


Arroz en América Latina: Mejoramiento, Manejo y Comercialización

Editor: Federico Cuevas Pérez

CIAT

IRRI



El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI, en inglés) son dos de los 17 centros internacionales de investigación agrícola y capacitación, sin ánimo de lucro, auspiciados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI). Esta entidad está sostenida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial), y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El GCAI está constituido por 50 donantes entre los que hay gobiernos de países, organizaciones internacionales y regionales, y fundaciones privadas.

El presupuesto básico del CIAT es financiado por más de 20 de tales donantes. En 1992, los siguientes países son donantes del CIAT: Alemania, Australia, Bélgica, Canadá, China, España, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Holanda, Italia, Japón, México, Noruega, el Reino Unido, Suecia y Suiza. Las entidades donantes incluyen el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), la Comunidad Económica Europea (CEE), la Fundación Ford, y el PNUD.

El IRRI, establecido en 1960 por las Fundaciones Ford y Rockefeller, con la ayuda y aprobación del gobierno de Filipinas, recibe apoyo de los siguientes donantes del GCAI: el Banco Asiático de Desarrollo, la CEE, la Fundación Ford, el CIID, el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD), el Fondo Especial de la OPEP, la Fundación Rockefeller, el PNUD, el Banco Mundial, y las organizaciones internacionales de ayuda de los siguientes países: Alemania, Arabia Saudita, Australia, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Filipinas, Finlandia, Francia, Holanda, India, Irán, Italia, Japón, México, Noruega, Nueva Zelanda, el Reino Unido, República de Corea, Suecia y Suiza.

Estos Centros se dedican al alivio del hambre y la pobreza en los países tropicales en desarrollo mediante la aplicación de la ciencia al aumento de la producción agrícola, conservando, a la vez, los recursos naturales.

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de los donantes.

**Arroz en América Latina:
Mejoramiento, Manejo y
Comercialización**

La Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER) para América Latina promueve el intercambio y desarrollo del germoplasma de arroz entre los programas de investigación del cereal en la región. La Red inició sus actividades en América Latina en 1976 como una red cooperativa para la observación y evaluación de germoplasma de diferentes sistemas y condiciones, y dentro de un relativo período corto de tiempo. Los esfuerzos de INGER en América Latina son producto de la colaboración entre el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) en Filipinas, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, y los Programas Nacionales de Investigación en Arroz de América Latina.

Arroz en América Latina: Mejoramiento, Manejo y Comercialización

**Memorias de la VIII Conferencia Internacional de Arroz para América
Latina y el Caribe, Villahermosa, Tabasco, México, Noviembre 10-16, 1991**

**Editor: Federico Cuevas Pérez
Investigador, IRRI-América Latina**

**Organizada por: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales
y Agropecuarias (INIFAP)/Secretaría de Agricultura
y Recursos Hídricos (SARH), México**

**Red Internacional para la Evaluación Genética del
Arroz (INGER) para América Latina**

**Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
International Rice Research Institute (IRRI)**

This One



2FQZ-LGZ-LUHX

Digitized by Google

El éxito de la VIII Conferencia Internacional de Arroz no hubiera sido posible sin el apoyo de las siguientes entidades:

Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), México
Delegación Estatal Tabasco de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), México
Gobierno del Estado de Tabasco, México
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
Programa de Reforzamiento a la Investigación Agronómica sobre Granos en Centroamérica
Red de Mejoramiento de Arroz del Caribe (CRIN)

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
International Rice Research Institute (IRRI)
Apartado Aéreo 6713
Call, Colombia

Publicación CIAT No. 223
ISBN 958-9183-46-8
Tiraje: 1000 ejemplares
Impreso en Colombia
Septiembre, 1992

Arroz en América Latina : mejoramiento, manejo y comercialización : memorias de la VIII conferencia internacional de arroz para América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tabasco, noviembre 10-16, 1991 / editor, Federico Cuevas Pérez. – Cali, Colombia : Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1992. 297 p.

1. Arroz – Mejoramiento. 2. Arroz – Manejo del cultivo. 3. Arroz – Control de malezas – Arroz rojo. 4. Arroz – Comercio. 5. Arroz – Congresos, etc. 6. Arroz – América Latina. 7. Arroz – Región del Caribe. I. Cuevas Pérez, Federico. II. Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe (8.: 1991: Villahermosa, Tabasco, México). III. Centro Internacional de Agricultura Tropical. IV. International Rice Research Institute.

Contenido

Página

| | |
|---|----|
| Palabras de Bienvenida Federico Cuevas Pérez | 1 |
| Apertura: Logros y Perspectivas de la Investigación sobre Arroz en México Ernesto Samayoa Armienta | 5 |
| PRIMERA SESION: MEJORAMIENTO GENETICO | |
| Resumen de la Sesión Moderador: Mario Salazar Gómez | 11 |
| Estado Actual de las Actividades de Fitomejoramiento del Arroz en América Latina y el Caribe Federico Cuevas Pérez, Elcio P. Guimarães y César P. Martínez | 15 |
| Comentario Arturo David Carcaño | 31 |
| Un Nuevo Enfoque para el Mejoramiento del Arroz en América Latina W. Ronnie Coffman, Johnson Olufowote, Pablo Grau y Reynaldo Villareal | 33 |
| Comentario Dario Leal Monsalve | 44 |
| Posibles Contribuciones de un Programa de Mejoramiento Genético de Arroz al Agricultor de Subsistencia Rolando Lasso Guevara | 47 |
| Comentario César P. Martínez | 62 |
| Conservación del Germoplasma de Arroz Mediante un Programa de Cooperación Internacional Genoveva C. Loresto y Michael T. Jackson | 67 |
| SEGUNDA SESION: MANEJO DEL AGUA | |
| Resumen de la Sesión Moderador: Alfredo Gutiérrez | 75 |

| | Página |
|---|--------|
| Mejoramiento del Uso Eficiente del Agua en la Planta de Arroz Leonardo Hernández Aragón y Leticia Tavitas Fuentes | 79 |
| Comentario Beatriz da Silveira Pinheiro | 95 |
| Consideraciones para Mejorar el Manejo del Riego en Arroz Luis Antonio de León Valente | 101 |
| Comentario Arturo Ruiz Ruiz | 121 |
| TERCERA SESION: ARROZ ROJO | |
| Resumen de la Sesión Moderador: Robert S. Zeigler | 125 |
| Manejo y Caracterización del Arroz Rojo en Colombia Fabio A. Montealegre y José Patricio Vargas | 127 |
| Comentario Albert Fischer | 148 |
| Manejo Integrado del Arroz Rojo Roy J. Smith, Jr. | 151 |
| Comentario José Galli | 168 |
| CUARTA SESION: COMERCIALIZACION | |
| Resumen de la Sesión Moderador: Nestor Gutiérrez | 173 |
| Mercadeo del Arroz en Tres Países de América Latina Norberto A. Quezada | 175 |
| Comentario Adrián González Estrada | 196 |
| Evolución de la Producción y la Exportación del Arroz en Uruguay Dardo A. Posada | 199 |
| Comentario Nelson Larrea Lora | 217 |

| | Página |
|---|--------|
| QUINTA SESION: PLANEACION Y CONCLUSIONES | |
| Recomendaciones de los Grupos de Trabajo Moderador: Walter Ramiro Pazos | 223 |
| Proyección de INGER en América Latina Federico Cuevas Pérez y Durvasulá V. Seshu | 227 |
| | |
| POSTERS: RESUMENES | |
| DIVERSIDAD GENETICA Y SU CONSERVACION | |
| Conservación de las Variedades de Arroz Liberadas en America Latina y el Caribe L. E. Berrío Orozco, D. I. González Tous y F. Cuevas Pérez | 235 |
| Las Variedades de Arroz de México y su Variabilidad Genética R. Ortega Arreola, D. I. González Tous, L. E. Berrío Orozco, E. P. Guimarães y F. Cuevas Pérez | 236 |
| Determinación del Contenido de DNA en Especies y Variedades de Arroz C. P. Martínez, K. Arumuganathan y E. Earle | 237 |
| MEJORAMIENTO GENETICO | |
| Aplicaciones del Cultivo de Anteras al Mejoramiento del Arroz Z. Lentini y C. P. Martínez | 238 |
| Cultivo de Tejidos como Técnica de Apoyo para el Mejoramiento del Arroz de Tipo Indica M. L. Batalla Villegas | 238 |
| Mejoramiento Genético del Arroz en Guyana B. Forde, V. Lalbachan, O. Paul y J. S. Nanda | 239 |
| Calidad del Grano en el Arroz de Riego y de Secano en México L. Delgado, L. Tavitas Fuentes y O. C. Ramírez | 240 |
| Mejoramiento Genético del Arroz en la Región Central de México J. Salcedo Aceves | 241 |
| Respuesta de Algunas Variedades de Arroz a los Suelos Salino-sódicos Recuperados en el Valle de Mexicali R. A. Cinco Castro | 242 |

RENDIMIENTO

| | |
|--|------------|
| Sistema de Evaluación del Germoplasma en Argentina Respecto al Rendimiento, 1986-1990 A. D. Carcaño | 243 |
| Evolución del Rendimiento del Arroz de Riego en Brasil, y Nuevas Estrategias de Mejoramiento Genético del CNPAF P. H. Rangel, F. J. P. Zimmermann y P. de C. F. das Neves | 243 |
| Evaluaciones del Rendimiento del Arroz en Cuba, 1986-1990 J. Hernández, J. E. Deus, E. Suárez, R. Alfonso y F. Leyva | 244 |
| Evaluación del Rendimiento del Arroz en Ecuador, 1986-1990 F. Andrade España | 245 |
| Evaluación del Rendimiento del Arroz en El Salvador, 1986-1990 R. E. Servellón | 246 |
| Estudios del Rendimiento del Arroz en el Germoplasma Introducido en Nicaragua de 1986 a 1990 S. Soto Bravo | 246 |
| RESISTENCIA AL AÑUBLO | |
| Evaluación de la Resistencia a <i>Pyricularia oryzae</i> en el Arroz de Riego Establecido por Trasplante J. Salcedo Aceves y J. M. Pérez Mangas | 247 |
| Estabilidad de la Resistencia al Añublo (<i>Pyricularia oryzae</i> Cav.) en el Germoplasma de Arroz Introducido en Río Grande do Sul, Brasil P. S. Carmona y D. Kempf | 248 |
| Resistencia Estable y Variabilidad Patogénica en el Complejo Arroz - <i>Pyricularia oryzae</i> F. J. Correa y R. S. Zeigler | 248 |
| Análisis de la Eficiencia del Inóculo en la Resistencia del Arroz a <i>Pyricularia oryzae</i> A. L. Tapiero Ortiz | 249 |
| INTRODUCCION Y LIBERACION DE MATERIALES | |
| Materiales de Arroz de INGER Introducidos en el Programa de Arroz de Guatemala J. Ramirez | 250 |

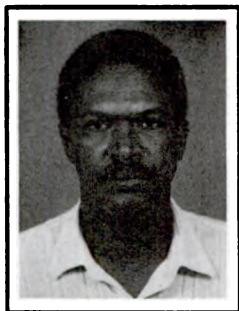
| | Página |
|--|--------|
| 'ICTA Crispo 38', Nueva Variedad de Arroz para Uso Industrial Liberada en Guatemala W. R. Pazos | 251 |
| Evaluación Agronómica e Industrial de Nuevos Genotipos de Arroz de Riego Desarrollados en Culiacán, Sinaloa, México J. de J. Wong Pérez | 252 |
| Comportamiento y Flujo del Germoplasma de Arroz Introducido en 1986 en los Ensayos de Observación en Panamá J. Gaona, E. Jaén, S. Lezcano, C. Fernández y L. O. López | 253 |
| Evaluación del Germoplasma de Arroz Introducido en Paraguay Durante el Quinquenio 1986-1990 J. E. Rodas | 253 |
| Uso Dado en Venezuela al Germoplasma Suministrado por INGER-América Latina en el Período 1986-1990 A. Salih | 254 |
| SISTEMAS DE PRODUCCION | |
| La Producción de Arroz por el Sistema de 'Chaqueado' en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia C. Manchego | 255 |
| Perfil del Pequeño Productor de Arroz en el Estado de Maranhão, Brasil M. L. Ribeiro Mesquita | 256 |
| Mejoramiento del Arroz de Secano y Potencial del Sistema de Producción Continua en Campeche, México J. H. Rodríguez Avila y F. Orona Castro | 257 |
| La Tecnología de Producción del Arroz de Riego en las Sabanas de Campeche, México D. Carballo González y R. Ku Naal | 258 |
| Mejoramiento del Arroz de Secano en la Cuenca Baja del Papaloapán, México E. A. Ayón Ramos y J. L. García Angulo | 259 |
| Progresos en el Arroz de Secano y Perspectivas para su Conversión a Cultivo Bajo Riego en Tabasco, México A. Contreras López, R. López López y F. García Pérez | 259 |

| | Página |
|--|--------|
| El Cultivo del Arroz en la Agricultura de Subsistencia en Sur de Soná, Panamá E. Quirós, R. Hernández y L. Morales | 260 |
| MANEJO DEL AGUA | |
| Manejo del Agua en el Cultivo del Arroz en Brasil Central L. F. Stone | 261 |
| Comportamiento del Cultivo del Arroz con Diferentes Láminas de Riego en República Dominicana V. Castillo Tejada | 262 |
| Calendarios de Riego para Arroz de Trasplante en Morelos, México F. J. Osuna Canizales | 263 |
| Manejo del Agua en el Arroz de Riego Establecido por Siembra Directa en el Noroeste de México J. R. Manjarrez y O. Bueno | 263 |
| Regímenes de Riego para el Arroz en la Cuenca Baja del Río Pánuco, México E. Aguirre Alvarez | 264 |
| Manejo del Agua por Bombeo para el Arroz de Riego, y Perspectivas para Quintana Roo, México H. Quintero, M. Cortazar, R. Nava y S. Sánchez | 265 |
| ARROZ ROJO | |
| Manejo del Agua y Desyerba Mecánica para Controlar el Arroz Indeseable (<i>Oryza sativa</i> L.) en Cultivos de Arroz Pregerminado J. Coulombe, O. Medina y J. L. Armenta | 266 |
| Pérdidas en Rendimiento por la Competencia del Arroz Rojo A. Fischer | 267 |
| Algunas Consecuencias de la Asociación del Arroz Cultivado y el Arroz Rojo (<i>Oryza sativa</i> L.) E. García | 268 |
| Manejo del Arroz Rojo en los Cultivos de Arroz de Riego en el Sur de Brasil M. A. Schiocchet | 268 |
| Principales Métodos de Control del Arroz Rojo Empleados en Cuba G. Antigua Pereiro | 269 |

| | Página |
|---|--------|
| Manejo del Arroz Rojo en el Sureste de México I. H. Almeida León y V. A. Esqueda Esquivel | 270 |
| TECNOLOGIAS PARA EL CULTIVO DE ARROZ | |
| Dinámica de la Tecnología del Cultivo del Arroz en América Latina entre 1966 y 1990 L. R. Sanint | 271 |
| Mecanización del Arroz de Riego, Establecido por Trasplante, en Morelos, México J. F. Cordero Pacheco y S. Kondo | 271 |
| La Tecnología de Poscosecha del Arroz en México y la Norma de Calidad del Grano para su Comercialización M. M. Trejo, S. Barber, A. Jayme y C. Izquierdo | 272 |
| Prácticas Agronómicas como Alternativa al Control Químico de <i>Acromyrmex landolti</i> Forel en el Establecimiento de Cultivos de Arroz A. Pantoja, C. García y O. Mejía | 273 |
| OTROS TEMAS | |
| Comportamiento Nutricional de Algunas Líneas de Arroz de Sabana en los Suelos de las Sabanas Colombianas A. C. Roy, S. Sarkarung y R. S. Zeigler | 274 |
| Comercialización Interna del Arroz en los Países Miembros de CRIN M. Rivas | 275 |
| APENDICES | |
| Lista de Acrónimos y Abreviaturas Usados en el Texto | 279 |
| Lista de Participantes | 285 |

Palabras de Bienvenida

Federico Cuevas Pérez*



Damas y Caballeros:

En nombre del Comité Organizador quiero darles la más cordial bienvenida a esta VIII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe. Durante los próximos cinco días analizaremos los factores que, a nuestro juicio, afectan en forma significativa la existencia, presente y futura, de la agroindustria arrocera en nuestra región; tales

factores son el mejoramiento genético, el manejo del agua, la presencia del arroz indeseable o arroz rojo, y el mercadeo interno y externo de la producción.

El mejoramiento varietal del arroz en los últimos 25 años ha estado dominado por el paradigma de la llamada 'revolución verde', la cual se basa en la duplicación del potencial de rendimiento modificando el tipo de la planta. El tipo de planta que buscan los fitomejoradores tiene una altura entre 90 y 100 cm, tiene capacidad para producir muchos hijos que colonizarán los espacios disponibles dentro del campo de arroz, y es generoso cuando se le aplican insumos de producción, es decir, da grano comercial en retorno por el manejo adecuado que le dé el agricultor. Al arribar a la década de los noventa, los fitomejoradores pueden afirmar con orgullo que han sido capaces de recombinar en el arroz genes de adaptación específica, y que han contribuido así a que el paradigma de la revolución verde se haya diseminado por la mayor parte del área sembrada con arroz de riego en el mundo. Los primeros signos del próximo milenio nos plantean la necesidad de revisar el modelo actual de mejoramiento. En efecto, los mejoradores y los agricultores del arroz de riego han logrado explotar el máximo potencial de rendimiento, pero continuamos sin un paradigma claro de mejoramiento para los agricultores que trabajan en zonas arroceras poco favorecidas. Las presentaciones que se harán sobre mejoramiento genético en esta conferencia intentarán definir la capacidad técnica con que contamos para aceptar el reto de continuar aumentando el potencial de rendimiento del arroz; además, revisarán los mecanismos más eficientes y viables para lograr ese objetivo, en vista de las dificultades económicas actuales.

La concertación inicial de aumentar la producción por medio del arroz de riego ha demostrado gran efectividad. No obstante, el uso indiscriminado del recurso agua, y las restricciones que se aplican al financiamiento de nuevas obras de infraestructura para su manejo, exigen un análisis de nuestra actitud frente al aprovechamiento del precioso

* Investigador, IRRI-América Latina.

líquido. Esta conferencia hará el siguiente planteamiento: el uso eficiente del agua con que se cultiva arroz requiere combinar dos elementos. Primero, plantas de arroz capaces de producir más con menos agua, y segundo, la participación del hombre en el diseño de sistemas de captación, conducción, manejo y conservación de las aguas que nos ofrece la naturaleza. La pregunta que debemos hacernos es cómo mantener el arroz como una alternativa viable, entre muchas que existen, para el aprovechamiento del agua.

A pesar de que, en términos generales, la tierra es todavía un recurso relativamente abundante en nuestra región, la necesidad de preservar la calidad de la vida, y los altos costos asociados con la eficiente colonización de nuevas áreas, deben estimularnos a aprovechar más eficientemente —tanto en el tiempo como en el espacio— las áreas que están actualmente bajo cultivo. Pues bien, la permanencia del cultivo del arroz está seriamente amenazada por la invasión de arrocetes indeseables, llamados comúnmente arroz rojo. Esta maleza tiene características similares a las del arroz cultivado, lo que reduce la eficiencia de los sistemas tradicionales de manejo de malezas. Los diversos mecanismos de sobrevivencia del arroz rojo le permiten reducir paulatinamente el espacio disponible para el arroz cultivado, contaminan el producto comercial, y disminuyen así progresivamente la capacidad productiva de las tierras arroceras. El manejo de esta maleza requiere de la acción concertada de todos los agentes de producción de la industria arrocera, desde los que legislan en materia de semilla hasta los que fijan estándares de mercadeo del producto elaborado. El análisis del arroz rojo representa un gran reto para esta conferencia.

Durante el quinquenio 1986-1990, la producción mundial anual fue de 492 millones de toneladas de arroz en cáscara, cosechados en un área de 145 millones de hectáreas. El 91.6% de esa producción y el 89.5% de esta área se manejan en el continente asiático, mientras que las cifras respectivas para nuestro continente fueron de 5.2% y 3.7%. Durante el mismo periodo, el mercado internacional del arroz movió cerca de 12.5 millones de toneladas de arroz blanco, equivalentes al 3.9% de la producción. Estas cifras indican que el arroz es mayormente asiático, y que se consume en el lugar en que se produce; sin embargo, no revelan la real importancia del cultivo en nuestra región. Por ello, en vez de dar cifras que demuestren la relevancia de este cereal, me limitaré a indicar dos cosas: primero, en muchos países su oferta es un parámetro importante para evaluar la efectividad de la política agrícola, y segundo, en la cartera crediticia el arroz ocupa un lugar destacado. Esta conferencia tendrá especial interés en el análisis del mercado interno y externo del arroz, ya que dentro de las actuales condiciones socioeconómicas estos mercados deberán estar necesariamente asociados.

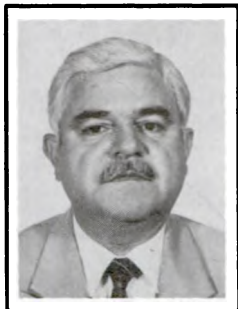
La Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER)—un resultado de la colaboración entre el Instituto Internacional de Investigaciones en Arroz (IRRI), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y todos los programas de investigación del arroz en nuestra región— se enorgullece de abrir su tradicional conferencia trianual a todos los arroceros, ya sean ellos investigadores, productores o industriales.

Bienvenidos a esta VIII Conferencia. Muchas gracias.

Apertura

Logros y Perspectivas de la Investigación sobre Arroz en México

Ernesto Samayoa Armenta*



Introducción

El arroz es la principal fuente de alimentos del mundo, ya que es el grano básico de los países más poblados del planeta. La superficie sembrada con este cereal durante 1988-1990 a nivel mundial, fue de 146 millones de hectáreas con una producción anual de 490 millones de toneladas de grano. El 90% se cosecha en Asia, el 6% en América, y el 4% restante en Europa y Asia. Tan sólo en el sudeste asiático el arroz es el alimento principal del 80% de la población, y se siembra en el 56% de la superficie cultivable.

Asegurar y mejorar la alimentación de la humanidad es hoy un gran reto, y hay estrategias para encararlo. Una de ellas es el desarrollo de tecnologías que incrementen, en forma considerable, la producción y el rendimiento del arroz en el mundo. En los últimos 35 años, la producción promedio por hectárea, a nivel mundial, se elevó en cerca de 80% (de 1.8 a 3.2 t/ha) gracias a la aplicación de las nuevas tecnologías de producción.

En México el arroz ocupa el tercer lugar en importancia entre los cereales de consumo directo que se usan en la alimentación humana. Proporciona, en promedio, 15% de las calorías de la dieta del pueblo mexicano. Durante los últimos cinco años, el rendimiento promedio se incrementó en el país en un 12% (de 3.4 a 3.8 t/ha). Se redujo, sin embargo, la superficie sembrada con arroz, y por ello la producción nacional disminuyó en 35%, o sea, de 521,000 a 331,000 toneladas. Ahora bien, la demanda nacional para el año 2000 se incrementará en cerca de 15% (de 670,000 a 770,000 t), y esta cifra exigiría aumentar la producción actual en 130% si quisiéramos alcanzar la autosuficiencia.

Actividades de Investigación

La investigación sobre el cultivo del arroz se formalizó en México en 1949, en el Campo Experimental Zacatepec, en Morelos. Dependía entonces del Instituto de Investigaciones Agrícolas, y se concentraba en la generación de tecnología para el arroz cultivado con riego y por trasplante. Una década después se llevaron a cabo trabajos similares con el arroz de riego,

* Vocal Ejecutivo, INIFAP, México.

esta vez en siembra directa, en Sonora y Sinaloa. En 1974 la investigación sobre arroz se extendió a las zonas de temporal (secano), y a mediados de los 80 se hicieron estudios sobre producción continua de arroz de riego en los estados de Tabasco, Campeche y Quintana Roo.

El mejoramiento del arroz en México se ha dirigido al desarrollo de variedades de alto rendimiento, resistentes a las enfermedades, precoces, eficientes en el uso del agua y de los fertilizantes, que toleren el frío, la alcalinidad y la salinidad del suelo, y cuyo grano posea buena calidad industrial. Estas variedades mejoradas se han adaptado tanto al sistema de riego como al de temporal.

Los caracteres precocidad y tolerancia al frío se han incorporado al arroz mexicano para que éste pueda establecerse en el trópico húmedo durante el ciclo otoño-invierno mediante el sistema de producción continua. Asimismo, se busca combinar la tolerancia equilibrada a factores abióticos, como la sequía y los suelos ácidos, y bióticos, como las enfermedades añublo o quema del arroz (*Pyricularia oryzae*) y manchado del grano (*Pseudomonas fuscovaginae*), junto con un rápido desarrollo inicial que permita a la planta competir favorablemente con las malezas.

La investigación agrícola ha generado ya tecnologías de producción bien definidas para los sistemas de riego y de temporal (secano). Las nuevas variedades mejoradas podrán expresar gran parte de su potencial de producción con la aplicación de esos paquetes tecnológicos.

Contribución de la Investigación

Los trabajos de fitomejoramiento han fructificado con la liberación de seis variedades mejoradas para el sistema de riego y trasplante; entre ellas se destaca Morelos A88, de buen rendimiento y resistente a la quema del arroz y al acame de la planta. Paralelamente, se han mecanizado mejor el trasplante y la cosecha, lo que ha permitido reducir hasta en 35% los costos de producción, y elevar por tanto la rentabilidad del cultivo.

Para el sistema de riego y siembra directa se han entregado a los productores ocho variedades mejoradas, entre las que se destaca Navolato A71. Estas variedades, que se siembran principalmente en la zona costera del Pacífico norte, se caracterizan por su alto rendimiento, y por su gran eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes. Los resultados más recientes, y los de mayor impacto, se han obtenido por la reducción de la lámina total de agua sin detrimento de la producción. Esta técnica, que consiste en proporcionar al cultivo riegos intermitentes combinados con inundaciones estáticas, ha reducido la lámina total de riego de 3.0 m a 1.3 m; la primera de éstas se usa tradicionalmente en la inundación permanente. Este resultado mejoró la competitividad del arroz frente a otros cultivos en la región noroeste del país.

Para el sistema de temporal se han liberado ocho variedades mejoradas de alto rendimiento y resistentes al añublo del arroz o quemazón, entre las que se destaca Cárdenas A80. El paquete tecnológico desarrollado para este sistema incluye el aprovechamiento del agua para riego por gravedad en algunas microcuencas del sureste del país. Aplicando esta tecnología se obtienen ahora dos cosechas de arroz al año. Se obtiene un rendimiento en temporal de 2.8 t/ha, que puede elevarse a 4.0 t/ha si se aplican riegos complementarios, y a 4.5 t/ha bajo el sistema de riego en el ciclo de otoño-invierno, que llegan a 5.0 t/ha en el de primavera-verano.

Cooperación Internacional INIFAP-INGER

El INIFAP mantiene un programa permanente de intercambio de germoplasma a través de la Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER) para América Latina; el programa distribuye materiales del IRRI, del CIAT y de algunos programas nacionales. Los fitomejoradores solicitan a INGER los materiales que consideran relevantes para evaluar en sus respectivas áreas ecológicas, especialmente en aquéllas donde se han identificado diversas condiciones para el desarrollo del cultivo gracias a la interacción de ciertos factores bióticos y abióticos. Entre los materiales sobresalientes de INGER se han seleccionado varios progenitores donadores de caracteres útiles, los cuales se utilizan en nuestros programas de cruzamientos. Reconocemos aquí el apoyo recibido del CIAT, del IRRI y, en especial, del Coordinador de INGER. En nombre del INIFAP agradecemos al Dr. Gustavo Nores, al Dr. Fernando Bernardo, y al Dr. Federico Cuevas Pérez, Coordinador General de esta VIII Conferencia, su apoyo y colaboración.

Perspectivas del Cultivo del Arroz en México

Los expertos consideran que la cuenca del Bajo Usumacinta es la región de mayor potencial para el cultivo del arroz en México. Se localiza en los límites de los estados de Tabasco y Campeche, y consta de una extensa área de suelos planos inundables que actualmente está cubierta, casi en su totalidad, por arbustos y pastos típicos de la sabana. Cuenta con agua de buena calidad en varias lagunas de diferente área y profundidad. Sus suelos son aptos para el cultivo del arroz, y el clima favorece el desarrollo de este cereal durante todo el año. Algunas tierras de la región se usan como pastizales, y muy pocas han sido cultivadas con arroz de riego por productores empresariales. Una segunda región al sur de Veracruz tiene buenas características para el arroz, y serviría para ampliar la frontera de este cultivo.

Los buenos resultados obtenidos hasta ahora son un incentivo para impulsar el cultivo del arroz en esa región aplicando el método de producción continua. Las ventajas del proyecto son amplias: el INIFAP

dispone de variedades para riego que inicialmente darían dos cosechas al año y en el futuro hasta tres; éstas podrían ser todas de arroz, o alternadas con sorgo (arroz-sorgo-arroz); además, si se programan adecuadamente ambos cultivos puede lograrse un uso más eficiente de la maquinaria y del equipo agrícola durante el año; finalmente, el INIFAP cuenta también con la tecnología necesaria para aplicar este sistema.

La futura investigación sobre arroz deberá considerar la generación de tecnologías que aseguren la producción sostenida de arroz, sin olvidar el impacto de esa tecnología moderna sobre la ecología y la población humana a medida que el cultivo se intensifique y se extienda a otras áreas.

Habrà que fortalecer los trabajos de mejoramiento genético para desarrollar variedades mejoradas y obtener líneas de arroz híbrido, con destino a regiones tropicales en que se cultiva arroz de riego. El objetivo final será aumentar el rendimiento del cultivo.

Se pondrán a disposición de los productores siete nuevas variedades mejoradas: tres de ellas para el sistema de riego y trasplante, cuyo potencial de rendimiento es de 10 t/ha; una para el sistema de riego y siembra directa, con un potencial de rendimiento de 8 t/ha; y tres para las regiones en que se cultiva arroz de temporal (secano), que pueden rendir hasta 5 t/ha.

Todas estas actividades conducirán a un incremento de la producción de arroz en México si el país desarrolla un agresivo programa de validación y transferencia de las innovaciones tecnológicas, en el cual participen los productores. De este modo, y con el apoyo de los gobiernos federal y estatal, se podrá alcanzar en México la autosuficiencia en arroz.

PRIMERA SESION
MEJORAMIENTO GENETICO

Resumen de la Sesión

Mejoramiento Genético

Moderador: Mario Salazar Gómez*

El primer trabajo de esta sesión pasa revista a más de 18,000 cruces hechos por 10 programas de cruzamiento en 7 países de América Latina y el Caribe, y a más de 70 variedades liberadas por estos países. El propósito principal del trabajo era entender la forma en que los programas nacionales generaban su variabilidad genética por medio de cruzamientos, y la relación que éstos tienen con las variedades liberadas. El trabajo hace énfasis en la dominancia de líneas desarrolladas localmente como progenitores en todos los programas de cruzamiento. Menciona también que los programas nacionales orientan su trabajo hacia las combinaciones simples y tienen las triples como segunda opción. Se indica también que el intervalo entre el cruzamiento y la liberación de la variedad aumentó de 7.1 años en 1971-75 a 13.2 en 1986-90. La variabilidad genética de los progenitores sugiere que hay suficiente variación para que los programas de mejoramiento desarrollen un buen trabajo.

En su comentario, el Ing. Arturo Carcaño destaca la oportunidad que brinda este trabajo de discutir los datos presentados en él. El objetivo sería mejorar la eficiencia de los programas nacionales de cruzamientos así como sus relaciones con los centros internacionales.

Las preguntas más importantes que surgieron durante la discusión pueden reunirse en tres:

- a) ¿Es apropiada la relación entre el número de cruces hechos y las variedades liberadas?
- b) ¿Es muy largo el tiempo transcurrido entre el cruce y la liberación de la variedad?
- c) ¿Cuáles mejorías podrían esperarse con la variabilidad genética disponible?

El trabajo presentado por el Dr. Ronnie Coffman se inició con una apreciación filosófica, rara vez considerada por los fitomejoradores, de las características socioeconómicas de los usuarios y consumidores del arroz. La crisis económica que enfrentan los países de la región latinoamericana debe tenerse en cuenta cuando se planea una estrategia de mejoramiento para el futuro cercano. La falta de variabilidad genética es,

* Experto Nacional, Cereales de Grano Pequeño, INIFAP, México.

aparentemente, una dificultad sería, pero podría resolverse, si los programas nacionales se apartan de la tendencia centralista recibida de los centros internacionales.

El conferencista manifestó cierta preocupación por la estrategia propuesta por el Programa de Arroz del CIAT para la próxima década. También mencionaron la necesidad de emplear mejor los recursos humanos de que disponen los programas nacionales.

Fundado en estas consideraciones, el Dr. Coffman señala que, para ser exitosa, la estrategia debería atender tres aspectos: identificar sitios críticos para la práctica del mejoramiento; promover la evolución de INGER hacia una entidad que se encargue de contratar la realización de trabajos específicos en esos sitios de mejoramiento; y considerar al CIAT como una fuente de tecnología avanzada.

El comentario presentado por el Dr. Darío Leal Monsalve hizo énfasis en la utilización de los sitios críticos de mejoramiento para la caracterización de los bancos de germoplasma y en la necesidad de aprovechar mejor los recursos humanos de que dispone la región.

La presentación sobre la posible contribución de un programa de mejoramiento a los agricultores de subsistencia empezó enfatizando en la importancia socioeconómica del sector de subsistencia, poniendo a Panamá como ejemplo. Sus sugerencias acerca de una estrategia de mejoramiento más eficiente se referían a los siguientes aspectos: evaluación del germoplasma usado por el pequeño agricultor y de los materiales tradicionales venidos de otros países; evaluación de las líneas de arroz de riego que tengan características interesantes; y evaluación de líneas de los programas de selección genética del mundo entero. El autor mencionó que estos materiales suministrarían genes para caracteres tales como la resistencia a la sequía, la adaptación a la escasez de nutrientes del suelo, y la resistencia a enfermedades e insectos dañinos.

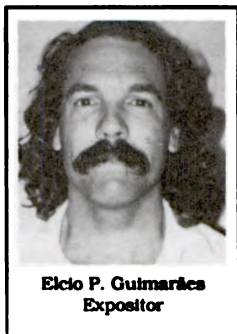
El Dr. Rolando Lasso se valió de los mecanismos fisiológicos de tolerancia a la sequía y de respuesta al nitrógeno como ejemplos del modo en que puede evaluarse el germoplasma disponible. Mediante ciertas técnicas, y con el esfuerzo combinado de los programas nacionales, de los centros internacionales y de las universidades, será posible aumentar la eficiencia con que se mejoran aquellos aspectos del germoplasma relacionados con los pequeños agricultores.

En su comentario sobre la estrategia propuesta, el Dr. César Martínez destacó que ya se dispone de germoplasma de arroz de secano. Presentó además información sobre una serie de experimentos de selección respecto a la eficiencia de absorción del fósforo y al desarrollo radicular, indicando que ya se había generado germoplasma con esos caracteres y

que las diferencias eran visibles. En forma práctica, presentó ejemplos de Colombia (costa atlántica) y de Guatemala (región de Izabal), donde las líneas de arroz de secano mejoradas por el CIAT se comportan bien en las fincas pequeñas.

Los autores del artículo sobre conservación de germoplasma hacen una descripción general de la organización del banco de germoplasma de arroz del IRRI, y del modo como éste trabaja. Hablan de la manera en que los materiales se recolectan, se conservan, se multiplican, y se caracterizan. Finalmente, hacen énfasis en la diversidad genética de que se dispone en la colección.

Estado Actual de las Actividades de Fitomejoramiento del Arroz en América Latina y el Caribe



Elcio P. Guimarães
Expositor

Federico Cuevas Pérez
Elcio P. Guimarães
César P. Martínez*

Resumen

Poco se sabe de cómo contribuyen las diferentes fuentes de germoplasma a los programas de mejoramiento de América Latina y el Caribe. Este estudio examina los cruces, sus progenitores y las variedades comerciales liberadas por doce programas de mejoramiento en América y el Caribe. Los cruces estudiados se realizaron para los sistemas irrigado y/o secano favorecido en zonas áridas, subtropicales y tropicales. Estos se agruparon en periodos de 5 años entre 1971 y 1990 y se clasificaron de acuerdo con el tipo de cruce (simple, doble, triple, múltiple y retrocruce). Sus progenitores se clasificaron de acuerdo con su origen geográfico y según su procedencia de programas nacionales o internacionales. Se calculó también su contribución genética a los cruces considerando 50% de contribución en cada cruce simple. Se clasificaron 74 variedades comerciales por año, por región de liberación, por fuente de población y por el número de años entre el cruce y la liberación. Los resultados indicaron que cerca de la mitad de los cruces fueron simples y 35% triples. Debido al número cada vez mayor de dificultades, el uso más intensivo de progenitores se encontró en la zona tropical, luego en zonas templadas y después en áridas. Durante 1971-1990 el número total de progenitores utilizados en cruzamientos aumentó en todos los ambientes, pero su proporción por cruce aumentó en América Latina y disminuyó ligeramente en los otros dos ambientes. Los programas nacionales proporcionaron el mayor número de progenitores y por consiguiente de contribución genética, particularmente para zonas áridas. También proporcionaron el mayor número de variedades liberadas para zonas áridas y tropicales, mientras que las poblaciones generadas en CIAT fueron más importantes para las zonas templadas. Entre 1971 y 1990, el periodo promedio entre cruce y liberación varietal aumentó de 7.1 a 13.2 años, especialmente en aquellos materiales procedentes de programas internacionales, sugiriendo una dificultad mayor para identificar materiales superiores. Si se han de aumentar los rendimientos, se hace necesario un nuevo enfoque en el mejoramiento varietal.

En todo el territorio de América Latina y el Caribe existen 25 países que cultivan arroz y poseen algún tipo de Programa Nacional de Investigación en Arroz, en el cual el mejoramiento es una de las principales actividades (Zeigler y Cuevas Pérez, 1989). Estos programas intercambian

* Investigador, IRRI-América Latina, y Fitomejoradores del Programa de Arroz del CIAT, Colombia, respectivamente.

germoplasma de arroz entre ellos y con centros internacionales como el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el International Rice Research Institute (IRRI), principalmente a través de la Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER). El principal objetivo de estos programas es identificar una línea que combine las características agronómicas deseables para liberarla posteriormente como variedad comercial.

Aunque varios investigadores (Avila, 1981; Scoble y Posada, 1977) han evaluado el impacto directo de la producción del germoplasma desarrollado en la región o introducido a ella, poco se sabe sobre el aporte indirecto de diferentes fuentes de germoplasma, es decir cuando éstas han sido utilizadas como progenitores en los programas nacionales de mejoramiento. En una muestra al azar de 355 cruzamientos de arroz realizados en 14 centros de investigación en Asia durante 1965-67, 1970-71 y 1974-75, Hargrove (1979) observó un aumento en la proporción de progenitores semienanos utilizados en los programas de mejoramiento de 28% en 1965-67 a 58% en 1974-75, destacando el hecho de que 61% de los cruzamientos del primer período y 84% de los del segundo período contenían por lo menos un progenitor semienano. El uso de progenitores semienanos desarrollados localmente varió de 2% en 1965-67 a 49% en 1974-75, aumento que se atribuyó a una mejor adaptabilidad a las condiciones locales y a una preferencia por materiales locales en vez de introducidos, por razones de orgullo.

La mayor parte de la información sobre las líneas utilizadas como progenitores en los programas de cruzamiento de arroz en América Latina proviene del Taller sobre Variabilidad Genética para la zona templada de América del Sur, realizado en Porto Alegre, Brasil, en 1989 (IRTP, 1989). En la opinión de algunos autores, el material distribuido por el CIAT para la región no se puede usar directamente como variedad debido a la longitud de su ciclo de cultivo, a la calidad deficiente del grano y a la falta de tolerancia a temperaturas bajas (Haure, 1987; Grau y Alvarado, 1989). Según Carmona (1989), el programa de mejoramiento del Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) utiliza los materiales introducidos como fuentes de genes para desarrollar resistencia a la piricularia y a la toxicidad de hierro. Haure (1987), Marassi (1989a) y Alvarado (1989) también utilizan la misma estrategia para desarrollar tolerancia al frío, y obtienen sus fuentes de resistencia en Europa y Asia.

