra y evaluación de las variedades por parte de los agricultores, determinará cuáles permanecen en el mercado y cuáles salen de él.

En cuanto a los criterios para nombrar variedades, es bueno mencionar para el caso de materiales, que el Programa Nacional ha introducido de otros programas o de otras instituciones, se acostumbra mantener el nombre original con que fue introducido. Sin embargo, en el caso de que el Programa Nacional haya realizado alguna selección adicional, entonces queda en completa libertad de darle el nombre que estime más apropiado.

Producción de semilla genética

Llamada también fundación o "breeder seed", es la semilla que ha sido producida por un programa de mejoramiento varietal con total pureza genética y física, y constituye la fuente de aumento de la semilla básica. Puede decirse también que es el producto final en el proceso de selección seguido por los mejoradores.

Con frecuencia el fruto de varios años de trabajo del mejorador, está representado por un puñado de semillas, las cuales para llegar a las manos de los agricultores, y producir el impacto esperado, deben multiplicarse muchas veces (3), proceso en el cual la semilla no debe contaminarse y perder su identidad.

Obtención de la semilla genética. Por lo general, luego del proceso de evaluación en ensayos de rendimiento y pruebas regionales, el mejorador está en capacidad de determinar cuáles son las líneas promisorias con mayores posibilidades de llegar a ser variedades e iniciar su multiplicación. Esta multiplicación debe iniciarse una vez que unas pocas líneas entran en el segundo ciclo de evaluación en pruebas regionales, a fin de contar con suficiente semilla tan pronto como se tome la decisión de cual será lanzada.

En las parcelas de ensayos de rendimiento o en los surcos pedigree, se seleccionan de 200 a 600 panículas representativas de la línea. Estas panículas son inspeccionadas cuidadosamente en el laboratorio a fin de eliminar aquellas que presenten diferencias en cuanto a tipo, forma, tamaño y color del grano o presencia de arista.

Cada panícula seleccionada se desgrana y guarda separadamente de las otras. Posteriormente, cada una se siembra en un surco en el campo, o en un semillero, ya que el transplante facilita la identificación y eliminación de las plantas fuera de tipo y permite plantar mayores áreas acelerando el aumento de semilla.

Cada surco o parcela transplantada, se inspecciona frecuentemente durante el desarrollo del cultivo y se eliminan aquellos que presenten características diferentes a las exhibidas por la línea en multiplicación. La semilla de los surcos o parcelas escogidas se cosecha masalmente, se desgrana y se seca; luego se mezclan e identifica en forma apropiada. En este momento se ha obtenido la semilla genética para una nueva variedad,

donde el proceso total ha sido vigilado por el mejorador, creador de la misma.

Una parte de la semilla genética se guarda como reserva en un cuarto frío para multiplicaciones futuras y el resto se siembra para obtener la semilla básica.

La tarea del mejorador no termina con el lanzamiento de la variedad y la entrega de la semilla genética. Por el contrario, es responsable de mantener un suministro continuo y oportuno de semilla genética que represente el concepto que él tiene de esa variedad y evitar así que, a través de multiplicaciones sucesivas, nos alejemos de las características de la variedad (5). En el caso de terminarse la reserva de semilla genética, él deberá volver a obtenerla seleccionando dentro de una población los genotipos que él conoce, correspondientes a la variedad y repitiendo todo el proceso inicial.

Por otra parte, el fitomejorador debe hacer una especie de seguimiento sobre el comportamiento de la variedad, con el fin de determinar el grado de aceptación por parte de los agricultores.

Producción de semilla básica.

La semilla básica es la producida a partir de la semilla genética, bajo la supervisión de un programa de mejoramiento y la vigilancia del servicio de certificación de semillas, de tal manera que la pureza sea preservada. Posteriormente, esta semilla se entregará a los productores autorizados para su multiplicación, constituyéndose en la fuente de las categorías comerciales de semillas registradas y certificadas.

En algunos países el mejorador está encargado de producir la semilla básica de las variedades producidas por él y también se le encomienda la multiplicación de semilla de variedades introducidas. En este caso, la eliminación de plantas fuera de tipo (aquellas que difieren del resto de la población en cuanto a altura, floración, tipo de grano o de planta, etc) se facilita, ya que él es quien conoce mejor las características inherentes de cada variedad. Las fallas en el mantenimiento de la pureza en la semilla genética o básica, complican bastante el proceso de mantener la pureza de la variedad en las generaciones siguientes (5).

Con el fin de facilitar la identificación y eliminación de las plantas fuera de tipo y de las mezclas varietales, la semilla básica de arroz en Colombia y otros países se viene produciendo por el sistema de transplante, utilizando una sola planta por sitio. Esto resulta además en un ahorro significativo en la cantidad de semilla genética requerida por unidad de área, lo cual permite obtener mayor volumen de semilla y un mejor control de pureza.

Es muy importante disponer de un suministro permanente y adecuado de semilla básica porque de lo contrario el ciclo de multiplicación de las categorías registrada y certificada se rompe, con los consiguientes perjuicios para los productores y agricultores. Debe mantenerse cierta reserva de semilla básica como protección contra imprevistos en el campo.

CONSIDERACIONES SOBRE LA UNIFORMIDAD Y PUREZA DE LAS VARIEDADES.

El especialista en semillas desea que la variedad sea, lo más pura y homogénea posible, ya que ello facilitaría sus labores de inspección y enseñanza a los productores de semilla. Sin embargo, la situación real es algo diferente. El mejorador se encuentra bajo una gran presión para nombrar y entregar, lo más pronto posible, cualquier línea superior que tenga en sus manos (5). Por otra parte, el mejorador está más interesado en el comportamiento, estabilidad y rendimiento de una variedad, y para él cierta variabilidad genética en el material no es muy grave.

La gran mayoría de las variedades modernas de arroz proceden del cruzamiento de dos o más progenitores, los cuales difieren en muchos pares de genes. Las variedades resultantes distan mucho de ser "una línea pura" ya que cierta segregación residual permanece escondida en la variedad (4,8). El grado de pureza genética está relacionado con la intensidad de la selección practicada y la purificación hecha en las etapas de multiplicación. Sin embargo, Chang (4) reconoce que aún variedades muy puras pueden mostrar signos de segregación cuando son cultivadas en un ambiente diferente, o aún, en un semestre distinto. Este tipo de segregación debida a la influencia del medio ambiente se puede expresar como cambios en la época y modo de la floración, altura de la planta, exerción de la panícula, número de panículas, arista, etc., lo cual puede deberse a la interacción entre el genotipo de ciertas plantas con un componente específico del medio ambiente como fotoperíodo, temperatura del aire o del agua, calidad de la luz, precipitación, humedad relativa etc. Esto es, algún factor en el medio ambiente puede inducir la expresión de esa "pequeña segregación residual" que quedó escondida dentro del genotipo de la planta y que no puede ser detectada por el mejorador en sus parcelas de multiplicación. Por ejemplo, bajo las condiciones del IRRI, en Filipinas, la variedad IR 20 era muy uniforme, pero cuando se sembró en un medio ambiente en donde el fotoperíodo era diferente entonces aparecieron plantas precoces y tardías (4).

En el caso nuestro, ya se indicó que en las parcelas de ensayos de rendimiento o en los surcos pedigree correspondientes a cada línea promisoria, se selecciona un determinado número de panículas para multiplicarlas y obtener la semilla genética de la futura variedad. Esas panículas proceden de varias plantas las cuales, aún cuando se encuentran en geraciones F8 o F9 y prácticamente lucen muy similares, sin embargo, pueden diferir en alguna característica no visible en ese momento pero que más tarde debido a la interacción con un medio ambiente distinto puede expresarse ocasionando la aparición de "plantas fuera de tipo".

Según Delouche (5) esas plantas "fuera de tipo" no afectan el comportamiento general de la variedad. Sin embargo, pueden darle un aspecto feo al campo de multiplicación, y entonces representan un problema para el especialista en semilla, principalmente porque él no siempre sabe cuando una planta "fuera de tipo" es característica o no de la variedad. De ahí que la relación entre el mejorador y el especialista de semilla es muy importante y necesaria en este aspecto.

Recomendaciones.

La obtención de variedades mejoradas requiere esfuerzos ingentes por parte de los mejoradores y sus auxiliares; además, es una labor continua que requiere dedicación, tiempo y buenas facilidades. En otras palabras, es muy costoso producir nuevas variedades. Es obvio esperar que estos materiales sean manejados adecuadamente para evitar mezclas o contaminaciones que rebajen su calidad. Un programa de certificación de semillas garantiza que la multiplicación de esas variedades se realice cumpliendo ciertas normas.

La semilla básica es un material de alta calidad producido con la mayor atención y cuidados posibles. Sin embargo, es fácil que esa semilla se contamine inadvertidamente durante el proceso de multiplicación o de beneficio y es posible también que esa contaminación escape al control del laboratorio. Es físicamente imposible examinar detenidamente cada planta de arroz en un lote de multiplicación o analizar todos los granos en un lote de semilla. De ahí que se proceda a muestrear dicho lote; aún así, varias muestras de un mismo lote pueden dar resultados distintos. Un productor de semillas debe estar consciente de esta situación y debe hacer las descontaminaciones que sean necesarias para no sobrepasar las tolerancias exigidas por certificación.

La semilla básica es costosa y por ende, debe manejarse en la mejor forma posible y debe ser entregada para su multiplicación únicamente a agricultores calificados y progresistas que posean todas las facilidades para ello. Se prefiere que sea multiplicada mediante el sistema de transplante dadas las ventajas que representa, sobre todo en la facilidad de revisar y descontaminar el lote. Por otra parte, la multiplicación de un kilo de semilla mediante este sistema produce mayor cantidad de semilla que cualquier otro sistema, según se puede apreciar el Cuadro 1 tomado de González (7).

Cuadro 1. Rendimiento (Kg/ha) calculado de arroz cáscara seco usando la variedad CICA 8 bajo riego, CIAT 1978.

Sistema de siembra	Densidad de Siembra kg/ha	Rendimiento Cáscara seco kg/ha	Relación de multiplicación semilla:cosecha kg
Semilla seca en suelo seco	150	6.500	1 : 43.3
Semilla pregerminada en suelo fangueado	80	7.500	1 : 93.7
Transplante en suelo fangueado	20	7.800	1 : 390.0

BIBLIOGRAFIA

1. Allard, R.W. 1966. Principles of Plant Breeding. John Willy and Sons. New York, 485 p.

2. Brigge, F.H. y P.F. Knowles.1967. Introduction to Plant Breeding. Reinhold Pub. Corp. New York. 426 p.

3. Carter, A.S. 1965. Un puñado de semillas. Curso Internacional de Adiestramiento sobre el Mejoramiento de Semillas en Latinoamérica. Campinas. Brasil. EN: Delouche, J.C. 1979. Programas de semilla genética y básica. Segundo Curso Intensivo de Adiestramiento en Tecnología de Semilla. CIAT. Cali, Colombia. Abril 18-Mayo 23 de 1979.

4. Chang, T.T. 1976. Manual on Genetic Conservation of Rice Germplasm for Evaluation and Utilization. IRRI. Filipinas. 77 p.

5. Delouche, J.C. 1979. Programas de semilla genética y básica. Segundo Curso Intensivo de Adiestramiento en Tecnología de semillas. CIAT. Cali, Colombia. Abril 18-Mayo 23 de 1979.

6. Ferguson, J.E. 1985. An overview of the release process for new cultivars of forages. In press: Seed Science and Technology.

7. González, J. 1979. Multiplicación y Mantenimiento de Semilla Genética y Básica de arroz. Segundo Curso Intensivo de Adiestramiento en Tecnología de Semilla. CIAT. Cali, Colombia. Abril 18- Mayo 23 de 1979.