En un análisis de los cruzamientos realizados durante 1985-1989, Carmona (1989) encontró que casi la mitad de los progenitores utilizados en el programa de cruzamiento de arroz del IRGA se había generado localmente, siguiendo en importancia las introducciones del CIAT y de Estados Unidos. En México, durante el mismo período, Aceves (1989) también identificó líneas locales como el principal componente de los cruzamientos, seguidas por material introducido del IRRI.

Muy poco se sabe sobre la importancia relativa de diferentes fuentes de germoplasma en los programas de cruzamiento de arroz en regiones diferentes al Cono Sur. Esta información sería muy útil para predecir la conformación genética de las futuras variedades y para facilitar el intercambio efectivo de germoplasma mediante la identificación de fuentes de diversidad genética dentro de la región.

El objetivo de este estudio fue analizar las fuentes de germoplasma que los programas nacionales de mejoramiento de arroz en América Latina y el Caribe utilizan en los cruzamientos, y correlacionarlas con las variedades comerciales liberadas.

Materiales y Métodos

En América Latina y el Caribe, 12 países poseen actualmente programas activos de cruzamiento de arroz, a saber, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, República Dominicana, Guyana, México, Panamá, Perú, Surinam y Uruguay. Algunos de estos programas han estado haciendo hibridaciones de arroz desde los años 30 (Marassi, 1989b; Banzatto, 1981). De una muestra de países o instituciones se obtuvieron listas de cruzamientos para el periodo 1971-1990. Sólo se usaron en el análisis los cruzamientos realizados con el fin de obtener materiales para ambientes de riego y para ambientes favorables de secano, para lo cual se clasificaron en dos grupos —riego y secano— los cruzamientos realizados por el Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) y por el Instituto Agronômico de Campinas (IAC). El resto de los programas sólo hizo cruzamientos para ambientes de riego y/o de secano en condiciones favorables.

Los cruzamientos se agruparon en periodos de cinco años, a partir de 1971. Los programas también se agruparon con base en el ecosistema predominante en su área de trabajo, así: a) América del Sur subtropical, conocida también como Cono Sur, que incluyó los programas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Centro de Pesquisa Agropecuaria de Terras Baixas de Clima Temperado (IRGA/CPATB) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA); b) América tropical, que combinó los programas de CNPAP, el IAC, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la región suroriental de México; c) América Latina árida, que incluyó los programas de trabajo en las zonas más secas, como la costa de Perú, el noroeste de México y República Dominicana (Cuadro 1). Los cruzamientos también se clasificaron por tipo, como cruzamiento simple, doble, triple, múltiple y retrocruzamiento. El cruzamiento simple se definió como aquél que involucra dos líneas más allá de la generación F_1 ; el doble involucra la F_1 de dos cruzamientos simples; el cruzamiento triple es en el que participan la F_1 de un cruzamiento simple y una línea de una generación superior a la F_1 ; y el múltiple es el cruzamiento secuencial de más de tres progenitores. Los

Cuadro 1. Número de cruzamientos de arroz utilizados para el análisis.

| Ambiente/País (Institución) ^a | 1971-75 | 1976-80 | 1981-85 | 1986-90 | Total |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Zonas áridas | | | | | |
| Rep. Dominicana (CEDIA) | 83 | 68 | 511 | 159 | 821 |
| México (INIFAP-Sinaloa) | 97 | 689 | 992 | 568 | 2346 |
| Perú (INIAA) | 181 | 472 | 513 | 579 | 1745 |
| Subtotal | 361 | 1,229 | 2,016 | 1,306 | 4,912 |
| América del Sur templada | | | | | |
| Argentina (INTA) | — | — | 28 | 222 | 250 |
| Brasil (IRGA-CPATB) | 289 | 658 | 795 | 921 | 2,663 |
| Chile (INIA) | — | — | 89 | 591 | 680 |
| Subtotal | 289 | 658 | 912 | 1,734 | 3,593 |
| América Latina tropical | | | | | |
| Brasil (CNPAP) | — | 342 | 422 | 970 | 1,734 |
| Brasil (IAC) | 6 | — | 140 | 337 | 483 |
| Colombia (ICA) | 974 | 1,814 | 2,362 | 1,342 | 6,492 |
| México (INIFAP-Sur) | — | 12 | 313 | 494 | 819 |
| Subtotal | 980 | 2,168 | 3,237 | 3,143 | 9,528 |
| Total | 1,630 | 4,055 | 6,165 | 6,183 | 18,033 |

- a. CEDIA: Centro de Investigaciones Arroceras.
 INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
 INIAA: Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial.
 INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
 IRGA: Instituto Rio Grandense do Arroz.
 CPATB: Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado.
 INIA: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
 CNPAP: Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão.
 IAC: Instituto Agronômico de Campinas.
 ICA: Instituto Colombiano Agropecuario.

retrocruzamientos fueron casos especiales en donde en un cruzamiento triple, uno de los progenitores del cruzamiento simple era igual a la línea (A/B//C ó A/B//B) o en donde los dos últimos progenitores de un cruzamiento múltiple eran iguales.

Los progenitores involucrados en cada combinación se clasificaron según su origen, el cual se asignó dependiendo del área geográfica en donde se habían desarrollado, así: América Latina, Asia, África, Europa, Estados Unidos, local (incluye material nativo y mejorado obtenido en el país) y desconocido. Las líneas provenientes de los programas internacionales se separaron de las generadas por los programas nacionales y se clasificaron dependiendo del continente en donde se ubica el programa. Así, el germoplasma proveniente del CIAT se separó del resto de América Latina, los materiales del IRRI se separaron de los del resto de

Asia y las líneas relacionadas con el Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT) y los pedigris del International Institute of Tropical Agriculture (IITA) se separaron del resto del material africano.

La contribución genética de cada progenitor se determinó suponiendo que en cada cruzamiento simple aportaba 50% y se expresó como el porcentaje de contribución genética total en un periodo de 5 años. Cuando un cruzamiento simple realizado una sola vez era parte de otro cruzamiento (triple, doble, múltiple o retrocruzamiento), su contribución se registró en el cruzamiento más avanzado únicamente.

Una muestra de 70 variedades comerciales liberadas por los programas de cruzamiento analizados se clasificó por año y región de liberación, y se utilizó para estimar la efectividad de los programas (Cuadro 2). El origen de cada variedad se asignó con base en la población de donde se seleccionó y se definió siguiendo el mismo procedimiento utilizado con los progenitores de los cruzamientos. Para cada cultivar se estimó el número de años transcurridos desde el cruzamiento hasta la liberación de la variedad, calculando la media para cada periodo, región y fuente de germoplasma.

Cuadro 2. Muestra de variedades de arroz liberadas por los programas de mejoramiento en diferentes regiones de América Latina y el Caribe durante 1971-90.

| Periodo | Ambiente ^a | | | Total |
|---------|-----------------------|--------------------------|------------------|-------|
| | Zonas áridas | América del Sur templada | América tropical | |
| 1971-75 | 8 | 3 | 5 | 16 |
| 1976-80 | 4 | 2 | 7 | 13 |
| 1981-85 | 4 | 1 | 8 | 13 |
| 1986-90 | 5 | 4 | 19 | 28 |
| Total | 21 | 10 | 39 | 70 |

- a. América del Sur templada: Argentina, Chile y sur de Brasil (Rio Grande do Sul).
 América tropical: Colombia, el sudeste de México y el trópico de Brasil.
 Zonas áridas: Litoral del Perú, República Dominicana y noroccidente de México.

Resultados y Discusión

Análisis de los cruzamientos

Aproximadamente la mitad de los cruzamientos analizados fue de tipo simple y más o menos 35% (6292 de 18,033) de tipo triple (Cuadro 3). Estas proporciones variaron de un ambiente a otro, siendo mayor la proporción de cruzamientos simples (2426 de 3593) en América del Sur

Cuadro 3. Número de cruzamientos realizados en América Latina durante 1971-90 clasificados por periodo y tipo de cruzamiento.

| Periodo | Tipo de cruzamiento ^a | | | | | Total |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------|----------|------------|----------|--------|
| | Simple | Doble | Superior | Retrocruce | Múltiple | |
| Zonas áridas ^b | | | | | | |
| 1971-75 | 296 | 3 | 49 | 10 | 3 | 361 |
| 1976-80 | 865 | 77 | 235 | 40 | 12 | 1229 |
| 1981-85 | 1028 | 40 | 857 | 34 | 57 | 2016 |
| 1986-90 | 818 | 60 | 402 | 21 | 5 | 1306 |
| Subtotal | 3007 | 180 | 1543 | 105 | 77 | 4912 |
| América del Sur templada ^c | | | | | | |
| 1971-75 | 240 | 3 | 32 | 14 | 0 | 289 |
| 1976-80 | 397 | 8 | 151 | 58 | 44 | 658 |
| 1981-85 | 549 | 5 | 214 | 73 | 71 | 912 |
| 1986-90 | 1240 | 2 | 459 | 24 | 9 | 1734 |
| Subtotal | 2426 | 18 | 856 | 169 | 124 | 3593 |
| América Latina tropical ^d | | | | | | |
| 1971-75 | 225 | 553 | 181 | 21 | 0 | 980 |
| 1976-80 | 837 | 52 | 1022 | 255 | 2 | 2168 |
| 1981-85 | 1565 | 191 | 1447 | 34 | 0 | 3237 |
| 1986-90 | 1714 | 174 | 1243 | 12 | 0 | 3143 |
| Subtotal | 4341 | 970 | 3893 | 322 | 2 | 9528 |
| Total | 9774 | 1168 | 6292 | 596 | 203 | 18,033 |

- a. Simple: A/B
Doble: A/B//C/D
Superior: A/B//C
Retrocruce: A/B//A, A//A/B (padre recurrente A) - A/B//B, B//A/B (padre recurrente B) o cruzamientos adicionales.
Múltiple: A/B//C//D o A/B//C//C/D; i.e. cruzamiento secuencial hasta el tercer cruzamiento utilizando cruzamientos homocigotos o F₁ como padres a partir de ese momento.
- b. Litoral del Perú, República Dominicana y noroeste de México.
c. Argentina, Chile y el sur de Brasil (Rio Grande do Sul).
d. Colombia, sudeste de México y el trópico de Brasil.

subtropical, mientras que América Latina tropical mostró casi igual número de cruzamientos simples y triples (45% frente a 41%). Estas comparaciones ayudan a comprender la cantidad y la distribución de las limitaciones que los programas de mejoramiento están tratando de superar en un determinado ambiente, ya que generalmente la cantidad de cruzamientos triples aumenta proporcionalmente al número de limitaciones y a la expansión de la distribución de éstas. Los programas de mejoramiento que trabajan en América Latina tropical generalmente manejan una cantidad considerable de limitaciones debido a que tienen que mejorar para ambientes de riego y de secano en condiciones favorables, donde las limitaciones impuestas por las enfermedades son

más comunes (Cuevas Pérez, 1989). Además, el programa colombiano de mejoramiento en cuestión se realizó conjuntamente entre el ICA y el CIAT, de 1971 a 1984, el cual debido a la naturaleza multilateral del CIAT, sugiere proyectarse a un área más amplia que la que cubre el mandato del ICA. Cabe anotar que, a pesar del aumento observado en el número de cruzamientos simples en todos los ambientes, su proporción en relación con el número total de cruzamientos sólo aumentó durante los periodos analizados en América Latina tropical disminuyendo levemente en los otros dos ambientes, lo cual sugiere una estratificación de los ambientes en la primera y la multiplicidad de los objetivos en la segunda (CIAT, 1981; Cuevas Pérez, 1985; Hernández Leyton, 1989).

El número de progenitores utilizado en los programas de cruzamiento y su contribución según su lugar de origen se resumen en los Cuadros 4 a 6. El mayor número de progenitores (1128) utilizado correspondió a las zonas áridas, seguidas por América Latina tropical (1090) y América del Sur subtropical (683). Al ajustar estos datos utilizando el número de cruzamientos realizados como se indica en Cuadro 1, resulta que el número de progenitores por cruzamiento fue de 0.23 en las zonas áridas, 0.11 en América Latina tropical y 0.19 en América del Sur subtropical, lo que indica mayor intensidad en el uso de progenitores en América Latina tropical.

Teniendo en cuenta que el número de posibles cruzamientos simples entre un número n de progenitores equivale a $\{n(n-1)\}/2$, sin considerar los cruzamientos recíprocos y el de los cruzamientos triples $\{n(n-1)/2\}n-2$ independientemente de los recíprocos y de los retrocruzamientos, se podría argumentar que los programas de cruzamiento de América Latina tropical se basan en cruzamientos triples, en los cuales se usa una proporción pequeña de los progenitores disponibles y/o de las combinaciones para elevar los cruzamientos simples al nivel de triples. Para ilustrar este punto, tomemos el ejemplo de 11 progenitores que se utilizaron para realizar 100 cruzamientos, 45 de los cuales fueron simples y 41 triples (proporciones calculadas utilizando datos de los Cuadros 1, 3 y 6). Teóricamente, con 11 progenitores es posible hacer 55 cruzamientos simples y 495 triples, sin cruzamientos recíprocos ni retrocruzamientos. Los valores observados, con base en las proporciones estimadas, fueron de 55 y 41, lo cual sugiere que sólo se hicieron 8% de los cruzamientos triples posibles. La intensidad de uso de los progenitores también varió a través del tiempo, particularmente en las zonas áridas, donde el número de progenitores por cruzamiento varió de 0.5 (181/361) en 1971-75 a 0.24 (318/1306) en 1986-90 (Cuadros 3 y 4), indicando una mayor dependencia de los cruzamientos triples y explicando la menor proporción de cruzamientos simples observada anteriormente.

Cuadro 4. Origen y contribución de los padres utilizados en programas de cruzamiento de arroz para las zonas áridas de América Latina.^a

| Fuente de germoplasma | Período | | | | | | | | Total | |
|-----------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|-------|--------|
| | 1971-75 | | 1976-80 | | 1981-85 | | 1986-91 | | | |
| | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | | |
| Africa | 0 | 0 | 4 | 1.58 | 25 | 7.87 | 24 | 7.82 | 32 | 5.59 |
| Asia | | | | | | | | | | |
| IRRI | 23 | 17.27 | 131 | 19.20 | 118 | 20.19 | 60 | 15.14 | 273 | 18.49 |
| Otros | 13 | 11.51 | 71 | 21.63 | 67 | 15.47 | 31 | 12.11 | 136 | 15.98 |
| América Latina | | | | | | | | | | |
| CIAT | 11 | 4.23 | 12 | 3.22 | 12 | 2.00 | 12 | 1.95 | 44 | 2.48 |
| Otros | 7 | 3.61 | 18 | 6.85 | 31 | 6.63 | 16 | 3.91 | 49 | 5.80 |
| Local | 123 | 62.41 | 182 | 42.58 | 171 | 42.68 | 160 | 52.98 | 528 | 46.67 |
| EUA | 4 | 0.97 | 20 | 2.76 | 10 | 3.81 | 5 | 3.37 | 30 | 3.20 |
| Otros ^d | 0 | 0 | 16 | 2.18 | 13 | 1.35 | 10 | 2.72 | 36 | 1.79 |
| Total | 181 | 100.00 | 454 | 100.00 | 447 | 100.00 | 318 | 100.00 | 1128 | 100.00 |

a. Litoral del Perú, República Dominicana y noroeste de México.

b. Calculado suponiendo que cada progenitor aporta la mitad de los genes en cada cruzamiento simple y por creación de un acervo genético entre los cruzamientos.

c. No se suma debido a que algunos padres son comunes a algunos periodos.

d. Incluye Europa y otras fuentes de origen desconocido.

Cuadro 5. Origen y contribución de los padres utilizados en programas de cruzamientos de arroz para América del Sur templada. ^a

| Fuente de germoplasma | Periodo | | | | | | | | Total | |
|-----------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|-------|--------|
| | 1971-75 | | 1976-80 | | 1981-85 | | 1986-91 | | | |
| | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | | |
| Africa | 1 | 3.42 | 1 | 0.89 | 1 | 0.08 | 3 | 0.55 | 5 | 0.74 |
| Asia | | | | | | | | | | |
| IRRI | 12 | 11.12 | 10 | 8.42 | 20 | 5.74 | 18 | 4.09 | 45 | 5.66 |
| Otros | 7 | 9.95 | 15 | 8.47 | 28 | 7.64 | 32 | 8.48 | 66 | 8.42 |
| América Latina | | | | | | | | | | |
| CIAT | 17 | 16.47 | 20 | 20.57 | 37 | 10.08 | 88 | 17.85 | 138 | 16.55 |
| Otros | 1 | 2.14 | 7 | 4.96 | 13 | 7.36 | 32 | 8.05 | 40 | 6.96 |
| Local | 16 | 32.09 | 19 | 19.96 | 64 | 41.12 | 205 | 36.18 | 270 | 34.38 |
| EUA | 12 | 21.82 | 15 | 34.17 | 30 | 21.82 | 26 | 11.69 | 51 | 18.05 |
| Otros ^d | 2 | 2.99 | 4 | 2.56 | 25 | 6.16 | 48 | 13.11 | 68 | 9.24 |
| Total | 68 | 100.00 | 91 | 100.00 | 218 | 100.00 | 452 | 100.00 | 683 | 100.00 |

a. Litoral del Perú, República Dominicana y noroeste de México.

b. Calculado suponiendo que cada padre aporta la mitad de los genes en cada cruzamiento simple y por creación de un acervo genético entre los cruzamientos.

c. No se suma debido a que algunos progenitores son comunes a algunos periodos.

d. Incluye Europa y otras fuentes de origen desconocido.

Cuadro 6. Origen y contribución de los padres utilizados en programas de cruzamientos de arroz para América Latina tropical.*

| Fuente de germoplasma | Período | | | | | | | | Total | |
|--------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | 1971-75 | | 1976-80 | | 1981-85 | | 1986-91 | | Padres ^c (no.) | Contribución ^b (%) |
| | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | Padres (no.) | Contribución ^b (%) | | |
| Africa | 1 | 0.71 | 8 | 4.02 | 39 | 10.48 | 18 | 2.09 | 59 | 5.52 |
| Asia | | | | | | | | | | |
| IRRI | 19 | 9.48 | 44 | 20.84 | 55 | 12.24 | 24 | 4.81 | 119 | 12.22 |
| Otros | 4 | 2.50 | 46 | 22.55 | 68 | 9.52 | 39 | 9.21 | 131 | 11.81 |
| América Latina | | | | | | | | | | |
| CIAT | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | 6.58 | 105 | 18.43 | 139 | 10.90 |
| Otros | 13 | 3.81 | 20 | 26.78 | 34 | 29.44 | 17 | 7.93 | 58 | 20.15 |
| Local | 72 | 83.06 | 46 | 18.81 | 172 | 27.92 | 249 | 48.77 | 504 | 34.00 |
| EUA | 1 | 0.25 | 7 | 2.71 | 16 | 2.44 | 17 | 7.51 | 28 | 3.50 |
| Otros ^d | 1 | 0.19 | 11 | 4.29 | 24 | 1.38 | 17 | 1.25 | 52 | 1.90 |
| Total | 111 | 100.00 | 182 | 100.00 | 442 | 100.00 | 486 | 100.00 | 1090 | 100.00 |

a. Litoral del Perú, República Dominicana y noroeste de México.

b. Calculado suponiendo que cada progenitor aporta la mitad de los genes en cada cruzamiento simple y por creación de un acervo genético entre los cruzamientos.

c. No se suma debido a que algunos padres son comunes a algunos períodos.

d. Incluye Europa y otras fuentes de origen desconocido.

Si se analiza la importancia relativa de las fuentes de germoplasma, es posible ver que los materiales generados por los programas locales proporcionan el mayor número de progenitores y la mayor contribución genética, correspondiendo la máxima participación promedio a las zonas áridas, con 528 progenitores y una contribución de 46.7%. Este hecho apoya la observación de Hargrove (1979), quien sugiere que la manifestación de la misma tendencia en Asia se debió a una mejor adaptabilidad de los materiales generados localmente. La segunda fuente de germoplasma más importante varió dependiendo del ambiente, siendo el IIRRI la fuente para las zonas áridas, otros programas latinoamericanos para América Latina tropical y Estados Unidos para el Cono Sur. En los dos últimos ambientes, las dos fuentes indicadas fueron más importantes que los materiales locales durante el período 1976-80.

Otro tipo de evidencia que sugiere que el desarrollo varietal se concentra en un número limitado de progenitores proviene de las estimaciones sobre la contribución a la conformación genética de las poblaciones hecha por 5% superior de los mejores progenitores utilizados en los cruzamientos (Figura 1). Esto significa que 5% de los progenitores aportaron por lo menos 25% de los genes durante 1971-90. Esta cifra ha aumentado en forma sostenida en las zonas áridas, alcanzando un nivel de casi 50% durante 1986-90, lo cual puede indicar que aunque este ambiente posee el mayor número de progenitores por cruzamiento, actualmente es mayor la dependencia del acervo genético básico para mejoramiento en el futuro.

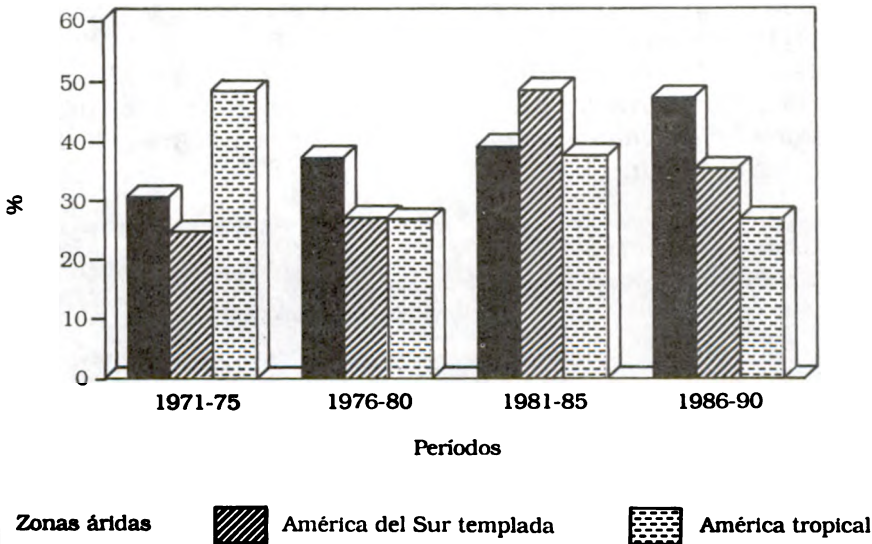


Figura 1. Contribución total del 5% de los padres más usados en programas de cruzamientos de arroz en América Latina, 1971-1990.

Por otra parte, a pesar del menor número de progenitores por cruzamiento en América Latina tropical, la contribución total del 5% superior disminuyó de aproximadamente 50% en 1971-75 a 25% en 1986-90, lo cual sugiere que la base actual de progenitores es más grande.

Análisis de las variedades liberadas

La mayoría de las variedades liberadas provienen del CIAT, del IRRI o son desarrolladas localmente (Cuadro 7). Si se considera que estos programas representan la tendencia de toda la región, se puede concluir que los mejoradores tienden a percibir los centros internacionales, en vez de los programas de otros países de la región, como fuentes alternativas de cultivares. Las poblaciones generadas localmente fueron las principales fuentes de variedades para las zonas áridas y tropicales, mientras que las poblaciones generadas por el CIAT dieron origen a la mitad de las variedades liberadas en el Cono Sur. La proporción de cultivares de los tres orígenes considerados en las zonas áridas concuerda bastante con la observada para los progenitores en los cruzamientos, lo cual significa que el IRRI representa la segunda fuente de germoplasma, equivaliendo esta proporción a aproximadamente 40% del material proveniente de las fuentes locales y a 6 veces la del CIAT. Es posible llegar a una conclusión similar con las variedades liberadas en América Latina tropical, ya que debido al programa conjunto CIAT-ICA, las variedades provenientes de otros lugares de América Latina, específicamente de Colombia, se confunden con las provenientes del CIAT (lo cual representa aproximadamente 60% de los progenitores y variedades locales). Para el Cono Sur, se cree que la principal contribución de las poblaciones seleccionadas localmente y generadas por el CIAT (principalmente a partir del cruzamiento P 790 que produjo las variedades BR-IRGA 409, BR-IRGA 412 y BR-IRGA 413) se debe al gran potencial de rendimiento del germoplasma tropical, muy difícil de superar sin comprometer las ganancias obtenidas en el pasado (Avila, 1981; Carmona, 1989; Silveira, 1985).

Cuadro 7. Origen y poblaciones de las cuales se seleccionaron cultivares de arroz en América Latina durante 1971-90.

| Ambiente ^a | Origen de las poblaciones ^b | | | | Total |
|--------------------------|--|------|-------|-------|-------|
| | CIAT | IRRI | Local | Otros | |
| Zonas áridas | 1 | 6 | 14 | 0 | 21 |
| América del Sur templada | 5 | 1 | 3 | 1 | 10 |
| América Latina tropical | 10 | 9 | 16 | 4 | 39 |
| Total | 16 | 16 | 33 | 5 | 70 |

- a. Zonas áridas: Litoral del Perú, República Dominicana y noroeste de México.
América del Sur templada: Argentina, Chile y el sur de Brasil (Rio Grande do Sul).
América Latina tropical: Colombia, el suroeste de México y el trópico de Brasil.
- b. CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
IRRI: International Rice Research Institute.

No se observó interacción entre el origen, el período y el ambiente para el tiempo transcurrido entre cruzamiento hasta la liberación de la variedad, por lo cual sólo se analizaron para el presente trabajo la interacción entre el ambiente y el período y entre el origen y el período. El número promedio de años desde el cruzamiento hasta la liberación de la variedad aumentó de 7.1 años en 1971-75 a 13.2 años en 1986-90 (Cuadro 8). Este aumento se relaciona probablemente con los altos niveles de rendimiento alcanzados, con la mayor complejidad de los requerimientos varietales y con la durabilidad de varios cultivares en condiciones de producción comercial. Las variedades de arroz más populares en los países analizados tenían por lo menos 10 años de edad (Abreu Vargas, 1986; Hernández Leyton 1989; IRTP, 1989) y algunas hasta 20 años. Aunque la principal limitación de las variedades se reporta como la susceptibilidad a enfermedades, los agricultores al parecer están dispuestos a manejarlas por medios no genéticos, siempre y cuando el potencial de rendimiento sea alto. El interés en el mejoramiento por resistencia al estrés se ha sugerido como una posible causa del estancamiento observado en el rendimiento de las variedades (Cuevas Pérez, 1985).

Cuadro 8. Número de años desde el cruzamiento hasta la liberación de la variedad en América Latina para el período 1971-90.

| Período | Ambiente ^a | | | Media ponderada ^b |
|---------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|
| | Zonas áridas | América del Sur templada | América Latina tropical | |
| 1971-75 | 6.9 | 9.0 | 7.0 | 7.1 |
| 1976-80 | 13.0 | 10.0 | 9.1 | 10.4 |
| 1981-85 | 11.0 | 13.5 | 9.4 | 10.5 |
| 1986-90 | 12.2 | 17.2 | 12.5 | 13.2 |

- a. Zonas áridas: Litoral del Perú, República Dominicana y noroeste de México.
América del Sur templada: Argentina, Chile y el sur de Brasil (Rio Grande do Sul).
América Latina tropical: Colombia, el sudeste de México y el trópico de Brasil.
- b. Media ponderada utilizando el número de variedades por ambiente.

Sorprendentemente, el mayor aumento del período comprendido entre el cruzamiento y la liberación de la variedad se ha observado en los materiales introducidos de los centros internacionales (Figura 2). Al parecer, para seleccionar una variedad los mejoradores buscan entre los cruzamientos relativamente más antiguos, lo cual sugiere que los últimos esfuerzos de mejoramiento a nivel internacional están enfrentando la necesidad de progenitores en vez de variedades. El hecho de que se evalúen los cruzamientos antiguos y se seleccionen variedades a partir de ellos, sugiere que aún hay cabida para actividades de mejoramiento varietal a nivel internacional. Se ha sugerido que los esfuerzos actuales de mejoramiento se concentran en el paradigma IR8 que parece haber

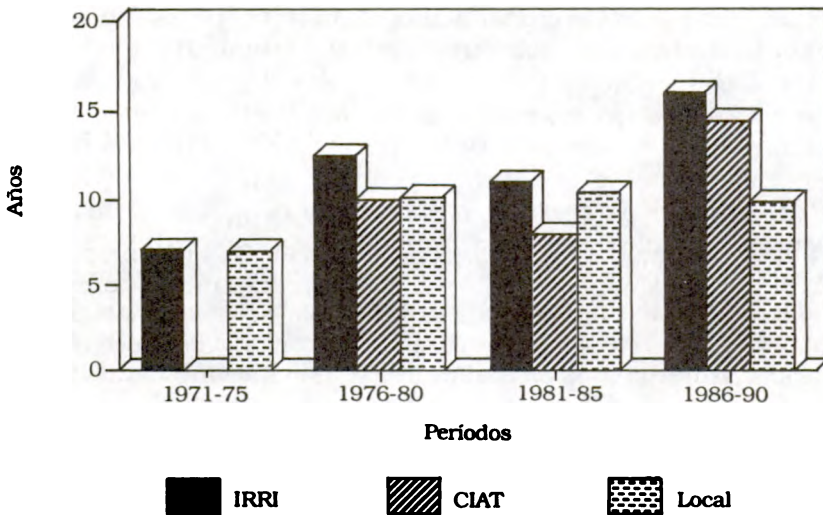


Figura 2. Tiempo entre el cruzamiento y la liberación varietal en América Latina, según el origen de la población de arroz, 1971-1990.

agotado su potencial de mejoramiento por rendimiento (Cuevas Pérez et al., 1992; Pingali et al., 1990); por lo tanto, es necesario adoptar un nuevo enfoque de mejoramiento varietal si se espera lograr un mayor aumento del rendimiento. Como muestra de ello, el IRRI está evaluando nuevos tipos de plantas con potencial para iniciar una nueva era de mejoramiento del arroz.

Referencias

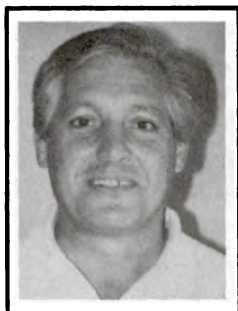
- Abreu Vargas, G. 1986. Rice seed production systems in Dominican Republic. *En* CRIN. Proc. First Meeting of the Technical Advisory Committee, held in CEDIA-Juma, Bonao, República Dominicana, 1-2 December, 1986. CEDIA, Juma. p. 82-101. (En inglés y español.)
- Aceves, J.S. 1989. Mejoramiento genético del arroz en la región central de México. *En* Resultados de los viveros de arroz para América Latina distribuidos en 1988 —segundo semestre, incluye Panel sobre generación de variabilidad genética del arroz en el Cono Sur. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina, Cali, Colombia. p. 83-96.
- Alvarado, J.R. 1989. Generación de variabilidad genética en Chile. *En* Resultados de los viveros de Arroz para América Latina distribuidos en 1988 —segundo semestre, incluye Panel sobre generación de variabilidad genética del arroz en el Cono Sur. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina, Cali, Colombia. p. 64-73.

- Avila, A.F.D. 1981. Évaluation de la recherche agronomique au Brasil: Le cas de la recherche rizicole de l'IRGA au Rio Grande do Sul. Ph. D. diss., Faculté de Droit et des Sciences, Université de Montpellier, Francia. 217 p.
- Banzatto, N.V. 1982. Experiencias del Instituto Agronómico de Campinas (IAC). En IRTP (Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina). Informe de la cuarta conferencia del IRTP para América Latina, agosto 10-14, 1981. CIAT, Cali, Colombia. p. 43-44.
- Carmona, P.S. 1989. Generación de variabilidad genética de arroz irrigado en la EEA-IRGA. En Resultados de los viveros de arroz para América Latina distribuidos en 1988 —segundo semestre, incluye Panel sobre generación de variabilidad genética del arroz en el Cono Sur. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina, Cali, Colombia. p. 113-122.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1981. Informe CIAT 1981: Recuento de las principales actividades en 1980. Cali, Colombia. 112 p.
- Cuevas Pérez, F. 1985. Mejoramiento genético de arroz en República Dominicana: Análisis y recomendaciones. Bol. Inst. Super. Agric. 21:1-24.
- Cuevas Pérez, F. 1989. Implementación de un nuevo sistema de distribución de germoplasma: Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina. En IRTP (Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina). Evaluación cooperativa del germoplasma de arroz en América Latina: Informe de la VII Conferencia del IRTP para América Latina, 11-13 de agosto, 1988, Cali, Colombia. CIAT, Cali, Colombia. p. 55-75.
- Cuevas Pérez, F., E.P. Guimarães; L.E. Berrío y D.I. González, 1992. Genetic base of irrigated rice in Latin America, 1971-89. Crop Sci. 32(4): (en imprenta).
- Grau B., P.A. y J.R. Alvarado. 1987. Evaluación del germoplasma incluido en las pruebas internacionales de arroz para tolerancia a bajas temperaturas en Chile. En Resultados viveros de arroz —segundo semestre 1986, incluye Panel mejoramiento de arroz para tolerancia a temperaturas bajas. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina, Cali, Colombia. p. 54-63.
- Hargrove, T.R. 1979. Diffusion and adoption of semidwarf rice cultivars as parents in Asian rice breeding programs. Crop Sci. 19(5):571-574.
- Haure, J.C. 1987. Breve reseña del cultivo de arroz en el país, su cultivo y estrategia de mejoramiento en la Provincia de Entre Ríos, Argentina. En Resultados viveros de arroz —segundo semestre 1986, incluye Panel mejoramiento de arroz para tolerancia a temperaturas bajas. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina, Cali, Colombia. p. 47-53.

- Hernández Leyton, J. 1989. Utilización en el Perú de los recursos genéticos de arroz desarrollados por los centros internacionales. *En* IRTP (Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina). Evaluación cooperativa del germoplasma de arroz en América Latina: Informe de la VII Conferencia del IRTP para América Latina, 11-13 de agosto, 1988, Cali, Colombia. CIAT, Cali, Colombia. p. 234-247.
- IRTP (Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina). 1989. Evaluación cooperativa del germoplasma de arroz en América Latina: Informe de la VII Conferencia del IRTP para América Latina, 11-13 de agosto, 1988, Cali, Colombia. CIAT, Cali, Colombia. 286 p.
- Marassi, J.J.N. 1989a. Labor de la Estación Experimental de Arroz "Ing. Agr. Julio Hirschhorn", Facultad de Agronomía de la Universidad de La Plata, Argentina. *En* Resultados de los viveros de arroz, para América Latina distribuidos en 1988 —segundo semestre, incluye Panel sobre generación de variabilidad genética del arroz en el Cono Sur. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina, Cali, Colombia. p. 30-40.
- Marassi, J.J.N. 1989b. Utilización del material IRTP por la Estación Experimental de Arroz "Ing. Agr. Julio Hirschhorn" de la Universidad Nacional de La Plata. *En* IRTP (Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina). Evaluación cooperativa del germoplasma de arroz en América Latina: Informe de la VII Conferencia del IRTP para América Latina, 11-13 de agosto, 1988, Cali, Colombia. CIAT, Cali, Colombia. p. 190-191.
- Pingali, P.L., P.F. Moya y L.E. Velasco. 1990. The post-green revolution blues in Asian rice production. IRRI Social Science Division Paper No. 90-01. IRRI, Manila, Filipinas. 33 p.
- Scobie, G.M. y R.T. Posada. 1977. The impact of high-yielding rice varieties in Latin America with special emphasis on Colombia. CEDEAL and CIAT, Cali, Colombia, 165 p.
- Silveira, E.P. 1985. BR-IRGA plantings in Rio Grande do Sul, Brazil. *Int. Rice Res. Newsl.* 10(2):4.
- Zeigler, R.S. y F. Cuevas Pérez. 1989. La situación de la investigación en arroz en América Latina —observaciones preliminares. *En* IRTP (Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina). Evaluación cooperativa del germoplasma de arroz en América Latina: Informe de la VII Conferencia del IRTP para América Latina, 11-13 de agosto, 1988, Cali, Colombia. CIAT, Cali, Colombia. p. 34-54.

Comentario

Estado Actual de las Actividades de Fitomejoramiento del Arroz en América Latina y el Caribe por Federico Cuevas Pérez, Elcio P. Guimarães y César P. Martínez



Arturo David Carcaño*

El trabajo presentado plantea una visión global de la actividad de mejoramiento realizada tanto por los centros internacionales (CIAT e IRRI) como por los programas nacionales.

Se deben destacar la claridad y calidad con que se presentó el trabajo, que son verdaderos aportes al mejoramiento del arroz de América Latina y el Caribe y la importancia de los problemas señalados. Estos servirán sin duda como elementos de discusión y reflexión en la elaboración de estrategias futuras para la comunidad científica relacionada con el mejoramiento genético del arroz. Quisiera resaltar algunos puntos que, a mi juicio, son relevantes:

El objetivo del trabajo se logró ampliamente.

El análisis de los cruzamientos indica claramente que los programas según la zona a que pertenezcan, emplean con diferentes intensidades los progenitores.

Los tipos de cruzamiento también son distintos, según la zona considerada. Los autores señalan el caso de América tropical, donde sólo se realiza un 45% de cruzamientos simples y 41% triples; esto indicaría que una pequeña proporción de progenitores disponibles se usa para este último tipo de cruces.

Con relación a las fuentes de germoplasma, se observa claramente un mayor uso de materiales generados por los programas nacionales debido a su mejor adaptabilidad.

El desarrollo de variedades está concentrado en un número limitado de progenitores, si bien en la actualidad la base de progenitores es más amplia.

* Coordinador, Programa de Arroz, INTA, Argentina.

En la liberación de variedades se observa un incremento del tiempo promedio entre el cruzamiento y el logro de una variedad; éste era de 7.1 años en 1971-1975 y es de 13.2 años en 1976-1990.

En el período analizado se hicieron 18,033 cruces y se liberaron 33 variedades; en consecuencia, para lograr una variedad fue necesario hacer 545 cruces.

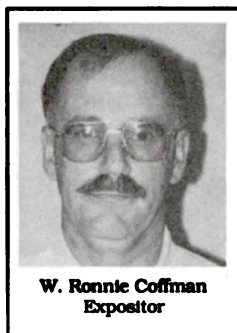
Los puntos indicados tienen que llevarnos a una profunda reflexión. Deben analizarse los factores que están influyendo en el tiempo empleado en la producción de una variedad, en los tipos de cruce y, fundamentalmente, en las fuentes de germoplasma dentro de la estrategia de mejoramiento que se aplica.

Debe discutirse también, partiendo de los datos suministrados por este trabajo, cómo se pueden mejorar y hacer más eficientes las relaciones entre los programas nacionales, que hoy languidecen por sus restricciones económicas, y los centros internacionales. Hay que considerar además, el nuevo papel que tendrán los centros internacionales en relación con el tipo de mejoramiento que debe enfatizarse: mejoramiento convencional o biotecnología, o tal vez ambos.

Un párrafo final merece la nueva relación del sector público con el privado que hoy es realidad en muchos países. El nuevo diseño de la economía de varios países de América Latina indicará si la investigación se realizará con el aporte del sector privado o conjuntamente con éste.

Estos son los elementos de discusión que pueden ayudar a decidir si las actividades de investigación que se realizan son adecuadas para ingresar al Siglo XXI plenamente capacitados para solucionar los problemas alimentarios de buena parte del planeta.

Un Nuevo Enfoque para el Mejoramiento del Arroz en América Latina



W. Ronnie Coffman
Johnson Olufowote
Pablo Grau
Reynaldo Villareal*

Resumen

La crisis ocasionada por la deuda externa ha debilitado los programas nacionales de investigación de arroz en América Latina, y ha aumentado su dependencia de los programas regionales y mundiales del CIAT y del IRRI.