8. Jennings, P.R., W.R. Coffman and H.E. Kauffman. 1979. Rice Improvement. IRRI. Filipinas. 186p.

9. Khus H, G.S. 1978. Disease and Insect Resistance in Rice. Adv. in Agron. 29: 265-341.

PRODUCCION Y BENEFICIO DE SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ

J. González, J. Douglas y O. Arregocés

Las semillas constituyen la base y el elemento más importante en la producción agrícola, por ser ellas las portadoras del potencial para obtener altos rendimientos y frutos de buena calidad.

Para que las semillas sean un elemento básico de prosperidad, la agricultura moderna cuenta con un sistema, la certificación de semillas, que garantiza el mantenimiento de la pureza e identidad genética de las variedades mejoradas, obtenidas por los fitomejoradores.

En este artículo se expondrán los mecanismos legales y técnicos que sirven de base a los programas de producción y beneficio de las semillas certificadas de arroz, con el objeto de documentar a los interesados en la organización y ejecución de dichos programas.

Para alcanzar ese objetivo se definen las diferentes clases de semillas y sus características fundamentales, la función de cada uno de los grupos que intervienen en la producción de semillas certificadas; se enuncian las normas legales y técnicas referentes a los terrenos, la siembra, el cultivo, la cosecha y el beneficio de las semillas, así como también las de su almacenamiento, transporte y distribución.

ASPECTOS GENERALES DE LA PRODUCCION DE SEMILLA

Definición.

La certificación de semillas es un sistema integrado, en el cual las semillas de variedades mejoradas, de un determinado cultivo, se siembran bajo ciertas normas que incluyen la supervisión de los lotes y las pruebas de calidad de las semillas, para asegurar su sanidad, identidad y pureza genética, antes de ponerlas a disposición de los agricultores.

Clases de semillas.

Las semillas de arroz que se siembran en campos seleccionados para certificación, generalmente están clasificadas en cuatro grupos:

a) Semilla genética
b) Semilla básica
c) Semilla registrada
d) Semilla certificada

Semilla genética

Es la que ha sido producida y controlada por el fitomejorador o genetista y es la fuente de la cual se obtiene la semilla básica. Es la clase de semilla más pura y se produce en pequeñas cantidades. También se la conoce como semilla de fundación.

Semilla básica

Esta semilla se produce, a partir de la semilla genética, en estaciones experimentales o fincas estatales, bajo riguroso control para mantener la identidad y pureza genética, y sirve como fuente para la producción de las categorías certificadas. Su producción es normalmente supervisada o directamente hecha por el mejorador.

Semilla registrada

Se obtiene a partir de la semilla básica. Puede ser producida en fincas estatales o privadas y debe responder a las normas de calidad establecidas por la entidad oficial de certificación de semillas.

Semilla certificada

Es la descendencia de la semilla registrada. En élla se mantienen la identidad genética y la pureza exigidas por la Entidad de Certificación de semilla.

Características fundamentales de las semillas.

Las cuatro clases de semilla deben tener las siguientes características fundamentales:

- Identidad varietal
- Pureza física
- Sanidad y
- Capacidad para germinar

La identidad varietal significa que una semilla debe reproducir exactamente en la progenie las características genotípicas y fenotípicas de la planta original.

La pureza física es otro concepto básico que, entre otras cosas, implica que la semilla debe estar limpia y libre de materias extrañas.

La sanidad de la semilla se refiere a que debe estar libre de plagas y agentes patógenos.

La capacidad para germinar es un factor importante. Las semillas al sembrarse en condiciones apropiadas, deben tener la capacidad para dar origen a nuevas plantas que sean capaces de desarrollarse y producir buenos frutos.

ACCION DE LOS GRUPOS QUE INTERVIENEN EN UN PROGRAMA DE CERTIFICACION

En un programa de Certificación deben participar los organismos encargados de la investigación agrícola, los organismos oficiales responsables de vigilar la producción de las semillas, las empresas productoras de semillas, los que intervienen en su distribución y los agricultores organizados que participan en la producción y el empleo de las

semillas (Figura 1). De estos organismos, el oficial, necesariamente designado por el Estado, prepara la legislación, vigila el funcionamiento del programa y tiene todas las atribuciones que le otorga la ley para garantizar buenos resultados en la producción.

La investigación.

La investigación agrícola oficial, los centros privados de investigación y los técnicos particulares que se dedican al mejoramiento, son los creadores de las nuevas variedades y producen las recomendaciones técnicas que hacen posible obtener con ellas altos rendimientos.

La Entidad Certificadora.

El papel de la Entidad Certificadora es decisivo, pues la ley de certificación de semilla le encarga que sea la responsable de su cumplimiento. El organismo que la ley designe será el que coordine todo el sistema de certificación y lo lleve a un buen término; sus funcionarios efectuarán las inspecciones y los controles de registro, certificación, multiplicación y distribución de las semillas, bien sea que estas actividades sean realizadas por otros organismos oficiales o por particulares y actuarán como "ministros de fé".

Los productores.

El productor de semilla no puede ser ocasional, pues para ser efectivamente productor debe contar con las características morales, técnicas y financieras que le permitan efectuar oportunamente todos los trabajos que su función le exija y los que la Entidad Certificadora le indique.

Los Distribuidores.

El distribuidor tiene la obligación, ante el comprador, de ofrecer un producto de buena calidad. La semilla certificada le brinda esa posibilidad y si cumple las normas de almacenamiento y transporte requeridas por la Entidad Certificadora.

Los agricultores organizados.

Los agricultores organizados disminuyen los riesgos al utilizar semillas certificadas, y deben comunicar sus problemas a los otros grupos del sistema.

NORMAS LEGALES DEL PROGRAMA DE CERTIFICACION DE SEMILLAS DE ARROZ

Para que el sistema de certificación actúe efectivamente, es necesario que exista una legislación que permita llevar a cabo acciones y controles, que premie o sancione y que cree una actividad estable y la proteja. Esta legislación, que en muchos países se llama "Ley de Semillas", reglamenta la producción y entrega de materiales genéticos y básicos de semillas mejoradas a los productores oficiales o particulares y su multiplicación, dando así origen a la certificación de semillas.

Figura 1. Grupos que intervienen en un programa de certificación de semilla de arroz.

El organismo encargado por el Estado para ejecutar le ley de semilla, establece los requisitos mínimos para la producción de semilla certificada de arroz.

Requisitos para ser productor de semilla certificada de arroz.

Los requisitos específicos para ser productor de semilla certificada de arroz difieren de un lugar a otro. Sin embargo, en general, son necesarios estos pasos:

- Comunicar el interés en ser productor de semilla certificada de arroz, por medio de una solicitud a la Entidad Certificadora.

- Acreditar información sobre cómo se efectuará la producción, el beneficio, el almacenamiento y venta de la semilla.

- Suministrar información en relación con las variedades y las clases de semilla que se desea producir y el área en donde se va a producir.

Si el peticionario reune los requisitos, la Entidad Certificadora le otorgará la autorización como productor de semilla certificada de arroz.

Materiales autorizados para certificación.

Son materiales de certificación las variedades comerciales de arroz inscritas en la Entidad Certificadora y aprobadas por ésta. Para efectos de certificación se admiten semillas básicas, registradas y certificadas.

Requisitos del lote.

Los requisitos que se deben llenar para la certificación de un campo de arroz son en primer lugar, inscribirlo ante la Entidad Certificadora. El formulario de solicitud de certificación debe proporcionar la siguiente información: clase y origen de la semilla a multiplicar, ubicación y área del campo; fecha aproximada de siembra y datos sobre la siembra anterior en dicho campo (historia del lote).

Los campos de arroz para certificación deben sembrarse sólo con semilla genética, básica, o registrada y no con semilla comercial. Además estos campos pueden haber sido sembrados con otros cultivos pero no con arroz de variedad diferente a la que es objeto de certificación, durante la cosecha anterior o períodos inmediatos. Puede aceptarse un campo que en el ciclo anterior de producción haya sido sembrado y aprobado para certificación con la misma variedad de arroz. Para comprobar su procedencia la Entidad Certificadora puede exigir los documentos que estime necesarios.

Aislamiento y ubicación

El campo de producción de semilla certificada debe en primer término tener fácil acceso, de manera que permita las inspecciones necesarias y facilite el manejo y cosecha oportunos.

Cada campo de multiplicación de semilla debe constituir una unidad de

certificación claramente separada de otras por cercas, caminos o canales. Se sugieren las siguientes distancias de aislamiento de los campos de arroz, vecinos al campo de multiplicación, según el sistema de siembra y el equipo utilizado.

Siembra por transplante o en hileras con sembradora: 10 metros.

Siembra al voleo con equipo terrestre: 15 a 20 metros.

Siembra con avión cuando se realiza volando paralelo al campo de producción: 50 metros.

Siembra con avión cuando se efectúa en ángulo de 90 grados con el campo de producción: 400 metros.

Por otra parte el equipo utilizado en la siembra debe estar en perfecto estado de limpieza completamente libre de semillas de arroz.

Empaque y Marbete

Los sacos o recipientes para semilla certificada deben ser nuevos, limpios, aprobados por la Entidad Certificadora y debidamente identificados.

Cada saco o recipiente de semilla certificada debe identificarse con un marbete de color indicativo de la clase de semilla contenida, de acuerdo con las siguientes convenciones:

- Semilla básica : marbete de color blanco
- Semilla registrada: marbete de color rosado
- Semilla certificada: marbete de color azul

Este marbete es suministrado exclusivamente por la Entidad Certificadora y lleva toda la información que ésta considera necesaria.

El control de Calidad.

El productor de semilla facilitará al representante de la Entidad Certificadora la toma de una o varias muestras que se denominarán "muestras oficiales" y el resultado del análisis de éstas se denominará "análisis oficial".

El productor podrá tomar muestras de sus semillas y analizarlas en laboratorios oficiales o privados, pero sus resultados sólo podrán ser usados para su información personal y no para fines de certificación.

PROCEDIMIENTOS TECNICOS EN UN CULTIVO PARA CERTIFICACION

Los campos destinados para certificación deben ser manejados en forma diferente a lotes o campos comerciales, ya que en ellos se debe conservar la pureza, la sanidad y la identidad varietal del cultivo.

Inspecciones de campo

Estos campos deben ser inspeccionados por un representante de la entidad de certificación, el cual tendrá bajo su responsabilidad hacer cumplir las normas de certificación. Se les conoce como inspectores de campo. Solamente aquellas personas adiestradas en esta labor y calificadas por la Entidad Certificadora, podrán hacer las inspecciones. El inspector conoce las características de la variedad que va a inspeccionar, tiene habilidad para reconocer las enfermedades, insectos o malezas que puedan disminuir la calidad de la semilla. Debe estar capacitado para orientar al agricultor sobre prácticas culturales especiales requeridas para la producción de semillas, sobre las precauciones necesarias durante la recolección, secado y almacenamiento de la semilla cuando él deba realizarlo. En resumen puede decirse que el inspector de campo es quien aplica las normas exigidas por la Entidad Certificadora y es capaz de interpretar las reglas y requerimientos de las leyes. Tiene autoridad total para rechazar los campos que no cumplen con los requisitos que exige la ley.

Para realizar una eficiente labor el inspector de campo necesita contar con transporte adecuado, formularios con el nombre del productor, variedad y ubicación de cada campo, copia de las Normas de Certificación y material para escribir (libretas y sobres oficiales).

Epocas de visita

La primera visita de inspección oficial debe efectuarse antes de la siembra o dentro de los primeros treinta días del período vegetativo si el campo ya ha sido sembrado para certificación. En élla se determinan:

La localización y extensión del lote; los cultivos efectuados en él durante los dos años anteriores (historia del lote); el aislamiento requerido; el origen de la semilla sembrada y la germinación y estado general del cultivo.

La segunda visita puede realizarse entre los 50 y 80 días. En ésta debe observarse: presencia de malezas; plantas de otros cultivos; mezclas varietales y ataque de plagas o agentes patógenos.

La tercera visita se efectúa entre los 100 días y la recolección; en élla se determina si las recomendaciones de la segunda visita se cumplieron, y además se puede detallar mejor los factores observados en la segunda visita, especialmente en lo referente a mezclas varietales. Con base en las observaciones realizadas, se procede a dar las recomendaciones que se consideren necesarias para que se pueda aprobar el campo y utilizar la semilla como certificada.