Si bien el germoplasma mejorado producido por los IARC ha traído consigo cierto grado de uniformidad genética, también ha brindado inmensos beneficios a los programas nacionales de investigación agrícola y a los productores de arroz de la región. Estos beneficios se ven hoy en día amenazados, ya que tanto el IRRI como el CIAT, en respuesta a las presiones ejercidas por sus donantes, han comenzado a "avanzar" hacia la biotecnología, y están tratando de extrapolar el éxito que han tenido en sus programas de mejoramiento de cultivos a la compleja labor del manejo de los recursos. Una nueva estrategia para el mejoramiento del arroz en América Latina debe tener en cuenta los puntos siguientes: 1) desde el punto de vista de la diversidad genética, es conveniente abandonar el método de mejoramiento centralizado empleado por el IRRI y el CIAT; 2) el CIAT reducirá los recursos destinados al mejoramiento convencional del arroz, y se ocupará más de las biotecnologías que apoyen el mejoramiento del arroz; y 3) un plan factible (con posibilidades de éxito) debe utilizar, de manera más eficaz, los recursos humanos de los programas nacionales de investigación que hoy languidecen a causa de las restricciones económicas. Una estrategia semejante debe incluir: 1) la identificación y el establecimiento de sitios experimentales esenciales para el mejoramiento; 2) la evolución de INGER hacia una entidad cooperativa de contratación; y 3) el CIAT considerado como fuente de tecnología avanzada.

Introducción

Durante los últimos 25 años, los incrementos en la producción alimentaria de los países en vías de desarrollo han rebasado en gran medida a los obtenidos en el mundo desarrollado (Huke y Huke, 1990), sobre todo en lo que se refiere al cultivo del arroz con riego en América Latina. Por desgracia, el crecimiento demográfico en muchos de estos países ha sido tan rápido durante el mismo período, que el incremento per cápita en la producción resulta insignificante e incluso negativo. En

* Profesor y Jefe, Asistentes Graduados de Investigación, y Profesor Visitante, respectivamente, Departamento de Fitomejoramiento y Biometría, Cornell University, USA.

América Latina, el aumento de la producción alimentaria no ha podido mantener el ritmo de crecimiento de la población, que fue del 2.4% anual durante los últimos 10 años (CIAT, 1991). Este crecimiento de la población ha puesto en peligro los recursos naturales, y es evidente que, si se continúa con las políticas actuales en agricultura y en planificación familiar, la crisis alimentaria podría extenderse y afectar a sectores de la población diferentes del de bajos ingresos en los países en vías de desarrollo. En éstos, el índice diario de mortalidad causada por el hambre y la desnutrición es, por lo menos, de 40,000 personas (Peterson, 1991). Brown y Young (1990) sostienen que el incremento de los precios de los granos, y la lucha por los alimentos que se desencadenaría como resultado de la crisis alimentaria, podría desestabilizar los gobiernos nacionales y amenazar la integridad del sistema monetario internacional.

Al pensar en una estrategia para el mejoramiento del arroz en los próximos años, debemos tener en cuenta que la crisis ocasionada por la deuda externa ha afectado en grado sumo los programas nacionales de investigación sobre arroz en América Latina, y ha aumentado su dependencia de los programas regionales y mundiales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y del Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI). El precio de la tecnología mejorada que desarrollaron y difundieron estos centros ha sido un incremento alarmante en la uniformidad genética (Cuevas-Pérez et al., 1991; Hargrove, 1979; Hargrove et al., 1979, 1980 y 1988). Si bien la generación de germoplasma mejorado por los Centros Internacionales de Investigación Agrícola (IARC) ha dado como resultado un cierto grado de uniformidad genética, también ha brindado inmensos beneficios a los programas nacionales de investigación agrícola y a los productores de arroz de la región. Tales beneficios se ven ahora amenazados, ya que el IRRI y el CIAT, en respuesta a las presiones ejercidas por los donantes, han comenzado a "avanzar" hacia la biotecnología, y tratan de extrapolar el éxito que han alcanzado en los programas de mejoramiento de cultivos específicos a la difícil tarea de administrar los recursos naturales.

En cualquier escenario realista del mundo actual, la brecha que existe entre las necesidades y las oportunidades se hará forzosamente más grande con el tiempo, y los científicos especializados en arroz en América Latina tendrán que afrontar la perspectiva de hacer más con menos recursos. En su plan estratégico para los años 90, el CIAT (1991) contempla una reducción del 20% (en términos reales) en la asignación de recursos para la investigación sobre arroz; sería pues ridículamente optimista creer que aumentará, o incluso que se estabilizará, el apoyo financiero concedido a los programas nacionales de investigación sobre arroz. Para esta ponencia se nos pidió que pensáramos en posibles métodos para continuar con el mejoramiento del arroz en América Latina, teniendo en cuenta que actualmente existe una dependencia excesiva de la IR8. Cualquier intento de diversificar la base genética del arroz se

encuentra necesariamente relacionado con la función desempeñada por el CIAT y los programas nacionales de investigación sobre arroz, y está inscrito en una época de recursos financieros limitados; por consiguiente, en este trabajo se propone una metodología que tiene en cuenta la situación real que vivimos.

Base Genética del Arroz en América Latina

El arroz ocupa más de una tercera parte de la superficie sembrada con cereales en los países en vías de desarrollo, y alrededor de 50% más que la superficie sembrada con trigo, el segundo cultivo en importancia en esos países. El esfuerzo por crear variedades modernas de alto rendimiento se intensificó con la fundación del IRRI en Los Baños, Filipinas, en 1960. El primer logro importante del IRRI fue la creación de variedades semienanas de alto rendimiento e insensibles al fotoperíodo, para lo cual empleó la fuente de enanismo *Dee-geo-woo-gen* (DGWG). En 1966, la liberación de la variedad IR8 (un derivado de DGWG) por el IRRI inició la "Revolución Verde" en la producción de arroz, en muchos países de Asia, África y América Latina. Desde esa fecha se ha recomendado el empleo de cientos de variedades de arroz de alto rendimiento para condiciones de riego y condiciones favorables de temporal (secano) en las tierras bajas de casi todos los países del mundo que cultivan arroz.

Gracias a la liberación de variedades por parte del IRRI, la difusión de las variedades modernas de arroz de alto rendimiento ha sido más amplia en Asia; la mayoría de ellas contiene la fuente DGWG (Hargrove et al., 1979). De la superficie total sembrada con arroz, la fracción en que se sembraron variedades modernas en 1982-1983 varió de un mínimo de 13%, aproximadamente, en Tailandia, a un máximo de 85% en Filipinas (Singh, 1985). Virmani et al. (1978), Zan et al. (1984), John y Gunneweg (1985), y Olufowote (1985) documentaron bien la difusión de las variedades modernas de arroz de alto rendimiento en África. Los progenitores de gran parte de estas variedades contienen a IR8 o a TN1, por lo que se remontan a la fuente DGWG. Las variedades para tierras de secano tienen una base genética más amplia.

Rubinstein (1985), Manosalva de Nivia et al. (1991), y González Tous et al. (1991) estudiaron las variedades modernas de arroz de alto rendimiento que más se cultivan hoy en día en América Latina. Rubinstein (1985) afirma que la proporción de la superficie total de arroz que se sembró con variedades de alto rendimiento en esa región aumentó alrededor del 1% en 1969 al 10% en 1974, y que en 1981 el 26% de la superficie plantada con arroz en 24 países latinoamericanos se sembró con variedades de alto rendimiento. No obstante, si se excluye Brasil (que tiene una ecología de secano particularmente desfavorable), el proceso de adopción fue de alrededor del 16% en 1971 y cerca del 70% en 1981. Entre 1973 y 1990, se cultivaron unas cuantas variedades sobresalientes

en América Central. Cuevas Pérez et al. (1992) señalaron que la base genética de casi todas las variedades cultivadas en América Latina incluían DGWG, introducida ésta en la región a través de la IR8 y de otras líneas de mejoramiento creadas en las primeras etapas del programa de mejoramiento del IRRI.

Desde hace por lo menos 20 años, cuando se produjo la epifitía del tizón sureño de la hoja del maíz en Estados Unidos (National Academy of Sciences, 1972), los mejoradores de arroz son conscientes de los problemas potenciales de la uniformidad genética, pero no han diversificado aún el germoplasma utilizado. Las razones de ello son complejas, y los fitomejoradores experimentados las conocen a la perfección. Los programas bien financiados del IRRI y del CIAT han homogeneizado el germoplasma de arroz que se emplea a nivel mundial y regional. Miles de variedades tradicionales que habían evolucionado a nivel local han sido reemplazadas por docenas de variedades semienanas, con fenotipo y genotipo (supuestamente) semejantes, y que han sido obtenidas de una misma base. Los materiales —o variedades utilizadas como progenitores— que usan tales programas de mejoramiento pueden diversificarse; las variedades que ellos producen, sin embargo, son seleccionadas de acuerdo con parámetros de comportamiento superior, según la manera en que se combinen los progenitores. A causa de los efectos de conservación del ligamiento, los productos de un determinado programa de mejoramiento tienden a desarrollar cierta identidad, que equivale virtualmente a la semejanza genotípica. Los análisis de genealogías efectuados por Cuevas Pérez et al. (1992), Hargrove et al. (1980, 1988), Manosalva de Nivia et al. (1991), y González Tous et al. (1991), respaldan la existencia de este bien conocido fenómeno.

El Programa de Arroz del CIAT

El Programa de Arroz del CIAT y la Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER), relacionada con él, constituyen la base de la investigación sobre arroz en la región latinoamericana. Durante el próximo decenio, el programa se ha fijado como meta: 1) ampliar la base genética actual del arroz de riego con el fin de aumentar la estabilidad de la producción; 2) lograr una expresión más completa del potencial de rendimiento —y mantenerla— en los sistemas que cuentan con riego, y reducir el empleo de insumos externos; 3) crear germoplasma de arroz de alto rendimiento para condiciones de secano, y adaptarlo a las sabanas; 4) reforzar la capacidad de los programas nacionales de hacer investigación destinada a mejorar y estabilizar la producción de arroz; y 5) fomentar el intercambio eficaz de información. Estos objetivos aparecen en el plan estratégico del CIAT para los años 90 (CIAT, 1991). En ese informe se establece con claridad que el CIAT abandonará el mejoramiento aplicado de los cultivos, con la esperanza de que los programas nacionales

de investigación, que han sido fortalecidos durante años, se hagan cargo de esas actividades. Los recursos asignados al arroz se reducirán en un 20%, y este porcentaje se destinará a actividades relacionadas con el manejo de los recursos naturales; se espera además que el Programa de Arroz continúe cumpliendo con el extenso plan de actividades que se mencionó antes. Es posible que, dada la actitud que actualmente prevalece entre los donantes, los dirigentes del CIAT tengan pocas oportunidades de decidir sobre lo que se hará en el futuro. Es preciso, sin embargo, recordarles constantemente, a ellos y a los donantes, que los programas de mejoramiento de cultivos (en especial, del arroz) han aportado más de la mitad de los beneficios obtenidos en la producción agrícola (Evenson, 1991; Ruttan, 1987), y que continúan manteniendo e incrementando tales beneficios. La nueva estrategia toma recursos financieros de una oportunidad comprobada, cual es el mejoramiento del arroz, y los destina a una necesidad, a saber, el manejo de los recursos naturales. Esta última es, sin duda, urgente, pero ha sido mal definida, y no representa necesariamente una oportunidad para el CIAT, a no ser el mayor atractivo que ejercerá en los donantes.

Capacidad Nacional de Investigación

El fortalecimiento de la capacidad de investigación de los programas nacionales ha sido uno de los objetivos del CIAT y de otros IARC desde el comienzo. La estrategia del CIAT para los años 90 depende, en gran medida, de que los programas nacionales de investigación asuman la responsabilidad de hacer investigación sobre algunos cultivos (incluyendo el arroz), labor que, hasta el presente, ha desarrollado el centro. La realidad es que los programas nacionales de investigación son cada vez más débiles (von der Osten, 1987). Cuentan con recursos humanos bien capacitados, pero su situación económica es, en general, bastante precaria. Aun los más fuertes (Brasil y México) están sujetos a grandes fluctuaciones presupuestales, y tienen dificultad para brindar un apoyo estable a las actividades de investigación de largo plazo, como el fitomejoramiento. El plan estratégico del CIAT (CIAT, 1991) reconoce este problema, pero lo descarta como un efecto a corto plazo de la crisis ocasionada por la deuda externa. Un plan más realista aceptaría que la limitada disponibilidad de recursos financieros que padecen los programas nacionales constituye un problema a largo plazo, y trazaría una estrategia para resolverlo.

Estrategia para el Mejoramiento del Arroz en América Latina

Toda estrategia que sea útil para el mejoramiento del arroz en América Latina debe reconocer los siguientes hechos: 1) desde el punto de vista de la diversidad genética, es conveniente alejarse del método de

mejoramiento centralizado aplicado por el IRRI y el CIAT; 2) el CIAT reducirá los recursos destinados al mejoramiento del arroz y emprenderá investigación biotecnológica avanzada que respalde el mejoramiento del arroz; y 3) un plan factible, es decir, que tenga posibilidades de éxito, utilizará de manera más eficaz los recursos humanos de los programas nacionales, los cuales languidecen por causa de las restricciones económicas. La estrategia debe incluir los siguientes puntos: 1) la identificación y el establecimiento de sitios experimentales esenciales para el mejoramiento; 2) la evolución de INGER en una entidad cooperativa de contratación; y 3) el acceso al CIAT como a una fuente de tecnología avanzada.

Sitios Experimentales Esenciales para el Mejoramiento

Haciendo uso de un conjunto de datos procedentes del Vivero Internacional de Arroz para la Tolerancia al Frio (IRCTN), Brown et al. (1983) agruparon los ambientes que presentaban climas y condiciones edáficas similares, e identificaron sitios óptimos de selección para hacer más eficaces los programas de fitomejoramiento. Un ambiente que permita hacer una discriminación adecuada entre los genotipos tendrá un elevado coeficiente de regresión del índice genotípico, en tanto que un ambiente que prediga en forma constante el comportamiento de los genotipos en otros sitios tendrá un elevado coeficiente de determinación. Para que un medio de selección sea óptimo, debe presentar valores altos en estos dos factores estadísticos.

Mbenga (1989) empleó la interacción genotipo x ambiente para mejorar la elección de los sitios experimentales de los ensayos de maíz en la región oriental de Gambia. Los sitios se evaluaron por la contribución que hacían a las interacciones $G \times A$, por la variación genética, y por su idoneidad como sitios experimentales. Mbenga utilizó el modelo AMMI (efectos principales acumulativos e interacciones multiplicativas), para estudiar las interacciones de los genotipos en las diferentes localidades, e identificó uno de los cuatro sitios donde la selección de genotipos se acercaba más a la ideal.

Yau et al. (1991) emplearon un análisis de conglomerados (cluster analysis) para clasificar los sitios experimentales del trigo harinero en Asia Occidental, en Africa del Norte, y en la región mediterránea de Europa. Estas regiones presentan grandes variaciones en cuanto a la humedad, la temperatura y el estrés biótico. Se usaron los datos obtenidos de los Ensayos Regionales de Rendimiento de Trigo Harinero efectuados por ICARDA/CIMMYT en 1983-1984 y en 1985-1986. Los investigadores, valiéndose de los datos de dos años correspondientes al rendimiento de grano de 21 y 23 líneas de trigo en 30 y 40 sitios

experimentales, respectivamente, llegaron a la conclusión de que el mejoramiento que lograrse una adaptación amplia a esta región sería una labor muy difícil, y que la región debería subdividirse en dos grupos experimentales, uno de riego o elevada precipitación (REP) y otro de temporal o baja precipitación (TBP). Los autores recomendaron que, dada la escasez de recursos, los conglomerados que incluyeran muy pocos sitios no merecían un programa de mejoramiento independiente. No obstante, dada la mayor variabilidad de los ambientes TBP en comparación con los REP, el mejoramiento para obtener adaptación amplia en las zonas del primer grupo sería más difícil; por tanto, sería más conveniente dividir estas zonas en dos o tres subregiones más o menos homogéneas, y obtener líneas de trigo harinero específicas para cada subregión.

Se espera que los datos generados por INGER en los últimos años permitirán identificar los sitios experimentales clave en las distintas zonas agroecológicas de América Latina. Entre tales sitios debe elegirse un 'sitio esencial de mejoramiento' empleando criterios que tengan en cuenta las instalaciones y los servicios disponibles. Es preciso reconocer que el empleo de un método estricto de 'sitios clave' para evaluar el germoplasma puede descartar sitios de selección que presenten factores adversos importantes, aunque desconocidos. Fox (1989) estudió la importancia de los sitios 'atípicos', y dio ejemplos tomados de la experiencia del CIMMYT. Si bien es evidente que se debe aplicar el sentido común para elegir los sitios experimentales clave para el mejoramiento, también es obvio que el método propuesto aquí debe ser más económico y productivo. Basta mirarlo a la luz de la situación actual, es decir, cuando los sistemas nacionales de investigación tratan en vano de apoyar extensos programas de mejoramiento de arroz.

Nuevo Rostro de INGER en América Latina

La Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER) desempeña una función muy útil en el intercambio y en la evaluación del germoplasma mejorado de arroz en América Latina, y en el mundo entero. Es de gran utilidad sobre todo para los programas nacionales más pequeños que, sin esa red, no tendrían acceso a los materiales mejorados. Un aspecto negativo de INGER es su contribución a la homogeneización del germoplasma mejorado en toda la región, la cual hace que la región entera sea potencialmente más vulnerable a las epifitias causadas por plagas y enfermedades.

En la actualidad, INGER podría convertirse en una entidad cooperativa de contratación, que aprovecharía de manera eficaz a los científicos capacitados en investigación sobre arroz en la región. Los contratos versarían sobre las labores de mejoramiento y verificación que se llevan a cabo en los sitios esenciales de mejoramiento y en los sitios

experimentales clave. Este método de contratación para la investigación, que emplea científicos de los programas nacionales de investigación agrícola, ha sido aplicado con gran éxito por el Centro Internacional de la Papa (CIP), y su popularidad está aumentando en otros IARC.

La Nueva Función del CIAT

De acuerdo con esta nueva estrategia, el CIAT podría proporcionar servicios en que se emplearan las nuevas tecnologías las cuales, en la actualidad, se encuentran más allá de las posibilidades de casi todos los programas nacionales. De especial importancia serían los mapas genómicos en que aparezcan características importantes desde el punto de visto económico; su manejo es posible gracias al polimorfismo en longitud de los fragmentos de la restricción enzimática (RFLP) (McCouch et al., 1988). A medida que se avance en el mapa genómico del arroz, la capacidad de evaluar los genotipos —ya no los fenotipos— se perfeccionará, y podrá utilizarse para incrementar la diversidad genética de las variedades que se cultivan en la región. La tecnología de los RFLP hará posible también la inclusión, en el genoma de una línea o variedad, de genes procedentes de especies silvestres o de variedades mal adaptadas; al mismo tiempo, minimizará los problemas inherentes al ligamiento de genes (Tanksley et al., 1989). La tecnología del RFLP puede utilizarse también para incorporar genes con el fin de obtener resistencia a plagas y enfermedades y, en especial, para acumular en forma piramidal genes que den resistencia a enfermedades importantes como la pircularia. Este tipo de tecnología incrementará, de una parte, la eficiencia y la eficacia de la selección por resistencia, y de otra, permitirá a los investigadores analizar, transferir y combinar genes con una velocidad y precisión que no eran posibles anteriormente. Como no se limitan a genes individuales, los marcadores de RFLP pueden usarse para manipular características cuantitativas de manera conceptualmente sencilla, y permitirán la producción de variedades que posean ciertas combinaciones de caracteres. Anteriormente era muy difícil lograr esas combinaciones, y por ello se consumía mucho tiempo produciendo tales variedades.

Referencias

- Brown, K.D., M.E. Sorrells y W.R. Coffman. 1983. A method for classification and evaluation of testing environments. *Crop Sci.* 23:889-893.
- Brown, L.R. y J. E. Young. 1990. Feeding the world in the nineties. En: L.R. Brown et al. (eds.). *State of the World. Worldwatch Institute report on progress toward a sustainable society.* W.W. Norton, Nueva York. p. 59-78.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. *CIAT in the 1990s and beyond: A strategic plan*, 2 partes. Cali, Colombia. 78 p.

- Cuevas Pérez, F., E.P. Guimarães, L.E. Berrío y D.I. González. 1992. Genetic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean, 1971-1989. *Crop Sci.* 32(4): (en imprenta).
- Evenson, R.E. 1991. Notes on the measurement of the economic consequences of agricultural research investments. Trabajo presentado at the Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development Workshop on Assessment of International Agricultural Research Impacts for Sustainable Development, 16-19 June.
- Fox, P.N. 1989. Position paper on CIMMYT International Wheat Nurseries (unpublished). CIMMYT, El Batán, México. 19 p.
- González Tous, D.I., L.E. Berrío Orozco, N. Manosalva de Nivia y F. Cuevas Pérez. 1991. Origen de las variedades de arroz en Colombia, 1971-1989. Informe de investigación, INGER-América Latina. CIAT, Cali, Colombia.
- Hargrove, T.R. 1979. Diffusion and adoption of semidwarf rice cultivars as parents in Asian rice breeding programs. *Crop Sci.* 19:571-574.
- Hargrove, T.R., W.R. Coffman y V.L. Cabanilla. 1979. Genetic interrelationships of improved rice varieties in Asia. IIRI Research Paper Series no. 23. IIRI, Manila, Filipinas. 34 p.
- Hargrove, T.R., W.R. Coffman y V.L. Cabanilla. 1980. Ancestry of improved cultivars of Asian rice. *Crop Sci.* 20:721-727.
- Hargrove, T.R., V.L. Cabanilla y W.R. Coffman. 1988. Twenty years of rice breeding: The role of semidwarf varieties in rice breeding for Asian farmers and the effects on cytoplasmic diversity. *Bioscience* 38(10):675-681.
- Huke, R.E. y E.H. Huke. 1990. Rice: Then and now. IIRI, Los Baños, Filipinas.
- Jacquot, M. 1978. Varietal improvement programme for pluvial rice in francophone Africa. En J.W. Buddenhagen y G.J. Persley (eds.). *Rice in Africa: Proceedings of a conference held at the International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 7-11 March, 1977.* Academic Press, Londres. p. 117-129.
- John, V.T. y H.A.M.I. Gunneweg. 1985. Adoption, spread and production impact of modern rice varieties in Africa. En *Proceedings of the 16th Session of the International Rice Commission, 10-14 June, 1985, Los Baños, Filipinas. Rice: Progress assessment and orientation in the 1980s.* Int. Rice Comm. Newsl. 34(2):93-96. Edición especial.
- McCouch, S.R., G. Kochert, Z.H. Yu, Z.Y. Wang, G.S. Khush, W.R. Coffman y S.D. Tanksley. 1988. Molecular mapping of rice chromosomes. *Theor. Appl. Genet.* 76(6):815-829.

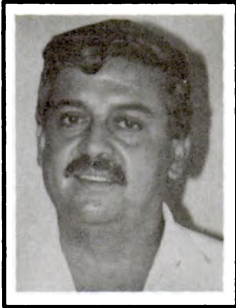
- Manosalva de Nivia, N., L.E. Berrío Orozco, D.I. González Tous y F. Cuevas Pérez. 1991. Variabilidad genética del arroz en América Central. Trabajo presentado en la 37th Annual Meeting of the Cooperative Program for the Improvement of Crops and Animals in Central America, Panamá, marzo 18-20, 1991.
- Mbenga, M.S. 1989. The use of genotype and environment interactions to enhance maize (*Zea mays* L.) cultivar and test site selection in the eastern part of the Gambia. Tesis (M.S.). Graduate School, Cornell University, Ithaca, NY.
- Muchnik de Rubinstein, E. 1985. The impact of high-yielding rice varieties in Latin America. En Proceedings of the 16th Session of the International Rice Commission, 10-14 June, 1985, Los Baños, Filipinas. Rice: Progress assessment and orientation in the 1980s. Int. Rice Comm. Newsl. 34(2):97-109. Edición especial.
- National Academy of Sciences. 1972. Genetic vulnerability of major crops. NAS. Washington, DC. 307 p.
- Olufowote, J.O. 1985. The adoption, spread and production impact of modern rice varieties in West Africa. Trabajo preparado para la International Rice Commission, FAO, Roma, Italia.
- Peterson, W. 1991. World hunger: A solution with food stamps. Choices 6(2):24-26.
- Ruttan, V.W. 1987. Toward a global agricultural research system. En V.W. Ruttan y C. Pray (eds.). Policy for Agricultural Research. Westview Press, Boulder, CO. p. 65-97.
- Singh, R.B. 1985. Rice paddy production in the Asia-Pacific region: Past performance and future prospects. En Proceedings of the 16th Session of the International Rice Commission, 10-14 June, 1985, Los Baños, Filipinas. Rice: Progress assessment and orientation in the 1980s. Int. Rice Comm. Newsl. 34(2):53-76. Edición especial.
- Tanksley, S.D., N.D. Young, A.H. Paterson y M.W. Bonierbale. 1989. RFLP mapping in plant breeding: New tools for an old science. Biotechnology 7(3):257-264.
- Virmani, S.S., J.O. Olufowote y A.O. Abifarin. 1978. Rice improvement in tropical anglophone Africa. En I.W. Buddenhagen y G.J. Persley (eds.). Rice in Africa: Proceedings of a conference held at the International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 7-11 March, 1977. Academic Press, Londres. p. 101-116.
- von der Osten, A. 1987. The impact of research on development: Needs and potentials. En B. Webster, C. Valverde y A. Fletcher (eds.). The impact of research on national agricultural development: Report on the First International Meeting of National Agricultural Systems and the Second IFARD Global Convention, Brasilia, 6-11 October, 1986. ISNAR, La Haya, Holanda. p. 41-46.

Yau, S.K., G. Ortiz-Ferrara y J.P. Srivastava. 1991. Classification of diverse bread wheat-growing environments based on differential yield responses. Crop Sci. 31:571-576.

Zan, K., V.T. John y M.S. Alam. 1984. Rice production problems in Africa. En D.L. Hawksworth (ed.). Advancing agricultural production in Africa: Proc. CAB's First Scientific Conference, Arusha, Tanzania, 12-18 February, 1984. CAB, Farnham Royal, Slough, Reino Unido. p. 64-70.

Comentario

Un Nuevo Enfoque para el Mejoramiento del Arroz en América Latina por W. Ronnie Coffman, Johnson Olufowote, Pablo Grau y Reynaldo Villareal



Dario Leal Monsalve*

Con la liberación en 1966, la variedad IR8 y la rápida diseminación de las variedades modernas en los años 70, surgió la revolución verde del arroz, la cual aumentó sustancialmente la producción de este cereal en el mundo. En los años 80 se observó un aparente estancamiento, no sólo en el rendimiento sino también en la producción global del arroz, por dos causas: el autoabastecimiento logrado en la mayoría de los países productores del grano, y la meseta (plateau) de la curva de aumento del rendimiento; ambas derivaron de los altos incrementos logrados en la década anterior. La estrategia empleada en los 80 consistió en la búsqueda de prácticas de manejo del cultivo más eficientes, con el fin de mantener la rentabilidad de éste lograda en otros años.

A pesar de la aparente estabilidad mundial de la producción de arroz, el nivel actual de ésta no será suficiente en el futuro a causa de la presión demográfica. Se requieren, por tanto, estrategias concretas que permitan un aumento de la producción, como las siguientes:

1. La incorporación de nuevas áreas de producción.
2. Un manejo eficiente del cultivo que minimice las pérdidas causadas por el manejo deficiente del suelo, de las malezas, plagas y enfermedades, o las pérdidas ocurridas en poscosecha.
3. El uso de métodos no convencionales de mejoramiento, que garanticen un aumento significativo en el rendimiento del cultivo.

La liberación de IR8, y su consiguiente aprovechamiento en los programas de cruzamientos de los centros internacionales, como el CIAT y el IRRI, ha conducido a un alto grado de uniformidad genética. Esto se ha agravado, en parte, por la ausencia, en la mayoría de los países productores de arroz del área, de programas fuertes de mejoramiento, la cual ha incrementado su dependencia de los centros internacionales. A este fenómeno técnico se suma la carencia de recursos financieros y de

* Jefe Nacional, Programa de Arroz, ICA, Colombia.

suficiente personal que posea adecuada capacitación. Por lo menos en los últimos 20 años, desde la catástrofe ocurrida al maíz de Estados Unidos por la uniformidad citoplasmática de las variedades sembradas comercialmente, los mejoradores de plantas —incluidos los del arroz— han reconocido los problemas potenciales de la uniformidad genética, pero han fallado en diversificar el germoplasma. Sólo en los últimos años se ha tomado conciencia de la verdadera magnitud del problema; y se ha empezado seriamente la generación de variedades de una amplia y diversa constitución genética.

El CIAT, como entidad coordinadora de las actividades de investigación del arroz en América Latina y el Caribe, debe tratar de aumentar la variabilidad genética y el rendimiento del cultivo. Para lograr ese objetivo se sugieren algunas iniciativas:

1. El establecimiento de bancos de germoplasma, previamente caracterizados, para que sean usados por los programas de mejoramiento de los países.
2. La elección de sitios claves de evaluación y selección de líneas élite mejoradas. Estos sitios clave, de alta presión de selección respecto a enfermedades, plagas y estreses del suelo, permitirán, mediante una metodología adecuada de evaluación, seleccionar los materiales que posean mayor estabilidad genética.
3. El fortalecimiento de INGER, incluyendo para ello en sus viveros materiales provenientes de los programas nacionales; estos materiales se hallarán en generaciones avanzadas previamente caracterizadas, que ampliarán así la base genética. Para esto se requiere del establecimiento de una red de intercambio de información y de germoplasma, que debe ser organizada y coordinada por INGER.
4. La aplicación de las nuevas técnicas de biotecnología, que permitirán producir en corto tiempo variedades de arroz, dar mayor estabilidad a los proyectos entomopatógenos, y ampliar la base genética mediante la variabilidad genética inducida artificialmente.
5. El desarrollo de estudios relacionados con los genes que confieren resistencia a enfermedades, especialmente a *Pyricularia oryzae*, en las variedades nativas o mejoradas; su objetivo sería el diseño de programas de cruzamientos orientados a la incorporación de un número significativo de genes en las variedades modernas mejoradas.

- 6. El aprovechamiento eficiente del recurso humano disponible en la región; para lograrlo, el CIAT debe financiar la capacitación formal, y no formal, en las áreas de investigación prioritarias en cada región.**

Posibles Contribuciones de un Programa de Mejoramiento Genético de Arroz al Agricultor de Subsistencia

Rolando Lasso Guevara*



Resumen

En la agricultura de subsistencia, el arroz de secano enfrenta muchos estreses como la sequía, la pircularia, las malezas, las deficiencias nutricionales y las prácticas culturales deficientes. Para estas condiciones, los objetivos generales de un programa de mejoramiento deben incluir resistencia a sequía, enfermedades y plagas, y adaptabilidad a los estreses del suelo. Para la generación y evaluación de

variabilidad genética, el programa deberá considerar los siguientes aspectos: (1) como progenitores potenciales a cultivares tradicionales utilizados por los agricultores de subsistencia de todo el mundo, cultivares de riego con características potencialmente útiles y germoplasma mejorado para condiciones de secano por programas de todo el mundo; (2) un programa de cruzamientos basado en cruces triples, por cuanto reúnen muchos genes en un período corto; y (3) selección de generaciones tempranas en los ambientes de interés. La resistencia a sequía podría mejorarse desarrollando germoplasma con una o más de las siguientes características: precocidad, sistema radicular agresivo, resistencia a alta presión osmótica, epidermis más gruesa y buena capacidad de recuperación después de la sequía. La tolerancia a las deficiencias de fósforo y nitrógeno y a las toxicidades de aluminio y manganeso podrían ser muy útiles si se incorporaran a las variedades de los agricultores de subsistencia. Podría pensarse en la posibilidad de oporar a través de un esquema de cooperación internacional.

En muchos países de América y Africa, la mayor parte del arroz se cultiva por el sistema de secano, el cual representa entre 15% y 20% de la superficie arrocera mundial. Entre los numerosos problemas que enfrenta el arroz de secano está la sequía y ciertas enfermedades como la pircularia que representan constantes amenazas (Brady y Athwal, 1975; Chang et al., 1975), por lo cual se requieren variedades tolerantes o resistentes. Asimismo, dado que en condiciones de secano no hay una lámina de agua sobre la superficie, la competencia de las malezas se acentúa; además, los requerimientos de fertilización difieren de los del sistema de riego, nutrimentos como el fósforo y el hierro son generalmente deficientes, y las pérdidas por desnitrificación mayores que en el sistema de riego (De Datta y Feuer, 1975). El sistema de secano es, en suma, muy complejo, y los científicos que se interesen en el arroz para subsistencia enfrentan además aspectos sociales y culturales (Brady y Athwal, 1975).

* Fitomejorador, Programa de Arroz, IDIAP, Panamá.

El agricultor marginado, sujeto a poca disponibilidad de tierra, no participa en el mercado o lo hace tangencialmente, y no tiene acceso al crédito, a la asistencia técnica, y a otros servicios de apoyo. La calidad de sus tierras tiende a ser mala porque éstas son sobre-explotadas, reciben prácticas de cultivo inadecuadas, o tienen suelos de características agrológicas desfavorables. La producción de este agricultor es limitada y debe vender su fuerza de trabajo por períodos para poder subsistir. ¿Cuántos agricultores de subsistencia producen arroz en América Latina? No se sabe con precisión. ¿Un millón? ¿Dos millones? Establecer con claridad estas estadísticas sería de suma utilidad.

Métodos de Mejoramiento Propuestos

Como las condiciones climáticas, edáficas y culturales difieren de una región a otra, los fitomejoradores deben prestar atención preferencial a aspectos que sean comunes a las principales áreas, por ejemplo, sequía, piricularia (añublo) y deficiencias de N, P y Fe. Hay diferencias en las precipitaciones y en los tipos de suelo; por ello, la selección se debe efectuar desde muy temprano en cada localidad. Al final del proceso de selección, cuando se desea identificar los genotipos de mejor adaptación a un sitio, toma mucho tiempo evaluar su comportamiento ya que el patrón de lluvias es muy cambiante. Este período de evaluación deberá ser más prolongado que en arroz de riego. Para identificar genotipos sobresalientes, lo más práctico es efectuar pruebas de comportamiento en campo, repetidas en numerosos sitios, y prolongadas durante varios años (Chang et al., 1975; IRAT, 1980a).

La selección de los progenitores es un aspecto fundamental; el mejorador tendrá, por ello, en cuenta las siguientes categorías de germoplasma disponible:

1. Cultivares sembrados por campesinos marginados.
2. Cultivares tradicionales de secano provenientes de otras regiones del mundo, como Brasil, Africa, India, Indonesia, Tailandia, Filipinas y Laos.
3. Cultivares de riego portadores de características de interés como la resistencia a enfermedades y plagas, la buena calidad del grano y el rendimiento elevado.
4. Líneas producidas por programas de mejoramiento de diversas partes del mundo, y desarrolladas para secano.

Los cultivares tradicionales pueden suministrar genes de buena calidad molinera y culinaria (adaptada al paladar del agricultor y de su familia); resistencia a la sequía; ciclo corto; buen tipo de panoja; adaptabilidad a niveles bajos de N, P, o Fe; resistencia a enfermedades como helmintosporiosis y cercosporiosis.

Los cultivares tradicionales de secano provenientes de diversas partes del mundo pueden aportar genes de ciclo precoz; de insensibilidad al fotoperiodo; de resistencia a la sequía; de características deseables en la panícula y en el grano; de resistencia a la piricularia; de tolerancia a la toxicidad causada por el aluminio o el manganeso; y de adaptabilidad a bajos niveles de nitrógeno, fósforo, hierro, azufre u otros elementos.

Muchos cultivares de riego pueden ser de extrema utilidad como fuentes de resistencia al virus de la hoja blanca y su insecto vector (*Tagosodes orizicolus*), a los barrenadores del tallo, y al manchado del grano; de tolerancia a la piricularia; de resistencia al acame; de alta calidad molinera y culinaria; de buena capacidad de recuperación a la sequía; de tolerancia a algunos problemas del suelo; y sobre todo de elevadísimo potencial de rendimiento.

Las líneas producidas por los programas de mejoramiento de arroz de secano deben reunir algunas de las características deseables en las líneas desarrolladas para el sistema de riego. Muchas de estas líneas representan avances significativos en el propósito fundamental de todo esfuerzo de mejoramiento genético, que es reunir lo mejor de ambas clases de germoplasma: resistencia a la sequía, resistencia a plagas y enfermedades, adaptabilidad a los problemas edáficos, rendimientos elevados y estables, y alta calidad molinera y culinaria.

Para reunir el mayor número posible de genes benéficos de fuentes tan disímiles, todo procedimiento imaginable es bienvenido, como los cruces múltiples, los retrocruces o la selección recurrente. En la primera fase del mejoramiento, los cruces triples podrían reunir muchos genes en poco tiempo. Hasta el momento, el principal esfuerzo de mejoramiento genético del arroz de secano —y también del de riego— ha sido eminentemente empírico, es decir, identifica y evalúa genotipos deseables mediante rigurosas observaciones de campo. El progreso del mejoramiento de arroz de secano podría acelerarse significativamente mediante estudios fisiológicos y genéticos relacionados con la resistencia a la sequía, a los mecanismos patogénicos, y al transporte de nutrimentos y de otras sustancias.

Mucho resta por aprender sobre estos y otros aspectos; luego habrá que transformar estos avances en técnicas de mejoramiento más refinadas y efectivas. Es evidente que el mejoramiento del arroz de secano exige

más que el de cualquier otro sistema de cultivo del arroz; necesita, en efecto, una amplísima y estrecha cooperación interdisciplinaria e internacional.

En un posible esquema de cooperación internacional, los países productores harían la contribución principal: el ambiente en el cual las plantas habrán de desarrollarse. Los países desarrollados aportarían gente calificada en fisiología, bioquímica, y otras disciplinas, así como las instalaciones en que los estudios podrían efectuarse. Los centros internacionales proseguirían, y perfeccionarían, su labor de acercamiento y coordinación entre los países productores de arroz de secano y las universidades e institutos del mundo entero que puedan ayudar a mejorar este cultivo. Es necesario enfatizar dos cosas: primera, las universidades y los institutos de los países en desarrollo deben incorporarse desde el principio en un esquema cooperativo; y segunda, la cooperación internacional deberá estructurarse, hasta donde sea posible, para transferir a los países productores de arroz de secano todos los conocimientos básicos que éstos necesiten.

Objetivos Generales del Programa de Mejoramiento para Secano

Resistencia a la sequía

Adaptabilidad a bajos niveles de nutrimentos

Resistencia a las enfermedades

Resistencia a insectos dañinos

Resistencia a niveles tóxicos de aluminio y manganeso

Resistencia a la sequía

Entre los múltiples factores que afectan la producción del arroz de secano, la deficiencia en el suministro de agua es el más serio. Cuando las lluvias se interrumpen durante 3 ó 4 semanas, se presentan pérdida completa de la cosecha o fuertes reducciones de ésta. Aun en zonas de buena precipitación, ocurren períodos secos, con cierta frecuencia, durante el ciclo de cultivo. La resistencia a la sequía es, pues, el más importante de los objetivos en cuanto a la incidencia que tiene en el incremento y estabilización del rendimiento (Castanho Ferraz, 1983; De Datta et al., 1975; Morais et al., 1983; Yoshida, 1975). Los mecanismos de resistencia a sequía son:

Precocidad como medio de escape a la sequía. Cuando la estación lluviosa es breve, pero tiene una precipitación bien distribuida, una variedad precoz, cuya resistencia a la sequía sea de baja a intermedia, podría escapar a la sequía y dar buena producción (Chang y De Datta,

1975). Este objetivo es fácil de alcanzar para cualquier programa de mejoramiento de arroz, y no requiere el apoyo de estudios de ciencias básicas. Las fuentes de genes deseables son abundantes en los cultivares empleados por los campesinos, en los cultivares de secano oriundos de distintas zonas del mundo, y aun en el germoplasma de arroz de riego. Lo ideal sería una variedad con un ciclo de 90 a 100 días.

Sistema radicular agresivo. Cuando la precipitación es escasa y errática, una planta de altura intermedia (100-130 cm), de macollamiento moderado (5-10 panojas por planta), de raíces profundas (50 a 80 cm) y gruesas, resistente a alta presión osmótica, de cutícula gruesa y cerosa, y con buena capacidad de recuperación al estrés hídrico daría buenos rendimientos con un manejo moderado (Chang y De Datta, 1975; Chang y Vergara, 1975; Reddy y Prasad, 1986).