Procedimiento de campo

En cuanto a la metodología de inspección ésta debe seguir los siguientes pasos:

1. Informar a los agricultores o su representante con anticipación, para que puedan estar presentes durante la inspección de sus campos.

2. Recorrer la mayor superficie posible del campo inscrito.

3. Inspeccionar todas las esquinas y áreas potencialmente problemáticas

4. Examinar los campos adyacentes para observar si éstos pueden ser fuentes de contaminación

5. Verificar que el campo esté completamente aislado de otros campos, y

6. Entregar al agricultor copia de las recomendaciones hechas con base en las inspecciones de campo y explicarle claramente si se requiere alguna práctica cultural para la aprobación del campo.

Para efectuar la inspección se puede seguir cualquiera de las siguientes técnicas de muestreo que se ilustran en la Figura 2. Puede realizarse al azar, en caracola siguiendo las manecillas del reloj, en diagonales y muestreo alrededor del campo.

Al entrar en el lote debe primero identificar la variedad. Luego para determinar la pureza varietal, inspeccionar las plantas del cultivo en los tres aspectos diferentes citados a continuación:

a) Si la fecha de floración es la misma para todo el campo, para recomendar la eliminación de aquellas muy precoces o tardías.

b) Si la altura de las plantas es uniforme. Localice aquellas plantas que tienen diferente altura y distinta apariencia y ordene su eliminación para evitar que se mezclen a la maduración con la semilla certificada.

c) Si la fecha de madurez de las plantas de arroz es uniforme. Cuando la mayoría de éstas ha llegado a la etapa de madurez, se deben eliminar las pocas plantas que tengan panículas verdes.

Las siguientes características de la planta pueden ayudar en la identificación de las variedades: macollamiento; resistencia al volcamiento o acame; longitud y anchura de las hojas; coloración de las hojas y de los tallos; presencia o ausencia de vellos en las hojas; longitud y forma de la panícula; coloración de la cáscara y porcentaje de desgrane; ángulo de la hoja bandera y la exerción de la panícula; presencia o ausencia de arista y pelos en los granos, además de otras características como longitud, anchura y color de la cáscara. Las Figuras 3 y 4 muestran diferentes formas de panículas y tipos de grano.

Otra característica que también puede observarse es el color del estigma al iniciarse la floración, que puede ser blanco, verde, amarillo o púrpura.

Responsabilidades del agricultor

El agricultor tiene la responsabilidad de estar presente cuando se

Figura 2. Forma como se puede efectuar la inspección de un arrozal.

Figura 3. Diferentes formas de panícula.

Figura 4. Diferentes formas de granos de arroz.

efectúan las inspecciones de su campo. Además él debe efectuar la limpieza o erradicación de las plantas diferentes a la variedad, las enfermas, las malezas y controlar los otros factores de la producción, como fertilización, manejo del agua, control de insectos y de malezas.

Control de malezas.

Las malezas, en los campos para semillas, constituyen uno de los principales problemas de la producción de semillas. Además de competir con el cultivo por los diferentes factores de producción, afectan la calidad de la semilla y pueden generar su rechazo para certificación, aparte de su efecto sobre el rendimiento del cultivo.

Las semillas de malezas que tienen poca diferencia en forma o peso, con las semillas de arroz, son difíciles de separar por medios mecánicos y se constituyen en plagas importantes del cultivo. p.e. el arroz rojo es una de las malezas más nocivas en el cultivo y no puede separarse de él. Otras malezas nocivas son : Stenotaphrum secundatum, Rottboellia exaltata, Ischaemun rugosum, etc.

Las semillas de algunas malezas comunes como Echinochloa spp., Leptochloa filiformis y Digitaria sanguinalis, son fáciles de separar de las semillas de arroz con equipos adecuados y bien calibrados por lo cual no son factor de rechazo cuando están presentes con la semilla proveniente del campo.

Sanidad de los campos.

En la actualidad, los diversos institutos nacionales e internacionales intercambian semillas de nuevos materiales para probar su capacidad de rendimiento en diversos sistemas agroecológicos, por lo cual es esencial que estas semillas estén libres de agentes patógenos, para evitar la diseminación de las enfermedades.

Las enfermedades del arroz que posiblemente son transmitidas a través de la semilla son "carbón de grano" (Tilletia barclayana) y el "falso carbón" (Ustilaginoidea virens), pero éstas no tienen importancia económica actual, ni requieren medidas específicas de control en este continente.

El " Brusone" (Pyricularia oryzae), muy diseminada en Latinoamérica y la mancha marrón (Helminthosporium oryzae), son enfermedades cuya transmisión por semilla es mínima.

COSECHA Y BENEFICIO DE LAS SEMILLAS CERTIFICADAS

Cosecha

La cosecha de la semilla de arroz debe efectuarse cuando haya alcanzado su madurez de campo, es decir después que haya logrado su madurez fisiológica.

La madurez fisiológica se refiere al punto en el ciclo de maduración en el cual se obtiene una semilla completamente desarrollada, el grano se torna cristalino. Todos los procesos biológicos han alcanzado a su mayor

nivel y las semillas son funcionalmente activas y maduras. Sin embargo, a este nivel, el contenido de humedad es suficientemente alto, entre 35-50% dependiendo de la especie y variedad, lo que impide una cosecha exitosa y un manejo suficiente.

La madurez de campo (o de cosecha), por otra parte, es aquel punto en el ciclo de maduración en el cual la semilla se equilibra con las condiciones ambientales a las cuales está expuesta. Este no es un verdadero proceso de desarrollo, sino mas bien un proceso mecánico debido a que la semilla cede su humedad a un ambiente con una humedad relativa y temperatura específicas. La humedad del grano para la cosecha debe ser de 15 a 22%.

El lapso entre siembra y cosecha depende de la variedad. En las variedades comerciales en América Latina, fluctúa entre 100 y 150 días. Es importante que los agricultores recuerden que el campo debe estar previamente inspeccionado antes de efectuar la cosecha.

Cuando la cosecha se realiza mecánicamente es necesario que la combinada esté perfectamente limpia. Se recomienda descartar los tres a cinco primeros bultos que salgan de la máquina y a veces el borde de cada lote si su madurez es desuniforme. Cuando se trilla o desgrana a mano, se debe limpiar cuidadosamente el equipo utilizado para esta labor.

Proceso de la semilla en la planta de beneficio.

Las semillas, tal como salen del campo no están en las condiciones requeridas para la siembra, por lo cual se deben someter a un proceso que les permita alcanzar sus condiciones óptimas de pureza y calidad.

En la planta de acondicionamiento se procede a la toma de muestras para determinar el contenido de humedad y pureza física según se presenta en el diagrama de la Figura 5.

Prelimpieza

El objetivo de esta labor es eliminar las impurezas de mayor tamaño que puedan ocasionar un mal secamiento, debido a la formación de bolsas de aire. La prelimpiadora funciona a base de mallas y corrientes de aire.

Secamiento

En el secamiento se elimina parte de la humedad que tiene la semilla, con el objeto de protegerla del ataque de hongos e insectos, durante el tiempo de almacenamiento. El secamiento implica un aumento de la temperatura y una disminución de la humedad alrededor del grano, lo cual hace que éste pierda humedad.

Hay varios sistemas de secamiento de las semillas. Los más comunes son el de silo y el de túnel. Ambos consisten en hacer circular aire a temperatura ambiente, si la humedad relativa es baja, o aire caliente, a través de la masa de semilla.

Figura 5. Diagrama del proceso de beneficio de las semillas.

La humedad adecuada en la semilla de arroz es de 12%, a la cual se inhiben en alta proporción los procesos metabólicos de la semilla y le permiten permanecer almacenada durante períodos largos sin deteriorarse. En el trópico, sin embargo, la humedad de la semilla se estabiliza alrededor del 14% de humedad (base húmeda).

Clasificación

La clasificación consiste en separar las semillas de arroz de un mismo diámetro y longitud, de materiales tales como impurezas, semillas de malezas, de otros cultivos, o de distintas variedades, por la acción combinada de zarandas, cilindros alveolados o discos.

Tratamiento

Una vez que las semillas han sido aprobadas por la Entidad Certificadora, son tratadas con una mezcla de fungicida e insecticida, con el objeto de evitar el ataque de insectos y agentes patógenos durante su almacenamiento y primeros estados de crecimiento del cultivo.

Empaque y marbete

La semilla se debe empacar en sacos nuevos con el fin de que no exista la posibilidad de contaminación. En cada uno de éllos debe aparecer en forma fácilmente visible la siguiente información:

Nombre del productor, variedad, clase de semilla, la leyenda : "NO APTA PARA CONSUMO" y el nombre genérico de la sustancia utilizada en el tratamiento. En la parte superior de los sacos se debe adherir el marbete suministrado por la Entidad Certificadora, en el cual están detallados los requisitos mínimos que garantizan la calidad de la semilla, clase e identificación del material contenido, productor y fecha de análisis.

Almacenamiento

Las semillas se deben almacenar en lugares cuyas condiciones de humedad y temperatura permitan conservar su calidad durante el mayor tiempo posible. Una instalación destinada para almacenamiento de semillas de arroz debe estar bien situada, sólidamente construída, seca, aireada, con buena luz y ser de fácil limpieza.

La temperatura de almacenamiento es un factor importante, ya que la actividad biológica y el ataque de hongos aumentan cuando la temperatura asciende. Observemos en el Cuadro 1 el tiempo de vida de la semilla almacenada, a diferentes contenidos de humedad y a temperaturas que no excedan de 32 grados centígrados.

Los niveles de humedad de la semilla a los cuales empiezan los peligros en el almacenamiento se presentan en el Cuadro 2.

Supervisión a plantas de acondicionamiento.

La Entidad Certificadora, a través de un representante, debe supervi-

sar las plantas de acondicionamiento con los siguientes objetivos:

- Exigir el cumplimiento de las normas sobre tratamiento, empaque y almacenamiento.
- Evitar la comercialización de materiales que no reunan los requisitos exigidos, o cuyos resultados de análisis se desconozcan.
- Evitar que se procesen materiales que no se han supervisado en el campo o que han sido rechazados allí.
- Controlar los volúmenes procedentes del campo.
- Controlar las existencias de semillas básicas registradas.
- Supervisar o realizar la toma de muestras para la evaluación de la calidad de la semilla.

Cuadro 1. Tiempo de vida de la semilla almacenada a diferentes contenidos de humedad y a temperatura que no exceda de 32°C[1]/.

Contenido de humedad	Tiempo de almacenamiento
11.13 %	6 meses
10.12 %	1 año
9.11 %	2 años
8.10 %	4 años

[1]/ Harrington J. y Douglas J. (1970)

TRANSPORTE

Las semillas certificadas no siempre se utilizan en el mismo lugar donde se benefician, por lo cual requieren que se les transporte. Las condiciones bajo las cuales se transportan pueden ser críticas, si el transporte dura varios días, y si tanto la temperatura como la humedad relativa son altas. En este caso se recomienda reducir el tiempo de

transporte o proveer las condiciones que minimicen el efecto de la temperatura y de la humedad relativa.

DISTRIBUCION

Generalmente, las semillas que cumplen las normas de certificación también necesitan ser almacenadas por el distribuidor durante un período corto o largo de tiempo. Estas semillas deben ser inspeccionadas por un representante de la Entidad Certificadora, quien puede rechazar el lote como semilla certificada por cualquiera de las siguientes causas:

a) Si las instalaciones de almacenamiento no se han limpiado antes de almacenar la semilla.

b) Si las instalaciones no están en capacidad de mantener la semilla seca y de protegerla contra la humedad, contra el ataque de hongos, insectos, ratones y pájaros.

c) Si las semillas han perdido su poder de germinación.

d) Si existe deterioro en los empaques o alguna alteración en los marbetes.

Cuadro 2. Niveles de humedad de la semilla a los cuales empiezan los peligros en el almacenamiento. [1]/

Humedad encima del 40.60%	Empieza la germinación
Más del 18-20%	Ocurre el calentamiento
Más del 12-14%	Se inicia crecimiento de hongos
Más del 10-12%	Almacenamiento en empaques plásticos no es seguro
Más del 8-9%	La actividad de los insectos se multiplica sobre este nivel.

[1]/ Harrington J. y Douglas J. (1970).

BIBLIOGRAFIA

Cheaney, R.L.y Jennings, P.R. 1975. Problemas en cultivos de arroz en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Serie GS-15.

Cheaney y Sidney B. Da Rocha. 1972. Guía para la producción y certificación de semilla de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

García, E. 1977. Producción de semilla certificada de arroz. Arroz Vol. 26 No. 284.

Harrington, J.F. and Johnson Douglas. 1970. Seed storages and packaging applications for India. Pub. National Seeds Corporation in Crop with the Rockefeller Foundation. New Delhi.

CONTROL DE CALIDAD DE LAS SEMILLAS DE ARROZ EN EL LABORATORIO

E. Burbano O.

La determinación de la calidad en el laboratorio mediante la utilización de diferentes pruebas, es importante en la producción de semillas genética, básica y certificada, evitando los efectos adversos que pueden presentarse en la introducción de nuevas variedades que no cumplen con todos los requisitos.

El control de calidad para las dos primeras categorías de semillas debe ser muy estricto, ya que cualquier falla en la observación de mezclas varietales o malezas, puede traer graves consecuencias en los pasos siguientes de multiplicación.

Toma de muestras

Las muestras para efectuar el análisis de calidad se deben tomar en la planta de beneficio, una vez finalizado el proceso de clasificación, antes de iniciar el tratamiento de las semillas, y durante el almacenamiento de reposo.

La muestra para un análisis oficial debe ser tomada por un inspector de la entidad certificadora. Cuando se trata de semilla genética, o de un control de calidad interno, el muestreo lo puede hacer el mismo genetista, o el encargado del laboratorio de la entidad productora. La muestra oficial va al laboratorio en un recipiente cerrado, para evitar el efecto de los cambios en su contenido de humedad. Al recibir la muestra en el laboratorio se la numera, de acuerdo con el orden de llegada, y se anotan en el libro de entrada todos los datos necesarios, para identificar adecuadamente el lote de semillas del cual se tomó la muestra. Todas las técnicas de muestreo se hacen de acuerdo a las normas del ISTA.*

PROCEDIMIENTOS EN EL LABORATORIO

Una de las prácticas rutinarias en el laboratorio, una vez recibida la muestra, es su homogenización que consiste en mezclarla de tal manera que el material de donde se toman las submuestras sea completamente uniforme. En arroz se puede usar para homogenizar un divisor centrífugo del tipo Gamet.

La otra práctica es la obtención de submuestras a partir del material homogenizado, del cual se toman 400 grs, para el análisis de pureza, 40 grs para guardar en el archivo como testigo y 100-200 grs para la determinación del contenido de humedad, dependiendo del método o equipo que se vaya a utilizar.

Una vez obtenida las submuestras, se procede al análisis de las

*International Seed Testing Association

mismas, que comprende tres pasos fundamentales: determinación del contenido de humedad de la semilla, análisis de pureza y análisis de viabilidad.

Determinación del contenido de humedad de la semilla

Al hablar del contenido de humedad, ya sea de la semilla o de los granos en general, se trata únicamente del agua adherida físicamente y no se considera el agua de composición. El contenido de humedad se puede expresar en dos formas: en base seca y en base húmeda. Normalmente al referirse al contenido de humedad de las semillas se hace en base húmeda (proporción de agua del peso total). Para el arroz, la ISTA recomienda utilizar un horno para determinar la humedad. Se colocan en la estufa dos muestras molidas de 4 a 5 grs., a una temperatura constante de 130 a 133°C por dos horas, tiempo suficiente para eliminar el agua. Luego se procede a calcular el porcentaje de la fracción de peso perdido. Cuando la muestra tiene más de 13% de humedad, se recomienda el presecado antes de molerla.

También se emplean para determinar la humedad del grano, métodos indirectos de medida que utilizan la constante dieléctrica; entre estos determinadores se conocen el Steinlite, el Burrows, el Motomco, entre otros.

Análisis de pureza

El objetivo del análisis de pureza es determinar: la composición en peso de la muestra que se procesa, y por consiguiente, la composición del lote de semilla y la identidad de las distintas fracciones que constituyen la muestra.

El análisis de pureza se realiza examinando e identificando cada semilla o partícula de la muestra, clasificándolas luego según las siguientes categorías:

- Semilla pura
- Materia inerte
- Otras semillas, la cual comprende: semillas de otros cultivos y semillas de maleza

Semilla pura: Se considera semilla pura, cualquier espiguilla de arroz con glumas (lema y palea) y cariopside. Esta categoría incluye:

- Semillas maduras no dañadas
- Semillas de tamaño menor que el normal, arrugadas o germinadas
- Pedazos de semilla que tengan más de la mitad del tamaño original del grano; también, semillas afectadas por hongos o atacadas por insectos, excepto cuando han sido invadidas totalmente por hongos o nemátodos
- Cariopsides de arroz con lema y palea removidos
- Semillas de otras variedades de arroz

Materia inerte: Son materia inerte: Pedazos de semilla de arroz, cuyo tamaño sea menor que la mitad del tamaño original del grano; lemas, paleas y granos vacíos o vanos; semillas de malezas sin embrión o sin endosperma;

otros materiales, tales como terrones, piedras, pedazos de tallo, hojas, raíces, flores, cuerpos de insectos, etc.

Para una mayor rapidez en el análisis de pureza, se emplean aparatos de aire, "sopladores", para separar los constituyentes ligeros como pajas y otras fracciones inertes.

Otras semillas: a) Semillas de otros cultivos. Son las semillas enteras o con más de la mitad de su tamaño, de especies diferentes al arroz. Se expresan como número de semillas de otros cultivos por kilogramo de semilla de arroz o en porcentaje. b) Semillas de malezas. Son todas aquellas semillas, bulbos o rizomas, de plantas catalogadas en documentos o reglamentos oficiales como malezas, o reconocidas como tales por los agricultores. Se expresan en número de semillas de malezas por kilogramo de semilla de arroz.

En el análisis de semillas de malezas se deben diferenciar dos tipos:

- Semillas de malezas comunes. Son fáciles de separar y no constituyen riesgopara el cultivo. La mayor parte de ellas son retiradas en el acondicionamiento inicial y la clasificación.
- Semillas de malezas nocivas. Existe en cada país una lista de malezas problema, como el arroz rojo que es una de las malezas más perjudiciales en el cultivo. Algunas de estas malezas pueden ser nocivas en un país pero no en otro, dependiendo de los sistemas de cultivos empleados, o su existencia.

Prueba de germinación

En un análisis de laboratorio se define la germinación como la emergencia y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de aquellas estructuras esenciales que para la clase de semillas que se están ensayando, indican la capacidad de la semilla, para desarrollarse como planta normal, bajo condiciones edáficas y ambientales favorables. En un conteo se deben diferenciar:

Plántulas normales: Representan semillas que tienen la capacidad para producir plantas normales y vigorosas, bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, en un buen suelo o en el laboratorio (Figura 1A). Deben poseer los siguientes órganos:

- Sistema radical bien desarrollado, incluyendo una raíz principal con raíces laterales y las raíces permanentes que nacen en el primer nudo.

- Un mesocótilo intacto y bien desarrollado; tejido adyacente sin mostrar daño.

- Plúmula intacta con una hoja verde bien desarrollada pero poco hendida, dentro o saliendo del coleóptilo.

Además se pueden considerar normales aquellas plántulas con los siguientes pequeños defectos, pero que muestran suficiente vigor y desarrollo en las estructuras esenciales.

- Plántulas con daño superficial o pudrición en el mesocótilo o el cotiledón; este daño debe tener una limitación en área y no afectar el tejido adyacente.

- Plántulas completas que presentan pudriciones causadas por hongos o bacterias, pero en las cuales sea evidente que la fuente de infección no estaba en la semilla.

Plántulas anormales: Son aquellas que, por factores morfológicos o fisiológicos, no pueden producir una plántula normal; les falta una o más de las estructuras esenciales, o sus estructuras están tan dañadas, que tienen afectados los tejidos conductivos del mesocótilo o la raíz.

Tipos de plantas deformes: (Figura 1)

- Tienen raíces primaria corta y atrofiada
- Carecen de raíz primaria o de raíces adventicias
- Carecen de coleóptilo o tienen el coleóptilo atrofiado
- Tienen el coleóptilo y la hoja primaria cortos y gruesos y las raíces cortas y atrofiadas
- Tienen hojas primarias con hendiduras y desarrollo anormal y raíz primaria débil

A continuación se dan las prescripciones para la prueba de germinación en arroz, de acuerdo con las reglas del ISTA: (Cuadro 1)

Cuadro 1. Prescripciones para la prueba de germinación, ISTA, 1976

Sustrato	Temperatura °C	Luz	Primer conteo (días)	Ultimo conteo (días)	Tratamientos
Sobrepapel	20-30	No	5	14	Premojar 24-48 horas
Entrepapel	30	No	5	14	Id.
Arena	25	No	5	14	Id.

Latencia: En la prueba de germinación, para la mayor parte de las variedades modernas, los lotes nuevos no germinan inmediatamente, si no se someten las semillas a tratamientos de rompimiento de latencia por método térmico o químico.

El tratamiento térmico es el mas usado en el laboratorio y consiste en colocar las semillas en una estufa a 50°C durante 3-5 días, dependiendo de la variedad. El tratamiento químico con KNO_3 no presenta los mismos resultados que el tratamiento térmico.

La ventaja de romper la latencia en las pruebas de germinación, es poder dar un resultado real de la germinación del lote analizado, sin esperar su terminación normal que puede tardar hasta dos meses o más.

Cuadro 3. Genealogía de las variedades de arroz nombradas en Colombia desde 1971-1984.

Variedad	No.línea	Cruzamiento	Pedigrí
CICA 4	4	IR 8/ IR 12-178-2-3 IR 8 = Peta/DGWG IR 12 = Monp Ching Van A X I= Gootze	IR 930-31-1-1B
CICA 6		IR 930-2 / IR 822-432 IR 822 = IR 8^2 /PANKHARI 203	P 723-6-3-1
CICA 7	4461	IR 22// F_1(IR 930-147-8/Colombia 1) Colombia 1= Napal/Takao IKU 18	P 881-19-24-12-1B 6-1B
CICA 8	4440	CICA 4// F_1(IR 665-23-3-1/Tetep)	P 918-25-1-4-2-3-1B
CICA 9	4421	IR 665//F_1(IR 841/C 46-15)	P 901-22-11-2-6-2-1B
Metica 1	5006	IR930-53/IR579-160/// IR22// F_1 (IR930-147-8/Colombia 1) IR930-53/IR 579-160///IR 930-31-10// IR 662/Colombia 1	P1035-5-6-1-1-2M
Metica 2	5029	IR 930-53 / IR 579-160 F_1 [IR 930-53/IR 579-160/// IR 22// F1 (IR 930-147-8/Colombia 1)]	P1044-86-5-3-1-2M
Oryzica 1	5738	P 1223/ P 1225 P 1223=IR665-23-3-1/F_1(IR841-63-5 -104-1B)/C4615/ [IR22/F_1(IR 930-147-8/ Colombia 1)] P 1225=IR665-23-3-1/F_1(IR841-63-5-104 -1B) C4615/(IR665-23-3-1/^{2}xTetep)	P1429-8-9M-2-IM-5
Oryzica 2	11643	Bg90-2// CICA 8/CICA 7 Bg90-2= IR262/Remadja	P2023 F4-74-2-1B
IR 22	10	IR 8/Tadukan	

Fuente: ICA, Colombia 1971-1984

Prueba de Tetrazolio (TZ)

El objetivo de este ensayo bioquímico es determinar rápidamente la viabilidad de las muestras de semilla en especies que germinan normalmente con lentitud o que presentan latencia.