Altura intermedia. Este carácter es fácil de obtener de diferentes fuentes; además, su manejo en un programa de mejoramiento no debe presentar mayores dificultades. La altura de la planta deberá ir asociada a una elevada resistencia al acame. Para obtener plantas de porte intermedio, los programas de mejoramiento podrían complementarse con estudios anatómicos y fisiológicos del tallo; éstos permiten correlacionar ciertas características internas del tallo con la resistencia al acame, o con la capacidad de almacenar primero y de traslocar luego los carbohidratos al grano (Castanho Ferraz, 1983; Chaturvedi e Ingram, 1988). Los estudios de anatomía y fisiología del tallo deberían extenderse progresivamente a todo el germoplasma que lo amerite. Podrían adelantarse en un centro internacional, en una universidad o en un instituto de nivel adecuado, en un país del mundo en desarrollo.

Raíces de gran longitud y diámetro. En términos generales, las plantas de mayor altura presentan otras características asociadas que son deseables para el cultivo de secano, principalmente para el que se practica con bajo nivel tecnológico. Ellas son elevado vigor inicial que favorece la competencia con las malezas; panojas grandes (150 a 200 granos por panoja) que facilitan la cosecha manual; y macollamiento moderado (de 5 a 10 panojas por planta). El macollamiento tardío consume con frecuencia agua y nutrimentos sin que se produzcan panículas y las raíces de gran longitud y diámetro pueden extraer agua y sustancias alimenticias de mayores profundidades (50 a 80 cm).

El esfuerzo para desarrollar nuevos tipos de planta de raíces más gruesas y capaces de profundizar más debe estar integrado con los programas de mejoramiento. Hay numerosos materiales de secano que pueden suministrar genes para raíces de gran longitud y diámetro. Con procedimientos sencillos y baratos, las observaciones, que se deberían iniciar temprano en la F_2 , se deben masificar para poder manejar muchas líneas. Un número grande de raíces es la meta para lograr variedades con

elevada resistencia a la sequía. Sería además muy interesante realizar estudios sobre la micorriza que condujeran a un aumento de la eficiencia de la planta para obtener agua y nutrientes a mayores profundidades.

Resistencia citológica e histológica a presión osmótica o déficit hídrico elevados. Cuando la extremidad de una raíz detecta un déficit hídrico en el suelo, envía una señal bioquímica rápida a los estomas. La síntesis y traslocación del ácido abscísico (ABA) se aceleran hacia la parte aérea de la planta donde están los estomas; éstos, bajo el estímulo del ABA, se cierran rápidamente reduciendo la transpiración. El cierre rápido de los estomas favorece la supervivencia de las plantas, por lo cual se estima que este mecanismo se ha desarrollado por selección natural (Davies y Zhang, 1991).

Los agricultores desean rendimientos elevados y estables, y por ello el cierre muy rápido de los estomas –que interrumpe el intercambio de O_2 y CO_2 con la atmósfera, imprescindible para la fotosíntesis y la respiración– les representa un perjuicio (Yoshida, 1975). Por lo tanto, para obtener un rendimiento elevado y estable, el mecanismo que induce el cierre rápido de los estomas deberá ser atenuado o neutralizado completamente. Tres estrategias básicas podrían conducir a este resultado:

1. Buscar en la colección mundial materiales más 'lentos' en la síntesis o en la traslocación del ácido abscísico, o en ambos procesos.
2. Buscar en la colección mundial materiales con estomas menos sensibles al ácido abscísico.
3. Identificar plantas con mayor producción de citoquininas, las cuales neutralizan la acción del ácido abscísico.

Estos estudios podrían realizarse en un centro internacional, y en una universidad o instituto de un país productor de arroz, o de un país desarrollado que desee colaborar. Si no se encuentra en la colección mundial de germoplasma de arroz un material parecido a los descritos, se podría intentar la inducción de mutaciones.

Si lográsemos impedir o atenuar la oclusión de los estomas, y se crea una situación en que el suministro de agua desde la raíz a la parte aérea no compensa la transpiración, se crearía rápidamente un déficit hídrico en los tejidos foliares. Tal déficit ocasionaría en las células un aumento en la concentración de numerosas sustancias, entre las cuales se encuentran radicales libres que atacan las membranas celulares y las membranas de organelos tales como cloroplastos, mitocondrias, lisosomas, del retículo endoplasmático, y del núcleo (Phan Thi et al., 1991). La degeneración de las membranas origina trastornos de toda índole en el metabolismo: la fotosíntesis y la respiración se desorganizan; la síntesis de proteínas se

inhibe, y se producen cambios en el metabolismo de los aminoácidos. Mientras la concentración de ciertos aminoácidos disminuye, la concentración de compuestos nitrogenados solubles aumenta. El incremento más dramático de estos últimos es el del aminoácido prolina. Se han encontrado diferencias apreciables entre variedades en cuanto a su capacidad para acumular prolina; esta característica tiende a estar relacionada con la supervivencia de la planta durante la sequía, y con el potencial de ésta para recuperarse una vez finalizado el déficit hídrico.

No todas las membranas celulares son igualmente frágiles ante el embate de los radicales libres; aparentemente, éstos concentran su acción demoledora sobre las uniones dobles y triples que hay entre ciertos carbonos de los lípidos de las membranas. Phan Thi et al. (1991) encontraron una elevada correlación entre la proporción de ácidos grasos saturados existentes en las membranas celulares y la resistencia a la sequía.

Toda la colección mundial del germoplasma de arroz debería someterse a una prueba de contenido, y de proporción, de ácidos grasos saturados en sus membranas. Esta tarea podría llevarse a cabo en algunas universidades o institutos de nivel apropiado.

Epidermis más gruesa y resistente, con espesa capa cerosa. No sólo por los estomas pierde agua la planta hacia la atmósfera. La epidermis juega también su papel. En estudios realizados en el IRRI con un número limitado de variedades y líneas, se encontraron diferencias apreciables entre ellas respecto a la resistencia cuticular. Sería recomendable hacer, sin embargo, estudios más amplios y sistematizados.

Capacidad de recuperación al finalizar el déficit hídrico. La habilidad de una planta para recuperarse y reiniciar un crecimiento vigoroso una vez finalizada la sequía es decisiva para la producción de grano (Yoshida, 1975). No existe una buena correlación entre resistencia o tolerancia a la sequía y habilidad para recuperarse de la desecación. La mayoría de los cultivares tradicionales de secano no presentan buena capacidad de recuperación, mientras que muchas variedades de riego la tienen y en grado excelente. Una magnífica solución para los arroceros de secano sería reunir, en una misma variedad, la resistencia o tolerancia a la sequía con una buena habilidad para recuperarse de ésta (De Datta et al., 1975; Morais et al., 1983).

Adaptabilidad a bajos niveles de nutrimentos

El déficit de agua en el suelo tiene un efecto nocivo en la planta por sí mismo, aunque también acentúa ciertos problemas edáficos como la deficiencia de hierro. Por tanto, cuando se evalúa el potencial del

germoplasma para el cultivo de secano, se debe tener muy presente esta interacción (IRAT, 1981; Malavolta y Fornasier Filho, 1983; Ponnampereuma, 1975a y 1975b).

La mayor parte del ciclo del cultivo del arroz de secano se desarrolla en suelos oxigenados o en condiciones aeróbicas. Aun sin déficit hídrico ni competencia de malezas, el estado aeróbico del suelo es desfavorable para el crecimiento del arroz, puesto que hay deficiencia de hierro en todos los suelos oxidados. Sin embargo, la deficiencia de hierro es más común en los suelos encañados. Se han identificado ya diferencias varietales en la tolerancia a la deficiencia de hierro. El fósforo es otro elemento vital, que tiende a ser deficitario en esos suelos. En términos generales, el arroz tiene requerimientos de fósforo inferiores a los de otros cereales. Se han encontrado diferencias claras entre una variedad y otra, en lo que respecta a la tolerancia a bajos niveles de fósforo en el suelo. Estas diferencias parecen depender de una mayor, o menor, velocidad de absorción y traslocación. También el silicio es menos disponible en los suelos aireados que en los inundados, lo cual podría aumentar las pérdidas hídricas a través de la cutícula, y disminuir la resistencia a enfermedades e insectos.

El nitrógeno también tiende a faltar en los cultivos de secano. La respuesta del arroz al nitrógeno depende sobre todo de factores no edáficos, entre los cuales se encuentra el tipo de planta, la radiación solar, la humedad del suelo, y el ciclo de vida de la planta. Bajo condiciones en que alternan los estados del suelo reducidos con los oxigenados, a causa del anegamiento intermitente, las pérdidas del nitrógeno aumentan.

La respuesta a aplicaciones de potasio es poco frecuente en arroz. En algunos suelos, cuando se cultivan con arroz de secano, puede presentarse cierta deficiencia de K. Se desconoce si existe variabilidad genética en lo que se refiere a la eficiencia de planta en el uso del potasio. El déficit hídrico en el suelo acentúa la escasez de fósforo y potasio que pueda tener el suelo.

En algunos suelos ácidos cultivados con arroz de secano (Oxisoles) se han detectado deficiencias de zinc, pero esto es excepcional. Hay importantes diferencias entre variedades respecto a la tolerancia a deficiencias de este elemento; las variedades colombianas suelen presentar alta tolerancia.

En suelos muy ácidos cultivados con arroz de secano es común encontrar niveles tóxicos de aluminio y manganeso. Se han encontrado magníficas fuentes de genes de resistencia a estas toxicidades, y en algunos casos se han transferido genes de resistencia a líneas mejoradas.

En las condiciones en que trabaja el agricultor de subsistencia —que corta y quema el bosque tropical para habilitar sus parcelas— la deficiencia de zinc, así como las toxicidades de aluminio y manganeso, son poco probables. En parcelas obtenidas por desmonte del bosque tropical primario (selva) no hay respuesta ni siquiera al nitrógeno al comienzo del proceso explotación de la tierra. En el segundo o tercer año de cultivo empiezan a notarse pequeñas deficiencias de nitrógeno. La velocidad con que éstas aparecen, y la magnitud de las mismas, dependerán principalmente de la cantidad de materia orgánica que se haya perdido por erosión. El agricultor de subsistencia trabaja con frecuencia en terrenos de pendiente muy pronunciada. En parcelas obtenidas mediante desmonte de bosques secundarios, son frecuentes las deficiencias de nitrógeno; las de fósforo y hierro pueden ocurrir con mayor facilidad.

Desde el punto de vista nutricional, lo más importante sería el desarrollo de variedades más eficientes en el uso del nitrógeno, es decir, capaces de crecer bien y de producir rendimientos estables con niveles moderados de nitrógeno. Hasta el momento se han detectado algunas diferencias varietales; sin embargo, el esfuerzo debería ampliarse mediante la colaboración internacional.

El nitrógeno absorbido se incorpora como grupo amino a moléculas orgánicas originando aminoácidos. En este proceso, el primer paso consiste en la reducción del nitrato a nitrito, que es canalizada por una cadena de enzimas y cofactores y que corre a cargo de la nitrato-reductasa. Luego, gracias a la acción de la nitrito-reductasa, se reduce el nitrito a amonio. La energía de la reducción asimilatoria de los nitritos proviene de la respiración (NADH_2), y en las células que poseen cloroplastos proviene también de las fotoreacciones de la fotosíntesis (NADPH_2) (Figura 1).

El verdadero proceso asimilativo es la aminación reductora de los α -cetoácidos; en primer lugar, del ácido α -cetoglutarico, en las plantas superiores. El ácido α -cetoglutarico es un producto intermedio del ciclo del ácido cítrico. Al aminarse, da lugar al ácido glutámico, que a su vez puede ceder el grupo NH_2 a otros cetoácidos de la glucólisis y del ciclo del ácido cítrico (transaminación). A partir de los aminoácidos primarios se forman los restantes.

Para buscar plantas de arroz que tengan mayor eficiencia en la asimilación y uso del nitrógeno, se podría hacer un esfuerzo internacional coordinado, que comprendería universidades e institutos en el mundo entero. Este esfuerzo debería concentrarse en la identificación de diferencias varietales con respecto a los siguientes aspectos:

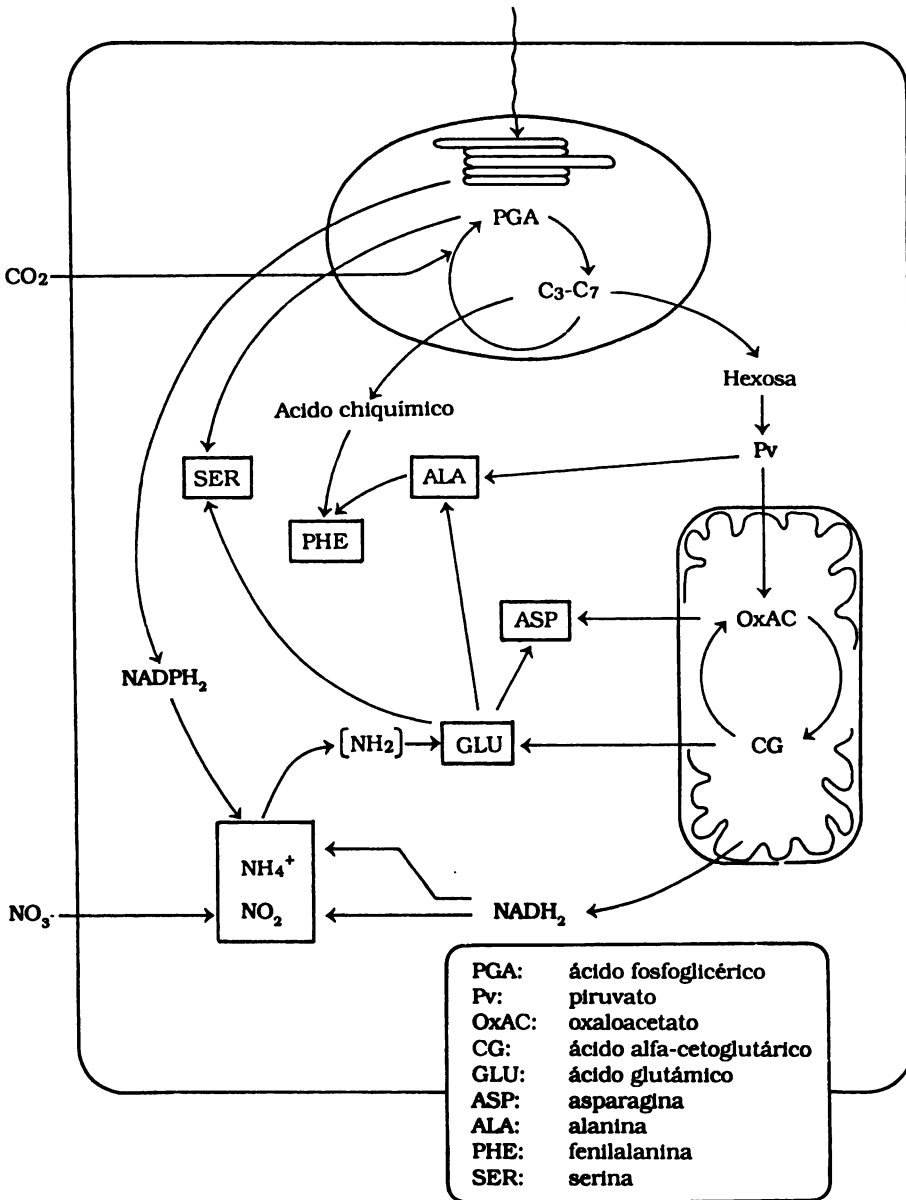


Figura 1. Esquema simplificado de la asimilación del nitrógeno y de su relación con el metabolismo celular. (Tomado de Larcher, 1977.)

1. Asimilación del amonio por parte de las raíces.

2. Comportamiento de la enzima que cataliza la reacción $\text{NH}_4^+ + \text{ácido } \alpha\text{-cetoglutámico} = \text{ácido glutámico}$.

3. Asimilación de nitratos (NO_3^-) por parte de las raíces.
4. Comportamiento de la enzima nitrato-reductasa, y
5. Comportamiento de la enzima nítrito-reductasa.

Resistencia a las enfermedades

Las enfermedades más importantes para el arroz de secano también lo son para el arroz con riego; sin embargo, algunas pueden presentarse con más intensidad en un sistema que en el otro. Los patógenos que viven en el suelo, en términos generales provocan más problemas en cultivos de secano (Ou et al., 1975).

La píricularia es la enfermedad más seria entre las que atacan al arroz de secano en el mundo entero. El microclima que rodea a la planta de arroz de secano favorece a la píricularia y predispone a la planta. El añublo de la vaina causada por un hongo del suelo (*Rhizoctonia solani-Thanatephorus cucumeris*) es muy activa en los suelos mal drenados, y su importancia puede aumentar a medida que se incremente el uso de los fertilizantes. *Rhizoctonia* tiene un amplio espectro de hospederos.

La mancha ojival causada por *Helminthosporium oryzae*, y que se presenta con frecuencia entre los agricultores de subsistencia, es también llamada la 'enfermedad de los pobres'. La mancha ojival ataca plantas fisiológicamente perturbadas por diferentes factores, como mala nutrición, sequía, insectos de la raíz, y toxicidades causadas por diversos agentes. La hoja blanca, finalmente, es una enfermedad viral cuyo vector es el insecto *Tagosodes orizicolus*, y puede producir severos daños.

Las variedades de arroz con riego que posean resistencia a las principales enfermedades pueden ser de gran utilidad para el programa de mejoramiento de variedades para el sistema de secano. Se han detectado buenas fuentes de resistencia contra píricularia en Surinam, algunas de las cuales se han cultivado allí comercialmente en centenares o miles de hectáreas de cultivos de secano durante muchos años consecutivos. Algunas de estas variedades son: Magali o Nilo 1, Tapuripa o Nilo 2, y Eloni o Surinam 70. La resistencia de estas variedades no es del tipo vertical, porque desde un principio presentan reacción intermedia: 4(5) al follaje, y 4(6) al cuello (según la escala internacional).

Buenas fuentes de resistencia a píricularia han sido identificadas mediante el Vivero Internacional de Píricularia, coordinado por la Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER). Entre las más usadas por los programas de mejoramiento están Tetep, Tadukan,

C 46-15, Carreon, Mamoriaka, Dawn y Katakara DA2. El IRAT ha desarrollado también una serie de variedades con buen nivel de tolerancia a la piricularia; una de las más utilizadas es IRAT 13 (IRAT, 1980b).

En lo referente al añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani*) se han observado diferencias en tolerancia, aunque hasta ahora no se conocen variedades inmunes a esa enfermedad. La variedad tradicional de secano Hoshikalmi y la de doble propósito (secano-riego) Dular son ambas moderadamente resistentes. Entre las enanas, Bahagia, Pankaj, y Pelita 1/1 son también moderadamente resistentes.

Para *Helminthosporium oryzae* hay diferencias en resistencia que se pueden manejar sin grandes dificultades en un programa de mejoramiento. Interesa particularmente la resistencia a nivel de las glumas, pues aquí el hongo no sólo se convierte en uno de los principales componentes del complejo que produce el manchado del grano, sino que invade el embrión partiendo de las glumas. Así, *H. oryzae* pasa a ser uno de los principales problemas de la patología de semillas.

En el sistema de secano, los hongos que viven en el suelo y que pueden matar la plántula o reducir su vitalidad son más nocivos que en el sistema de riego. La patología de la semilla podría ser más importante en el arroz de secano que en el de riego.

Resistencia a insectos plaga

En América Latina, por ahora, el único insecto plaga que puede enfrentarse con variedades resistentes es *Tagosodes orizicolus*. Este insecto causa un daño directo al arroz que, por sí solo, puede producir una reducción importante en su rendimiento. En el Programa de Arroz ICA-CIAT, en Colombia, se pueden encontrar magníficas fuentes de resistencia a este insecto y al virus de la hoja blanca transmitido por éste. Muchas variedades y líneas del programa combinan ambos tipos de resistencia.

En América tropical no se ha hecho un estudio sistematizado para buscar resistencia genética a los principales barrenadores del tallo en esa región: *Diatrea saccharali* y *Rupella albinella*. Sin embargo, podríamos tratar de capitalizar los avances logrados en Asia contra *Chilo suppressalis*, el barrenador del tallo que predomina en esa región. Alrededor de 10,000 variedades de arroz se evaluaron en el campo por su resistencia a los barrenadores del tallo. Las variedades seleccionadas en la fase de campo se llevaron al invernadero donde se les hizo un estudio de infestaciones controladas. Cerca de 30 variedades resultaron resistentes. Los tipos de resistencia difieren: algunas inducen en el insecto un bajo nivel de oviposición en ellas, mientras otras parecen poseer sustancias que afectan el desarrollo del insecto. En éstas se presenta una alta mortalidad de

larvas, y las pocas que crecen lo hacen más despacio y detienen su crecimiento antes de llegar al tamaño habitual. El porcentaje de larvas que terminan en pupas es más bajo. Otras características de la planta que se correlacionan positivamente con la resistencia al barrenador son los tallos que tienen tejidos muy esclerosados, los haces vasculares más numerosos y con muchas fibras, o la superficie endurecida y con un alto contenido de silicio. Este tipo de resistencia no es específico, y podría servir contra los barrenadores del continente americano. Por otro lado, estas características podrían mejorar la resistencia al acame.

Resistencia a niveles tóxicos de aluminio y manganeso

Cuando el agricultor de subsistencia desmonta la selva virgen, no encuentra generalmente problemas de toxicidad causada por elementos químicos, pues el suelo posee altos tenores de materia orgánica. Cuando la presión demográfica es tal que lo obliga a desmontar bosques secundarios que tienen pocos años de desarrollo, pueden presentarse toxicidades por exceso de aluminio o de manganeso.

En terrenos de topografía accidentada, que el agricultor cultiva en muchos casos, la erosión elimina con gran rapidez la capa de suelo más rica en materia orgánica, acentuando así el efecto de estas toxicidades. En el programa ICA-CIAT hay magníficas fuentes de resistencia a la toxicidad de los dos elementos mencionados.

Referencias

- Brady N.C. y D.S. Athwal. 1975. Future emphasis on upland rice. *En* major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 240-243.
- Castanho Ferraz, E. 1983. Fisiología da cultura do arroz. *En* Ferreira, M.E., T. Yamada y E. Malavolta (eds.). Cultura do arroz de sequeiro: Fatores afetando a produtividade. Instituto da Potassa & Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, Piracicaba, SP, Brasil. p. 77-94.
- Chang, T.-T. y S.K. De Datta. 1975. Agronomic traits needed in upland rice varieties. *En* Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 93-100.
- Chang, T.-T., S.K. De Datta y W.R. Coffman. 1975. Breeding methods for upland rice. *En* Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 143-157.
- Chang, T.-T. y B.S. Vergara. 1975. Varietal diversity and morpho-agronomic characteristics of upland rice. *En* Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 72-90.
- Chaturvedi, G.S. y K.T. Ingram. 1988. Assimilate translocation of lowland rice in response to water deficit and shade. *Philipp. J. Crop Sci.* 13:(supl.no.1):535. (Abstr.)

- Davies, W.J. y J. Zhang. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *En Briggs, W.R., R.L. Jones, y V. Walbot (eds.). Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, vol. 42. Palo Alto, CA. p. 55-76.*
- De Datta, S.K., T.-T. Chang y S. Yoshida. 1975. Drought tolerance in upland rice. *En Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 101-116.*
- De Datta, S.K. y R. Feuer. 1975. Soils on which upland rice is grown. *En Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 27-39.*
- De Datta, S.K. y B.S. Vergara. 1975. Climates of upland rice regions. *En Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 14-26.*
- IRAT. 1980a. Bilan des travaux de recherche sur riz pluvial, 1969-1980: Création varietale. Montpellier, Francia. 41 p.
- IRAT. 1980b. Bilan des travaux de recherche sur riz pluvial, 1969-1980: Lutte contre la pyriculariose. Montpellier, Francia. 52 p.
- IRAT. 1981. Bilan des travaux de recherche sur riz pluvial. 1969-1980: Nutrition minérale et fertilisation. Montpellier, Francia. 31 p.
- Larcher, W. 1977. Ecofisiología vegetal. (Primero publicada en alemán por M.A. Biederman-Thorson, 1973). Ediciones Omega S.A. Barcelona, España. p. 104-219. (También en inglés.)
- Malavolta, E. y D. Fornasieri Filho. 1983. Nutrição mineral da cultura do arroz. *En Ferreira, M.E., T. Yamada y E. Malavolta (eds.). Cultura do arroz de sequeiro: Fatores afetando a produtividade. Instituto da Potassa & Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, Piracicaba, SP, Brasil. p. 95-140.*
- Morais, O.P., E.P. Sant'Ana, M. Chatel, A.S. Prabhu y E.M. de Castro. 1983. Melhoramiento genético voltado para a cultura do arroz de sequeiro. *En Ferreira, M.E., T. Yamada y E. Malavolta (eds.). Cultura do arroz de sequeiro: Fatores afetando a produtividade. Instituto da Potassa & Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, Piracicaba, SP, Brasil. p. 145-175.*
- Ou S.-H., K.-C. Ling, H.E. Kauffman y G.S. Khush. 1975. Diseases of upland rice and their control through varietal resistance. *En Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 126-135.*
- Phan Thi, A.T., J. da Silva y P. Mazliak. 1991. The role of membrane lipids in drought resistance of plants. *Bull. Soc. Bot. Fr. Actual. Bot. 137.*
- Ponnamperuma, F.N. 1975a. Growth-limiting factors of aerobic soils. *En Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 40-43.*
- Ponnamperuma, F.N. 1975b. Varietal resistance to adverse chemical environments of upland rice soils. *En Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 136-142.*

Reddy, C.K. y G.V.S.S. Prasad. 1986. Variability for epicuticular wax content in upland rice. Indian J. Agric. Sci. 56(11):798-799.

Yoshida, S. 1975. Factors that limit the growth and yields of upland rice. En Major research in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. p. 46-47.

Comentario

Posibles Contribuciones de un Programa de Mejoramiento Genético de Arroz al Agricultor de Subsistencia por Rolando Lasso Guevara

César P. Martínez*



Este trabajo hace un análisis completo de los distintos factores que deben considerarse cuando se establece un programa de mejoramiento con este objetivo: generar germoplasma adecuado para el arrocero que vive en condiciones de subsistencia. Sin embargo, no se presentan datos sobre la importancia relativa de este sistema de producción en la región, ni de sus características predominantes. Aunque la información disponible es bastante fragmentaria,

algunos esfuerzos se están haciendo para caracterizar mejor este sistema de producción (Cuadro 1). Es un sistema bastante complejo, en el cual diversos productores aplican diferentes niveles tecnológicos y desarrollan, por tanto, distintas estrategias.

Cuadro 1. Características de la producción tradicional de arroz de secano.

| Característica | Bolivia | Brasil | Colombia | Guatemala |
|------------------------------------|---------------|---------------|------------------------|-----------------------------|
| Familias (no.) | 13,500 | 366,000 | 10,000 | 4,967 |
| Tamaño de finca (ha) | 0.5-2 | 1.8 | 1.5 | > 7 |
| Rendimiento (t/ha) | 1.8 | 1.4 | 1.6 | 1.7 |
| Consumo familiar (%) | Bajo | 27 | 30 | Muy bajo |
| Intermediarios | Alto | 64 | 50 | Alto |
| Variedades | Tradicionales | Tradicionales | Tradicionales (66%) | Tradicionales y modernas |
| Contrib. a producción nacional (%) | Alta | 5-13 | 1.6 | Decreciente |

FUENTES: Centro de Investigación Agrícola Tropical, Santa Cruz, Bolivia. Texeira, S.M.; D. Robison y J.M. Albuquerque, 1991. Agricultura de subsistencia na produção de arroz-experiência no Maranhão. Documentos, 34. EMBRAPA-CNPAP, Goiânia, Brasil. 36 p. FEDEARROZ, 1990. Primer censo nacional arrocero. Proyecto SEGEPLAN/USPADA, 1984, Guatemala.

* Fitomejorador, Programa de Arroz, CIAT, Colombia.

Una de las limitantes más serias es la ausencia de germoplasma apropiado; da la impresión, además, de que es necesario partir de cero para obtenerlo. Sin embargo, y aun considerado como subproducto de la investigación realizada para otros ecosistemas, existe un material mejorado que puede contribuir a aumentar el nivel de rendimiento alcanzado por los productores de subsistencia. Se trata de líneas mejoradas de bajos requerimientos nutricionales, poco exigentes en cuanto a fertilización, y que pueden producir en forma sostenible en suelos de baja fertilidad (Cuadros 2, 3 y 4). Además, son materiales precoces tolerantes a las principales enfermedades, y que tienen grano de buena calidad. Estos materiales han sido evaluados, con resultados satisfactorios, para condiciones de subsistencia en varias regiones (Cuadros 5, 6 y 7). Por otra parte, tienen un sistema de raíces similar al de las variedades tradicionales de secano, por lo cual pueden soportar mejor los estreses de sequía comunes en este sistema de producción.

En cuanto a dicho parámetro, es preciso reconocer que existen varios programas de investigación de arroz en América Latina como los de México y Brasil (el Instituto Agronómico de Campinas y el Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, en Goiânia), los cuales han hecho aportes significativos en el estudio de los factores relacionados con la tolerancia a sequía y que, a su vez, han contribuido a generar materiales apropiados a estas condiciones a nivel internacional. El IRRI también ha contribuido a aumentar el conocimiento en este aspecto. Recientemente varias universidades, el IRRI y el CIAT, han iniciado o están iniciando proyectos de investigación en el área de biotecnología destinados a identificar y caracterizar los genes responsables por la tolerancia a sequía y tipo de raíz. Es posible que muy pronto se logren grandes avances en esta área y que a través de la cooperación internacional, como bien lo plantea el Dr. Rolando Lasso, se puedan ofrecer mejores alternativas a los productores de arroz de subsistencia.

Cuadro 2. Nutrimientos necesarios para producir una tonelada de arroz.

| Elemento | Cantidad (kg) ^a | | | | |
|----------|----------------------------|------------------------|---|---------------------|-------------------|
| | Línea 3 (4 pruebas) | Línea 6 (2 pruebas) | Línea 23 (Oryzica sabana 6) (2 pruebas) | IAC 47 ^b | IR 8 ^b |
| P | 2.0 - 5.4 | 2.3 - 3.3 | 1.9 - 2.4 | 10 - 15 | 5 |
| K | 10.2 - 26.3 | 22.1 - 32.4 | 13.4 - 22.1 | 58 - 66 | 36 |
| Ca | 0.2 - 2.6 | 2.5 - 4.2 | 2.1 - 3.0 | 16 - 19 | 3 |
| Mg | 1.5 - 5.8 | 1.7 - 4.1 | 1.5 - 2.7 | 10 - 13 | 2 |
| S | 0.9 - 2.5 | 1.0 - 2.3 | 1.2 - 2.0 | 6 - 20 | 2 |
| Zn | 0.004 - 0.110 | 0.100 - 0.140 | 0.04 - 0.100 | 0.100 - 0.150 | 0.040 |

a. Base para el cálculo: Línea 3 = 2.35 t/ha; Línea 6 = 2.60 t/ha; Línea 23 = 3.20 t/ha; IAC 47 = 2.25 t/ha; IR 8 = 8.70 t/ha.

b. FUENTE: Gupta, P.C. y J.C. O'Toole. 1986. Upland rice: A global perspective. IRRI, Los Baños, Filipinas, 360 p.

Cuadro 3. Crecimiento, medido por el volumen de las raíces (ml/pot)^a, en respuesta a cuatro niveles de fosfato aplicados en medios con saturaciones de Al alta y baja.

| Nivel de P ^b (kg/ha) | Jamundi ^c | | Matazul ^d | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------|--|
| | 55 días después de la siembra | Materia seca | 55 días después de la siembra | Materia seca | |
| | | Oryzica Llanos 5 | | | |
| 0 | 41.6 | 83.3 | 19.3 | 18.6 | |
| 25 | 60.0 | 84.3 | 123.3 | 122.3 | |
| 50 | 70.0 | 103.3 | 151.6 | 132.7 | |
| 75 | 91.7 | 133.7 | 216.6 | 150.0 | |
| | | IAC 165 | | | |
| 0 | 60.0 | 140.0 | 21.6 | 26.0 | |
| 25 | 66.7 | 176.0 | 196.6 | 133.3 | |
| 50 | 77.3 | 163.3 | 206.6 | 200.0 | |
| 75 | 90.0 | 236.7 | 226.6 | 216.7 | |
| | | CT 7244-9-2-1-52-1 | | | |
| 0 | 53.3 | 123.3 | 14.0 | 20.0 | |
| 25 | 73.3 | 180.7 | 278.3 | 140.0 | |
| 50 | 86.7 | 188.0 | 288.0 | 160.7 | |
| 75 | 91.7 | 194.3 | 291.7 | 156.0 | |

a. Promedio de tres repeticiones.

b. P como superfosfato.

c. 33% de saturación de Al.

d. 94% de saturación de Al.

Cuadro 4. Rendimiento (kg/ha) de líneas avanzadas que recibieron diferentes niveles de fertilización, en Pachaquiario, Colombia, 1988.

| Línea | Nivel de fertilización ^a | | Promedio (5 niveles) |
|------------------------|-------------------------------------|------|-------------------------|
| | T1 | T2 | |
| P 5589-1-1-3P-4-M | 4686 | 1589 | 3750 |
| CT 6196-33-11-2-2P-6-M | 4432 | 1444 | 3395 |
| P 5589-1-1-3P-2-M | 4242 | 1601 | 3347 |
| CT 6196-33-11-2-2-M | 4282 | 1100 | 3201 |
| CT 6516-21-8-7-5-1-M | 3129 | 1143 | 2504 |
| IAC 165 (testigo) | 3128 | 1182 | 2449 |
| CICA 8 (testigo) | 2057 | 77 | 1471 |

a. T1 = 500 kg de dolomita; 280 kg de sulfato triple + 210 kg de KCl; T2 = 0 kg de dolomita; 0 kg de sulfato triple + 0 kg de KCl.

Cuadro 5. Evaluación de algunas líneas avanzadas de arroz cultivadas bajo condiciones tradicionales de secano ("chuzo") en Córdoba, Colombia, 1988.

| Línea | Sahagún (kg/ha) | Tierra Alta (kg/ha) |
|----------------------------|--------------------|------------------------|
| Malaki-Sung-Song/IR20 | 5606 | 1593 |
| P 5589-1-1-3P-4-M | 5217 | 2879 |
| CT 6261-6-1-2-4-M | 4239 | 2891 |
| CT 6515-18-1-3-1-2-M | 4163 | 3649 |
| CT 6515-18-1-3-1-4-M | 4107 | 2687 |
| Marfil (testigo local) | 2775 | 2611 |
| Mirablanco (testigo local) | 4773 | 2666 |
| Miramono (testigo local) | 3719 | 2303 |
| INA Blanco | 3552 | 3203 |

FUENTE: Programa de Arroz, ICA-Turipaná, 1989.

Cuadro 6. Evaluación de algunas líneas escogidas del VIOAL-SA/90, Seja, Livingston, Izabal, Guatemala, 1990. (Fertilizado a 10-20 kg/ha N y P₂O₅.)

| Línea | Altura (cm) | Escaldado de la hoja | Helmintosporiosis | Grano sucio | Rend. (t/ha) |
|---------------------|----------------|-------------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| CT 8392-19-M-2-1-M | 105 | 0 | 1 | 0 | 3.86 |
| CT 7739-2-M-3-3-2-M | 111 | 3 | 3 | 1 | 3.83 |
| CT 7819-4-M-7-2-M | 115 | 3 | 1 | 1 | 3.75 |
| CT 8402-6M-3-2-3-3 | 145 | 1 | 1 | 3 | 3.68 |
| CT 6948-1-2-1-5-2P | 105 | 0 | 0 | 0 | 3.31 |
| CT 7242-16-3-3-3-2P | 108 | 0 | 3 | 0 | 3.11 |
| CT 8060-9-5-2-M-1P | 130 | 0 | 1 | 1 | 3.07 |
| CT 8422-8-M-2-3-2-1 | 120 | 0 | 0 | 0 | 3.04 |
| CT 8402-6-M-2-1-1-M | 140 | 3 | 1 | 1 | 3.04 |
| CT 7127-32-1-3-2-1P | 112 | 0 | 3 | 0 | 3.02 |
| Polochic (testigo) | 95 | 5 | 8 | 3 | 2.93 |

FUENTE: ICTA-Guatemala. Informe anual, 1990.

Cuadro 7. Evaluación de algunas líneas avanzadas en el proyecto de suelos ácidos desarrollado en Seja, Livingston, Izabal, Guatemala, 1990. (No se fertilizó el suelo.)

| Línea | Altura (cm) | Piricularia | | Escaldado de la hoja | Helmintos- poriosis | Rend. (t/ha) |
|-----------------------|----------------|-------------|---------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|
| | | Hoja | Cuello/ Panicula | | | |
| CT 6946-1-2-4-3-1-2P | 111 | 0 | 4 | 3 | 4 | 2.05 |
| CT 6946-2-3-1-1-4-2P | 111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.32 |
| CT 6946-2-3-1-3-1-2P | 125 | 0 | 3 | 3 | 4 | 3.35 |
| CT 6947-1-9-1-1-2-1P | 117 | 0 | 3 | 3 | 4 | 3.23 |
| CT 7242-16-9-4-3-2-2P | 115 | 0 | 2 | 2 | 3 | 2.88 |
| Río Paranaíba | 116 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2.08 |
| CT 6946-2-3-1-1-3-1P | 130 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2.47 |
| CT 7232-5-3-7-1P-2-1P | 122 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1.44 |
| A 8-204-Brasil | 102 | 0 | 3 | 3 | 4 | 3.24 |
| CT 6946-2-3-1-1-2-2P | 125 | 0 | 2 | 3 | 5 | 2.66 |
| Motagua (testigo) | 90 | 0 | 3 | 4 | 8 | 2.53 |
| Polochic (testigo) | 87 | 0 | 1 | 4 | 8 | 1.72 |

FUENTE: ICTA-Guatemala. Informe anual, 1990.

Conservación del Germoplasma de Arroz Mediante un Programa de Cooperación Internacional

Genoveva C. Loresto
Michael T. Jackson*



G. C. Loresto
Expositora

Resumen

En agricultura y ciencias sociales, los científicos se enfrentan al reto de mejorar la productividad alimentaria de manera continua y sostenible, para satisfacer la demanda de una población en aumento. La productividad de los cultivos es un componente esencial en este proceso. Los recursos genéticos disponibles, por su parte, constituyen el material básico

con que se mejoran los cultivos. Una red mundial de centros de conservación de recursos genéticos puede proporcionar a los fitomejoradores los elementos necesarios para desarrollar nuevas y mejores variedades. Sin embargo, la conservación de los recursos genéticos es una tarea ardua y costosa. En muchos sistemas nacionales de recursos genéticos ocurre, con frecuencia, la erosión genética por varias razones: falta de fondos para la recolección de germoplasma en el campo, condiciones inadecuadas de secado y almacenamiento de la semilla, y falta de personal calificado. En términos de costos, el trabajo colaborativo entre los programas de recursos genéticos, a nivel nacional e internacional, podría solucionar el problema de manera efectiva. La conformación del Grupo de Trabajo en Germoplasma de Arroz, en agosto de 1991, conducirá a una mayor colaboración entre los programas nacionales e internacionales de recursos genéticos del arroz; ésta se manifestará en el intercambio de información y de germoplasma, en un mejor manejo de los bancos de germoplasma, en una mejor capacitación del personal que trabaja en recursos genéticos, en un estímulo a la exploración y recolección del germoplasma de arroz, y en una mejor comunicación entre el personal que trabaja con el germoplasma y los biólogos, los científicos sociales, y los expertos en áreas afines. El Grupo de Trabajo también realizará una labor de concientización en los sectores público y privado sobre la necesidad de apoyar las diferentes actividades de los programas de recursos genéticos. Los líderes de este trabajo son los científicos que evalúan el germoplasma de arroz bajo condiciones de estrés biótico y abiótico para que el cultivo de este cereal sea más eficiente y efectivo.