En un ensayo bioquímico la presencia de los procesos de reducción, que tienen lugar en las células vivas, se hacen visibles por la absorción de un indicador. El indicador empleado es una solución incolora de una sal de Tetrazolio que es embebida por la semilla. Esta solución penetra en los tejidos de la semilla y toma el hidrógeno liberado por la deshidrogenasa en los procesos de reducción de las células vivas.

Por hidrogenación del cloruro, o bromuro, 2-4-5 Trifenil-tetrazolio se forma en las células vivas una sustancia roja estable y no difusible, llamada Trifenil formazán. De esta forma se pueden distinguir las partes vivas de las semillas, que se colorean en rojo y las muertas, no coloreadas.

En esta prueba se requiere acondicionar las semillas en agua de 8-16 horas y seccionar longitudinalmente, a través del embrión. La interpretación debe hacerse con un aparato de aumento y requiere mucha experiencia del analista.

En la Figura 2 se indican los diferentes estados de coloración que presenta el embrión de la semilla de arroz, para evaluar con TZ la viabilidad de las semillas. El Cuadro 2 analiza a cada uno de los posibles resultados de la prueba.

En forma general se puede recalcar la necesidad, por parte del mejorador, de usar la semilla analizada en el laboratorio o por él mismo. Es por ésto que la semilla genética y básica se debe producir con un nivel consistentemente alto de calidad genética, física, fisiológica y sanitaria.

Para visualizar mejor el control de calidad, en el Cuadro 3 se presentan las condiciones finales que debe reunir la semilla de arroz para su certificación en el laboratorio para las categorías básica registrada y certificada. La categoría de semilla genética o fundación establece los mismos parámetros que básica.

Cuadro 2. Interpretación de la coloración de las semillas en la prueba de Tetrazolio. (Ver Figura 2)

No.	Apreciación visual	Interpretación
1	El embrión se colorea uniforme y completamente	Germinable
2-3	Los extremos del escutelo no se manchan	Germinable
4	La punta de la radícula no se mancha	Germinable
5	Ambos extremos del escutelo no se manchan	Germinable
6	La parte superior y la basal del escutelo no se manchan; la coleorriza y la punta de la radícula no se manchan	Germinable
7	Parte de la plúmula no toma el color	No germinable
8	La parte superior de la radícula no se colorea	No germinable
9	El escudete no se mancha en lo absoluto	No germinable
10	El eje embrionario no se mancha	No germinable
11	La mitad superior del embrión no se mancha	No germinable
12	La mitad inferior del embrión no toma color	No germinable
13	El eje embrionario y la mayor parte del escutelo no se manchan	No germinable
14	El escutelo y la radícula no se manchan	No germinable
15	El embrión se mancha de color rosa muy débil	No germinable
16	Todo el embrión queda sin color	No germinable

Cuadro 3. Condiciones finales que debe reunir la semilla de arroz para su certificación en Colombia (Rubio Bernal y Barreneche,1977)

Determinaciones	Clase de semilla		
	Básica	Registrada	Certificada
Semilla pura (mínimo) %	98	98	98
Materia inerte (máximo)%	2	2	2
Semilla de otras variedades/kg(máximo)	0	2	5
Semilla de otros cultivos/kg(máximo)	0	1	3
Semilla de malezas comunes/kg(máximo)	0	1	4
Semilla de malezas nocivas/kg(máximo)	0	0	2
Semilla de arroz rojo/kg(máximo)	0	1	2
Total de malezas (No./kg)	0	2	8
OTRAS DETERMINACIONES			
Humedad (máximo)%	14	14	14
Germinación (mínimo)%	80	80	80

Figura 2. Criterios para interpretar los resultados obtenidos con la prueba del tetrazol sobre semillas de arroz. Las áreas negras indican coloración y tejido vivo; las áreas blancas representan ausencia de color y tejido muerto.

BIBLIOGRAFIA

Chatterjee, A.; P.K. Sāha; Padija das Gupta, S.M. Ganguly y S.M. Sircar 1976. Chemical Examination of viable and non-viable rice seed. Physiol. Plant 38: 307-308.

Delouche, C.J. et. al. 1971. Prueba de viabilidad de la semilla con Tetrazol; Estación Experimental Agrícola de la Universidad Estatal de Mississipi. Departamento de Agronomía, Mississipi, AID. 45p.

International Seed Testing Association. 1976. International Rules for Seed Testing. Rules 1976. Seed Science & Technology. 4: 3-49.

Jennings, P.R. y Jr. José de Jesús. 1964. Effect of heat on breaking seed dormancy in rice. Crop Science. 4: 530-533

Rubio, E. Bernal, J. y Barreneche, R. 1977. Manual de normas y procedimientos. Instituto Colombiano Agropecuario. División de Semillas,Bogotá.

CARACTERISTICAS DE ALGUNAS VARIEDADES DE ARROZ QUE SE CULTIVAN EN COLOMBIA Y OTROS PAISES DE AMERICA LATINA

E. García Durán

Con el empleo de las variedades enanas de altos rendimientos, se inició en los trópicos la revolución verde en la década del 60. Estas entidades biológicas se convirtieron en el punto central de las nuevas tecnologías de producción (18).

Los esfuerzos colaborativos del Programa de Arroz del CIAT y los programas nacionales de la América Latina que se iniciaron en 1967,han dado sus frutos, y es así como se han nombrado en la región unas 56 variedades enanas hasta 1984 (Cuadros 1 y 2). Estas variedades se cultivan anualmente en aproximadamente 1.5 millones de hectáreas, tanto en riego como en secano moderado y altamente favorecido. Este avance positivo junto con el mejoramiento de las prácticas de cultivo, han hecho posible obtener un promedio de 1 a 2 toneladas más de arroz por hectárea y han permitido que casi todos los países de la región sean autosuficientes en este cereal.

En América Latina, prácticamente todos los países siembran las variedades enanas. Entre los que en mayor proporción de área las cultivan, se destacan Surinam, Costa Rica, Cuba, Panamá y Colombia, con 98-100% de adopción.

COLOMBIA

En 1967 el Programa de Arroz del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, introdujo a Colombia la variedad enana IR 8, de grano medio y altos rendimientos. En 1970 esta variedad ocupaba el 28% del área total sembrada en el país,en riego y secano favorecido (22).

En 1969 el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz de Filipinas, IRRI, nombró la variedad IR 22, la cual fue probada ampliamente en Colombia y empezó a sembrarse comercialmente en 1971. En ese mismo año el programa cooperativo CIAT - ICA, seleccionó su primera variedad enana de arroz, la CICA 4, con la colaboración de la Federación Nacional de Arroceros, Fedearroz. Como características importantes, estas dos variedades tienen porte enano y alta respuesta al nitrógeno en rendimiento de grano. CICA 4 compite mejor a las malezas que IR 22, pero ésta tiene mejor calidad de molinería y cocina que CICA 4.

En 1974 se lanzó CICA 6, variedad de porte enano, que responde bien al nitrógeno en rendimiento de grano, pero su competencia con las malezas es regular y además resultó muy afectada por piricularia en corto tiempo.

El programa cooperativo de arroz CIAT-ICA, buscó nuevos parámetros de selección y es así como en 1976 produjo dos variedades semienanas, CICA 7 y CICA 9, y dos años más tarde en 1978, seleccionó la variedad CICA 8. Las características de estas variedades cambiaron principalmente en la altura

Cuadro 1. Variedades de arroz nombradas por los programas nacionales de México, Centro América y el Caribe a partir de líneas mejoradas de CIAT-IRRI.

Línea	México	Guatemala	Belize	Honduras	Nicaragua	El Salvador	Costa Rico	Panamá	Rep. Dominicana	Jamaica	Cuba
IR 930-31	CICA 4	CICA 4	CICA 4	CICA 4	CICA 4	CICA 4	CICA 4		Avance 72	CICA 4	
IR 930-2-6											Naylamp
IR 160-27-4	Sinaloa A 68										
IR 579-48-1				IR 100	IR 100	IR 100					
IR 665-4-5-5					IR 665						
IR 822-81-2			CR 1113	CR 1113	CR 1113	CR 1113	CR 1113	CR 1113			
IR 837-20-3-6	Bamoa A 75										
IR 837-46-2	Piedras negras A 74										
IR 1529-430-3	IR 1529										IR 1529
P 723-6-3-1	CICA 6	ICTA 6		CICA 6							
4421	CICA 9			CICA 9	Línea 9				ISA 21		
4440	CICA 8	ICTA-Virginia	CICA 8	40	CICA 8			CICA 8	ISA 40	CICA 8	
4440-10		ICTA-Cristina									
4461								CICA 7			
P 1008-8-16-6 - IB-53		Tempisque				Centa A2					
P 1008-8-16-6 - IB-52						Centa A3					
SPR 6726-134 - 2-26	Cárdenas ABO										
4422		Takal 2							ISA 22		
5430								Toc 5430			
4444								44			
P 753-19-1-1 - CR 29							CR 5272				
P 881-19-22-4-1 - IB-18-CR1							CR 201				

Fuente : CIAT, IRTP

Cuadro 2. Variedades de arroz nombradas por los programas nacionales de América del Sur a partir de líneas mejoradas de CIAT - IRRI.

Línea	Colombia	Venezuela	Brasil	Ecuador	Perú	Bolivia	Paraguay	Argentina	Guyana
IR 930-31	CICA 4	CICA 4	CICA 4	INIAP 6		CICA 4	CICA 4		
IR 930-31-10			IRGA 408		Chancay				
IR 930-2-6					Mayimp				
IR 442-2-50					Huallanga				
IR 442-2-58			BR 2						
IR 665-4-5-5			IR 665						
IR 822-81-2							CR 1113		
IR 841-63-5			IR 841					IR 841	
IR 1052									IR 1052
IR 1055									IR 1055(R)
IR 1529-430-3						IR 1529			
IR 8208-146-1			Pesagro 101						
IR 2058-78-1-3-2-3			Pesagro 102						
4461	CICA 7								
P 723-6-3-1	CICA 6	CICA 6				Saavedra V5			
4421	CICA 9	Ciarillanca 1				CICA 9			
4440	CICA 8	CICA 8	INCA 4440			CICA 8	Adelaida 1		
F 1042-2-9-18				INIAP 415					
IR 1529-43-5						Saavedra V4			
P 849-45-1M 40-4-3-1M		Araure 1							
P 799-84-4-1T			IRGA 409						
4444				INIAP 7					
1278			IAC 1278						
P 1982-2-4M-2 1B-5-1-2		Araure 2							
5006	Metica 1								
5029	Metica 2								
5738	Oryzica 1								
11643	Oryzica 2								

Fuente : CIAT, IRTP

de la planta, que aumentó un poco y con menor requerimiento de nitrógeno, manteniendo altos los rendimientos. Además el vigor inicial es mayor en estas variedades, buscando competencia mas efectiva con las malezas. Estos cambios fundamentales entre los dos tipos de variedades, han tenido repercusiones favorables en los costos de producción, con beneficio para el agricultor que sin sacrificar rendimientos, ha disminuído el costo por tonelada producida.

El Programa de Arroz del ICA con la cooperación de Fedearroz en 1980, lanzó dos nuevas variedades Metica 1 y Metica 2 para los Llanos Orientales del país, en riego y secano favorecido; en 1982 seleccionó la variedad Oryzca 1 para riego y en 1984 nombró la Oryzica 2 para cultivos con riego y secano favorecido. Las características mas sobresalientes de las variedades sembradas en Colombia pueden observarse en los Cuadros 3,4, 5 y 6. El impacto de las variedades enanas de altos rendimientos ha sido tal, que casi el 99% del área arrocera de riego y secano favorecido, se siembra con estas variedades. La variedad más cultivada en la actualidad es Oryzica 1.

BRASIL

Según EMBRATER (9), en el Brasil el arroz ocupa el tercer lugar por área y valor de la producción. Se siembra en dos sistemas de cultivo, en secano que corresponde la mayor área y en riego. Las variedades recomendadas en secano para las zonas arroceras de Mato Grosso, Goiás, Piaui y Maranhao son : IAC 1246, IAC-47, Pratao Precoce, IAC-25, IAC-5544, Dourado Precoce, A-19, Bico Ganga, IAC-120 y Lageado (Cuadros 7 y 8). Las variedades para zonas irrigadas del Centro-Oeste y Sub-medio, Sao Francisco y otras son: IR 8, Suvale 1, CICA 4, IR-841, IR-22, IAC-435, IAC 120 y otras.

En el estado de Santa Catarina para el sistema de riego, las variedades se agrupan de acuerdo con sus características agronómicas así (21) : Grupo tradicional, grupo moderno y grupo americano. En el grupo tradicional se encuentran EMPASC 100 e IAC 435 que se caracterizan por presentar porte alto a medio, macollamiento medio, hojas largas y decumbentes, buen vigor inicial, grano largo a medio, pubescente a glabro. La mayor parte de las variedades de este grupo son susceptibles al vuelco, principalmente en tierras con alta fertilidad natural, o cuando recibe dosis altas de nitrógeno. Poseen buena capacidad competitiva con las malezas. En condiciones de buen manejo el potencial de rendimiento es de 5.0 ton/ha. Excepcionalmente alcanzan rendimientos mas altos. En el grupo moderno se incluyen: EMPASC 101, 102, 103, IRGA 408, BR/IRGA 409, BR/IRGA 410 e IR 841. Este grupo de variedades tiene porte bajo a medio, tallos cortos y fuertes, hojas erectas y cortas, grano largo y pubescente. En condiciones de buen manejo alcanzan rendimientos superiores a las 8.0 ton/ha.Son resistentes al vuelco. Cuando se siembran en suelos pobres o medios en materia orgánica, responden a dosis altas de nitrógeno. En el grupo americano se incluyen las variedades Dawn y Lebonnet que se destacan por la excelente calidad de grano.

Figura 1. Estructura de una plántula normal de arroz (A) y de plántulas anormales: B) Carecen de raíz primaria o de raíces adventicias, o están atrofiadas; C) Carecen de coleóptilo o tienen el coleóptilo atrofiado; D) Tienen el coleóptilo y la hoja primaria cortos y gruesos, y raíces cortas y atrofiadas; E) Tienen hojas primarias con hendiduras y desarrollo anormal y raíz primaria, débil.

Cuadro 4. Características de algunas variedades mejoradas de arroz que se cultivan en Colombia

CARACTERISTICAS	CICA 4	CICA 6	CICA 7
Año de selección	1971	1974	1976
Sistema de cultivo	Riego y Secano	Riego	Riego
Período vegetativo (días)	120 - 140	126 - 137	125 - 135
Adaptación altitud (msnm)	0 - 1200	0 - 1200	0 - 1200
TIPO DE PLANTA	Enana	Enana	Semienana
Altura (centímetros)	80 - 100	80 - 100	80 - 117
Vigor en estado de plántula	Bueno	Regular	Bueno
Macollamiento	Bueno	Bueno	Bueno
Tallos	Gruesos fuertes	Gruesos fuertes	Gruesos fuertes
Hojas (posición)	Erectas pubescentes	Erectas pubescentes	Erectas pubescentes
Hojas (color)	Verde claro	Verde oscuro	Verde oscuro
Hojas (maduras)	secan	Se seca el ápice	Se seca el ápice
Hojas (bandera)	Sobresale a la panícula	Sobresale a la panícula	Corta sobresale a la panícula
REACCION A INSECTOS Y ENFERMEDADES			
Sogatodes oryzicolus	Resistente	Resistente	Resistente
Diatraea sp.	Moderadamente resistente	Moderadamente susceptible	Moderadamente susceptible
Hoja Blanca	Moderadamente resistente	Resistente	Moderadamente susceptible
Anaranjamiento	Moderadamente resistente	Moderadamente susceptible	Moderadamente resistente
Pyricularia oryzae	Susceptible	Susceptible	Resistente
Rhynchosporium oryzae	Moderadamente susceptible	Moderadamente susceptible	Moderadamente susceptible
Cercospora oryzae	Resistente	Resistente	Resistente
Helminthosporium oryzae	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Thanatephorus cucumeris. *C. sasaki*	Moderadamente resistente	Moderadamente susceptible	Moderadamente susceptible

Cuadro No. 4. Continuación

CARACTERISTICAS	CICA 4	CICA 6	CICA 7
Vuelco	Resistente	Resistente	Resistente
Desgrane	Moderadamente susceptible	Resistente	Moderadamente susceptible
TIPO DE GRANO CON CASCARA	Blanco amarillento	Blanco amarillento	Habano claro
Largo (milímetros)	8 - 10	9 - 10	9 - 10
Ancho (milímetros)	2, 0 - 3,0	2,9 - 3,0	2,5 - 3,0
Descripción	Largo pubescente	Largo pubescente	Largo pubescente
Peso de 1000 semillas (gramos)	22.5	28.6	27.9
Arista	Puede tener	Puede tener	Semiaristado
Período de reposo (semanas)	2 - 3	6 - 7	6 - 7
CALIDAD DE MOLINERIA	Buena	Buena	Muy buena
Longitud (milímetros)	6.8	6.8	7.2
Ancho (milímetros)	1.9	2.1	1.9
Centro blanco (rango)	0.6 - 3.8	0.4 - 3.0	0.2 - 3.0
Rendimiento total %	70.5	71.8	67.8
Indice de pilada %	66.7	69.0	59.5
CALIDAD CULINARIA	Moderadamente separado	Separado	Separado
Temperatura de gelatinización	Intermedia	Baja	Baja
Contenido de amilosa %	25	29	29
Consistencia de gel	Intermedia	Alta	Alta
Contenido de proteína %	8.0	8.0	8.9
Rendimiento $\bar{x}$ ton/ha	6.1	5.3	5.7

Fuente: Rosero, M.J. 1974; ICA, Colombia

Cuadro 5. Características de algunas variedades mejoradas de arroz que se cultivan en Colombia

CARACTERISTICAS	CICA 8	CICA 9	IR 22
Año de selección	1978	1976	1969
Sistema de cultivo	Riego y Secano	Riego	Riego
Período vegetativo (días)	120 - 145	126 - 138	123 - 137
Adaptación altitud (msnm)	0 - 1200	0 - 1200	0 - 700
TIPO DE PLANTA	Semienana	Semienana	Enana
Altura (centímetros)	80 - 110	90 - 110	80 - 100
Vigor en estado de plántula	Muy bueno	Bueno	Regular
Macollamiento	Muy bueno	Bueno	Regular
Tallos	Gruesos	Gruesos	Gruesos fuertes
Hojas (posición)	Erectas, anchas pubescentes	Erectas pubescentes	Erectas pubescentes
Hojas (color)	Verde oscuro	Verde oscuro	Verde oscuro
Hojas (maduras)	Se seca el ápice	Se seca el ápice	Se seca el ápice
Hojas (bandera)	Sobresale a la panícula	Larga, sobresale a la panícula	Superada por la panícula
REACCION A INSECTOS Y ENFERMEDADES			
Sogatodes oryzicolus	Resistente	Resistente	Resistente
Diatraea sp.	Moderadamente susceptible	Moderadamente susceptible	Resistente
Hoja Blanca	Susceptible	Resistente	Susceptible
Anaranjamiento	Resistente	Moderadamente susceptible	Moderadamente susceptible
Pyricularia oryzae	Resistencia de campo	Susceptible	Susceptible
Rhynchosporium oryzae	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente susceptible
Cercospora oryzae	Resistente	Resistente	Resistente
Helminthosporium oryzae	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Thanatephorus cucumeris. *C. sasaki*	Moderadamente resistente	Moderadamente susceptible	Moderadamente resistente

Cuadro 5. Continuación

CARACTERISTICAS	CICA 8	CICA 9	IR 22
Vuelco	Susceptible	Moderadamente resistente	Resistente
Desgrane	Moderadamente susceptible	Moderadamente resistente	Moderadamente susceptible
TIPO DE GRANO CON CASCARA	Crema claro	Habano amarillento	Amarillento
Largo (milímetros)	8 - 10	9 - 10	
Ancho (milímetros)	2.0 - 2.8	2.5 - 3.0	2.2 - 3.0
Descripción	Largo pubescente	Largo pubescente	Largo pubescente
Peso de 1000 semillas (gramos)	28.8	29.5	22.0
Arista	Semiaristado	Puede tener	Puede tener
Período de reposo (semanas)	8	10 - 11	
CALIDAD DE MOLINERIA	Buena	Muy buena	Excelente
Longitud (milímetros)	7.0	7.0	6.8
Ancho (milímetros)	1.9	2.0	1.9
Centro blanco (rango)	0.6 - 3.8	0.2 - 2.8	0.2 - 1.0
Rendimiento total %	68.0	72.5	73.0
Indice de pilada %	59.9	69.1	66.4
CALIDAD CULINARIA	Moderadamente pegajoso	Moderadamente separado	Moderadamente separado
Temperatura de gelatinización	Intermedia	Baja	Baja
Contenido de amilosa %	26	30	29
Consistencia de gel	Intermedia	Alta	Alta
Contenido de proteína %	8.4	8.5	9.13
Rendimiento $\bar{x}$ ton/ha	6.9	6.7	5.4

Fuente: Rosero, M.J., 1974: ICA, Colombia

Cuadro 6. Características de algunas variedades mejoradas de arroz que se cultivan en Colombia

CARACTERISTICAS	METICA 1	METICA 2	ORYZICA 1	ORYZICA 2
Año de selección	1980	1980	1982	1984
Sistema de cultivo	Riego y Secano	Riego y Secano	Riego	Riego y Secano
Período vegetativo (días)	115 - 125	120 - 130	105 - 135	-
Adaptación altitud (msnm)	0 - 700	0 - 700	0 - 700	0-1100
TIPO DE PLANTA	Semienana	Semienana	Semienana	Semienana
Altura (centímetros)	90 - 110	95 - 115	83 - 114	88-115
Vigor en estado de plántula	Vigorosa	Vigorosa	Bueno	Bueno
Macollamiento	Intermedio	Intermedio	Intermedio	3-65 (tallos)
Tallos	Fuertes	Fuertes	Fuertes	Fuertes
Hojas (posición)	Erectas pubescentes	Erectas pubescentes	Erectas pubescentes	Erectas pubescentes
Hojas (color)	Verde claro	Verde oscuro	Verde claro	-
Hojas (maduras)	Se seca el ápice	Se seca el ápice	Se seca el ápice	-
Hojas (bandera)	Sobresale a la panícula	Sobresale a la panícula	Sobresale a la panícula	-
REACCION A INSECTOS Y ENFERMEDADES				
Sogátodes oryzicolus	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente
Diátraea sp.	Moderadamente susceptible	Moderadamente resistente		Moderadamente susceptible
Hoja Blanca	Resistencia de campo	Resistencia de campo	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Anáranjamiento	Moderadamente susceptible	Moderadamente resistente		Resistente
Pyricularia oryzae	Tolerante a algunas razas del hongo	Tolerante a algunas razas del hongo	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Rhynchosporium oryzae	Moderadamente resistente	Moderadamente susceptible	Moderadamente resistente	Moderadamente susceptible
Cercospora oryzae	Resistente	Resistente		-
Helminthosporium oryzae	Moderadamente resistente	Moderadamente susceptible	Moderadamente susceptible	Resistente
Thanatephorus cucumeris. C. sasaki	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente		Moderadamente resistente