Para mantener el ritmo de las necesidades nutricionales de una población en aumento, los científicos en agricultura y ciencias sociales se entregan continuamente a la tarea de acelerar la producción de alimentos desarrollando nuevas y mejores variedades de cultivos alimenticios. El

* Científico de Apoyo, y Jefe, respectivamente, Centro de Recursos Genéticos, IRRI, Filipinas.

germoplasma de esos cultivos es vital para el esfuerzo científico que representa aumentar la producción agrícola y mejorar la nutrición humana (Ford-Lloyd y Jackson, 1986; Chang, 1987a).

La adopción de variedades de alto rendimiento en la mayoría de las áreas productoras de arroz ha reducido rápidamente la base genética del cultivo, porque los agricultores han abandonado la siembra de las variedades tradicionales que poseen gran diversidad genética (Plucknett et al., 1983). Cuando se siembran áreas extensas con una sola variedad, la productividad agrícola puede hacerse vulnerable a los factores que limitan el rendimiento, tales como las epifitias.

La diversidad genética es vital para la sostenibilidad agrícola. La recolección de variedades tradicionales de arroz, antes de que éstas desaparezcan totalmente, puede contrarrestar la vulnerabilidad genética del cultivo. Una red mundial de bancos de germoplasma podría proporcionar a los mejoradores los recursos genéticos necesarios para desarrollar cultivos más resistentes que ayudarían a los agricultores a mantener un rendimiento alto.

El aumento notable del número de bancos de germoplasma, especialmente en los países en desarrollo que cuentan con instalaciones para conservación a largo plazo (Plucknett et al., 1983), indica que los sectores público y privado son cada vez más conscientes de la necesidad de conservar los recursos genéticos. Sin embargo, esta conservación no puede prosperar en el aislamiento; la colaboración en diferentes formas y a diferentes niveles —interdisciplinario, interinstitucional e internacional— es esencial para realizar esa tarea a cabalidad (Chang, 1989).

Grupo de Trabajo en Germoplasma de Arroz

En agosto de 1991 se formó el Grupo de Trabajo en Germoplasma de Arroz (denominado en adelante el Grupo de Trabajo), que se espera conduzca a una mayor colaboración entre los programas de recursos genéticos del arroz a nivel nacional e internacional. El Grupo de Trabajo tiene los siguientes objetivos: 1) promover la conservación, evaluación y utilización del germoplasma de arroz; 2) promover la colaboración entre los programas nacionales e internacionales de recursos genéticos del arroz; y 3) actuar como foro para facilitar la colaboración que favorezca estos objetivos.

La posibilidad de pertenecer al Grupo de Trabajo está abierta a los programas nacionales de recursos genéticos del arroz en todo el mundo. También pertenecen al Grupo de Trabajo organizaciones internacionales como el IRRI, WARDA, el CIAT, el IITA y el IBPGR, entre cuyas actividades hay una relacionada con los recursos genéticos del arroz.

El Grupo de Trabajo se reunirá, por lo menos, una vez cada dos años, según la disponibilidad de fondos. Con el fin de lograr una colaboración viable entre los programas de recursos genéticos de arroz, se distribuirá ampliamente información sobre el Grupo de Trabajo, sus objetivos y sus planes, a los programas de recursos genéticos de arroz que no puedan asistir a las reuniones del Grupo. De este modo se les dará la oportunidad de participar en las actividades del mismo.

Durante la primera reunión, los participantes identificaron las limitaciones comunes relacionadas con la conservación del germoplasma, que podrían manejarse mediante un trabajo colaborativo. Entre ellas están el manejo de los bancos de germoplasma, la adquisición y el intercambio de germoplasma, la documentación y la difusión de información, y la capacitación del personal que labora en el área de recursos genéticos.

Manejo de Bancos de Germoplasma

Muchos bancos de germoplasma del trópico adolecen de erosión genética del material almacenado a causa de la falta de instalaciones adecuadas de almacenamiento, de espacio en el campo para la producción de semilla de calidad, de personal capacitado, y de apoyo administrativo y financiero (Chang, 1987b; 1989). Una colección también puede sufrir pérdidas cuando se hace un seguimiento inadecuado de la viabilidad de la semilla, cuando se retarda la renovación de las reservas de semilla, a causa de la rotación de personal, y por el uso de instalaciones de secado inadecuadas.

A medida que se fortalece la colaboración entre los programas nacionales e internacionales, se hace posible superar algunos de estos problemas, aprovechando las ventajas que posea cada programa, tales como infraestructura, experiencia técnica, y diversidad genética y ecológica.

Un proyecto conjunto de investigación sobre diversidad y fisiología de la semilla, realizado por diferentes programas de recursos genéticos, podría mejorar el manejo de los bancos de germoplasma en los programas nacionales e internacionales. El Grupo de Trabajo considera que la colaboración estrecha entre los programas de recursos genéticos de arroz puede atraer más donaciones para financiar las actividades de conservación de los recursos genéticos.

Adquisición e Intercambio de Germoplasma

Una de las tareas permanentes en la conservación de los recursos genéticos del arroz es completar la colección de campo de las variedades tradicionales y de las especies silvestres. El Grupo de Trabajo podría

estimular y facilitar las actividades relacionadas con la exploración y adquisición de germoplasma tradicional y de especies silvestres en las áreas subexploradas. En sus esfuerzos por recolectar especies silvestres de arroz, los programas nacionales ya acuden a otras instituciones, como el IRRI. Así, si los recolectores extranjeros y los programas nacionales llegan a un acuerdo sobre las prioridades de recolección de germoplasma, ambas partes pueden compartir tanto los materiales como la información respectiva.

Gracias a la colaboración del Secretariado, cuya sede se halla en el Centro de Recursos Genéticos del IRRI, el Grupo de Trabajo facilitará el intercambio de información y de germoplasma entre los colaboradores.

Documentación y Difusión de la Información

La utilidad de los bancos de germoplasma depende de la evaluación que se ha hecho a las colecciones y de la documentación que las acompaña (Plucknett et al., 1983; Ford-Lloyd y Jackson, 1986). Asimismo, la posibilidad de acceso a la información y la utilidad de la misma determinan el valor del germoplasma conservado.

Los avances en las telecomunicaciones permitirán vincular los computadores a este proceso, y acelerarán el acceso a la información entre los colaboradores y los usuarios de los programas nacionales e internacionales.

Tal innovación ampliará el uso y la difusión del germoplasma. El IRRI ha comenzado a compilar y a distribuir los respectivos números asignados por las instituciones que han donado el germoplasma, y el número de accesión asignado por el IRGC (Centro Internacional de Germoplasma del Arroz, en español). Para facilitar la verificación del germoplasma y la producción de duplicados de seguridad, los programas nacionales deben verificar la información en el momento de recibir las muestras e informar al IRRI sobre cualquier corrección o dato adicional.

La documentación efectiva y el intercambio libre de información son imprescindibles para relacionar la evaluación y el uso del germoplasma (Chang, 1989). Los vínculos institucionales a nivel nacional e internacional podrían producir un intercambio más eficiente, y efectivo, de la información, que mejoraría el funcionamiento y el manejo de los bancos de germoplasma. El intercambio de conocimientos podría lograrse mediante talleres, visitas, reuniones del Grupo de Trabajo, y boletines informativos.

Capacitación del Personal que Maneja los Recursos Genéticos del Arroz

La conservación de los recursos genéticos es una labor ardua y costosa, y ampliamente percibida como una tarea desagradecida que ofrece poca recompensa y lento progreso profesional a quien la realiza. Además, se ha generalizado la opinión de que los programas de recursos genéticos son unidades al servicio de los fitomejoradores y de los técnicos de la biotecnología.

El mandato y la misión del personal que trabaja en el área de recursos genéticos cobran mayor sentido si hace su investigación en colaboración estrecha con otras disciplinas de la biología y de áreas relacionadas. Más allá de la función de servicio, el investigador del germoplasma de arroz debe tomar el liderazgo para promover la evaluación de ese germoplasma en condiciones de estrés biótico y abiótico, y para realizar operaciones que restablezcan la diversidad genética.

El área de recursos genéticos es una disciplina relativamente nueva: la mayoría de quienes se dedican a ella se han capacitado en fitomejoramiento y en genética. El personal nacional que trabaja en el área de recursos genéticos de arroz podría mejorar su nivel profesional mediante programas de capacitación en servicio, como la recolección de la semilla en el campo, la multiplicación de la semilla, su caracterización, su documentación, y su conservación.

Desarrollar en el personal de recursos genéticos una profesión reconocida es crucial para atraer personas sobresalientes y dedicadas al trabajo con el germoplasma de arroz.

Conclusiones

Los recursos genéticos del arroz harán un gran impacto en la sostenibilidad agrícola cuando se haya logrado una colaboración estrecha entre los programas nacionales e internacionales de arroz. Esta colaboración podría reducir sustancialmente el costo y el tiempo requeridos para mejorar el funcionamiento de los bancos de germoplasma y garantizar la conservación de este germoplasma. También podría estimular las actividades de recolección en el campo, y facilitar un flujo dinámico de germoplasma y de información.

Gracias también a esa colaboración, la comunicación entre los expertos en germoplasma y los biólogos, y entre aquéllos y el personal de disciplinas relacionadas, mejorará y llevará a una evaluación y utilización

eficientes del germoplasma. Además, esto conducirá a que el personal de recursos genéticos del arroz sea plenamente reconocido a nivel profesional.

La relación estrecha entre los programas de recursos genéticos también debe lograr el apoyo —que es vital, sin duda— de los administradores, los políticos, los donantes, los activistas sociales y, en general, los sectores privado y público.

En última instancia, el objetivo de la colaboración en la conservación del germoplasma de arroz es mejorar la producción y la nutrición humanas para el beneficio, a largo plazo, de una población cada vez mayor.

Referencias

- Chang, T.-T. 1987a. Saving crop germplasm. *SPAN (U.K.)* 30(2):62-63.
- Chang, T.-T. 1987b. The availability of crop germplasm. *En Crop exploration and utilization of genetic resources: Proc. Int. Symposium, Changhua, Taiwan, 6-12 December 1986. Taichung District Agricultural Improvement Station, Taiwan.* p. 225-231.
- Chang, T.-T. 1989. The management of rice genetic resources. *Genome* 31(2):825-831.
- Ford-Lloyd, B. y M.T. Jackson. 1986. *Plant genetic resources: An introduction to their conservation and use.* Edward Arnold, Londres. 146 p.
- Plucknett, D.L., N.J.H. Smith, J.T. Williams y N. Murthi Anishetty. 1983. Crop germplasm conservation and developing countries. *Science* 220:163-169.
- Plucknett, D.L., N.J.H. Smith, J.T. Williams y N. Murthi Anishetty. 1987. *Gene banks and the world's food.* Princeton University Press, Princeton, NJ. 247 p.

SEGUNDA SESION
MANEJO DEL AGUA

Resumen de la Sesión

Manejo del Agua

Moderador: Alfredo Gutiérrez*

En la segunda sesión de la VIII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe se abordaron dos temas:

El mejoramiento de la planta de arroz respecto a la eficiencia con que ella usa el agua.

Consideraciones para mejorar el manejo del riego en el cultivo de arroz.

El primer tema fue presentado por los investigadores Leonardo Hernández Aragón y Leticia Tavitás Fuentes, ambos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México, y fue comentado por la Dra. Beatriz Pinheiro, del Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), de Brasil.

En este trabajo se presentan los mecanismos de resistencia de la planta a la sequía. La resistencia a la sequía consiste en la habilidad de las plantas para ajustar sus funciones metabólicas durante su desarrollo fenológico mediante mecanismos de escape, evasión y tolerancia; de este modo compensan los efectos de la deficiencia de humedad del suelo con la capacidad de recuperarse cuando ocurre un reabastecimiento de agua. Por su parte, el mejoramiento para optimizar el uso del agua en el arroz de secano depende de factores muy complejos a causa de su herencia cuantitativa. Se recomienda, por tanto, generar un mayor número de progenies y un gran número de poblaciones segregantes, en las que estén contenidos los progenitores en los que se haya detectado este carácter. Se recomienda además, que las poblaciones segregantes se manejen con el método de selección masal porque éste resulta más eficiente y tiene mayor presión de selección. A las generaciones avanzadas, en cambio, se les aplicará el método genealógico para obtener líneas uniformes; éstas serán luego sometidas a la evaluación del rendimiento y de otros caracteres, como se hace en esos estudios.

En este trabajo se describe además una metodología para evaluar la resistencia combinada a la sequía y a *Pyricularia oryzae*; en ella se consideran los aspectos siguientes:

Presión osmótica para determinar la germinación de la semilla

Relación riego/sequía

* Director, IIA, Cuba.

Potenciales hídricos**Cuantificación y posición de los estomas****Morfología del sistema radical****Actividades de las raíces**

Uno de los avances logrados indica que, del grupo de líneas obtenidas con resistencia combinada a la sequía y a la piricularia, el 25% aproximadamente son precoces, el 50% de ciclo intermedio, y el otro 25% de ciclo tardío. Además, como producto de los estudios realizados en este sentido dentro del convenio INIFAP-IRRI, está la línea IR 10120-7-2-1-4-02A, liberada con el nombre Sureste A90, la cual durante tres años consecutivos, ha rendido de 5 a 6 t/ha con riegos de auxilio; con tratamientos de sequía ha producido de 4 a 4.5 t/ha, lo que evidentemente resulta muy prometedor.

En 1991 se libera una nueva generación de variedades para secano, integradas por Sureste A90, Cotaxtla A90 y Loma Bonita A90; éstas son más eficientes en el uso del agua puesto que presentan aceptable nivel de tolerancia a la sequía.

De los comentarios de la Dra. Beatriz Pinheiro y de la discusión que les siguió se deducen dos conceptos:

Existen conocimientos y metodologías en fisiología vegetal pero no son aplicables a líneas segregantes.

La selección por características deseables en una planta que se halla en condiciones de sequía se debe basar en el conocimiento de las peculiaridades edafoclimáticas de la región considerada, y de las prácticas de cultivo de ésta.

En ciertas situaciones, el manejo del cultivo permite a la planta desarrollar su ciclo de vida sin manifestar síntomas de sequía, porque la planta escapa al estrés o hace un mejor uso del agua del suelo. Se sugiere que INGER establezca una interacción entre los países donde la resistencia a la sequía sea una característica deseable e importante.

El segundo tema, abordado por el Ing. Luis Antonio de León Valente, de EMATER, RS, Brasil, demuestra claramente que el método de adecuación de tierras conocido como 'terrazas planas' es una buena alternativa para incrementar el rendimiento del arroz de riego. Este método se aplicó en extensas áreas del Estado de Río Grande do Sul, en Brasil, y permitió obtener rendimientos muy superiores a los obtenidos antes de la adecuación; además, disminuyó en 40% el consumo de agua con respecto

al sistema tradicional. Esta economía se debe, principalmente, a la lámina de agua más baja y uniforme, a las menores pérdidas en el manejo del agua, y a un mejor aprovechamiento de la precipitación pluvial.

Los datos aducidos muestran que el nuevo sistema reduce en 20% el trabajo de la maquinaria empleada en el proceso productivo del arroz, y disminuye en 40% la mano de obra necesaria para la ejecución del riego.

En esta sesión un productor de Brasil, Enrico Dorneles, presidente del Club de Plantio Directo, presentó también las ventajas de la siembra directa. Esta tecnología permite sembrar el arroz con un mínimo de labores, con una reducción sustancial en los costos en comparación con el sistema tradicional, y con una disminución en el tiempo de ejecución de la siembra. Además, explicó las ventajas de este método para el control del arroz rojo, y lo útil que es en terrenos que ya han sido adecuados.

Finalmente, del comentario sobre el manejo del agua hecho por el Ing. Arturo Ruiz, de CEDEGE, Ecuador, se concluye lo siguiente:

Los cultivos de arroz de riego producen altos rendimientos.

El riego controlado exige estructuras hidráulicas que requieren estudios previos, desarrollo de diseños, comprobaciones de campo y replanteo, y construcción de obras. La inversión inicial hecha en estos trabajos puede ser alta; no obstante, si es necesario hacer un manejo eficiente y económico del agua, hay que maximizar el rendimiento y hacerlo así atractivo para el productor arrocero.

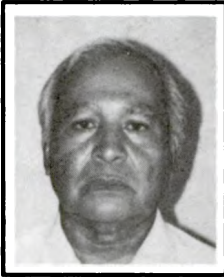
El manejo del agua está íntimamente relacionado con la economía del riego y con la reducción potencial de los costos.

El manejo del agua supone la adecuación de las tierras en cada finca o parcela.

Las variables económicas y la inestabilidad de los precios pueden desalentar la inversión en riego y el logro de un aumento de la productividad.

Los métodos de adecuación de tierras son conocidos; el diseño de la adecuación depende básicamente de las características del suelo, de la topografía, de los cultivos que se establecerán, y de la capacidad de la fuente de agua.

Mejoramiento del Uso Eficiente del Agua en la Planta de Arroz



Leonardo Hernández Aragón
Leticia Tavitas Fuentes*



Resumen

En el Sureste de México se inició, en 1973, el cultivo del arroz de secano con las variedades Sinaloa A68 y Navolato A71 que fueron sustituidas, al ser afectadas por enfermedades y sequía intraestival, por CICA 4 y CICA 8 de Colombia. Estas últimas, a su vez, cedieron su lugar a Campeche A80 y Cárdenas A80, resistentes a *Pyricularia oryzae*, que integraron la primera generación de variedades mexicanas para secano; éstas, junto con "Milagro Filipino Depurado", una selección de IR8, aún se cultivan en zonas donde la lluvia es favorable. En algunas regiones, las plantas de arroz de secano no han contado últimamente con la humedad necesaria para sus funciones metabólicas; por ello, en 1982 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) inició un programa de mejoramiento que reuniera resistencia a la sequía y a

P. oryzae. Para apoyar este proyecto, tres años después se estableció un convenio cooperativo entre el IRRI y el INIFAP. Como resultado, el programa local de arroz liberó, en el periodo 1984-1988, la segunda generación de variedades de secano integrada por Chiapas A84, Palizada A86, Chetumal A86 y Huimanguillo A88. Las cuatro son resistentes a *P. oryzae*, pero sólo la primera lleva también el carácter de resistencia a la sequía. El mejoramiento para optimizar el uso del agua en la planta del arroz es muy complejo y de herencia cuantitativa; por tanto, se requieren grandes grupos de progenies y de poblaciones segregantes para avanzar, bajo alta presión de selección, disminuyendo el riesgo de eliminar materiales potencialmente valiosos. Las líneas uniformes se evalúan respecto a rendimiento, calidad molinera del grano, y resistencia a sequía bajo condiciones controladas. Se han obtenido hasta ahora un grupo de líneas élite "RHS", que tienen una aceptable combinación de resistencia a la sequía y a *P. oryzae*; 25% son precoces, 50% de ciclo intermedio y 25% tardías. Estas mismas líneas se evaluaron en 1991 por rendimiento en el sureste. Dentro del convenio IRRI-INIFAP, en 1991 se liberó Sureste A90 la cual, junto con Cotaxtla A90 y Loma Bonita A92, inicia la tercera generación de variedades de arroz de secano de México, más eficientes en el uso del agua que sus antecesoras.

El arroz, que tuvo su origen en ambientes hídricos altamente favorables, se considera una especie hidrófila por excelencia; por ello, cuando se cultiva en condiciones de riego, expresa su máximo potencial de rendimiento (Swaminathan, 1984).

* Investigadores, INIFAP, sede CIFAP-Morelos, Méxco.

El mejoramiento del arroz se inició en México en 1949. Desde entonces se concentró en la formación de variedades para condiciones de riego, ya sea por trasplante, para el estado de Morelos, o ya por siembra directa, para el de Sinaloa. En ambos casos, los fitomejoradores tuvieron éxito en sus programas cuando combinaron varios progenitores que donaban caracteres de interés agrícola e industrial. Haciendo varios tipos de cruzamientos, han generado diversas progenies en cuya generación F_2 se ha producido una gran variabilidad. Al evaluar esta variabilidad, a través de cinco o seis generaciones, y empleando diferentes métodos de selección, se han obtenido finalmente líneas uniformes que combinan los caracteres de sus progenitores. Las líneas puras de mejor respuesta a las evaluaciones de rendimiento y de calidad del grano han sido liberadas como nuevas variedades (Hernández Aragón, 1991).

Características de las Variedades de Riego Liberadas en México

La mayor parte de estas variedades es de tipo semienano (Figura 1), aunque algunas tienen altura intermedia; se han agrupado de acuerdo con su respuesta a las prácticas y ecosistemas donde se cultivan. Comprenden categorías para siembra directa (área semiseca del Noreste y semihúmeda del Noreste), para trasplante (región Centro-sur) y para trasplante y siembra directa (trópico semiseco del Occidente). Las variedades de mayor importancia son:

- Sistema radicular intermedio
- No tiene tallos improductivos en la macolla
- Hojas de color verde oscuro, erectas, y sólo algunas caídas
- Tallos muy fuertes
- Altura: 80 a 90 cm
- Ciclo vegetativo: 120 a 150 días
- Resistencia a enfermedades
- Paniculas por planta: 15 a 20
- Granos por panícula: 150 a 200
- Potencial de rendimiento: 8 a 10 t/ha
- Buena calidad del grano



Figura 1. Arquetipo para las variedades de arroz de riego en México. (Adaptado de Loresto, 1990.)

1. Por su impacto: Sinaloa A68

Pionera de las variedades de paja corta y de alto rendimiento entre los materiales de la subespecie Indica del continente americano. Se cultivó durante 15 años seguidos en dos de las principales áreas arroceras de México: Noreste, con riego y de siembra directa, y Sureste. En 1973 se inició con ella el cultivo de secano mecanizado en esta región, y con ella se llegó a cubrir, a principios de la década de los 70, más del 35% de la superficie arroceras nacional. En 1969 se introdujo en la República de Cuba, donde se triplicaron el rendimiento y la producción de arroz en aquel país. Posteriormente dejó de cultivarse a nivel comercial porque se tornó susceptible a las enfermedades (Hernández Aragón y Espino Tejada, 1970).

2. Por su supervivencia: Morelos A70

Es ésta una variedad de riego para trasplante que se cultiva en la parte Centro-Sur de México, o sea, en los estados de Morelos, de Puebla (al sur), de México (al sur), y de Guerrero (al norte). Aunque es susceptible al acame por su altura (1.35 m) y a *Pyricularia oryzae*, hongo causante del "vaneamiento" (grano estéril o vano), esta variedad aún se cultiva por su tipo de grano grande, oblongo y de "panza blanca"; este grano tiene gran demanda en el mercado de la región y en el Distrito Federal de México (Paredes, 1973).

3. Por su supervivencia y mayor cultivo en México: Navolato A71

Segunda variedad de paja corta obtenida en México, de alto potencial de rendimiento, buena calidad de grano, y gran adaptabilidad a diferentes ambientes tanto con riego y de siembra directa en el Noroeste, Noreste y Pacífico Centro, como de secano en el Sureste. Desde su liberación hasta la fecha, se calcula que con esta variedad se han sembrado alrededor de 1.5 millones de hectáreas en el país. Junto con Sinaloa A68, inició el cultivo de secano en el trópico húmedo de México (Hernández Aragón, 1972).

4. Por su mayor rendimiento: Morelos A88

Esta nueva variedad de riego para trasplante, recientemente liberada, es resistente al acame y a *P. oryzae*, y ha arrojado el más alto rendimiento de todas las variedades nativas o introducidas que se han cultivado en México. En algunos sitios del estado de Morelos produce hasta 15 t/ha a nivel del minifundio (Salcedo Aceves, 1990).

Arroz de Secano en México

El arroz de secano depende únicamente del agua de lluvia para todas las etapas fenológicas de la planta, desde que germina la semilla hasta la maduración del grano. Este sistema, que se inició en el trópico húmedo de México en 1973, comprende las zonas del Golfo Centro (Veracruz y Tabasco), la Península de Yucatán (Campeche, Quintana Roo y sur de Yucatán), y la costa de Chiapas, principalmente.

Se cultivó en áreas planas cuyos suelos tenían diferentes grados de fertilidad, con una capa freática media, y una precipitación que, en aquella época, era suficiente. Al establecerse este sistema de cultivo en el Sureste mexicano, se introdujeron del Noroeste las variedades Sinaloa A68 y Navolato A71 principalmente; éstas dejaron de cultivarse en la región porque las afectó la "quema" o vaneamiento del arroz (*Pyricularia oryzae*) y la sequía intraestival. A pesar de esto, en el resto de la década de los 70, el arroz de secano siguió cultivándose en el trópico húmedo, gracias a las variedades CICA 4 y CICA 8 introducidas del CIAT de Colombia. Estas variedades dieron una respuesta aceptable a las condiciones ambientales de la región.

Establecimiento del Programa de Mejoramiento del Arroz de Secano

En 1974, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) estableció el Programa de Arroz de Secano con el objetivo de generar tecnología adecuada para el trópico húmedo. Estos trabajos fructificaron en 1980 con la liberación de la primera generación de variedades de secano resistentes a *P. oryzae*, encabezada por Campeche A80 y Cárdenas A80 (Figura 2). Con el cultivo de estas dos variedades, el arroz de secano tuvo en la región su máximo desarrollo, y llegó a ocupar durante casi toda la década de los 80 más del 50% del área arroceras nacional.

Campeche A80 se caracteriza por su alto nivel de resistencia a *P. oryzae*, por su aceptable rendimiento, y por su amplio rango de adaptación a diferentes ambientes. Se calcula que con esta variedad se han sembrado, desde su liberación a la fecha, alrededor de 500,000 ha.

Por su parte, Cárdenas A80, segunda variedad de secano con resistencia a *P. oryzae*, también ha dado respuesta aceptable en diversos ecosistemas, ya que además de cultivarse en condiciones de secano en el Sureste, responde favorablemente bajo condiciones de riego por trasplante a una altitud de 1000 msnm en la región de Ameca, Jalisco, y por siembra directa en la costa de aquella misma región del Occidente (Márquez Cabrera et al., 1980).

- Sistema radicular intermedio
- Macollamiento de moderado a bueno
- Hojas de tres tipos: erectas, semierectas y caídas
- Tallos muy fuertes
- Altura: 110 cm
- Ciclo vegetativo: 140 a 145 días
- Resistencia a *Pyricularia oryzae*
- Susceptibilidad a la sequía tiende a moderada
- Panículas por planta: 5 a 7
- Granos por panícula: 150 a 200
- Potencial de rendimiento: 3 a 4 t/ha
- Buena calidad del grano



Figura 2. Arquetipo para las primeras variedades de secano en México. (Adaptado de Loresto, 1990.)

Cuando se deforestaron esas áreas para abrir nuevas tierras al cultivo del arroz de secano en el Sureste, ocurrió un notable cambio de las condiciones ambientales de algunas zonas, como en la Península de Yucatán. En la actualidad, la distribución de las lluvias es irregular y su cantidad insuficiente para el cultivo de secano, hasta el punto de que en los últimos seis años han ocurrido constantes pérdidas por sequía. Este fenómeno se ha visto acentuado por un hecho lamentable y hasta ahora inexplicable: en varias localidades de Campeche (Edzna y Yohaltún), de Tabasco (Balancán), y de Chiapas (Los Cuxtepeques) se hicieron obras de drenaje que causaron el abatimiento de los niveles freáticos; en consecuencia, los suelos retienen poco el agua de las lluvias. El cultivo sufre entonces de sequía, y si ésta ocurre en la etapa reproductiva, se manifestará por los siguientes efectos: retraso de la fase de panícula; excersión incompleta de las panículas; reducción del tamaño de las panículas; alto porcentaje de esterilidad (vaneamiento); deformación y atrofia de los granos; y drástica reducción del rendimiento y de la calidad molinera del grano (Tavitas Fuentes, 1981; Tavitas Fuentes y Hernández Aragón, 1983).

En 1984, los productores arroceros de Veracruz, Tabasco y Campeche se interesaron de nuevo en la variedad Milagro Filipino (IR8) que, introducida en México en 1967 como cultivo de riego, había dejado de

cultivarse por su baja calidad molinera (Espino Tejada, 1968). La semilla con la que se contaba estaba muy mezclada; por ello en 1984 y 1985 el INIFAP, a través del CIFAP-Veracruz, desarrolló un programa de purificación de esa variedad y obtuvo la selección "Milagro Filipino Depurado", que posee grano de tipo y calidad mejores. Aunque esta variedad es susceptible a la sequía y a *P. oryzae*, actualmente se cultiva en las tres regiones mencionadas con riego y en secano favorecido.

Necesidades Hídricas de la Planta de Arroz de Secano

Las necesidades de agua de la planta de arroz de secano han sido motivo de controversia entre los conocedores de los diversos sistemas de cultivo de este cereal. Algunos aseguran que los requerimientos hídricos de esta especie son mayores que los del resto de los cereales; otros sostienen que son similares. Se ha determinado que esas necesidades son más fuertes en la etapa reproductiva que en la vegetativa, y que se relacionan directamente con su ciclo de desarrollo.

Identificación de Resistencia a la Sequía en Diferentes Especies Vegetales

La sequía es un fenómeno meteorológico que se manifiesta por una notable deficiencia en la humedad del suelo. La sequía causa pérdidas considerables a la agricultura de secano (o sea, dependiente de la lluvia) en el mundo. Investigadores de instituciones internacionales han manifestado que incorporar el carácter de resistencia a la sequía en el arroz de secano es muy difícil, ya que la especie es altamente exigente de agua.

A nivel biológico se considera el contenido de agua de los tejidos de las plantas durante los periodos de sequía. Se han propuesto así parámetros para identificar los genotipos que manifiestan tolerancia a la sequía en algunas especies cultivadas; los principales son: enrollamiento de las hojas y cierre de los estomas, ajuste osmótico de diferente magnitud, y habilidad del sistema radicular para absorber humedad de los perfiles profundos del suelo en ausencia de lluvias. A nivel celular se ha especulado sobre la aptitud de algunas especies para acumular mayor cantidad de ácido abscísico; éste se forma en los cloroplastos e influye en alto grado en la resistencia a los efectos de la sequía. En el futuro, estos factores representarán una gran alternativa en el mejoramiento genético del arroz de secano para desarrollar genotipos que posean una notable resistencia a las deficiencias de humedad (Loresto y Chang, 1981; Chang y Loresto, 1986; Tavitas Fuentes, 1987).

Otros investigadores han ideado, en diferentes especies, diversos métodos para evaluar la resistencia a la sequía bajo condiciones de humedad restringida, tomando como base los siguientes factores: funcionalidad y modelo del sistema radical; cantidad de agua que la planta retiene en sus hojas cuando éstas se cortan; potencial hídrico de los tejidos; tasa de transpiración; porcentaje de germinación de las semillas cuando se someten a diferentes presiones osmóticas; y grado de recuperación de las plantas después de que se han sometido a restricciones de agua en diferentes etapas fenológicas (Zapata, 1984; Ortégón, 1984; Tavitas Fuentes, 1987).

Mediante estas técnicas se han identificado cuatro mecanismos de resistencia a la sequía en varias especies agrícolas menos exigentes de agua, como sorgo, maíz y trigo. Estos mecanismos son escape, evasión, tolerancia y recuperación; se han tratado de relacionar, en forma optimista con el arroz de secano, principalmente en Filipinas, África Occidental, Brasil y México (Ashri, 1984; Tavitas Fuentes, 1981). Considerando el agua aprovechable y su agotamiento en el suelo, estos mecanismos se resumen en la Figura 3.

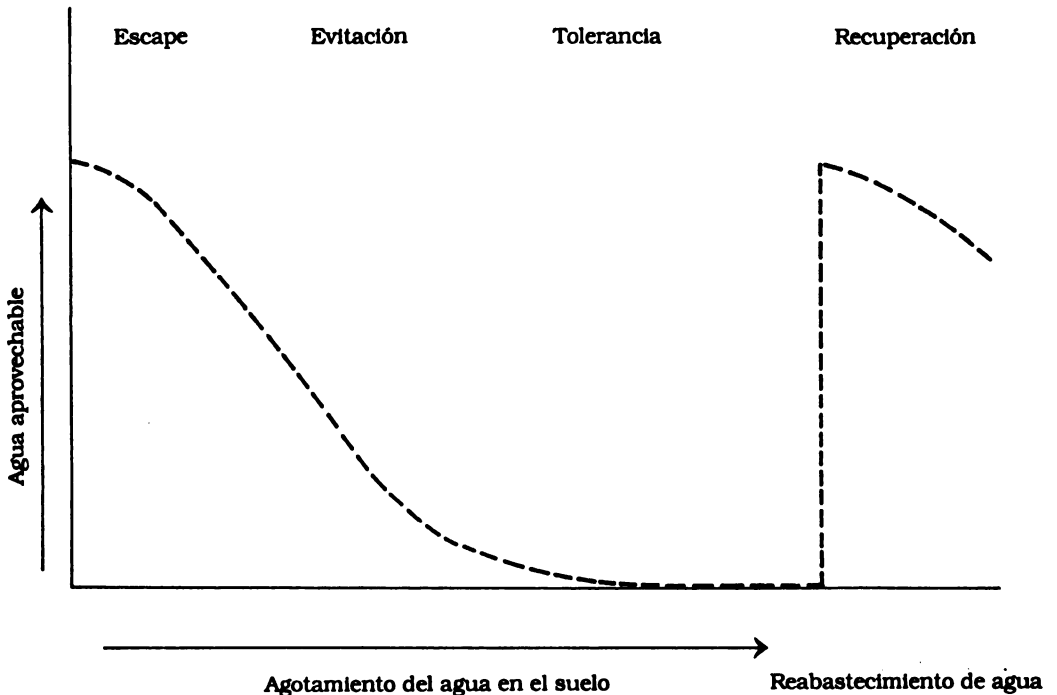


Figura 3. Mecanismos de resistencia a la sequía en algunas especies vegetales.

Mejoramiento del Arroz por la Eficiencia en el Uso del Agua

1. Mejoramiento varietal

Para contrarrestar los efectos de la sequía intraestival y de las enfermedades, principalmente de la quema del arroz, el INIFAP inició, en 1982, un programa de mejoramiento genético del arroz de secano para obtener resistencia combinada a estos estreses. Estos trabajos están relacionados con la identificación de progenitores que posean este carácter, para incluirlos tanto en el programa de mejoramiento como en la evaluación de los niveles de resistencia de los materiales mediante diferentes técnicas de prueba (Hernández Aragón y Tavitas Fuentes, 1990).

Mediante un convenio entre el INIFAP y el grupo de mejoramiento del arroz de secano —organizado dentro del IRRI— se realizaron investigaciones básicas para incorporar resistencia a la sequía y a las enfermedades dichas. El convenio se inició con la introducción en México de algunas poblaciones segregantes; luego se estableció un programa de cruzamientos en el INIFAP, en el cual estuvieron involucrados diversos progenitores de México y de otras partes del mundo.

Para mejorar la eficiencia en el uso de agua en México, las poblaciones segregantes se manejaron, en un principio, aplicando el sistema genealógico convencional que se usa para el mejoramiento del arroz de riego. De esta forma se liberó la segunda generación de variedades de secano, a saber: Chiapas A84 (Pérez et al., 1984), Palizada A86, Chetumal A86 y Huimanguillo A88 (Contreras et al., 1989). Todas ellas llevan el carácter de resistencia a *P. oryzae*, pero sólo una, Chiapas A84, tiene además el factor de tolerancia moderada a la sequía (Hernández Aragón y Tavitas Fuentes, 1990).

La resistencia a la sequía en el arroz de secano consiste en la habilidad de éste para ajustar sus funciones metabólicas durante su desarrollo fenológico —mediante los mecanismos de escape, evasión y tolerancia— y minimizar los efectos de la deficiencia de humedad del suelo con la capacidad de recuperarse cuando ocurre un reabastecimiento de agua. Según esto, el mejoramiento que logre optimizar el uso del agua en el arroz de secano debe manejar factores muy complejos, porque su herencia es cuantitativa. Por tanto, y con el fin de obtener un germoplasma con alta frecuencia de genes favorables, y de aumentar la probabilidad de lograr recombinaciones superiores que resistan las deficiencias de humedad, se consideraron en 1984 los siguientes aspectos: generar un grupo más grande de progenies y un gran número de poblaciones segregantes, en las que estén contenidos los progenitores en los que se haya detectado resistencia a la quema y a la sequía (Hernández Aragón y Moreno, 1984).

En el manejo de las poblaciones segregantes se cambió el método genealógico por el de selección masal, que es más eficiente en condiciones de secano, permite mayor presión de selección, se ajusta a las condiciones del ambiente, y disminuye el riesgo de descartar materiales potencialmente valiosos. En las generaciones avanzadas se sigue aplicando el método genealógico, con el cual se obtienen líneas uniformes que luego se someten a evaluaciones del rendimiento y de la calidad del grano, y a estudios sobre resistencia a la sequía. Esta metodología se resume en la Figura 4.

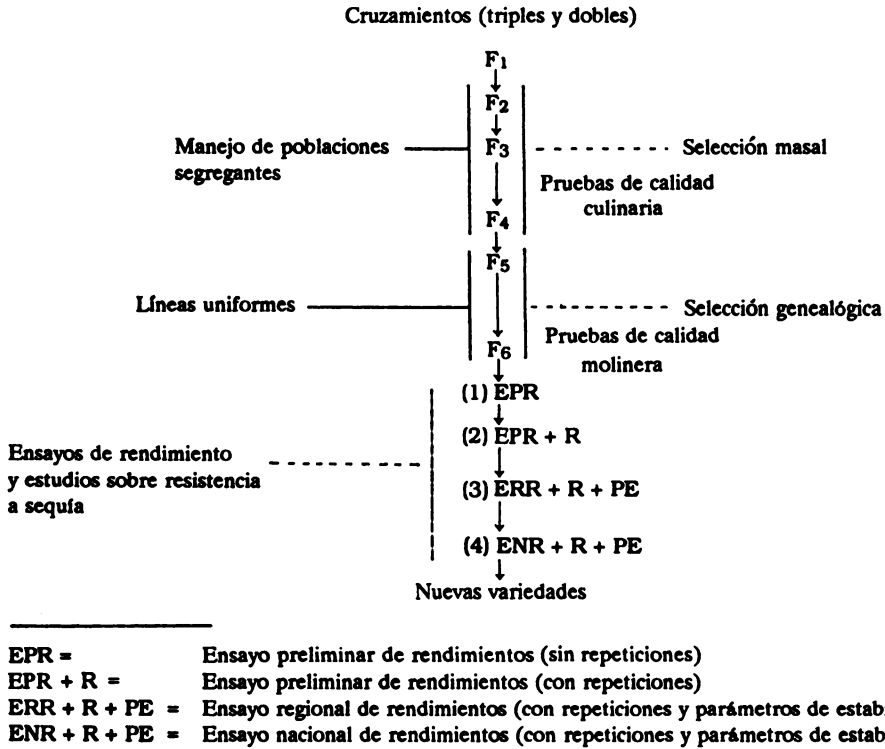


Figura 4. Metodología del manejo y del flujo de los materiales de arroz de secano que se mejoran para obtener resistencia combinada a la sequía y a *Pyricularia oryzae*.

2. Evaluación de la resistencia a la sequía

a. Presión osmótica para determinar la germinación de la semilla.

En el laboratorio se usan cajas de Petri esterilizadas, papel filtro, pipetas y una solución de polietilenglicol (PEG). Las semillas de los genotipos se someten a tres presiones osmóticas: 0, 5 y 10 atmósferas. La metodología consiste en seleccionar primero las semillas que se estudian procurando que estén maduras, completas y limpias. Después se introducen en una estufa a la temperatura de 50 °C durante cuatro días, para romper la latencia; 48 horas después se tratan con una solución preparada con

Benlate (benomyl, 1 g) en un litro de agua, durante 30 minutos, para protegerlas de una posible contaminación de hongos, y luego se secan. En tres matraces Erlenmeyer que contengan agua destilada se someten al 'baño María' (y empleando una olla de presión a 15 libras para esterilizarlos) con el fin de que se disuelva el PEG. Cuando las semillas están secas y las soluciones listas se inicia el tratamiento. En cada caja de Petri se depositan dos bases de papel filtro, se aplican 10 ml de la solución, y se colocan 50 semillas de cada genotipo. A los nueve días se calcula el porcentaje de germinación así como la longitud del coleóptilo y de la radícula de las semillas (Tavitas Fuentes et al., 1990).

b. Riego/sequía. Esta técnica consiste en proporcionar riegos periódicos durante todo el ciclo vegetativo de las plantas. En los tratamientos de sequía se suspende el riego en las diferentes fases de la etapa vegetativa (plántula y macollamiento) y de la reproductiva (primordio floral, embuche, antesis e integral reproductiva). El efecto de la sequía en el campo se propicia protegiendo el experimento con una caseta construida con arcos de hierro que durante la noche, o cuando amenaza la lluvia, se cubre con un plástico transparente; éste se enrolla de día para permitir la entrada de la luz. Con estas precauciones se evita la interacción de las lluvias con los tratamientos de sequía en las etapas fenológicas que se estudian. Las plantas de los lotes que reciben el tratamiento de sequía continúan su desarrollo con riegos periódicos. La resistencia a la sequía se analiza estadísticamente por intermedio del rendimiento de grano, y de este modo se seleccionan los materiales con mayor producción (Muñoz Orozco, 1980; Rodríguez, 1984; Mendiola, 1989; Tavitas Fuentes et al., 1990).

c. Potenciales hídricos. Durante los tratamientos de sequía se miden los potenciales hídricos, el enrollamiento de las hojas, y el secamiento de las hojas. En cada tratamiento se hacen tres muestreos, excepto en aquéllos que duran 15 días con el período de sequía; en éstos sólo se hacen dos, uno al inicio y el otro al final del tratamiento. En los tratamientos que duran 30 días con sequía, el primer muestreo se hace al día siguiente de haber suspendido el riego, el segundo a la mitad del período, y el tercero al terminar el tratamiento. Para la medición del potencial hídrico se toman dos hojas por repetición y por genotipo, y las lecturas se hacen a las 5:00 a.m. con la bomba de presión de Scholander. Este método consiste en cortar la hoja de la planta, colocándola inmediatamente en la cámara; en ésta se aplica presión hasta que la savia del xilema empieza a salir, en forma de gotas pequeñas, por el extremo exterior cortado de la hojas (Aguilar, 1991).

d. Cuantificación y posición de los estomas. Para hacer la impresión de los estomas, en los mismos tratamientos de sequía descritos en (b) se escogen dos hojas por repetición y por genotipo. Esta operación se realiza a las 6:00 y a las 13:00 horas. La densidad estomática se determina por el

método de impresiones de películas de estomas con esmalte de uñas de color blanco traslúcido. Los muestreos se toman tanto en el haz como en el envés de las hojas, las cuales se dividen en tres partes: base, parte media y ápice. El recuento de los estomas se hace con ayuda de un microscopio (ocular de 10X y objetivo de 45X) que proporcione un área de 0.22 mm² (Aguilar, 1991).

e. Morfología del sistema radical. En la cara frontal de las cajas de madera llamadas rizotrones se coloca un vidrio, a través del cual se realizan periódicamente observaciones del desarrollo progresivo de la raíz y de la tasa de penetración de sus ramificaciones. De este modo es posible identificar los diferentes modelos de raíces de los genotipos que se estudien.

Para preparar el suelo, se procede a la extracción del mismo en diferentes perfiles, en una superficie de 1 m² por 115 cm de profundidad. Las muestras se extraen de profundidades de 0-35, 36-70 y 71-105 cm, y se colocan en los rizotrones depositando primero la última capa (71-105 cm). Días después, cuando ésta se ha endurecido, se deposita la segunda que corresponde a la profundidad de 36-70 cm; por último, se agrega la capa de la parte superficial (0-35 cm). De esta manera, este suelo es similar al de un terreno *in situ*. Esta operación debe efectuarse por lo menos tres meses antes de la siembra.

La siembra se hace en vasos Unicel según el ciclo vegetativo de los materiales: primero los tardíos, después los de duración intermedia, y por último los precoces. Cuando las plántulas alcanzan 15 días de edad, se trasplantan a los rizotrones, uno por cada caja, donde continúan su desarrollo. Cuando llegan a la etapa de floración, se extraen del suelo cuidadosamente para que las raíces salgan completas; se mide la longitud total de la raíz, y después se divide ésta en tres secciones para medir el grosor de las raíces en cada una de las profundidades (Mendiola, 1989).

f. Actividad de las raíces. Con el fin de hacer coincidir la etapa de embuchamiento en los genotipos que se evalúen, la siembra se hace en condiciones de campo, en forma directa y escalonada; se siembran primero los tardíos, después los de duración intermedia, y por último los precoces. El lote se maneja con riegos de auxilio durante todo el ciclo. Las parcelas son de 16.2 m², y tienen 9 surcos de 6 m de largo espaciados uno de otro 30 cm.

Cuando las plantas llegan a la etapa de embuchamiento, se cortan a ras del suelo en forma intercalada, dejando únicamente las de los surcos centrales para que haya competencia. Luego se sorteán las profundidades de muestreo y se distribuyen a lo largo de los surcos, y en cada metro lineal de surco se perforan cuatro orificios de cada lado, separados 30 cm uno de otro. En cada orificio se inyectan 15 ml del herbicida metribuzin

(Sencor) con una jeringa conectada a una manguera; la solución se prepara con 32 g de Sencor por litro de agua. Inmediatamente después de la aplicación, los orificios se tapan con la misma tierra extraída de ellos, y se continúa manejando el lote con riegos de auxilio para mantener el suelo a capacidad de campo.

Tres semanas después, se toman los datos de absorción del herbicida por las raíces de las plantas; los efectos se manifiestan por el secamiento de las hojas, y su intensidad se califica con la escala del Sistema de Evaluación Estándar de Arroz de IRRI (IRTP, 1980; Tavitas Fuentes, 1991).

Resultados

Aproximadamente el 25% de las líneas en las que se han combinado los caracteres de resistencia a la sequía y a *P. oryzae* —identificadas como RHS— son de ciclo precoz, 50% de ciclo intermedio, y 25% de ciclo tardío. Un grupo de líneas élite se incluyeron, en 1991, en el ensayo regional de rendimiento y de determinación de los parámetros de estabilidad en el Sureste.

De los materiales del convenio INIFAP-IRRI, y de acuerdo con los estudios indicados anteriormente, se seleccionó en 1987 la línea IR10120-7-2-1-4-02a, que durante tres años consecutivos ha rendido de 5 a 6 t/ha con riegos de auxilio; con tratamientos de sequía ha producido de 4 a 4.5 t/ha. Sus plántulas presentan aparentemente el mecanismo de evasión de la deficiencia de humedad (Figura 5). Las plantas adultas tienen un sistema radical profundo (105 cm) y hay gran actividad en todas sus raíces. Proporcionalmente, 28.5% de ellas se presentan en la capa superficial, y 10.7% en la máxima profundidad. Esto se atribuye a que la mayoría de estas raíces son gruesas, y fluctúan desde 1.10 a 0.79 mm de diámetro a través de los diferentes perfiles del suelo. El modelo y la actividad radical de este genotipo son los requeridos en las variedades de secano que poseen el carácter de resistencia a la sequía. Estas plantas se caracterizan por su altura intermedia, su moderado macollamiento, y sus hojas lisas y dotadas de cierta plasticidad que les permite enrollarse en las horas más calientes del día y desenrollarse cuando la temperatura desciende. Estas características favorecen el cierre de los estomas, pocos y pequeños (234 por mm²), acción que evita la transpiración del agua de los tejidos y mantiene en la planta un nivel hídrico aceptable de -6.46 bar; esta condición se refleja, a su vez, en la producción de grano aun bajo el estrés causado por la sequía (Figura 6).

Para determinar el comportamiento de esta línea, en 1989 y 1990 fue sometida a ensayos de rendimiento y a estudios de parámetros de estabilidad en seis ecosistemas de secano del Sureste. Los resultados fueron rendimientos de 3.5 a 5.5 t/ha con aceptable estabilidad, bajo diferentes condiciones ecológicas. Por consiguiente, INIFAP liberó este

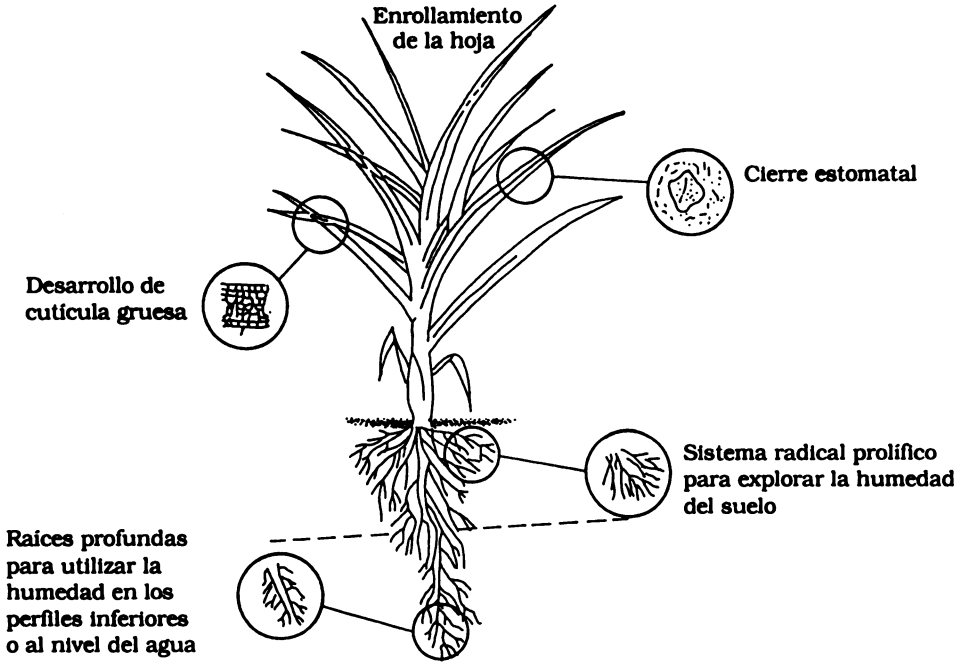


Figura 5. Mecanismos de evasión de la sequía en el arroz durante la etapa de plántula. (Tomado de O'Toole y Chang, 1978.)

- Raíces gruesas
- Macollamiento moderado a bueno
- Hojas superiores erectas y hojas inferiores caídas y lisas
- Tallos muy fuertes
- Altura: 110 cm
- Ciclo vegetativo: 110 a 120 días
- Resistencia a *Pyricularia oryzae* y a otras enfermedades
- Resistencia a la sequía
- Panículas por planta: 8 a 10
- Granos por panícula: 150 a 200
- Potencial de rendimiento: 4 a 5 t/ha
- Buena calidad del grano

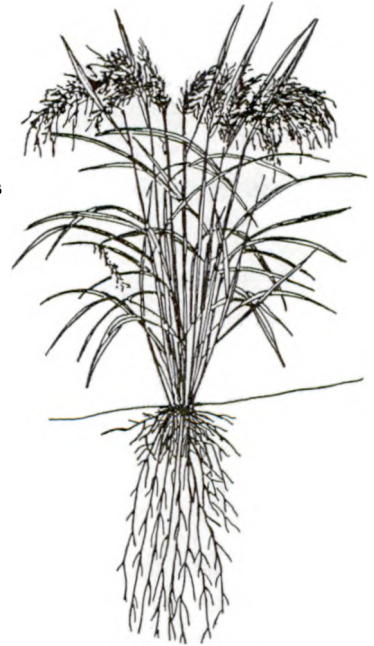


Figura 6. Nuevo arquetipo para una planta de arroz de secano cultivada en áreas propensas a sequía. (Adaptado de Loresto, 1990.)

Cuadro 1. Características morfofisiológicas de la variedad Sureste A90.

| Característica | Cuantificación |
|---|---|
| Enrollamiento de las hojas | 2 |
| Secamiento de las hojas | 3 |
| Número, tamaño y posición ^a de los estomas en el haz | 197 ma, 216 pc |
| Número, tamaño y posición ^a de los estomas en el envés | 246 ma, 252 pc, 259 pc |
| Potenciales hídricos | -2.15, -8.7, -11.7 bars |
| Longitud del sistema radical | 115 cm |
| Actividad radical (%) | 28, 21, 12, 12, 7, 7, 10 |
| Conformación de las raíces | En todos los perfiles se presentan raíces gruesas en mayor proporción |

a. ma = medianos abiertos; p = pequeños; c = cerrados.

genotipo bajo el nombre de Sureste A90; con esta nueva variedad se formará un paquete tecnológico con pocos insumos, que se adoptará en las áreas de secano de la Península de Yucatán, donde se han presentado pérdidas por sequía en los últimos años. Las principales características de la variedad se presentan en el Cuadro 1. Sureste A90, Cotaxtla A90 —recientemente liberada en Veracruz— y Loma Bonita A92 —próxima a liberarse en Oaxaca— inician la tercera generación de variedades de arroz de secano de México, las cuales son más eficientes en el uso del agua (Hernández Aragón y Tavitas Fuentes, 1990).

Referencias

- Aguilar, M.G. 1991. Potencial hídrico en hojas y su relación con el número de estomas en arroz de temporal. Tesis (Lic.). Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México. 97 p.
- Ashri, A. 1984. Breeding for drought resistance. Trabajo presentado en el Simposio INIFAP-Universidad Hebrea, Aguascalientes, México. 5 p.
- Chang, T.T. y C.G. Loresto. 1986. Varietal improvement for drought resistance in upland rice. IRRI, Los Baños, Filipinas. 45 p.
- Espino Tejada, S. 1968. Arroz "Milagro Filipino" para uso industrial y doméstico. Folleto de divulgación no. 36. INIA-SAG, México. 11 p.
- Hernández Aragón, L. 1972. Navolato A71: Nueva variedad de arroz de grano largo y paja corta. Descripción y cultivo. Circular CIAS no. 43. SAG-INIA, Culiacán, México. 17 p.

- Hernández Aragón, L. 1991. La investigación del arroz en México. JICA-INIFAP, Campo Experimental Zacatepec, Zacatepec, México. p. 5-24.
- Hernández Aragón, L. y S. Espino Tejada. 1970. Sinaloa A68, primera variedad de arroz de grano largo y paja corta. Circular CIAS no. 35. SAG-INIA, Culiacán, México. 21 p.
- Hernández Aragón, L. y G.R. Moreno. 1984. El problema de la sequía en arroz y trigo de temporal en México. Trabajo presentado en el Simposio INIFAP-Universidad Hebrea, Aguascalientes, México. 16 p.
- Hernández Aragón, L. y L. Tavitas Fuentes. 1988. Mejoramiento del arroz en México. En XII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética, Simposio de Genotecnia en Autógamas, Chapingo, México. 53 p.
- Hernández Aragón, L. y L. Tavitas Fuentes. 1990. Contribución al mejoramiento genético del arroz de temporal en México. Resumen de la 2a. Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. CIFAP-Morelos, Zacatepec, México. p. 11.
- IRTP (International Rice Testing Program). 1980. Standard Evaluation System for Rice. 2nd. ed. IRTP e IRRI, Los Baños, Filipinas. 44 p.
- Loresto, G.C. 1990. Plant idiotypes for different rice cultures. GEU, Training Program, IRRI, Los Baños, Filipinas. 15 p.
- Loresto, G.C. y T.T. Chang. 1981. Decimal scoring for drought reaction and recovery ability in rice screening nurseries. IRRI, Los Baños, Filipinas. 112 p.
- Márquez Cabrera F., L. Hernández Aragón y B.C. Méndez. 1980. Cárdenas A80, nueva variedad de arroz de temporal (secano) para suelos inundables e intermedios de Tabasco. Boletín A-5. SARH-CSAT-INIA, Cárdenas, México. 12 p.
- Mendiola, D. D. 1989. Influencia de la raíz en el comportamiento fenotípico de arroz (*Oryza sativa*) con tolerancia a sequía. Tesis Lic. Escuela Superior de Agricultura, Universidad Autónoma del Estado de Guerrero, Iguala, México. 185 p.
- Muñoz Orozco, A. 1980. Resistencia a sequía y mejoramiento genético. Ciencia y Desarrollo 33:26-35.
- Ortegón, P.R. 1984. Evaluación de 15 genotipos nativos de Zacatón alcalino (*Sporobolus aeroides* Toor) del norte de México para diferentes características agronómicas bajo riego y temporal. En X Congreso Nacional de Fitogenética, Aguascalientes, México. p. 27-31.
- O'Toole, J.C. y T.T. Chang. 1978. Drought and rice improvement perspective. Research Paper Series no. 14. IRRI, Los Baños, Filipinas. 27 p.

- Paredes, T.A. 1973. Recomendaciones para el cultivo del arroz con las variedades Morelos A70, Zapata A70 y Jojutla Mejorado. Circular CIAMEC no. 44. SAG-INIA, Progreso, México. 12 p.
- Pérez, P.R., G.A. Castro, C.J. de Silva y L. Tavitas Fuentes. 1984. Chiapas A84, nueva variedad de arroz para el Valle de los Cuxtepeques, Chiapas. Folleto técnico no. 3. SARH-INIA-Chiapas, Ocozocoautla, México. 13 p.
- Rodríguez, J.H. 1984. Análisis dialéctico de cruizas de arroz (*Oryza sativa* L.) para obtener resistencia a sequía. Tesis Maestría. Colegio de Post-graduados, Chapingo, México. 224 p.
- Salcedo Aceves, J. 1990. Morelos A88, variedad de arroz para el estado de Morelos. Folleto técnico no. 7. SARH-INIFAP-CIFAP, Morelos, México. 11 p.
- Swaminathan, M.S. 1984. Rice. Sci. Am. 250(1):80-85, 90-93.
- Tavitas Fuentes, L. 1981. Evaluación y selección de genotipos para resistencia a sequía y determinación de proteína en el grano de arroz de secano. Tesis Lic. Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México. 95 p.
- Tavitas Fuentes, L. 1987. Necesidades hídricas de la planta de arroz. Trabajo presentado en el Curso sobre "Producción de arroz en el trópico húmedo de México". INIFAP-CIAT, Campeche, México. 30 p.
- Tavitas Fuentes, L. 1991. Nueva técnica para determinar la actividad de las raíces de temporal. JICA-INIFAP, Campo Experimental Zacatepec, Zacapetec, México. p. 67-89.
- Tavitas Fuentes, L. y L. Hernández Aragón. 1983. La sequía y perspectivas del mejoramiento de arroz de temporal en México. Trabajo presentado en el Simposium sobre la sequía y su impacto en la agricultura. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 55 p.
- Tavitas Fuentes, L., D.D. Mendiola y L. Hernández Aragón. 1990. Evaluación de tolerancia a la sequía en siete cultivares de arroz de temporal (*Oryza sativa*) mediante estudios de riego/sequía. En Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética, Cd. Juárez, México. 18 p.
- Zapata, A.J.R. 1984. Identificación de maíces por adaptabilidad en la región de Juchipila, Zac. En X Congreso Nacional de Fitogenética, Aguascalientes, México. p. 27-31.

Comentario

Mejoramiento del Uso Eficiente del Agua en la Planta de Arroz por Leonardo Hernández Aragón y Leticia Tavitas Fuentes



Beatriz da Silveira Pinheiro*

Los autores y sus asociados merecen una felicitación por el éxito alcanzado en su programa de mejoramiento de arroz para los sistemas de riego y de temporal (secano) de México. El gran número de líneas de alto rendimiento lanzadas, y su adopción en cultivos comerciales así lo demuestran. El enfoque adoptado recientemente en la búsqueda de líneas con mayor resistencia a la sequía nos parece muy apropiado. En efecto, considera el carácter altamente complejo de esa característica, en que se asocian la naturaleza anatómica, fisiológica y bioquímica de la planta, y su herencia poligénica. El programa se basa en la identificación de progenitores portadores de características deseables, en la ejecución de un gran número de cruzamientos dobles y triples, en la conducción de grandes poblaciones por el método de selección masal, en la realización de pruebas tempranas de rendimiento, y en la evaluación de las líneas élite respecto a las características deseables. Cabe destacar la estrecha relación que existe entre los mejoradores y los fisiólogos en la conducción del programa; un reciente simposio sobre este tema (Baker, 1989) considera esta relación fundamental para avanzar en el mejoramiento por resistencia a la sequía.

Las características edafoclimáticas de una localidad determinan el tipo de sequía que se espera en ella, y las características de adaptación que serían ventajosas para los cultivos. No existe, por tanto, una estrategia única o una receta infalible para el mejoramiento de la resistencia a la sequía. Es entonces difícil opinar sobre la validez de la estrategia empleada y sobre las características elegidas por los autores y sus asociados, pero ellos poseen un perfecto conocimiento de la situación local. Por consiguiente, mis comentarios pueden parecer poco pertinentes porque se basan solamente en la descripción limitada del ambiente que se presenta en el trabajo.

Cuando la sequía es de carácter imprevisible, como parece ocurrir en el trópico húmedo de México afectado por la deforestación y el drenaje del agua subterránea, la profundidad y la eficiencia del sistema radicular serían características fundamentales de la planta para su buen desempeño. Por tanto, la caracterización del sistema radicular de los

* Coordinadora, Programa Nacional de Arroz, EMBRAPA/CNPAF, Brasil.

progenitores y de las líneas avanzadas, ya sea por la observación directa de su nivel en los rizotrones o indirectamente por el ingenioso método de aplicar herbicidas en profundidad, parece apropiada. Aunque el desempeño del sistema radicular es importante para contrarrestar las deficiencias hídricas, falta aún una metodología que permita seleccionar generaciones segregantes, y esto limita el avance del mejorador.

No obstante, O'Toole y Bland (1987) señalaron que, en algunos programas, hubo progreso en el mejoramiento de la resistencia a la sequía mediante la caracterización de los parámetros de interés y el uso de la variación genotípica existente. Se resalta el trabajo de Hurd y sus asociados, quienes evaluaron la profundidad y el volumen de las raíces de progenitores potenciales y de líneas avanzadas, para obtener líneas de trigo adaptadas a las condiciones de sequía intermitente de Canadá (Hurd et al., 1972a y 1972b; Hurd, 1974); también el trabajo de Richards y Passioura (1989), quienes hallaron que el pequeño diámetro del xilema de la raíz seminal del trigo era un carácter deseable en una región de Australia donde las plantas dependen del agua almacenada en el suelo.

El método del herbicida empleado por el INIFAP es similar a la metodología del ^{32}P (Reyniers et al., 1982), tiene la ventaja de ser más económico, y no presenta el riesgo de la contaminación por el marcador radioactivo; permite, además, la evaluación visual sin necesidad de acudir a técnicas refinadas de laboratorio. Sin embargo, la movilidad del herbicida en el suelo puede invalidar los resultados.

La prueba de germinación a potenciales osmóticos bajos parece válida en caso de que los agricultores siembren el arroz en suelo seco, o sea, antes de que aparezcan las lluvias en la región. Según un trabajo similar que evalúa la supervivencia de las plántulas en suelos con bajo contenido de agua (O'Toole et al., 1978), las variedades de arroz de riego dan una respuesta más favorable que las de arroz de secano. Este resultado se explica por la mayor presión de la selección natural, respecto a esa característica, en el arroz de riego, el cual no depende de la llegada de las lluvias para establecerse como cultivo. Estos hechos evidencian la falta de una relación definida entre la resistencia a la sequía en la fase de plántula y en la fase adulta.

La evaluación de líneas de arroz de riego respecto a la sequía permite detectar pérdidas de rendimiento por deficiencia hídrica, y verificar, al mismo tiempo, diferencias en la susceptibilidad relativa de la planta a la deficiencia hídrica en las diferentes fases del ciclo de desarrollo. Se ha reconocido la mayor sensibilidad a la sequía en la floración—que se extiende a la meiosis, a la iniciación del primordio floral, y a la fase inicial del llenado de los granos (Matsushima, 1968). En nuestros trabajos en el CNPAF (Pinheiro, 1989), observamos diferencias en la sensibilidad

durante la fase de floración en función del grado de emisión de la panícula. La mayor esterilidad de espigas se observó cuando la exposición de la panícula alcanzaba de 3 a 8 cm.

La dificultad de llevar a cabo experimentos de esta naturaleza, que administren un gran número de tratamientos, lleva a buscar un complemento en estudios agrometeorológicos; éstos permitirán definir la época de mayor probabilidad de ocurrencia de períodos de sequía durante el desarrollo del cultivo. En resumen, los estudios pueden concentrarse en un menor número de fases del cultivo. En las evaluaciones de rutina del programa de fisiología de CNPAF, se sincroniza el período reproductivo de las variedades a través de fechas de siembra diferenciadas y se suspende el riego durante los 20 a 15 días antes de la floración. Potenciales hídricos de 1.6 MPA son suficientes para permitir la expresión de diferencias varietales y reducir la esterilidad de las espigas de 40 hasta 60%. La fertilidad de las espigas y el alto potencial de agua se asocian con la densidad de las raíces en la franja de 60 a 80 cm de profundidad del suelo (Pinheiro y Raissac, 1990).

Las ventajas o desventajas de que la planta tenga un pequeño número de estomas, y de la sensibilidad de éstos son motivo de muchas controversias en la literatura. Si esos pocos estomas resultan en menor conductancia estomática, ésta se contrapone de algún modo al beneficio del sistema radicular profundo; más aún, puede limitar la productividad potencial de la planta cuando haya buena disponibilidad de agua en el suelo, porque limita la asimilación de carbono. Levitt (1972) halló diferencias entre las especies respecto a sus mecanismos de evasión, y clasificó a éstas en dos grupos: a) especies gastadoras de agua, que maximizan su capacidad de retirar agua del suelo y desarrollan adaptaciones como un sistema radicular bien desarrollado y una alta conductancia estomática; y b) especies conservadoras de agua, que minimizan la pérdida de agua mediante adaptaciones como la conductancia estomática baja y la cutícula gruesa.

A pesar del evidente papel del cierre estomático y del enrollamiento de la hoja sobre sí misma para minimizar la pérdida de agua por la planta, tales mecanismos parecen más una consecuencia de la pérdida de turgencia de los tejidos que una ventaja adaptativa.

Por esa razón, parece más interesante buscar mecanismos que permitan retardar al máximo el arribo al potencial hídrico crítico en los procesos fisiológicos, y preserven así la fotosíntesis y la transpiración cuando ese potencial se establece. El ajuste osmótico puede desempeñar, por tanto, un papel relevante, porque mantiene la turgencia celular y los procesos fisiológicos asociados con ella; además, conserva los gradientes de potencial de agua necesarios para el flujo de líquidos en el sistema suelo-planta-atmósfera.

Aunque no hay diferencias genotípicas evidentes, el ajuste osmótico es un fenómeno que se observa en las plantas de arroz (Cutler et al., 1980; Hsiao et al., 1984; Turner et al., 1986), y que necesita mayor exploración.

Me gustaría comentar, además, que la eficiencia en el uso del agua y la resistencia a la sequía no son necesariamente sinónimos. La fisiología vegetal sostiene la teoría de que la eficiencia es la cantidad de materia seca producida por gramo de agua transpirada. Como es difícil, en la práctica, cuantificar la transpiración y separarla de la evaporación, la resistencia a la sequía se evalúa de modo empírico o a través de sus componentes fisiológicos, y no se considera la eficiencia en el uso del agua. De acuerdo con Puckridge y O'Toole (1981), las variedades de arroz de secano se comportan mejor que las de riego cuando hay una deficiencia hídrica, y lo hacen más por su capacidad de explorar el agua disponible en el suelo que por la eficiencia, propiamente dicha, con que usan esa agua. La prueba de discriminación de isótopos del carbono, que mide la relación entre las presiones parciales del CO₂ intercelular y del atmosférico, permite estimar la eficiencia en el uso del agua (Farquhar y Richards, 1984; Condon et al., 1987; Turner et al., 1989). Se está evaluando la efectividad de esa técnica en el arroz de secano en las condiciones ambientales de Brasil, gracias a un proyecto de la Comunidad Económica Europea que se desarrolla también para otras especies en Inglaterra, Siria y Africa (Austin et al., 1990).

Los resultados preliminares de ese proyecto indican que en las plantas de arroz sometidas a una deficiencia hídrica en la floración, la producción de grano se asocia positivamente con la eficiencia en el uso del agua. Se requieren estudios adicionales para establecer las bases fisiológicas de esta asociación así como también su utilidad como herramienta de selección.

Para concluir, me gustaría comentar que las nuevas técnicas moleculares y de ingeniería genética contribuirán, en un futuro próximo, a facilitar el trabajo de los mejoradores en la difícil tarea de aumentar la resistencia a la sequía del arroz de secano. O'Toole (1989) ve con optimismo la aplicación de la técnica del polimorfismo en longitud de los fragmentos de restricción (RFLP) del ADN, que utiliza marcadores moleculares para manipular selectivamente las características deseables. En este momento, el final de ese camino no parece lejano.

Referencias

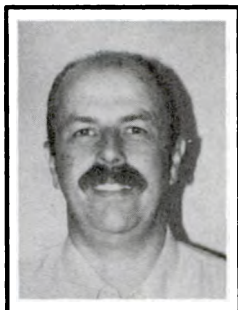
- Austin, R.B., R.A. Crauford, M.A. Hall, E. Acevedo, B. da S. Pinheiro y E.C.K. Ngugi. 1990. Carbon isotope discrimination as a means of evaluating drought resistance on barley, rice and cowpeas. *Bull. Soc. Bot. Fr. Actual Bot.* 1:21-30.

- Baker, F.W.G. (ed.). 1989. Drought resistance in cereals. ICSU, Paris. 222 p.
- Condon, A.G., R.A Richards y G.D. Farquhar. 1987. Carbon isotope discrimination is positively correlated with grain yield and dry matter production in field-grown wheat. *Crop Sci.* 27(5):996-1001.
- Cutler, J.M., K.W. Shahan y P.L. Steponkus. 1980. Dynamics of osmotic adjustment in rice. *Crop Sci.* 20(3):310-314.
- Farquhar, G.D. y R.A. Richards. 1984. Isotopic composition of plant carbon correlates with water-use efficiency in wheat genotypes. *Aust. J. Plant Physiol.* 11:539-552.
- Hsiao, T.C., J.C. O'Toole, E.B. Yambao y N.C. Turner. 1984. Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Physiol.* 75(2):338-341.
- Hurd, E.A. 1974. Phenotype and drought tolerance in wheat. *Agric. Meteorol.* 14:39-55.
- Hurd, E.A., L.A. Patterson, D. Mallough, T.F. Townley-Smith y C.H. Owen. 1972a. Wascana, a new durum wheat. *Can. J. Plant Sci.* 52:687-688.
- Hurd, E.A., T.F. Townley-Smith, L.A. Patterson y C.H. Owen. 1972b. Techniques used in producing Wascana wheat. *Can. J. Plant Sci.* 52:689-691.
- Levitt, J. 1972. Responses of plant to environmental stresses. Academic Press, Londres. 697 p.
- Matsushima, S. 1968. Water and physiology of indica rice. *En Rice in cultivation in southeast Asia. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan (special issue)* p. 102-109.
- O'Toole, J.C. 1989. Breeding for drought resistance in cereals: Emerging new technologies. *En Baker, F.W.G. (ed.). Drought resistance in cereals. ICSU, Paris. p. 81-94.*
- O'Toole, J.C., R.S. Aquino y K. Alluri. 1978. Seedling stage drought response in rice. *Agron. J.* 70(6):1101-1103.
- O'Toole, J.C. y W.L. Bland. 1987. Genotypic variation in crop plant root systems. *Adv. Agron.* 41:91-145.
- Pinheiro, B. da S. 1989. Estudo das relações hídrica durante o processo de emissão de panículas e antese do arroz de sequeiro (*Oryza sativa*). Dissertation. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil. 176 p.
- Pinheiro, B. da S. y M. de Raissac. 1991. Parâmetros fisiológicos relacionados a resistência a seca em arroz de sequeiro. III Congresso da Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, Anais. Viçosa, MG, Brasil.

- Puckridge, D.W. y J.C. O'Toole. 1981. Dry matter and grain production of rice, using a line source sprinkler in drought studies. *Field Crops Res.* 3(4):303-319.
- Reyniers, F.N., Truong-Binh, L. Jacquinet y R. Nicou. 1982. Breeding for drought resistance in dryland rice. *En International Rice Research Institute. Drought resistance in crops with emphasis on rice.* Los Baños, Filipinas. p. 273-292.
- Richards, R.A. y J.B. Passioura. 1989. A breeding program to reduce diameter of the major xylem vessel in the seminal roots of wheat and its effect on grain yield in rain-fed environments. *Aust. J. Agric. Res.* 40:943-950.
- Turner, N.C. y M.M. Jones. 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: A review and evaluation. *En Turner, N.C. y P.J. Kramer. (eds.). Adaptation of plants to water and high temperature stress.* Wiley, NY. p. 87-103.
- Turner, N.C., M.E. Nicholas, K.T. Hubick y G.D. Farquhar. 1989. Evaluation of traits for the improvement of water use efficiency and harvest index. *En Baker, F.M.G. (ed.). Drought resistance in cereals.* ICSU, Paris. p. 177-189.
- Turner, N.C., J.C. O'Toole, R.T. Cruz, E.B. Yambao, S. Ahmad, O.S. Namuco y M. Dingjuhn. 1986. Responses of seven diverse rice cultivars to water deficits, II: Osmotic adjustment, leaf elasticity, leaf extension, leaf death, stomatal conductance and photosynthesis. *Field Crops Res.* 13:273-286.

Consideraciones para Mejorar el Manejo del Riego en Arroz

Luis Antonio de León Valente*



Resumen

Para aumentar la producción de arroz, Brasil ha ampliado el cultivo de arroz irrigado mediante el desarrollo de zonas bajas inundables o "várzeas". El estado sureño de Río Grande do Sul es la región productora de arroz más grande del país. En este estado las várzeas se encuentran en las planicies costeras y fluviales que siguen un complejo

hidrográfico compuesto por la cuenca del Río Uruguay y un sistema de afluentes de lagos y ríos. Se discuten los problemas del cultivo del arroz irrigado en várzeas junto con las características del cultivo del arroz tradicional. Un rasgo que podría mejorarse es la adecuación del terreno. Se distinguen tres clases de adecuación de tierras de acuerdo con la cantidad de suelo removido. El tipo de adecuación que se utilice depende de los recursos económicos del agricultor, la maquinaria disponible, el tipo de suelo y, el propio conocimiento y expectativas del agricultor. Los cuatro métodos para estimar la cantidad de adecuación requerida son terrazas niveladas, método del centroide para terrazas con pequeñas pendientes, método de los cuadrados mínimos para hallar la inclinación natural y curvas de nivel para el establecimiento de terrazas. Una vez iniciada la adecuación, pueden también considerarse la construcción de carreteras internas, diques, y canales de drenaje e irrigación. El ahorro total que se obtiene a través de la adecuación son: por agua, 40%; por maquinaria, 20%; y por mano de obra, 40%. La productividad aumenta debido a las condiciones mejoradas de siembra y los períodos de barbecho disminuyen porque el arroz rojo se puede controlar mejor.

Introducción

En los últimos años, Brasil ha realizado un gran esfuerzo para aumentar su producción de granos, el cual se manifiesta principalmente en la expansión de la frontera agrícola y en el aumento de la productividad. Cabe destacar el desarrollo del arroz de riego a partir de 1981 con el programa Provárzeas Nacional, cuyo objetivo es el aprovechamiento racional de las "várzeas" (zonas bajas inundables) irrigables; hasta 1985, este programa había facilitado el establecimiento de 72,066 proyectos, que tenían un área drenada o irrigada de 938,602 hectáreas. En forma paralela, y sin gastos adicionales para el gobierno, se crearon 258,743 nuevos empleos en el medio rural. La producción obtenida en 1989-1990 sumó 5.63 millones de toneladas de granos básicos.

* Ingeniero Agrónomo, EMATER/RS, Brasil.

En la producción mundial de cereales sólo el trigo supera al arroz; el 39% del primero lo producen los países en desarrollo, que en cambio producen el 95% del segundo. De la producción de arroz, los países productores consumen el 96%, y de este total el 85% se destina al consumo humano. Su consumo per cápita ha aumentado en el mundo llegando a alrededor de 50 kg/habitante al año; el valor más alto está en Madagascar (173 kg/año) y el más bajo en Europa (4 kg/año).

La producción mundial actual de arroz en cáscara es de alrededor de 483 millones de toneladas (328 millones de toneladas de arroz beneficiado). En América Latina está el 3.55% de la producción total y el 5.05% del área total; a Brasil corresponden el 68.70% de la primera y el 81.04% de la segunda, o sea, la mayor área de la región latinoamericana. El rendimiento mundial es de aproximadamente 3000 kg/ha. Brasil registró en la última cosecha (1988-1989), 2000 kg/ha. Esta baja productividad la ocasiona el cultivo de arroz de secano que representa el 75% del área con una productividad media de 1550 kg/ha.

En la actualidad, Brasil cultiva cerca de 3,000.000 de hectáreas de riego, de las cuales aproximadamente 0.9 a 1.1 millones están sembradas con arroz. Los costos de riego representan cada vez más un desafío mayor para el cultivador; en Rio Grande do Sul son el 16% del costo total, que es aproximadamente de US\$1156/ha.

Según la FAO, para responder al aumento de la población será necesario un incremento anual de 3% en la producción mundial de arroz durante los últimos años del siglo veinte. Para superar este desafío, es necesario esforzarse más en el manejo eficiente del arroz de riego. En este contexto, la preparación técnica del suelo puede contribuir mucho. El control de las malezas, la disponibilidad de maquinaria, el aprovechamiento de otros cultivos, la economía del agua a nivel de finca, y el mejoramiento del sistema de drenaje contribuyen también a perfeccionar el manejo del cultivo.

El Arroz de Riego en Rio Grande do Sul

El Estado de Rio Grande do Sul (región sur de Brasil) tiene una superficie de aproximadamente 280,500 km² y una topografía bastante variada. Esa área equivale a 28 millones de hectáreas, de los cuales 15 millones son aptos para la agricultura; de éstos últimos se cultiva solamente el 50% —con soya, arroz, trigo y maíz— y de esta área, los tres últimos cultivos ocupan el 95%. El 11% de esos 7 millones de hectáreas sembradas con cereales corresponde al arroz de riego, cuya cosecha representa cerca del 75% de los 1.5 millones de toneladas de arroz (cosecha 1989-1990) recolectadas por año en el Estado. En la cosecha 1990-1991, se sembraron 795.000 ha, representando el 16% del área arroceras del país, y 40% de la producción anual nacional; el rendimiento obtenido ese año es

tres veces superior al promedio brasileño. Estos niveles de producción son el resultado del uso intensivo de máquinas, equipos agrícolas, fertilizantes, plaguicidas, semilla de calidad, combustibles, transporte, y servicios en general.

A nivel agroindustrial, 800 empresas pequeñas y medianas ejecutan las operaciones de almacenaje, beneficio, empaque y distribución del arroz. Este cultivo responde por cerca del 10% del movimiento de la economía del Estado. Estas cifras destacan la importancia del cultivo de arroz gaucho (de Rio Grande do Sul) en el escenario nacional y, en especial, en América Latina, ya que la creación de MERCOSUR abre mercados en Argentina y Uruguay.

El arroz de riego se cultiva entre las latitudes 24° a 34° S. Las várzeas comprenden grandes extensiones de tierra de relieve plano y suavemente ondulado; están localizadas en la planicie costera (el litoral) principalmente junto a las lagunas, en las planicies de los ríos de la Depresión Central, y a lo largo de los ríos de la región de Campanha (Figura 1).