Cuadro 6. Continuación

CARACTERISTICAS	METICA 1	METICA 2	ORYZICA 1	ORYZICA 2
Vuelco	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente
Desgrane	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente		-
TIPO DE GRANO CON CASCARA	Amarillo pálido	Amarillo dorado		
Largo (milímetros)	8.5 - 10.0	9.0 - 11.0	5.5 - 7.0	7.0- - 11.0
Ancho (milímetros)	2.5 - 2.9	2.5 - 2.9	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0
Descripción	Largo pubescente	Extra largo pubescente	Largo pubescente	Largo pubescente
Peso de 1000 semillas (gramos)	24.8	26.7	27.7	21.4 - 25.5
Arista	Aristado	Puede tener	Puede tener	No aristado
Período de reposo (semanas)	4 - 5	4 - 5	4 - 5	0
CALIDAD DE MOLINERIA	Buena	Buena a muy buena	Buena	-
Longitud (milímetros)	6.5 - 7.2	6.9 - 7.5	6.8 - 7.5	
Ancho (milímetros)	1.9 - 2.2	2.0 - 2.2	1.9 - 2.5	
Centro blanco (rango)	0.4 - 0.8	0.8 - 1.4	0.2 - 1.4	0.6 - 3.0
Rendimiento total %	69 - 72	65 - 70	68 - 72	55.5 - 74.5
Indice de pilada %	60 - 65	59 - 63	55 - 70	50.0 - 72. 0
CALIDAD CULINARIA	Moderadamente separado	Moderadamente separado	Separado	-
Temperatura de gelatinización	Intermedia	Baja	Baja	Intermedia
Contenido de amilosa %	30	27	29	24
Consistencia de gel	Alta	Alta	Intermedia	Intermedia
Contenido de proteína %	7.38	7.50	7.0	
Rendimiento $\bar{X}$ ton/ha	6.0	5.3	5.3	5.1

Fuente: ICA, Colombia

Cuadro 7. Características de algunas variedades de arroz sembradas en secano en el Brasil

CARACTERISTICAS	IAC 1246	IAC 47	PRATÃO PRECOCE
Año de selección	1965	1971	1964
Sistema de cultivo	Secano	Secano	Secano
Cruzamiento	Protão x Pérola	IAC1246xIAC1391	Selección masal
Período vegetativo (días)	130 - 135	130 - 135	110 - 120
Altura (centímetros)	115 - 120	115 - 120	105 - 115
Macollamiento	Bueno	Bueno	Bajo
Hojas (color)	Verde claro	Verde claro	Verde claro
Reacción a *Pyricularia oryzae*	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Cercospora oryzae	Susceptible		Resistente
Helminthosporium oryzae	Resistente	Resistente	Moderadamente susceptible
Thanatephorus cucumeris. *C. sasaki*	Resistente	Moderadamente susceptible	
Vuelco	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
TIPO DE GRANO			
Largo (milímetros)	9.30	9.26	9.52
Ancho (milímetros)	2.84	2.77	2.77
Descripción	Largo	Largo	Largo - Extralargo
Peso de 1000 semillas (gramos)	33	33	33
Arista	Puede tener	Puede tener	Puede tener
CALIDAD DE MOLINERIA			
Rendimiento total %	70	72	70 - 72

Fuente: EMBRATER, 1979, Brasil

Cuadro 8. Características de algunas variedades de arroz sembradas en secano en el Brasil

CARACTERISTICAS	IAC 25	IAC 5544	DOURADO PRECOCE
Año de selección	1974		
Sistema de cultivo	Secano	Secano	Secano
Cruzamiento	Dourado PrecocexIAC1246	PratãoxPérola	Brasil Central
Período vegetativo (días)	110 - 120	135	120
Altura (centímetros)	105 - 115	120	100
Macollamiento	Bueno		
Hojas (color)	Verde claro		
Reacción a *Pyricularia oryzae*	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Helminthosporium oryzae	Moderadamente susceptible		
Vuelco	Moderadamente resistente		
TIPO DE GRANO			
Largo (milímetros)	9.51		
Ancho (milímetros)	2.78		
Descripción	Largo - Extralargo	Largo glabro	Largo glabro
Peso de 1000 semillas (gramos)	33	33	36
Arista	Puede tener		
CALIDAD DE MOLINERIA			
Rendimiento total %	72		

Fuente: EMBRATER, 1979, Brasil

Estas variedades exigen el empleo de alta tecnología para su producción. Son de porte medio, tallos fuertes, hojas angostas, bajo vigor inicial, baja capacidad de macollamiento, grano largo, fino y glabro. No compiten bien con las malezas y su potencial de rendimiento es semejante al de las variedades tradicionales 5,0 ton/ha.

En Rio Grande do Sul las principales variedades sembradas bajo condiciones de riego en 1977 eran Bluebelle, EEA 404, EEA 405, EEA 406, IRGA 407, Bico Torto y CICA 4. Bluebelle en ese período ocupó mas del 50% del área total sembrada en el Estado. En la actualidad se han sumado, a las sembradas tradicionalmente, las variedades BR-IRGA 409 y BR-IRGA 410.

ECUADOR

En Ecuador se pueden identificar dos sistemas de producción de arroz, uno con riego y el otro en secano. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, ha obtenido cuatro variedades de arroz asi: INIAP 2 e INIAP 6 que se entregaron en 1971; INIAP 7 nombrada en 1976 e INIAP 415 que se seleccionó en 1979. Todas las variedades han sido desarrolladas para el sistema irrigado, pero crecen bien bajo condiciones de secano favorecido, especialmente INIAP 7 e INIAP 415 (17). Además de las variedades enanas, en el país se siembran las tradicionales como Donato, Canilla, Pico Negro, Brasileras y la variedad alta mejorada SML. Estas cubren las áreas de secano. En el Cuadro 9 se pueden observar algunas de las características principales de las cuatro variedades mejoradas obtenidas por el programa de arroz del INIAP.

PERU

Las variedades comerciales que se siembran en el Perú, se pueden agrupar en dos categorías: Indicas del tipo tradicional y las Indicas modernas. Las Indicas del tipo tradicional son : Minabir 2, Minagra, Siam Garden, Apura, Radín China, Mochica, Perú 65, Carolino y Fortuna y las indicas modernas son : IR 8, Naylamp, Inti, CICA 8, Br 90-2 y Chancay (Cuadro 10); Huarangopampa, Viflor y Tillan han sido sembradas recientemente. La más sembrada en la Costa Peruana es Inti y en la Selva CICA 8(10).

En los últimos años se han registrado en el Perú grandes cambios varietales y notables mejoras en las técnicas de cultivo en el arroz. Hasta - 1975 las variedades semienanas y de altos rendimientos, habían desplazado a las indicas del tipo tradicional, en casi el 50% del área irrigada y en 1983 ese desplazamiento aumentó al 64%.

COSTA RICA

En 1981 las variedades recomendadas para la producción de arroz en las diferentes zonas arroceras del país eran : Holland 5023, Tapurípa, CR 5272, CR 1113 y una variedad nombrada en Enero de ese mismo año como CR 201.

Cuadro 9. Características de cuatro variedades mejoradas obtenidas por el programa de arroz del INIAP. Ecuador

CARACTERISTICAS	INIAP 2	INIAP 6	INIAP 7	*INIAP 415
Año de selección	1971	1971	1976	1979
Cruce	IR8 x Tadukan	IR8 x IR12	CICA4xF_1(IR665 x Tetep)	F_1(IR930xIR579)xF_1(IR930xIR22)
Pedigree	IR579-160-2	IR930-31-1	P918-25-15-2-3-18	P 1042-2-3-13
Período vegetativo	130-136	125-137	126-145	140-145
Tipo de planta	Enana	Enana	Enana	Enana
Altura (cms)	83-103	82-107	104-126	100-110
Vigor en plántula	Regular	Bueno	Vigorosa	Bueno
Tallos	Fuertes	Gruesos	Gruesos	Fuertes, vigorosos
ENFERMEDADES				
Pyricularia oryzae	Susceptible	Susceptible	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Hoja Blanca	Susceptible	Resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Tipo de grano	Largo pubescente	Largo pubescente	Largo pubescente	Largo pubescente
Calidad molinera	Excelente	Buena	Buena	Buena
Calidad culinaria	Excelente	Moderadamente pegajoso	Buena	Buena
RENDIMIENTO				
Riego ton/ha	5.1	6.2	5.2	5.2
Secano ton/ha		4.0	4.9	

Fuente: INIAP (1979). Boletín Técnico No. 35. Estación Experimental "Boliche". Guayaquil, Ecuador

* Ministerio de Agricultura y Ganadería (1982). Manejo del cultivo del arroz. Plegable divulgativo.

Cuadro 10. Características de tres variedades de arroz sembradas en Perú

CARACTERISTICAS	INTI	NAYLAMP	CHANCAY
Año de selección	1976	1972	
Genealogía	IR8//Fortuna/Minagra	IR8//R12-178-2-3	IR 8//IR12-178-2-3
Período vegetativo (días)	150 - 170	150 - 180	150 - 160
Altura (centímetros)	90 - 100	90 - 110	85 - 90
Vigor en estado de plántula	Bueno	Bueno	Bueno
Macollamiento	Bueno	Bueno	Bueno
Reacción a Sogatodes oryzicolus	Resistente	Resistente	Resistente
Pyricularia oryzae	Moderadamente susceptible	Susceptible	Susceptible
Vuelco	Resistente	Medianamente resistente	Resistente
TIPO DE GRANO			
Largo (milímetros)	9.7	9.9	
Ancho (milímetros)	3.0	2.5	
Peso de 1000 semillas (gramos)	31.5	29	30
CALIDAD DE MOLINERIA		Buena	
Rendimiento total %	72	71	
Indice de pilada %	55	61	
CALIDAD DE COCINA	Buena	Buena	
Rendimiento $\bar{x}$ ton/ha	9.5 - 12.5	9.0 11.0	9.0 - 10.0

Fuente: Hernández, J. 1981, Perú

La Holland 5023 y Tapuripa son variedades desarrolladas en Surinam y se caracterizan por ser altas, con bajo rendimiento la Holland 5023 y buen rendimiento la Tapuripa. Las variedades CR 5272, CR 1113 y CR 201 son enanas, de hojas erectas, buen macollamiento y rendimientos similares en secano favorecido (Cuadro 11). Desde 1975 la producción nacional arrocera se ha apoyado en la variedad CR 1113, que no obstante ser susceptible a Pyricularia oryzae tiene una alta capacidad de recuperación después de ataques muy severos de la enfermedad, llegando en la mayoría de los casos a producir en forma normal. Los ataques de esta enfermedad en el cuello de la panícula ocurren tardíamente, ocasionando pocas pérdidas al cultivo. Entre 1975-80 la variedad CR 1113 se ha sembrado entre un 63 a 96% en las zonas arroceras del país (19). En la actualidad estos porcentajes se han mantenido.

GUATEMALA

Las variedades que se siembran en este país se dividen en tres grupos: las tradicionales o criollas, las norteamericanas mejoradas y las enanas de altos rendimientos. Las criollas Lira blanco, Lira Grueso y Americanito, ocupan un 5% del área; las norteamericanas como Lebonnet, New Rex, Starbonnet y Bluebonnet 50 un 75%, y las enanas como Tikal 2, ICTA Cristina, ICTA Virginia, ICTA Tempisque y otras un 20% del área.

En el Cuadro 12 se pueden observar algunas características de las variedades nombradas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, ICTA.

ARGENTINA

Este país siembra arroz con riego solamente y los agricultores tienen preferencias por las variedades altas como Fortuna, de tipo tradicional que ocupa 25% del área, un 55% se siembra con variedades altas mejoradas: Bluebonnet 50, Bluebelle, Lebonnet, Bonnet 73, Itapé, Cala, Arroyo Grande y Yervá. La variedad enana IR 841 últimamente ha desplazado a las altas en el 20% del área.

BELICE

Las variedades enanas han tenido buena aceptación por parte de los agricultores del país. Las que más se siembran son CICA 8 con un 50% del área y CR 1113 con un 40%, ambas en riego y secano; CICA 4 ocupa en secano un 5% del total y las variedades altas mejoradas Bluebelle, Texas Patna, Berley Rice, Belle Patna y otras, el 5% restante del área arrocera.