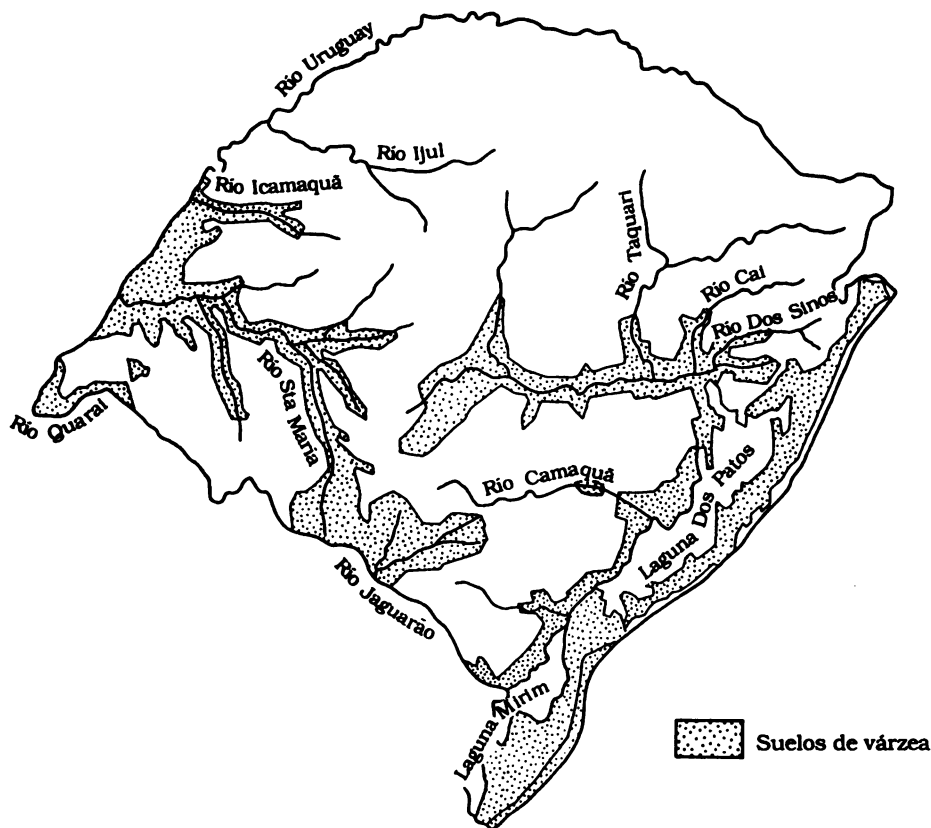


Figura 1. Distribución de las tierras de várzea en el Estado de Rio Grande do Sul, Brasil. (Tomado de Klamt et al., 1985.)

Suelos en que se Cultiva Arroz

En general, estos suelos son várzeas localizadas en las planicies de los ríos y lagos, y se desarrollan sobre sedimentos. A causa de su diversa formación, estos sedimentos son muy heterogéneos en cuanto a su composición granulométrica y mineralógica; esta condición se refleja en que las características mineralógicas, físicas y químicas varían mucho de un lugar a otro, y en que su potencial de uso es muy variado. Su principal característica es el mal drenaje o hidromorfismo (Cuadro 1). Además, estos suelos pueden presentar limitaciones que resultan del alargamiento de los periodos lluviosos, esto es granulometría muy fina (textura arcillosa) que causa baja infiltración del agua, o granulometría muy gruesa (textura arenosa) que da lugar a infiltración excesiva. El desequilibrio químico también genera deficiencias o excesos de algunos elementos químicos esenciales.

Clima en Rio Grande do Sul

Según el sistema universal de clasificación climática de Köppen (Köppen, 1936; Stringer, 1972) en la región sur de Brasil hay dos clases de clima, de tipo Cf:

Cfa = Clima mesotérmico, sin estación seca, con veranos calientes y con temperaturas superiores a 22 °C en el mes más caluroso; las heladas son frecuentes.

Cfb = Clima mesotérmico, húmedo y superhúmedo, sin estación seca, con veranos frescos y con temperaturas promedio inferiores a 22 °C en el mes más caluroso. Las heladas son mucho más frecuentes y severas que en el clima Cfa.

La precipitación tiene un promedio anual que varía de 1200 mm a 2400 mm aproximadamente. Los valores más bajos se presentan en las principales regiones cultivadas con arroz de riego. La variación de las temperaturas media, máxima y mínima en las diversas regiones del estado es consecuencia de la altitud y de la influencia continental y marítima. En general, esta variable climática no limita las siembras en verano.

Recursos Hídricos

El Estado de Rio Grande do Sul presenta una red hidrográfica bastante densa, en la cual sobresalen dos grandes sistemas naturales de drenaje: uno simple y otro complejo. En el primero, los afluentes desembocan directamente al colector, como en el caso del Río Uruguay. El segundo está formado por la unión de ríos y lagunas cuyos principales componentes son el lago de Guaíba, las lagunas Los Patos y Mirim, el

Cuadro 1. Características generales de horizontes seleccionados de suelos de "várzeas" de Río Grande do Sul.

| Clasificación | Unidad deiferentes mapa | Espesor (cm) | Granulometría | | | pH H ₂ O | Materia orgánica % | Complejo (mE/100g) | | | | | | V (%) | Saturación | | Distribución |
|---|-------------------------|-----------------------|---------------|------|---------|---------------------|--------------------|--------------------|------|------|------|-------|--------|-------|----------------------------|---|--------------|
| | | | Arena | Limo | Arcilla | | | Ca+Mg | K | S | Al | T | Al (%) | | Na (%) | | |
| Planosolo espeso | Palmares | Ap 0-20 | 84 | 6 | 10 | 5.0 | 0.2 | 0.51 | 0.05 | 0.25 | 0.61 | 1.74 | 15 | 70 | 3 | Planicie costera | |
| | | E ₁ 76-103 | 86 | 4 | 10 | 5.4 | 0.1 | 0.03 | 0.04 | 0.13 | 0.23 | 0.23 | 43 | 57 | 13 | | |
| | | Btg 138-170 | 68 | 4 | 28 | 5.0 | 0.1 | 0.68 | 0.14 | 0.98 | 3.75 | 5.03 | 18 | 80 | 2 | | |
| Planosolo, textura media | Vacacai | A 0-30 | 64 | 26 | 10 | 5.0 | 1.19 | 1.3 | 0.05 | 1.5 | 1.7 | 6.5 | 23 | 53 | - | Campaña, depresión periférica y planicie costera | |
| | | E 45-60 | 67 | 29 | 4 | 5.3 | 0.24 | 0.3 | 0.02 | 0.4 | 0.6 | 2.2 | 18 | 60 | - | | |
| Planosolo, textura arcillosa | Pelotas | Btg 70-120 | 44 | 22 | 34 | 5.4 | 0.47 | 10.1 | 0.13 | 10.8 | 1.3 | 15.0 | 72 | 11 | 4 | Planicie costera | |
| | | A 0-23 | 44 | 36 | 19 | 5.4 | 0.85 | 3.1 | 0.07 | 3.5 | 1.1 | 6.7 | 52 | 24 | 5 | | |
| Solonets solidizado, textura arcillosa | Mangueira | Bg 40-90 | 30 | 28 | 42 | 5.3 | 0.51 | 1.7 | 0.06 | 10.5 | 1.3 | 13.6 | 77 | 11 | - | Planicie costera | |
| | | A 0-11 | 31 | 45 | 24 | 5.2 | 8.04 | 26.6 | 1.1 | 30.5 | 0 | 51.4 | 59 | 0 | 0 | | |
| Planosolo | Virginia | Bt 30-65 | 3 | 48 | 49 | 7.1 | 0.49 | 32.0 | 1.0 | 41.7 | 0 | 45.4 | 92 | 0 | 19 | Campaña y depresión periférica | |
| | | A 0-40 | 59 | 23 | 10 | 5.0 | 2.5 | 6.0 | 0.07 | 6.1 | 1.0 | 11.9 | 51 | 14 | 0 | | |
| Vertisoles | Escobar | Bt 150-165 | 23 | 27 | 50 | 8.1 | 0.3 | 29.1 | 0.05 | 29.8 | 0 | 29.8 | 100 | 0 | 0 | Campaña | |
| | | A 0-15 | 5 | 43 | 52 | 5.3 | 5.6 | 42.8 | 0.73 | 43.8 | 0 | 56.5 | 78 | 0 | 0 | | |
| Glei poco húmedo, distrófico, textura arcillosa | Meleiro | Ck 70-120 | 10 | 30 | 59 | 6.7 | 0.4 | 54.2 | 0.09 | 55.0 | 0 | 56.6 | 97 | 0 | 0 | Planicie costera | |
| | | Ap 0-10 | 37 | 28 | 35 | 4.7 | 1.2 | 0.8 | 0.1 | 1.0 | 2.8 | 10.2 | 9 | 73 | - | | |
| Glei húmedo, eutrófico, textura media | Colegio | Cg 10-20 | 42 | 16 | 42 | 4.8 | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 3.0 | 9.9 | 10 | 75 | - | Planicie costera y campaña | | |
| | | Ap 0-12 | 24 | 27 | 49 | 4.5 | 13.0 | 16.6 | 0.6 | 19.4 | 1.2 | 43.6 | 44 | 6 | | - | |
| Glei húmedo, distrófico, textura arcillosa | Jundial | Cg 70-110 | 52 | 26 | 22 | 5.1 | 0.4 | 5.3 | 0.1 | 5.5 | 0.6 | 8.7 | 63 | 10 | - | Planicie costera | |
| | | A 0-15 | 2 | 31 | 67 | 4.4 | 3.2 | 3.9 | 0.1 | 4.3 | 8.8 | 35.0 | 12 | 67 | - | | |
| Cambisolo, eutrófico, textura arcillosa | Jacinto Machado (B) | Cg 15-55 | 2 | 23 | 75 | 4.2 | 3.1 | 5.3 | 0.1 | 5.7 | 8.5 | 36.2 | 15 | 60 | - | Orillas inferiores de NE (margenes de los rios Jacuí, Taquari) y planicie costera (Mampituba) | |
| | | Ap 0-18 | 42 | 27 | 28 | 5.5 | 0.96 | 10.5 | 0.2 | 10.9 | 0.2 | 14.7 | 74 | 1 | - | | |
| Solonets solidizado, salino | Bojuru | 43-75 | 47 | 21 | 32 | 6.1 | 0.42 | 11.8 | 0.2 | 12.2 | 0.1 | 24.7 | 83 | 1 | - | Planicie costera | |
| | | An 0-4 | 89 | 6 | 5 | 6.8 | 0.1 | 8.1 | 0.25 | 22.3 | 0 | 22.4 | 99 | 0 | 61 | | |
| Suelo orgánico | Gravatá | Btu 17-24 | 77 | 12 | 11 | 7.3 | 0.0 | 9.4 | 0.94 | 19.7 | 0 | 19.9 | 99 | 0 | 49 | Planicie costera | |
| | | H1 0-14 | 4 | 24 | 43 | 4.3 | 68.4 | 21.5 | 0.54 | 27.4 | 0.5 | 74.6 | 57 | 1.6 | 7 | | |
| Arenas cuarzosas, hidromorfas, distróficas | Curumin | H4 35-50 | 2 | 8 | 8 | 4.4 | 72.9 | 42.0 | 0.10 | 52.6 | 1.6 | 106.2 | 49 | 3.0 | 10 | Planicie costera | |
| | | A 0-20 | 79 | 13 | 8 | 4.0 | 5.5 | 1.2 | 0.07 | 1.4 | 3.8 | 20.8 | 7 | 73 | - | | |
| | | C 20-80 | 97 | 1 | 2 | 5.2 | 0.3 | 0.2 | 0.02 | 0.3 | 0.3 | 14 | 50 | - | | | |

Canal San Gonzalo, y los ríos Vacaria, Jacuí, Camaquã, Piratini y Jaguarão. Esos dos sistemas forman parte de los ríos del Atlántico, y el área irrigada es superior a 200,000 km².

Limitaciones del Cultivo

El campo de arroz de riego del Estado tiene potencial genético para sobrepasar los 5000 kg/ha, y alcanzar hasta 7000 ó 9000 kg/ha. Entre los factores limitativos de la actividad arrocerá se encuentran el control de precios, las importaciones del grano, y los créditos; éstos podrían obtenerse de las reivindicaciones de las clases política y empresarial. Algunos factores que rebajan la productividad y aumentan los costos de producción son:

1. Costos altos, tanto por el arrendamiento de la tierra como por el agua. Estos costos comprenden hoy del 20% al 40% del costo del cultivo. Esta situación se agrava cuando se considera que el 65% de las áreas cultivadas con arroz son tierras arrendadas. Así el cultivo se hace poco viable, y se pierde capacidad de competencia del producto gaúcho en otros mercados, especialmente en los externos.
2. Escasez aguda de energía eléctrica.
3. Infestación de arroz rojo en casi el 80% del área cultivada en el Estado. El ciclo más corto de esa maleza, su extraordinaria rusticidad, y el gran poder de sus semillas para guardar la capacidad germinativa después de caer al suelo hacen del arroz rojo el enemigo más serio del arroz de riego. Se estima que el arroz rojo es responsable de la pérdida de un 25% de la productividad del arroz que se cultiva en RS.
4. Frio en las fases críticas del cultivo.
5. Desfase entre el costo de producción y el precio del producto en el mercado.
6. Deficiencias en el drenaje. El período más adecuado para la siembra de arroz en el Estado no llega a 60 días mientras que en el litoral sur es más reducido. La siembra fuera de la época recomendada por los investigadores disminuye la productividad. La prolongación de las lluvias de invierno, o las lluvias intensas durante la preparación del suelo, reducen el período adecuado para la siembra; un plazo corto para sembrar más de 795,000 ha del estado no sería suficiente. Cada año varios agricultores empiezan a sembrar en diciembre corriendo un riesgo muy grande. Los cultivos bien drenados tienden a minimizar o eliminar este problema, y facilitan las tareas de fertilización después de la siembra.

7. **Corrección del microrelieve y de la pendiente.** La nivelación del suelo para eliminar pequeñas irregularidades se utiliza poco, y solamente en 50% de los cultivos de arroz. La pendiente se corrige en el 1% del área sembrada con arroz, cuando se hace la preparación sistemática de ésta. Estas dos operaciones tienen mucho que ver con los costos del arroz de riego, y con la estructura del suelo para la siembra de otros cultivos durante el período de descanso.
8. **Planificación del sistema de irrigación y de las comunicaciones.** La construcción de caminos internos en un cultivo altamente mecanizado es fundamental, pues facilita el tránsito de las máquinas durante las diferentes fases del cultivo y reduce el consumo de combustible. En la gran mayoría de las siembras, el riego se planifica poco aunque se domine el manejo del agua. La persona que hace el riego coloca el agua en el punto más alto y la conduce por la pendiente, en un proceso lento en el cual se gasta mucha agua. El sistema más indicado es el manejo del agua por terrazas independientes facilitando la colocación y retirada del cultivo y propiciando cierta economía de ese recurso.
9. **Otros cultivos en las áreas de arroz de riego.** El área que ocupan en las várzeas de este estado otros cultivos de secano (maíz, soya, sorgo y pastos) es insignificante si se compara con el potencial de várzeas del Estado (alrededor de 2 millones de hectáreas) y con la que se cultiva con arroz (cerca de 795,000 ha en la cosecha 1990-91). Las alternativas al sistema tradicional de arroz de riego con pastos se dificultan por el drenaje superficial deficiente y las condiciones de preparación del suelo comunes a las várzeas. Por exceso de humedad, cualquier verano lluvioso —más que uno seco— causará daños mayores al maíz, al sorgo y a la soya en una várzea. Por esto, los técnicos y los productores no dudan en utilizar de modo intensivo las várzeas para aumentar la producción de granos en el estado, y para bajar los costos de la cosecha arroceras. Para lograrlo será necesario combatir las malezas (por ejemplo, el arroz rojo) y mejorar la estructura del suelo. La necesidad indicada antes, y el hecho innegable de que el arroz es el cultivo básico, han ayudado a desarrollar trabajos en el área para mejorar el drenaje, disminuir el número de caballones y, en consecuencia, lograr la adecuación del suelo.

Manejo del Riego en Arroz

El método de riego empleado para el arroz en Río Grande do Sul es el de inundación continua, que consiste en la saturación de una capa del suelo y en la manipulación de una lámina de agua en la superficie del área irrigada. Lo tradicional ha sido el levantamiento de caballones de tierra

según las curvas de nivel para contener el agua, y la circulación de la lámina contenida dentro de las curvas. En un principio, estos suelos no habían sido sometidos a una adecuación sistemática.

El 76.3% de las fuentes que surten los cultivos dependen de sistemas mecánicos (con diesel: 21.3%, y eléctricos: 55.0%), y bombean el agua desde profundidades que van de 4 a 8 m. El 23.70% restante depende de sistemas movidos por gravedad, y provienen normalmente de agua de diques o represas. Finalmente, hay cultivos irrigados simultáneamente por sistemas naturales y mecánicos. Actualmente, cerca del 46% del área sembrada se irriga mediante diques y represas, y el resto con ayuda de lagunas, arroyos y ríos.

El crecimiento del cultivo arrocero en los últimos años, trajo consigo una mayor demanda de agua —aunque se emplearon variedades más modernas y de porte más bajo— e hizo prestar más atención al agua de riego y a su manejo. Se introdujeron entonces técnicas de corrección del microrelieve y de la pendiente de los suelos, limitada en algunos de ellos por horizontes poco profundos. En promedio, el cultivo del arroz está asentado en suelos de 0.1% a 1.0% de pendiente. Se considera que los que tengan más de 0.5% son muy atenuados para este método de riego, el cual consume, en promedio, de 13,000 a 17,000 m³/ha por cultivo (incluidas aquí las pérdidas de agua por conducción).

El manejo tradicional, que se da actualmente, es la inundación del suelo desde la siembra hasta el día 10 después de la germinación (Bernardes, 1956), hasta que esté próxima la cosecha del grano. Sin embargo, Amaral y Gómez (1983) comprobaron en un cultivo de Bluebelle que la mayor producción se obtenía cuando el riego se iniciaba 30 días después de la germinación. La altura de la lámina de agua no es constante durante el ciclo de la planta. Inicialmente, la lámina de agua superficial aumenta gradualmente conforme se desarrolló la planta de arroz, pero no pasa de 15 cm. En la práctica, y según la variedad, el arrocero retira el agua del cultivo 10 días después de que el 80% de las plantas de arroz han llegado a la etapa de floración.

El flujo establecido en los riegos continuos es alrededor de 1.5 a 2.0 l/s por hectárea dentro de las terrazas. En algunos suelos de textura más arenosa el flujo del agua es de 3.0 a 3.5 l/s por hectárea. Este es uno de los puntos fundamentales de la preparación del suelo, no sólo con respecto a la altura de la lámina de agua sino al manejo eficiente del lote; así se favorece la circulación del agua y se mejora la nutrición de las plantas. El período de inundación que hoy se usa es de 90 a 110 días, 24 horas por día; esta duración depende, principalmente, de la variedad y de la época de siembra.

En un cultivo de arroz de riego hay, en promedio, de 15 a 20 caballones/ha, si se maneja por el sistema tradicional; éstos representan de 1000 a 1200 m²/ha. Respecto a una hectárea, esa tierra representa del 10 al 12% de pérdida en la cosecha, pero considerando que en esos caballones también hay producción, la pérdida podría ser de 6% a 7%. Los sistemas de drenaje utilizados constan generalmente de conductores de avenamiento y de escurrideros. Como la altura de la lámina de agua es fundamental para un buen manejo del riego, el drenaje superficial existente se considera deficiente.

Actualmente, la clave en la economía de mercado es el aumento de la eficiencia en los sistemas de producción. En el caso de la agricultura de riego, esto significa más producción y mayor racionalización de los costos de riego. Es oportuno presentar los costos recientes del cultivo de arroz de riego elaborados por el Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), por medio de su Departamento Técnico, en julio de 1991: para 1 ha en que la productividad es de 4.698 kg/ha —o sea, 93.96 bultos de 50 kg/ha— el valor de la producción es de US\$1 156.09. Los costos de manejos de suelo y agua son:

| Operación | Costo (%) | Costo (US\$) |
|----------------------|------------------|---------------------|
| Riego | 16.20 | 187.28 |
| Tierra para cultivo | 15.33 | 177.22 |
| Diques y elevaciones | 2.91 | 33.64 |
| Canales y conductos | 2.19 | 25.31 |
| Aguador | 1.70 | 19.65 |
| Nivelación | 1.99 | 23.00 |
| Drenaje | 2.24 | 25.89 |
| | 42.56 | 491.99 |

Trabajos de Adecuación del Suelo

Desde el punto de vista agronómico, la adecuación del suelo tiene como fin el control del agua en la superficie del suelo, cualquiera que sea el sistema de irrigación. En la práctica, la adecuación consiste en la regularización o nivelación de un área mediante la redistribución racional del suelo, es decir, teniendo en cuenta limitaciones como la profundidad de los horizontes de éste.

En el Estado de Rio Grande do Sul, los primeros trabajos en este campo se iniciaron en 1981; por tanto, desde hace más de ocho años se está acumulando experiencia en este campo. Hasta 1989, y mediante equipos específicos, se daba asistencia técnica en la planeación y ejecución de proyectos de riego por inundación, y en el manejo del cultivo del arroz. En ese periodo se establecieron 1406 proyectos en 19,412 ha, es decir, se atendían, en promedio, 13.8 ha/proyecto, y apenas en dos

suelos se hizo adecuación y drenaje superficial para obtener rendimientos, en promedio, de 6.5 a 7.0 t/ha. Los costos iniciales de cada proyecto fueron de US\$400/ha; en la actualidad, y según el tamaño de las terrazas, oscilan entre US\$500 y US\$800 por hectárea. Las ventajas principales de estos proyectos son favorecer el drenaje natural; controlar la erosión superficial; economizar agua de riego; hacer la mecanización más eficiente y permitir el desarrollo uniforme de los cultivos.

Limitaciones de la adecuación de tierras

Son de tres clases: naturales, técnicas y económicas.

Naturales: Ligadas a la naturaleza del proyecto y a sus fines, como el agua, el clima, la topografía, la especie cultivada, el método de riego, las prácticas agrícolas, el nivel de producción, y principalmente el medio total en que se inserta el proyecto, es decir, el ambiente.

Técnicas: Ligadas a las limitaciones de los conocimientos técnicos sobre la fertilidad del suelo y el comportamiento del mismo después de hacer el corte y el terraplén. Las preguntas que se hacen al establecer el proyecto son: ¿Qué maquinaria se emplea? ¿Existe alguna realmente apropiada?

Económicas: Derivadas del análisis económico del proyecto que identifica costos y beneficios.

Clasificación de los sistemas de adecuación

La clasificación elaborada por Barrios, Brandão y Rodrigues tiende a encuadrar la adecuación de tierras en clases, según el movimiento de tierra hecho en la operación:

- 1a. Clase = 300 m³/ha
- 2a. Clase = 300 a 600 m³/ha
- 3a. Clase = 600 a 1200 m³/ha

Gracias a la experiencia hecha en Río Grande do Sul y en Santa Catarina, y empleando los promedios obtenidos a través de varios años, se llegó a otra clasificación que se adapta más a los dos estados:

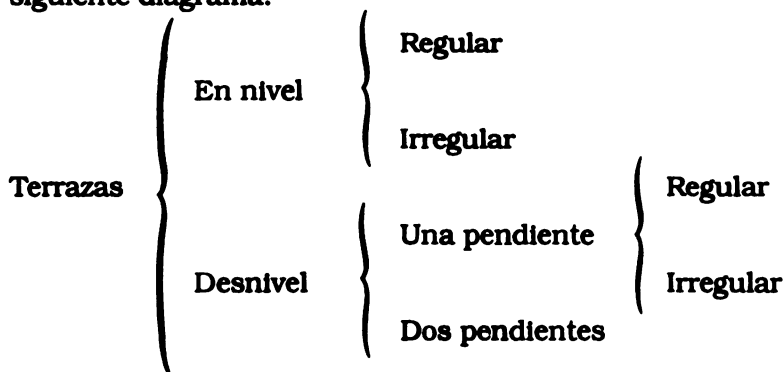
- 1a. Clase = 600 m³/ha
- 2a. Clase = 600 a 900 m³/ha
- 3a. Clase = 900 m³/ha

Grado de adecuación del terreno

En los suelos hidromórficos del Estado, en la gran mayoría de los casos, el horizonte B2 está a una profundidad de 30 a 60 cm haciendo que la adecuación de terrenos ondulados sea onerosa y de difícil ejecución. Se recomienda que, en estos casos, el agricultor utilice la pala niveladora para mejorar progresivamente el microrelieve en todo el cultivo. Conviene anotar que el costo podría quedar diluido, pues el paso de la pala sustituye una pasada de la grada niveladora. De cualquier manera, es recomendable que el productor comience adecuando áreas pequeñas hasta que domine la tecnología.

Métodos sistemáticos de adecuación

Según el uso que se desee dar al área que se adecuará, se puede optar por diversos métodos; entre ellos son recomendables los indicados en el siguiente diagrama:



Elección del área que se irrigará

En las fincas pequeñas, como ocurre en algunas regiones de Rio Grande do Sul, difícilmente hay áreas opcionales para elegir. El técnico queda limitado a verificar si es o no viable el proyecto en toda el área o en parte de ella, considerando los aspectos naturales, técnicos y económicos antes mencionados. En una finca más grande, el técnico tendrá que escoger el área que se adapte mejor al proyecto de riego y drenaje, teniendo en cuenta lo siguiente:

Condiciones de riego: análisis de las dificultades, si las hay, para conseguir el agua, y de su cantidad y calidad.

Suelo: verificación de las limitantes de la fertilidad, de la profundidad, la topografía, y todo el conjunto de la estructura del suelo.

Localización del área: un entorno que se ajuste al tipo de manejo que se aplicará al proyecto.

Producción: si el área se está cultivando, deberá analizarse la variación que el proyecto introduce en la producción habitual. Debe considerarse, además, la producción propiamente dicha, y los beneficios del proyecto tales como economía de agua y facilidad de manejo.

Costo de establecimiento: considerar la relación costo/beneficio obtenida en las diferentes áreas.

La información que tenga el productor y sus planes sobre la finca.

Localización y evaluación de las fuentes de agua

Para realizar un proyecto de riego, es necesario que el técnico tenga seguridad absoluta sobre la cantidad y la calidad del agua que se usará en éste, y de la disponibilidad efectiva de esa agua en la finca. Las fuentes de agua pueden ser diversas; lo que importa es que haya una evaluación de cada fuente (diques, pozos, ríos, excavaciones) respecto a sus dimensiones o a la magnitud del flujo que saldría de ellas. Para llegar a una conclusión segura en la evaluación mediante mediciones de flujo, es necesario tomar datos varias veces en periodos diversos (secos y lluviosos). Dado que muchas veces es difícil obtener estos datos —y que se requiere además una decisión inmediata— es necesario apoyarse en informaciones idóneas de los agricultores. Si el flujo del agua fluctúa bastante, se recomienda tomar como condición normal de flujo los periodos de escasez de agua, y evaluar el beneficio que daría el proyecto en esa condición.

Elementos para el cálculo

Antes de elaborar los cálculos de la adecuación propiamente dichos, es necesario identificar algunos elementos que se utilizan en ellos:

Cota real = Es lo mismo que cota topográfica, cota del terreno o cota encontrada.

Cota ideal = Es la cota final que se utilizará en el establecimiento del proyecto.

Cota calculada o del proyecto = Es la que se halla en los primeros cálculos (normalmente no es la ideal) que sufrirá una pequeña alteración en los cálculos siguientes.

Cota media = Cota correspondiente a la media aritmética de las cotas topográficas, o sea, a la suma de las cotas reales dividida por el número de ellas.

Centroide = Centro topográfico de un área con un valor numérico equivalente a la cota media, y con una localización que depende de la forma geométrica del área.

Cortes a terraplenes = Significa que todo el terreno sufrirá cortes y nivelaciones. Esos valores se determinarán por métodos de adecuación y preparación según los declives, el tipo de riego, y otros factores.

Relación corte/terraplén (C/T) = Dadas ciertas propiedades físicas del suelo, de las cuales la compactación es la más importante, es necesario hacer cortes de mayor volumen que en el terraplén. La dificultad es, justamente, saber cuál es la cantidad adicional que debe cortarse. Esta puede determinarse en el laboratorio, y expresarse como coeficiente de compactación del suelo. Cada suelo tiene un coeficiente diferente según el tamaño de las partículas que lo compongan y la formación particular que haya tenido.

Para tener una idea clara de tales coeficientes se incluye la tabla siguiente:

| Tipo de suelo | Coefficiente de corte |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| Suelo ligero (arenoso) | 1.10 ó 10% más de corte |
| Suelo húmedo (arenoso-arcilloso) | 1.20 a 1.40 ó 20% a 40% más de corte |
| Suelo arcilloso | 1.50 a 1.70 ó 50% a 70% más de corte |
| Suelos turbosos u orgánicos | 1.80 a 2.00 u 80% a 100% más de corte |

Además de estos coeficientes es necesario analizar las condiciones individuales del proyecto con sus peculiaridades y requerimientos, como tierra para canales, caminos, diques, que pueden incrementar la relación C/T.

Disminución = Cuando una determinada cota del proyecto no proporcione una relación C/T satisfactoria, se debe hacer una disminución. Esto significa que se sustrae de la cota del proyecto un pequeño valor, con el fin de que aumenten los cortes y se disminuyan los terraplenes; así se mejora la relación corte/terraplén. Para lograrlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta = \frac{(K.\Sigma A) - \Sigma c}{Nc + (K.NA)}$$

donde:

- Δ = disminución o elevación del plano
- K = relación deseada corte/terraplén
- ΣA = sumatoria de las alturas del terraplén
- Σc = sumatoria de las alturas del corte
- N_c = número de estaciones en el corte
- N_A = número de estaciones en el terraplén

Secuencia del proceso de adecuación

1. Terraza nivelada. Pasos para el cálculo.

Hallar la cota media

Hacer las cotas del proyecto iguales a la cota media

Calcular los cortes y terraplenes

Efectuar la sumatoria de los cortes y terraplenes

Calcular la disminución

Efectuar la disminución en las cotas del proyecto

Calcular de nuevo cortes y terraplenes

Efectuar la sumatoria de los cortes y terraplenes

Obtener la relación final corte/terraplén

Calcular el volumen de corte y terraplén

Las ventajas de las terrazas niveladas son:

Fácil de calcular

Fácil de construir; y se puede nivelar con agua (micronivelación)

Economiza agua en el riego

Mantiene la lámina uniforme

Facilita la aplicación de insumos

Facilita el control de malezas

Las desventajas son:

Uso restringido en cultivos que no aceptan riego por inundación

Dificulta el drenaje superficial

Mayor movimiento de tierra, generalmente

2. Terraza en desnivel. Se aplica el método del centroide. Pasos para emplear el método del centroide:

Hallar el centroide

Hallar la cota media que será la cota del centroide

Establecer la pendiente (o las pendientes)

Calcular las cotas del proyecto a partir del centroide

Calcular los cortes y terraplenes

Efectuar la sumatoria de los cortes y terraplenes

Calcular la disminución

Efectuar la disminución en las cotas del proyecto

Calcular de nuevo cortes y terraplenes (ver)

Efectuar la sumatoria de cortes y terraplenes

Hallar la relación final corte/terraplén

Calcular el volumen de corte y terraplén

Las ventajas de estas terrazas son:

Generalmente hay menor movimiento de tierra

Hay mejor drenaje superficial

Puede usarse con otros métodos de riego, y también entre dos cultivos sucesivos.

Las desventajas son:

El riego por inundación implica que la lámina no es uniforme

No permite finalizar con agua

Los cálculos son lentos

3. Método de los cuadrados mínimos. Su finalidad es descubrir la pendiente natural del terreno. En este caso, el objeto del análisis es un terreno uniforme y no de una parcela individual. Como se trabaja con la inclinación natural, el movimiento de tierra será siempre menor. Los pasos para emplear el método de los cuadrados mínimos son:

Hallar el centroide

Hallar la cota media, que deberá ser la cota del centroide

Calcular los declives norte-sur y oeste-este

Calcular las cotas del proyecto a partir del centroide

Calcular cortes y terraplenes

Efectuar la sumatoria de los cortes y terraplenes

Calcular la disminución

Efectuar la disminución en las cotas del proyecto

Calcular de nuevo cortes y terraplenes

Efectuar la sumatoria de cortes y terraplenes

Hallar la relación final corte/terraplén

Calcular el volumen de los cortes y terraplenes

Determinar la posición de los caballones

4. Lote en contorno o según curvas de nivel. Los pasos necesarios son:

Levantamiento topográfico

Trazar las curvas de nivel

Cálculo para la adecuación:

Hallar la pendiente

Hallar la anchura (L) o la diferencia de nivel (H)

Establecer la relación corte/terraplén o encontrar el desnivel

Hallar la altura del corte, la altura del terraplén, la extensión y la extensión del terraplén

Hallar la sección de corte y terraplén

Hallar el volumen de corte y terraplén

Trazar las curvas de nivel según H

Regularizar las curvas de nivel

Armar el cuadernillo de localización de las curvas de nivel

Proyectar los canales de riego

Proyectar caminos, bombas y otras estructuras

Elaborar el presupuesto y el proyecto descriptivo

Las ventajas del establecimiento de lote en contorno son:

Menor movimiento de tierra

El transporte recorre menores distancias

El drenaje es mejor

Permite la adecuación de áreas que no podrían adecuarse por otros métodos

Las desventajas son:

Necesita mayor cantidad de agua, generalmente

Casi siempre necesita bombeo

Algunas Consideraciones Complementarias

La siembra de arroz debe planearse para obtener una perfecta coordinación de los trabajos que se realizarán. Por ello, no debería planearse la adecuación de un área, para ejecutar posteriormente la obra, si el área está sujeta a inundaciones. Este plan es necesario para conseguir los elementos suficientes que permitan elegir las prioridades; en efecto, la disponibilidad de recursos financieros o las limitaciones de tiempo pueden poner en duda la ejecución del proyecto desde un principio. Cuando se planea la infraestructura para un cultivo de arroz —o sea, la demarcación de caminos, canales de riego y zanjas de drenaje— hay que tener en mente que las prácticas de cultivo, como siembra, riego, drenaje, aplicación de plaguicidas y de abonos, y cosecha deberán ejecutarse de la manera más eficiente y adecuada. Las tierras cultivadas con arroz en Río Grande do Sul tienen formas, tamaños, características de suelo, clima y topografía muy diversos, de modo que cada propiedad es un caso particular. Sin embargo, si se consideran las prácticas de cultivo, se pueden definir ciertos parámetros regionales. Después de hechos los planes de adecuación, las áreas se dividen según la facilidad de ejecutarlos en ellas. Aunque se piense hacer un nuevo sistema de drenaje, el drenaje original, que suele ser más seguro, debe permanecer en la planeación general.

Los caminos internos son de gran importancia, y es recomendable trazarlos en el sentido de la pendiente de la finca —si ésta no es muy acentuada— para evitar de esta manera la construcción de puentecillos o respiraderos en el cruce con los canales. Se recomienda que, en lo posible, el espacio entre dos caminos contiguos sea de 500 m, aproximadamente, con el propósito de facilitar las operaciones del cultivo.

Se estudia luego la ubicación de los canales de riego y de drenaje. Se han obtenido buenos resultados cuando se traza un canal de riego cada 500 m, y se intercala un camino con su drenaje a 250 m de cada canal; queda así una faja de terreno de 250 m a ambos lados de un canal (Figura 2). Este sistema presenta las siguientes ventajas:

Reducción del efecto del viento

Mayor rapidez de irrigación

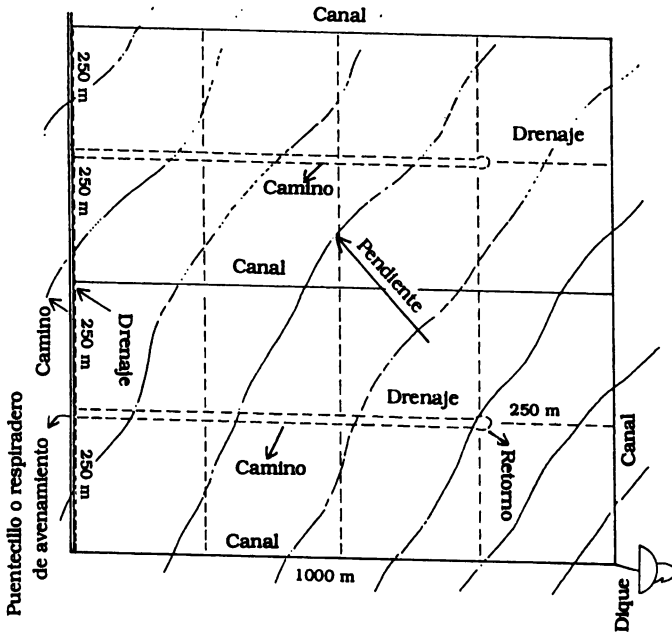


Figura 2. Plano para la adecuación de un terreno en que se cultivará arroz.

Drenaje más eficiente

Mayor seguridad de aprovechar el abono y los herbicidas

Mejor manejo del agua para evitar daños por frío

Posibilidad de sembrar más de un cultivar de arroz en la misma finca

Según el tipo de terreno, deben abrirse drenajes perpendiculares a los caminos, separados entre sí a una distancia variable que depende de la dificultad del drenaje. Cuando sea necesario controlar la capa freática, se sugiere determinar, a nivel de campo, la curva de eficiencia del drenaje variando, en cuanto lo permita el suelo, el espacio entre los canales de drenaje. Si se hace drenaje superficial, y después del cultivo del arroz se usa el área para ganadería, se han conseguido buenos resultados —sobre todo si el terreno ha sido adecuado— cuando ese espaciado es de 30 m a cada lado del canal.

La maquinaria con que se hacen los trabajos de establecimiento y manejo de las áreas que reciben adecuación y drenaje puede ocasionar, al principio, graves dificultades. En efecto, las características técnicas del

equipo motorizado disponible en el mercado, y las restricciones para su operación en las condiciones de los suelos de várzea, no favorecen este trabajo. Fue necesario, por tanto, un gran esfuerzo de creatividad y mucha dedicación de parte de técnicos, agricultores y fabricantes, para modificar los equipos diseñados para obras civiles y adaptarlos al trabajo agrícola de las várzeas. Este tema merecería un trabajo aparte; aquí enumero apenas la secuencia de las tareas que se deben ejecutar:

Máquinas para establecer proyectos de riego y drenaje: apertura de drenajes, adecuación del terreno y construcción de canales de riego

Máquinas para el manejo del cultivo: mantenimiento del nivel, de canales y de zanjales de drenaje y para la cosecha

Finalmente nos gustaría destacar los nuevos métodos de siembra que se están estableciendo en el Estado. De los 1406 prospectos con un área total de las 19,421 ha adecuadas para arroz de riego entre 1981-1989, el 50% corresponde al sistema de semilla pregerminada. Es importante destacar que el sistema de siembra directa con labranza mínima, que hoy ocupa en Río Grande do Sul cerca de 180,000 ha, está integrado en un sistema en que la adecuación y el drenaje superficial son factores fundamentales en la buena marcha del cultivo.

Conclusiones

Cuando se trata de la adecuación de un terreno, se recomienda tener en mente que cada proyecto tiene sus características propias. En los proyectos que se están ejecutando, el número promedio de caballones es de 3 a 4 por hectárea, manteniendo las limitantes que impone la profundidad del horizonte A.

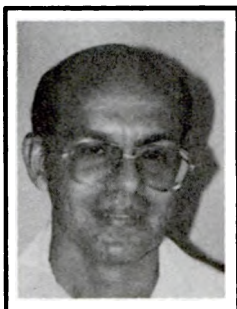
En áreas en que se ha dado adecuación al terreno, se ha economizado, en promedio, el 40% del volumen de agua en relación con el sistema tradicional. Esta economía se debe, principalmente, a que la lámina de agua es más baja y uniforme; a que hay menores pérdidas en el manejo; y a que siempre que se presentan precipitaciones el agua queda retenida en el cultivo. En las áreas que han recibido adecuación se economizó, en promedio, por lo menos 20% de los trabajos de maquinaria y de equipos empleados en el manejo del cultivo. Es de notar que el total de esas operaciones, en una finca arrocerá, representa el 50%, y el otro 50%, los insumos; sólo la construcción de caballones equivale al 3.5% de esas operaciones. La mano de obra necesaria para el riego se redujo hasta en un 40%, pues disminuyeron tanto la altura de los caballones como otras labores de mantenimiento. Además, aumentó la productividad y mejoraron las condiciones necesarias para la siembra, porque no fue necesario dejar el campo en barbecho ya que la adecuación favoreció el control del arroz rojo.

Referencias

- Amaral, A. dos Santos y A. da S. Gomes. 1983. Arroz: Época de irrigação e de drenagem final de lavoura. Documento 7. EMBRAPA-UEPAE, Pelotas, Brasil. 17 p.
- Bernardes, B.C. 1956. Irrigação do arroz. Lav. Arroz. 10(117):17-26.
- Klamt, E., N. Kämpf y P. Schneider. 1985. Solos de várzea no estado do Rio Grande do Sul. Boletim técnico no. 4. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 42 p.
- Köppen, W. 1936. Das geographische system der climate. *En Handbuch der klimatologie*. Berlin, Borntrager.
- Stringer, E.T. 1972. Foundations of climatology. W.H. Freeman, San Francisco. 22 p.