BOLIVIA

El 99% del área en arroz se siembra en el sistema de secano y se emplean variedades altas tradicionales y enanas de altos rendimientos. Entre las tradicionales se destacan Dourado y Pico Negro con un 25%; entre

Cuadro 11. Variedades de arroz que se siembran en secano favorecido en Costa Rica

CARACTERISTICAS	CR 5272	CR 1113	CR 201
Año de selección	1976	1973	1981
Genealogía	P753-19-1-1CR29	Ir8/2xPankhari 203	IR22xF_1(IR930xCol 1)
Período vegetativo (días)	115	127 - 135	120
Vigor en estado de plántula	Bueno	Bueno	Bueno
Macollamiento	Bueno	Bueno	Bueno
Tallos	Gruesos	Gruesos	Gruesos
Hojas (posición)	Erectas pubescentes	Erectas pubescentes	Erectas pubescentes
Reacción a *Pyricularia oryzae*	Susceptible	Susceptible	Moderadamente resistente
Vuelco	Resistente	Resistente	Resistente
Tipo de grano con cáscara			Color pajizo
Descripción	Largo pubescente	Largo pubescente	Largo pubescente
Arista		Aristado	
Calidad de molinería	Buena	Buena	Buena
Calidad de cocina	Buena	Buena	Buena
Rendimiento $\bar{x}$ ton/ha	5.0 - 6.0		

Fuente: Murillo, J.I. y González, R. 1981, Costa Rica

Cuadro 12. Algunas características de las variedades de arroz nombradas por el ICTA en Guatemala

CARACTERISTICAS	TIKAL 2	ICTA CRISTINA	ICTA VIRGINIA	ICTA TEMPISQUE
Período vegetativo (días)	125	136	135	125
Vigor en estado de plántula	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Macollamiento	Bueno	Bueno	Moderado	Bueno
Tallos	Gruesos	Gruesos	Gruesos	Fuertes
Hojas (posición)	Erectas	Erectas	Erectas	Erectas
Altura de planta (cms)	90	105	105	100
Reacción a Pyricularia oryzae	Suceptible	Resistente	Resistente	Resistente
Calidad de molinería	Buena	Buena	Buena	Buena
- Rendimiento arroz blanco total %	67	67	70	69
- Indice de pilada	55	52	57	58
Calidad de cocina	Buena	Buena	Separado	Separado
Rendimiento $\bar{x}$ ton/ha	6.4	6.0	5.5	4.8

Fuente : ICTA, Folleto Técnico 22. Marzo 1983, Guatemala, C.A.

las altas mejoradas tienen preferencias Bluebelle y Bluebonnet 50 con un 25% y entre las enanas CICA 8, IR 1529, IR Dominicana y CICA 9, con 50%. La poca área con riego que existe en el país, se siembra con CICA 8 y CICA 9.

CHILE

La producción de arroz con variedades mejoradas se inició en 1960. Actualmente se cultivan tres variedades de arroz a nivel nacional en el sistema de riego. El 65% del área lo ocupa la variedad Oro, el 25% Quella-INIA y el 10% Diamante-INIA.

CUBA

En Cuba el arroz se cultiva en el sistema con riego y el área total se siembra con variedades enanas. Las variedades que predominan son : J-104,IR 880, Naylamp, Caribe e IR 1529. La variedad más sembrada es IR 880 con 43% le sigue en importancia J-104 con un 31%.

EL SALVADOR

La mayor área de arroz se siembra en secano y solo unas pocas hectáreas con riego. Entre las variedades más cultivadas en el país se encuentran las enanas. La variedad X-10 ocupa un 27.5% del área, CICA 4 un 19%; Nilo 1, Nilo 2, Nilo 3 con 36.8%; Masol 1, Masol 2, Masol 3 y Masol 4 con 3.1%; CICA 6 CICA 9, Centa A1, CR 1113, Centa A2, Centa A3, IR 100 y otras con el 13.6% del área total.

HAITI

Se siembran tres tipos de variedades, las tradicionales, las altas mejoradas y las enanas. Entre las tradicionales se pueden mencionar : Fulton, Buffalo, Ti Fidele y Ti Capeche; las altas mejoradas son Dawn (Madame Gougousee), Starbonnet MCI-65, Toño Brea, Rexoro y Labelle. Las enanas MC1-3 Quisquella y CICA 8. El área sembrada en secano emplea las variedades Ti Fidele, Buffalo, Rexoro, Labelle y Toño Brea. En la actualidad la mayor parte del área en riego se siembra con Dawn (M.G.G.), Startbonnet, MC1-3, MC1-65 y CICA 8 y Quisquella que inician su difusión.

HONDURAS

Predominan las variedades enanas sobre las altas mejoradas en este país. CICA 8 es la variedad que más se siembra, ocupa un 80% del área total. Entre las variedades cultivadas en menor escala se encuentran CICA 6

CICA 4 CICA 9,CR 1113,IR 100, Tikal 2, Bluebonnet 50 y Starbonnet. La línea 4444 se está introduciendo comercialmente.

MEXICO

En los cultivos de arroz con riego y secano, se emplean dos tipos de variedades: las altas mejoradas y las enanas. Entre las altas mejoradas se encuentran Morelos A70, Grijalva A71 Macuspana A75, Morado Criollo y Lira. Estas variedades se siembran en secano a excepción de Morelos A70 que se cultiva en ambos sistemas.

Las variedades enanas son : Navolato A71, CICA 4, CICA 6,Culiacan A82, Campeche A80, Campotón A80, Cárdenas A80, Juchitán A74, Sinaloa A68, Milagro Filipino (IR 8), Bamoa A75. En 1980 la variedad Navolato A71, se sembró en el 50% del área con riego y el 52% en secano, por éllo se le considera la más importante del país actualmente.

NICARAGUA

Este país siembra un 70% de su área con riego y un 30% en secano.Se cultivan en las zonas arroceras variedades enanas y altas tradicionales. - Las enanas CICA 8, IR 100, J-104, IR 22, CR 1113, CICA 7 y Línea 9, se siembran en dos sistemas. La variedad Bluebonnet 50 se siembra en secano.

PANAMA

En el país se cultiva la mayor área en secano y una pequeña extensión en riego. Hasta 1978 los agricultores tenian sus preferencias por las variedades de Surinam como Nilo 1, Nilo 2, Bowini, Ciwini, Diwani y Eloni que ocupaban un 60% del area sembrada. Damaris, Anayansi, CR 1113 e IR 8 con un 30% y las CICAS un 10%. La mayor área actualmente, un 90%, está sembrada con CICA 7, CICA 8 y CR 1113 principalmente, y en menor área CR 5272, la Linea 4444 y TOC 5430, esta última nombrada recientemente en el país. Los Nilos y otras de Surinam, han reducido su área a un 10% del cultivo mecanizado.

PARAGUAY

La mayor parte del área se cultiva en riego y se utilizan las variedades enanas y altas tradicionales. Entre las enanas se encuentran CICA 8, CICA 9, CICA 7, CICA 6 y Wilcke II que ocupan un 64% del área y las tradicionales Vista y Fortuna un 27%. El resto es ocupado por otras variedades altas, Blue bonnet 50,Blue Rose, Brasilerito e IAC-25.

REPUBLICA DOMINICANA

Este país cultiva solo arroz con riego y se emplean las variedades tradicionales o criollas, las altas mejoradas y las enanas. Las variedades tradicionales como Mingolo se cultivan en un 11%. Las altas mejoradas, Toño Brea 439 e Inglês Largo, ocupan el 5% y las enanas Juma 58, Juma 57, Tanioka,ISA 21 (CICA 9), IR 6, ISA 40(CICA 8) y JUMA 51 se siembran en un 80% del área.

SURINAM

El 100% del área en arroz con riego se cultiva con las variedades enanas desarrolladas en el país, Diwani con un 50%, Eloni con un 45% y Camponi un 5%.

URUGUAY

Este país solo cultiva arroz con riego y los agricultores siembran tres variedades altas mejoradas que son: Bluebelle en un 95% del área, EEA 404 en un 3% y la 976 en un 2%.

VENEZUELA

En este país se cultivan las variedades altas mejoradas y las enanas en los dos sistemas : riego y secano. La variedad más importante es Araure 1, que se siembra en un 80% del área con riego y secano. Le siguen en importancia CICA 4, Ciarllacen 1, Llanero 501, Araure 2 y Cica 8.

BIBLIOGRAFIA

1. Amorin Neto, S.; de Oliveira, A.B. y Fernández, G.M.B. 1980. Cultivar IR 841; recomendacoes para sua utlizacão. Nitéroi, Empresa de Pesquisa Agropecuaria do Estado do Rio do Janeiro. 12p.

2. Centro Internacional de Agricultura Tropical.1.978. Informe del viaje de supervisión a la región sur de América del Sur, Marzo 6-20, 1978. Palmira, Colombia. 87p.

3. _____. 1979. Informe de la Tercera Conferencia del IRTP. Mayo 30-Junio 2, 1979. Palmira, Colombia. 63p.

4. _____. 1979. Informe del viaje de observación a la región norte de América del Sur. Junio 3-16, 1979. Cali, Colombia. 69p.

5. _____. 1982. Informe de la Cuarta Conferencia del IRTP para América Latina, Agosto 1981. Cali, Colombia. 78p.

6. _____. 1982. Informe CIAT 1982. Cali, Colombia. 128p.

7. _____. 1983. Informe de la quinta conferencia del IRTP para América Latina, Agosto 9-13, 1983. Cali, Colombia. p 164-172.

8. _____. 1984. CIAT 1984. Cali, Colombia p 1-10.

9. Empresa Brasilera de Assistencia Tecnica e Extensao Rural. 1979. Manual técnico do arroz. Serie Manuais, 3. Serie Manuais, 3. Brasilia, Brasil, 186p.

10. Hernández, J. 1981. Fitomejoramiento y principales cultivares. Curso de adiestramiento en producción de arroz. INIPA. CIPA II, Chiclayo, Perú p.70-112.

11. Instituto Colombiano Agropecuario. 1974. Otra variedad enana de arroz: CICA 6. Boletín informativo. Programa de Arroz. Bogotá, Colombia, 4p.

12. _____. 1976. Nuevas variedades de arroz : CICA 7 y CICA 9. Programa de Arroz. Bogotá, Colombia. 13p.

13. _____. 1978. CICA 8. Plegable de divulgación. Programa de Arroz. Bogotá Colombia. 6p.

14. _____. 1980. Metica 1. Inscripción No. 12. Ministerio de Agricultura, Bogotá, Colombia. 5p.

15. _____. 1980. Metica 2. Inscripción No. 13. Ministerio de Agricultura. Bogotá, Colombia. 5p.

16. _____. 1982. Oryzica I. Variedad de arroz de alta calidad. Plegable de divulgación No. 162. Programa Nacional de Arroz.Ministerio de agricultura. Bogotá, Colombia.

17. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1981. Problemátic del cultivo de arroz en el Ecuador. INIAP. Guayaquil, Ecuador. 23p. (Documento sin publicar).

18. Jennings, P.R.; Coffman, W.R., y Kauffman, H.E. 1981. Mejoramiento de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. Cali, Colombia. 233p.

19. Murillo, J.E. y Gonzalez, R. 1.981. M anual de producción para arroz de secano en Costa Rica. Cafesa. San José, Costa Rica. p 35-40.

20. Ortiz, R.A. 1.980. Producción de Arroz en la República de El Salvador CENTA,MAG. Sal Salvador, El Salvador, 8p.

21. Ramos, M.G. 1981. Manual de producão do arroz irrigado, por M.G. Ramos u outros. Florianópolis,EMPASC/ACARESC. Brasil. p 90-93

22. Rosero, M.J. 1974. El cultivo del arroz. Manual de Asistencia Técnica No. 9 ICA-Fedearroz. Bogotá, Colombia. p14-18