Comentario

Consideraciones para Mejorar el Manejo del Riego en Arroz por Luis Antonio de León Valente



Arturo Ruiz Ruiz*

El esquema presentado por el Ing. de León subraya que, en general, el arroz cultivado bajo el sistema de riego se incrementará en su rendimiento y experimentará una reducción en los costos de producción; la condición para lograrlo es el manejo eficiente del cultivo. Indudablemente, la adecuación del terreno es uno de los factores de manejo más importantes.

La adecuación de los suelos comprende la construcción de infraestructura para mejorar el riego y el drenaje; el diseño y construcción de caballones para dividir el área de siembra en pequeñas parcelas; y los diferentes tipos de nivelación que dependen del volumen de suelo que debe moverse. En Brasil, por ejemplo, se hacen movimientos de tierra de 300 a 1200 m³/ha; en Ecuador, en cambio, este rango de nivelación es menor.

La ejecución de los cortes y rellenos en un área agrícola puede ser la más costosa (volúmenes de tierra, distancia de acarreo, costo horario del equipo). Donde hay escasez de maquinaria, el costo de este movimiento de tierras es prohibitivo para el agricultor.

Un movimiento de 250 a 350 m³/ha se considera económico, porque es un emparejamiento de los relieves. Movimientos de 350 a 450 m³/ha son más caros, pero realizables por un agricultor pequeño o mediano quien podrá recuperar la inversión en un tiempo prudencial mediante la venta de sus cosechas; este grado de adecuación lo llamamos nivelación inicial.

Cuando el proyecto exige movimientos de 450 hasta 700 m³/ha, requiere de inversiones de capital considerables, y la amortización del costo exige un tiempo largo. Pocos productores llegan a este grado de adecuación; en realidad, los precios de sustentación del arroz no pagarían la inversión. En Ecuador, invertir más de US\$500/ha es ya una limitación; aquí, el arroz genera una ganancia neta de US\$200/ha cuando su rendimiento supera los 5000 kg/ha de arroz blanco.

* Director, Riego y Drenaje, CEDEGE, Ecuador.

Es imprescindible la evaluación metódica de la fuente de agua. Puesto que en la zona intertropical el período lluvioso es cíclico, esa evaluación es crítica cuando se cultiva durante dicho período. Asimismo, la reticulación del terreno con diques bajos en áreas de 20,000 a 40,000 m², es apropiada. Se recomiendan parcelas de forma rectangular, que pueden subdividirse en cuadrados más pequeños con caballones bajos; en ellas se movilizan mejor las cosechadoras combinadas, y se pierde menos grano.

Donde se disponga de operarios que manejen el riego (regadores), los canales de riego pueden cubrir distancias de 400 y 500 m. Un regador experimentado puede atender de 4 a 6 ha/día; para lograrlo, ésta se adecuará con una entrada de agua para el riego y una o dos salidas para el drenaje. En suelos arcillosos de drenaje interno deficiente, es recomendable trazar canales de drenaje cada 200 m, y hacer drenaje superficial de melga a melga.

Se recomienda realizar un proyecto de adecuación por etapas. Primero se hace un movimiento de tierras, luego se siembra y se cosecha; después se mejoran las irregularidades del terreno con implementos de labranza apropiados, y se nivelan los suelos bajo el agua, o en seco con motoniveladora o 'laser plane'. No se recomienda el tractor de orugas para trabajos de movimiento de tierras.

Todos los métodos de cálculo tienen ventajas y desventajas; la selección depende del grado de precisión que se necesite, y de la facilidad de replantear los cálculos en el campo al iniciar las obras. Preferimos el de los mínimos cuadrados, porque siempre arroja el menor movimiento de tierra. Para reducir costos, la pendiente del proyecto debe adaptarse a la pendiente media; mientras más difieran las pendientes del proyecto y del terreno natural, el movimiento de tierra resultará más costoso. Deben pues considerarse los siguientes puntos:

1. El perfil del suelo no puede perder la profundidad útil que exploran las raíces.
2. Las terrazas no deben exigir taludes que impidan el motocultivo o tengan estabilidad precaria.
3. El cultivo tendrá crédito financiero suficiente para hacer la inversión y producir ganancias.

TERCERA SESION
ARROZ ROJO

Resumen de la Sesión

Arroz Rojo

Moderador: Robert S. Zeigler*

El primer trabajo de esta sesión discutió las prácticas de manejo de arroz rojo más importantes de América Latina, especialmente de Colombia. Los factores que favorecen las infestaciones de arroz rojo son el uso de semilla contaminada, la siembra directa y continua de arroz en la misma área, el tipo de tenencia de la tierra prevaleciente en las áreas arroceras, las deficiencias en las prácticas culturales y en las medidas preventivas y el desconocimiento de los agricultores del daño potencial que pueden causar las infestaciones de arroz rojo. Las prácticas de manejo deben incluir prácticas agronómicas como preparación del suelo, quema de los residuos del cultivo, manejo de agua, métodos de siembra, entresaque y, como en el caso de Colombia, rotación del cultivo y control químico con herbicidas no selectivos. Los autores describen en detalle los diferentes grupos de arroz rojo que se han encontrado en Colombia, clasificándolos según la morfología de la semilla. Se presentaron las características morfológicas y de dormancia y se relacionaron con las prácticas alternativas de manejo. Un tipo de arroz rojo con grano corto, grueso, que desgrana fácilmente y descrito como altamente nocivo, produjo el mayor número de semillas y presentó el nivel más alto de latencia de semilla. Los tipos varietales con granos casi idénticos a aquéllos de variedades comerciales también se consideraron muy difíciles de manejar.

En su trabajo, el Dr. R. J. Smith, Jr. argumenta que el control del arroz rojo se puede lograr mediante un enfoque de manejo integrado que combine prácticas preventivas, culturales, biológicas y químicas. Las medidas preventivas para evitar la infestación incluyen la limpieza del equipo antes de moverlo de un campo contaminado a uno no contaminado y el uso de semilla limpia. Las prácticas culturales que se recomiendan son aquellas que reducen la población de semillas de arroz ya sea estimulando la germinación y/o reduciendo la producción de semilla. La práctica más ampliamente recomendada es la rotación del cultivo. Un método de control biológico utilizado en Estados Unidos se basa en atraer patos salvajes y permitirles que se coman las semillas de arroz del suelo. El autor también proporciona una larga lista de alternativas de control químico, indicando dosis y tiempo de aplicación.

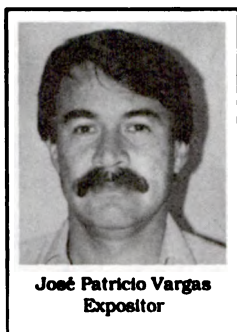
Los dos comentarios que se presentaron durante la sesión enfatizaron en la necesidad del manejo integrado del arroz rojo y en el intercambio de información para un control eficiente y rápido. En su comentario al trabajo del Dr. Smith, José Galli destacó las dificultades prácticas de aplicar algunas de las prácticas de manejo propuestas, especialmente la

* Líder, Programa de Arroz, CIAT, Colombia; ahora Líder, Programa de Arroz-Zonas Inundables, IRRI, Filipinas.

rotación del cultivo. Sugiere que el término "arroz maleza" se utilice en reemplazo de "arroz rojo" por el alto nivel de polimorfismo observado en poblaciones que incluso incluyen la característica "arroz blanco" junto con todas las otras del arroz maleza (e.g., desgrane, granos con arista y precocidad). Galli también sugiere que las poblaciones de "arroz maleza" pueden utilizarse para propósitos de mejoramiento.

Manejo y Caracterización del Arroz Rojo en Colombia

Fabio A. Montealegre
José Patricio Vargas*



José Patricio Vargas
Expositor

Resumen

El arroz rojo es una maleza nociva en muchas áreas productoras de arroz en el mundo, especialmente donde se utiliza la siembra directa en forma continua. Es tan nociva debido a que representa un problema al cual se le brinda poca atención, a que se utiliza semilla no certificada, a sistemas negativos de tenencia de la tierra y al uso de medidas preventivas y prácticas culturales deficientes. La hibridización natural entre el arroz rojo y las variedades sembradas comercialmente ha agravado aun más los problemas de control al permitir el desarrollo de tipos de arroz rojo difíciles de distinguir de las variedades comerciales. Más grave aun es que algunos rasgos morfológicos que han resultado de la hibridización mejoran la competitividad del arroz rojo. Se describe la morfología de cada tipo de arroz rojo, enfatizando las semillas y las tasas de germinación y latencia. Con base en las características de las semillas se proponen cuatro tipos: varietales, pipones, mechudos y rayones. Otros rasgos que se discuten son la altura, el macollamiento, el área foliar, el número de panículas por planta y el rendimiento de grano. Algunos medios para controlar el arroz rojo incluyen diversas prácticas agronómicas como preparación del suelo e inundaciones, densidad y métodos de siembra, control de malezas, rotación de cultivos y controles químicos. Las recomendaciones de manejo que se sugieren se basan en los rasgos morfofisiológicos de los diferentes tipos de arroz rojo.

El arroz rojo es una maleza nociva de difícil control en muchas áreas arroceras del mundo, pero en especial en donde la siembra se hace en forma directa y continua.

Varios autores afirman que el arroz rojo pertenece al mismo género y especie de las variedades cultivadas de arroz (Hoagland y Paul, 1978; Craigmiles, 1978). Bajo esta condición, sus caracteres morfológicos y fisiológicos son muy similares al que presentan las plantas de las variedades comerciales. Sin embargo, gran número de tipos de arroces rojos tienen características morfofisiológicas superiores, exponiendo una mayor capacidad de competencia.

* Director, Investigaciones Agronómicas, FEDEARROZ, y Consultor Arrocerero privado, respectivamente.

El arroz rojo desde su aparición ha interesado a científicos, investigadores y agricultores. Su nombre es derivado del color del grano descascarado, el cual puede variar desde rojo intenso a rosado. La pigmentación no se extiende más allá de la capa del pericarpio y de esta forma el endospermo es siempre blanco (Chandraratna, 1964).

El nivel de infestación de arroz rojo en los lotes arroceros tiene una gran incidencia en la producción de arroz. Densidades de 20 plantas/m² de arroz rojo ocasionaron merma del 57% en el rendimiento y pérdidas por el grado y calidad del arroz comercial (Montealegre y Vargas, 1989). Baldwin (1978) también reporta disminución en los rendimientos del arroz comercial hasta del 64% cuando se presentan 32 panículas/m².

El impacto de este problema biológico se refleja en la baja capacidad productiva de los lotes, en el castigo en el precio a nivel de productor y en la baja rentabilidad del cultivo.

Areas Infestadas con Arroz Rojo

Estudios realizados por el Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) en el Brasil, para la cosecha agrícola de 1985-86, indican que 318,495 ha de arroz de riego (47.3%) estaban infestadas con arroz rojo y 97,011 ha (14.4%) son áreas totalmente infestadas (Abud, 1989). En Colombia, se estima que de las 350,000 ha sembradas anualmente, el 20% presentan problemas con arroz rojo y el 49.6% están altamente infestadas. En Guyana se reporta que aproximadamente el 80% de las muestras de arroz comercial están contaminadas con más del 2% de arroz rojo (Rai, 1973). Reportes de Estados Unidos indican que el arroz rojo afecta a más de 120,000 ha en el sur de ese país. También, hay reportes de problemas con arroz rojo en Surinam, Venezuela, oeste de la India, Tailandia, Indonesia, Bangladesh, Malasia, Italia y Bulgaria (Parker y Dean, 1976).

Factores Contaminantes

Los principales factores que contribuyen a la infestación de los terrenos son:

- Uso de semilla no certificada
- Siembra directa y continua
- Explotación arrendataria de tierras
- Deficiente uso de medidas preventivas
- Deficientes prácticas culturales
- Desconocimiento básico del problema

Uso de semilla no certificada

El uso de arroz paddy o arroces comerciales dejados por los agricultores para semilla, es común en algunos países de América Latina. Asimismo, las normas de tolerancia de semillas de arroz rojo por kilogramos de semilla certificada es alta en los programas de certificación como en Brasil de 12 granos de rojo/500 gramos (Souza y Fischer, 1986). La falta de conciencia en la utilización de semilla certificada por parte de algunos agricultores y productores de arroz también ha contribuido al ineficiente manejo y erradicación del rojo.

Las hibridaciones naturales entre las variedades cultivadas y los arroces rojos han incrementado la diversidad de tipos de rojo (Do Lago, 1982; Hayashi y Morifugi, 1972; Huey y Baldwin, 1978; Sonnier, 1978). Como consecuencia de estos cruces naturales, los denominados rojos varietales por sus características morfológicas similares a las de las variedades de arroz, son difíciles de diferenciar en el campo durante la deshierba manual y por esta razón el arroz paddy dejado por los agricultores para siembras posteriores está más infestado.

Siembra directa y continua en tierras arrendadas

El fenómeno de la siembra directa y continua de arroz en tierras arrendadas a corto y mediano plazo en zonas de monocultivo de arroz, no ha permitido hacer un eficiente manejo del rojo. El cultivo del arroz en muchos casos ofrece mejores perspectivas en cuanto a precios de compra y mercadeo del producto, lo cual en el agricultor para sembrar arroz y no otros cultivos. Por otra parte, el propietario de la tierra no exige al arrendatario mínimas medidas para el control del rojo y prefiere alquilar la tierra para el cultivo del arroz, porque le representa un mayor canon de arrendamiento.

Deficientes medidas preventivas y prácticas culturales

El desconocimiento en su parte básica del problema de arroz rojo por parte de muchos productores, no ha permitido el manejo adecuado, y las medidas preventivas y prácticas culturales son utilizadas deficientemente. La historia del manejo agrícola que han tenido los lotes arroceros es también desconocida.

Las medidas preventivas como limpieza de canales, bordes de lotes, maquinaria y empaques, además de las prácticas culturales necesarias en el establecimiento y desarrollo del cultivo, requieren de una supervisión y seguimiento permanente con el fin de obtener los mejores resultados. En cuanto a prácticas culturales, se debe usar en su totalidad semilla certificada y no mezclarla con arroz comercial. Las condiciones ambientales durante recolección del cultivo anterior, la presencia de

semillas del tipo de rojo, la textura, y el contenido de humedad del suelo y el estado del tiempo durante la poscosecha son factores que se deben tener en cuenta cuando se va a hacer la preparación del suelo para la próxima siembra.

Desconocimiento básico del problema

El conocimiento morfofisiológico de los diferentes arroces rojos que infestan los campos de arroz no se ha estudiado en forma detallada. Existen varios tipos de rojo que muestran una alta capacidad de competencia debido a varios caracteres morfofisiológicos como altura de planta, precocidad, mayor área foliar y peso seco y una dormancia en sus semillas que puede ser modificada de acuerdo al medio seco o acuático en que caiga la semilla en el campo al momento del desgrane.

Manejo del Problema de Arroz Rojo

Numerosos experimentos y trabajos se han llevado a cabo sobre el manejo del arroz rojo para eliminarlo de los campos de arroz; sin embargo, no se ha logrado erradicar. Varios sistemas y prácticas culturales son utilizados para el control de rojo, pero ha faltado la integración de todos los factores y la determinación consciente de las personas y el apoyo gubernamental para aplicar eficientemente las medidas en la erradicación del arroz rojo.

1. **Uso de prácticas agronómicas:**
 - a. Preparación de suelo en seco (mínima labranza, tradicional, tradicional frecuente o intensa) o bajo agua
 - b. Quemadas de residuos de cosecha
 - c. Manejo de agua (lámina o corrido)
 - d. Densidad de siembra para controlar población de plantas
 - e. Método de siembra: directa con semilla seca (surco, voleo) y con semilla pregerminada (voleo) o por trasplante
 - f. Deshierba manual (entresaque)
2. **Rotación con otras especies de cultivo.**
3. **Control químico:**
 - a. Uso de herbicidas preemergentes en lámina de agua
 - b. Uso de herbicidas no selectivos (quemadas)

c. Antídotos con la semilla

Preparación de suelos

Una buena preparación del suelo es indispensable para un mejor manejo y control de arroz rojo. Sin embargo, esta práctica se realiza sin tener en cuenta varias condiciones ambientales necesarias para obtener una buena remoción y desintegración de los terrones del suelo. La textura y el contenido de humedad del suelo, al igual que las condiciones climáticas como lluvias, temperaturas y horas de sol, inciden en la preparación del terreno.

Arar o rastrear es otra labor que se debe determinar de acuerdo a un plan para varias cosechas, y no programar independientemente para cada siembra.

Preparación en suelo seco. Los resultados de siembras de arroz en terrenos no removidos y manejados con aplicaciones de herbicidas no selectivos (mínima labranza) han reportado reducción en la infestación de rojo. Sin embargo, el rendimiento del arroz comercial se reduce significativamente.

Al estudiar el comportamiento del cultivo del arroz cuando se mantiene continuamente la siembra en la forma tradicional de preparación y se compara con una preparación intensa, se pudo observar que la preparación intensa del suelo permitió cosechar 3.9 t/ha comparado con 3.1 t/ha de la preparación tradicional. Por otro lado, la infestación de arroz rojo fue del 61% en la preparación tradicional, frente a un 33% en la preparación intensa (Montealegre y Vargas, 1989). Al analizar el segundo ciclo de siembra se puede observar la misma tendencia, es decir, un aumento en los rendimientos y disminución en la población de rojo como efecto directo de preparación del suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del grado de preparación del suelo sobre los rendimientos del arroz y la infestación de arroz rojo.

| Tratamiento | Rendimiento (kg/ha) | | Infestación arroz rojo (%) | |
|--------------------------------------|---------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | 1a. siembra | 2a. siembra | 1a. siembra | 2a. siembra |
| Preparación tradicional ^a | 3.1 | 0.9 | 61 | 85 |
| Preparación intensa ^b | 3.9 | 5.4 | 33 | 10 |

a. 2-3 pases de rastra pesada + 2 pases de rastrillo.

b. 3-4 pases de rastra + 2-3 pases de rastrillo.

FUENTE: Montealegre y Vargas (1989).

Preparación bajo agua. Este sistema proporciona un medio acuoso que facilita la germinación y emergencia del arroz espontáneo y rojo colocado en los primeros 8 cm de la superficie del suelo. Cuando estos terrenos son drenados y aireados se estimula y favorece el proceso de germinación; sin embargo, muchas semillas de rojo que no son viables, se pueden dañar y otras permanecer latentes por más tiempo, dependiendo del tipo de rojo y de la posición en el perfil del suelo.

La integración de las prácticas de preparación, adecuación y nivelación de los terrenos para un eficiente manejo del agua, es importante en el control del rojo. Sonnier (1978) mostró que el mejor control se obtuvo con inundación continua, mientras que con un drenaje prolongado hay reducción del rendimiento y el 40% fue de arroz rojo. Según Huey (1978), el manejo del agua puede combinarse con la aplicación de herbicidas en presiembrado incorporado y posteriormente la siembra del arroz en agua con inundación permanente y puede esperarse entre un 70 a 80% de control de rojo.

Siembra

Densidad. Un considerable número de agricultores creen en la práctica de usar mayor cantidad de semilla de arroz para obtener una alta población de plantas y disminuir la competencia del rojo.

La semilla de arroz es un insumo costoso en Colombia y no es recomendable utilizarlo como un medio de manejo y control del arroz rojo, debido a que las mismas plantas de la variedad sembrada van a tener una mayor competencia entre sí y por el contrario, algunos tipos de rojo como los pipones, por sus características morfofisiológicas pueden interferir más el desarrollo de la variedad y sostener o aumentar el grado de infestación de este tipo de rojo. Sin embargo, trabajos efectuados por el Programa de Agronomía de Arroz del CIAT sobre competencia de arroz rojo (Figura 1) han mostrado que es preferible sembrar mayor cantidad de semilla para disminuir pérdidas en el rendimiento. Sonnier (1978) también encontró que duplicando la cantidad de semilla, de 100.8 kg/ha a 201.6 kg/ha, se disminuyó la producción de semilla de rojo entre un 31 y un 56%.

Método de siembra. La siembra directa favorece la germinación, emergencia, crecimiento y desarrollo del arroz rojo. El sistema de siembra directa al voleo hace más difícil la labor de entresaque de algunos rojos como los varietales, especialmente en las primeras etapas de crecimiento del cultivo. La siembra en surco facilita la sacada de plantas de rojo, especialmente entre las calles. El trasplante permite el desarrollo del arroz comercial sin competencia inicial de 20 a 30 días y el retiro fácil del arroz rojo y espontáneo que germine posteriormente al trasplante.

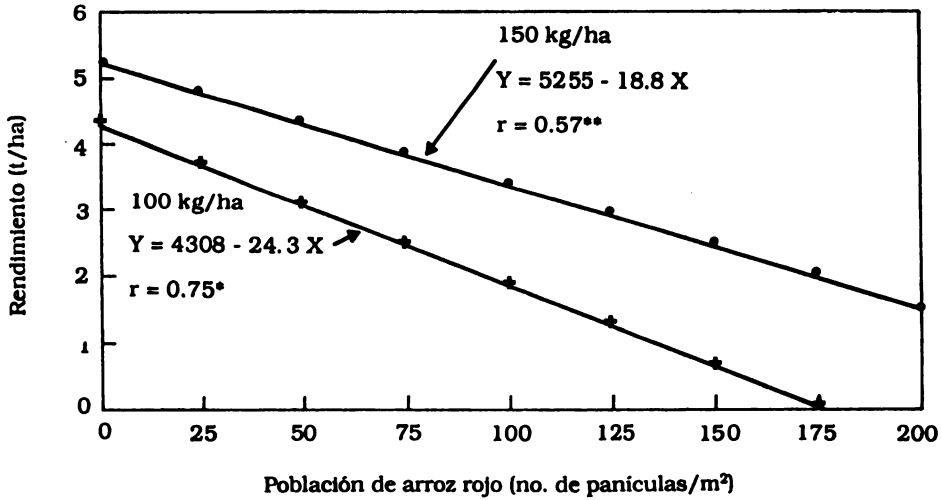


Figura 1. Efecto de la competencia del arroz rojo sobre los rendimientos del arroz.
FUENTE: CIAT, 1991.

Deshierba manual

Esta práctica es recomendable cuando la infestación de rojo es muy baja. Dependiendo del tipo de rojo puede iniciarse desde el macollamiento hasta los primeros días de emergencia de la panícula. Antes del macollamiento es muy difícil distinguir las plántulas de los diferentes tipos de rojo y después de la emergencia de la panícula algunos rojos de ciclo corto han iniciado la maduración de sus semillas y el desgrane.

Rotación con otras especies de cultivo

Este sistema de rotar el arroz con otros cultivos es una de las prácticas más recomendables y se debe complementar con métodos efectivos de control de malezas para el cultivo de rotación. Como el arroz crece mejor en medio acuático, los campos infestados cuando son sembrados con especies diferentes al arroz reducen la producción de semillas de rojo.

En algunas áreas arroceras de los Estados Unidos la rotación arroz-soya-sorgo o algodón sembrados durante más de 2 años y utilizando efectivas medidas de control redujo la población de arroz rojo y aumentó los rendimientos del arroz de 785 kg/ha a 5004 kg/ha (Huey y Baldwin, 1978). En Colombia, en áreas altamente infestadas (50%) con arroz rojo,

la rotación con soya al cabo de 2 ciclos de siembra incrementó los rendimientos del arroz en 2 t/ha y la infestación de rojo mantuvo sus niveles por debajo del 4% (Figura 2). La rotación con sorgo en el modelo arroz-sorgo-arroz permitió rendimientos de 7.1 t/ha después del cuarto ciclo de regreso a arroz con una infestación de rojo del 2.1% (Figura 3).

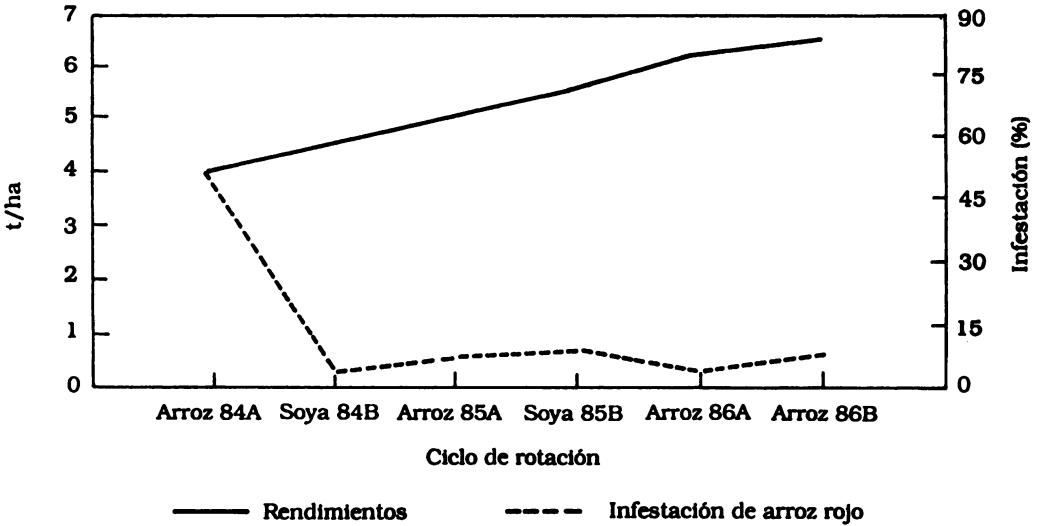


Figura 2. Efecto de la rotación arroz-soya-arroz sobre la infestación de arroz rojo y los rendimientos de arroz, Saldaña, Colombia.
FUENTE: Montecalegre y Vargas, 1989.

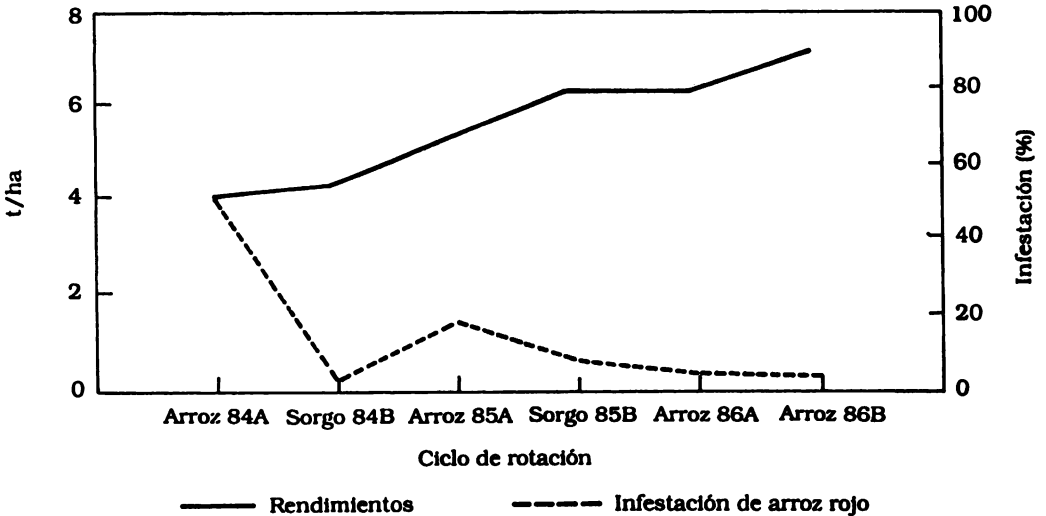


Figura 3. Efecto de la rotación arroz-sorgo-arroz sobre la infestación de arroz rojo y los rendimientos de arroz.
FUENTE: Montecalegre y Vargas, 1989.

Control químico

Uso de herbicidas preemergentes en lámina de agua. Esta práctica ha dado buenos resultados en el control de rojo; sin embargo, la adopción ha sido muy limitada porque requiere de áreas planas con terrenos adecuados y muy bien nivelados. Resultados con Oxyfluorfen reportan, en promedio, controles de arroz rojo del 85%, con incrementos en producción del 72% con relación al testigo sin herbicida. El análisis de semilla registró 8% de rojo en el tratamiento con Oxyfluorfen y 73% en el testigo (Otavo, s.f.).

Uso de herbicidas no selectivos (quemadas). Esta práctica es la más utilizada en Colombia para el control de rojo, especialmente en zonas de monocultivo de arroz. Es una alternativa inmediata para los agricultores que cultivan en tierras arrendadas. Esta alternativa es costosa y pone en alto riesgo la capacidad productiva de los lotes y la ecología regional.

El manejo indiscriminado de herbicidas en el control de malezas y arroz rojo en algunas zonas arroceras de Colombia, ha contribuido a aumentar los problemas fitosanitarios del cultivo, como por ejemplo la incidencia de añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani*), actualmente reportada como una enfermedad limitante en la producción de arroz.

Existen en el mercado varios herbicidas no selectivos en arroz para hacer las llamadas "quemadas". Entre los más usados están el Glifosato, el Paraquat y el Oxyfluorfen. Cerca del 70% del área infestada por arroz rojo en Colombia es quemada, es decir, tratada con herbicidas no selectivos.

Análisis del método de quemadas.

1. Preparación del terreno con poca labranza. Esto consiste en remover el suelo con 2 pases de rastra y 2 pases de rastrillo.
2. Posterior a la preparación se trazan las curvas a nivel y se inician los mojes sucesivos durante 12 ó 15 días hasta cuando las malezas, el arroz espontáneo y el arroz rojo han emergido y alcanzado un estado de desarrollo entre plántula a inicio de macollamiento.
3. A continuación se drena el terreno hasta un contenido de humedad de suelo saturado y se aplica el herbicida no selectivo. A los 3 ó 4 días se hace la práctica de requema, por lo general con un herbicida de contacto, en mezcla con un herbicida de acción preemergente y selectivo al cultivo de arroz. A los 2 días se riega nuevamente el terreno con una lámina de agua durante 1 ó 2 días.

4. Nuevamente se drena el terreno hasta un contenido de humedad de suelo sobresaturado y se siembra con semilla seca a mano o por avión.
5. Si el efecto de los herbicidas no es eficiente, es necesario hacer una aplicación adicional de una mezcla de herbicidas selectivos, que actúen como preemergente y de contacto. Posteriormente pueden presentarse malezas de hoja ancha y ciperáceas y será necesario hacer un control químico más.
6. Como se dijo anteriormente, existe un desconocimiento en la parte fundamental del problema de arroz rojo y los diferentes métodos de control no tienen en cuenta estos aspectos y por esta razón las infestaciones de rojo cambian de una cosecha a otra.

De acuerdo con lo anterior, el grado de preparación del suelo y su integración con tratamientos químicos proporciona un significativo control de arroz rojo y aumenta los rendimientos del arroz comercial, sin erradicar el problema (Figura 4).

| | | | |
|-------------|--|--|--|
| 1a. Siembra | <p>Preparación tradicional</p> <p>Rend. 3.1 t/ha</p> <p>Arroz rojo 61%</p> | <p>Preparación intensa</p> <p>Rend. 3.9 t/ha</p> <p>Arroz rojo 33%</p> | <p>Preparación intensa + quema</p> <p>Rend. 4.9 t/ha</p> <p>Arroz rojo 17%</p> |
| 2a. Siembra | <p>Preparación tradicional</p> <p>Rend. 0.9 t/ha</p> <p>Arroz rojo 85%</p> | <p>Preparación intensa + quema</p> <p>Rend. 5.4 t/ha</p> <p>Arroz rojo 10%</p> | <p>Preparación intensa</p> <p>Rend. 2.7 t/ha</p> <p>Arroz rojo 40%</p> |

Figura 4. Efecto del cambio en el establecimiento del cultivo sobre la población de arroz rojo y el rendimiento de arroz comercial.

FUENTE: Montealegre y Vargas, 1989.

Caracterización Morfológica de Algunos Tipos de Arroz Rojo (*Oryza sativa* L.)

En Colombia la alta infestación de arroz rojo ha permitido diferenciar entre 25 a 30 tipos de rojo. En un estudio realizado por la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ) y la Universidad Nacional de Colombia se seleccionaron los 15 tipos de rojo más comunes en las zonas arroceras y se clasificaron en 4 grupos principales denominados varietales, pipones, mechudos y rayones (Montealegre, 1991). El Cuadro 2 presenta los nombres de cada uno de los rojos, los cuales están relacionados con características fenotípicas de las semillas, lo que sirvió de base para su clasificación.

Cuadro 2. Caracteres fenotípicos de la espiguilla de diferentes tipos de arroz rojo.

| Grupos | Tipos de arroz rojo | Color | | Longitud | | Arista | Apice |
|------------|---------------------|---------------|------------|----------|------------|---------|--------------|
| | | Glumas | Pericarpio | (mm) | Forma | | |
| Varietales | CICA 4 | Pajizo | Rojo | 8.9 | Largo | No | Normal |
| | CICA 6 | Pajizo | Rojo | 8.7 | Largo | No | Normal |
| | CICA 9 | Pajizo | Rojo | 9.4 | Extralargo | No | Normal |
| | Desgranador | Dorado | Blanco | 7.6 | Mediano | No | Normal |
| Pipones | Desgranador | Pajizo | Rojo | 8.5 | Largo | No | Normal |
| | Japónico | Pajizo | Rojo | 6.5 | Corto | No | Punto rojo |
| | Punto rojo | Pajizo | Rojo | 8.7 | Largo | Mediana | Punto rojo |
| | Vela | Pajizo | Rojo | 8.5 | Largo | No | Punto rojo |
| Mechudos | Patechulo | Negro | Marrón | 8.2 | Largo | Larga | Normal |
| | Dorado rayón | Dorado marrón | Rojo | 8.7 | Largo | Larga | Normal |
| | Pajacafé | Pajizo marrón | Marrón | 7.7 | Mediano | Larga | Normal |
| | Pajalimpia | Pajizo | Rojo | 8.4 | Largo | Larga | Normal |
| | Punto morado | Pajizo | Rojo | 8.7 | Largo | Larga | Punto morado |
| Rayones | Tigre | Negro dorado | Marrón | 8.5 | Largo | No | Normal |
| | Manchado | Marrón | Marrón | 8.5 | Largo | No | Normal |

FUENTE: Montealegre, 1991.

Tipos de arroz rojo

Varietales. Este grupo se conformó teniendo en cuenta los arroces rojos que tienen semillas cuya forma es semejante a las de algunas de las variedades cultivadas de arroz y que posiblemente fueron producidos por hibridación con las variedades comerciales como lo afirman varios autores (Sonnier, 1978; Huey y Baldwin, 1978; Do Lago, 1982). Estos varietales, por su similitud con la variedad parental, son los materiales de arroz rojo más difíciles de diferenciar en los análisis de calidad de arroz paddy y por esta razón en la producción de semilla certificada están ocasionando los mayores rechazos a nivel de laboratorio.

Pipones. Este grupo presenta tamaño de grano corto a largo, anchos y con un ligero abultamiento en la parte media que ha hecho que la gente comúnmente los denomine pipones. Presentan glumas de color pajizo y tienen un porcentaje de desgrane ligeramente superior al de los otros tres grupos.

Mechudos. La característica principal de este grupo es la presencia de granos con una arista muy larga, además de ser largos y aplanados. Las glumas son de diferentes colores y oscila entre negro, marrón, pajizo y dorado.

Rayones. No presentan arista. Se caracteriza este grupo por presentar glumas de dos colores en forma moteada.

Germinación y dormancia

De acuerdo con las pruebas de germinación realizadas bajo condiciones de laboratorio, se observa que el grupo de los rojos pipones presenta el mayor período de dormancia entre 60 a 70 días, seguido por el grupo de varietales con dormancia entre 50 a 60 días. El grupo de los rayones es dormante 30 a 35 días, mientras que los menos dormantes (25-30 días) son los rojos mechudos 'patechulo' y 'dorado rayón' y el varietal 'desgranador' (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características fisiológicas de semillas de diferentes tipos de arroz rojo.^a

| Grupos | Tipos de arroz rojo | Peso de la semilla (g/100 semillas) | Germinación (%) (ddc) ^b | | | Dormancia semilla (días) |
|------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------|---------|--------------------------|
| | | | 15 | 30 | 60 | |
| Varietales | CICA 4 | 2.02 g | 8 b | 50 cd | 82 cde | 55 - 60 |
| | CICA 6 | 2.43 cd | 24 a | 70 b | 94 abc | 45 - 50 |
| | CICA 9 | 2.79 a | 6 b | 39 de | 85 abcd | 55 - 60 |
| | Desgranador | 2.29 ef | 36 a | 95 a | 99 ab | 25 - 30 |
| Pipones | Desgranador | 2.70 ab | 0 b | 31 ef | 86 abcd | 55 - 60 |
| | Japónico | 2.24 f | 0 b | 17 f | 84 bcde | 60 - 65 |
| | Punto rojo | 2.73 ab | 0 b | 24 ef | 70 e | 65 - 70 |
| | Vela | 2.65 b | 0 b | 17 f | 76 de | 65 - 70 |
| Mechudos | Patechulo | 2.42 cde | 35 a | 93 a | 98 ab | 25 - 30 |
| | Dorado rayón | 2.35 cdef | 35 a | 89 a | 100 a | 25 - 30 |
| | Pajacafé | 2.71 ab | 30 a | 78 ab | 97 abc | 35 - 40 |
| | Pajalimpia | 2.34 cdef | 25 a | 68 bc | 93 abc | 45 - 50 |
| | Punto morado | 2.46 c | 0 b | 21 ef | 87 abcd | 55 - 60 |
| Rayones | Tigre | 2.30 def | 31 a | 85 ab | 95 abc | 30 - 35 |
| | Manchado | 2.28 f | 34 a | 82 ab | 97 abc | 30 - 35 |

a. En las columnas, los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí, según Tukey.

b. ddc: Días después de cosecha.

FUENTE: Montealegre, 1991

A los 15 días después de recolectadas las semillas se encuentran diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre algunos tipos de rojo. Los arroces rojos del grupo de los pipones son dormantes (0% de germinación) al igual que el mechudo 'punto morado'; mientras que los rojos varietales 'CICA 6' y 'desgranador'; mechudos 'pajalimpia'; 'pajacafé'; 'patechulo', y 'dorado rayón', y los rayones 'tigre' y 'manchado' presentan germinaciones entre 24 y 36%.

En condiciones de laboratorio, la liberación de la dormancia ocurre en forma gradual y normal; sin embargo, los periodos de dormancia para los diferentes grupos y tipos de rojo, en condiciones de campo, pueden ser modificados debido a la influencia de los factores ambientales (Roberts, 1962; Ikehashi, 1972; Bewley y Black, 1985). Al producirse el desgrane en los rojos más dormantes, las semillas que caen al suelo pueden prolongar su periodo de dormancia (García, 1987), como en el caso de los rojos del grupo de los pipones.

El índice de semilla es una característica que determina una buena capacidad de competencia por cuanto asegura unas semillas pesadas, lo cual se va a reflejar en una mayor nutrición de la plántula y en una facilidad para emerger desde mayores profundidades (Helper y Eastin, 1978). Entre los tipos de rojo estudiados los que presentan los mayores pesos de semilla son varietal 'CICA 9', los pipones 'punto rojo' y 'desgranador', y el mechudo 'pajacafé', los cuales no muestran diferencia estadística entre ellos. Los menores pesos de semilla lo tienen el varietal 'CICA 4', el pipón 'japonico' y rayones 'tigre' y 'manchado'. En general, el grupo de los rojos pipones mostró los más altos pesos de semillas, con excepción del pipón 'japonico' con 2.24 g (Cuadro 3).

Características agronómicas de la planta

El Cuadro 4 hace referencia a la descripción de las principales características agronómicas de los diferentes tipos de arroz rojo.

Características morfofisiológicas de la planta

La mayor altura de planta es otra característica de los arroces rojos (Craigmiles, 1978). Sin embargo, en las primeras etapas de crecimiento y desarrollo de las plantas de arroz, no es fácil apreciar esta diferencia y solamente algunos rojos como el mechudo 'pajacafé' sobresalen en el campo (Cuadro 5). A partir de los 60 días, después de la elongación del tallo, la mayor altura de varios tipos de rojo es notoria, lo que permite una descontaminación manual-mecánica cuando las infestaciones son bajas.

El macollamiento es superior en el rojo mechudo 'patechulo' con relación a los otros rojos. Por otro lado, los varietales 'desgranador' y 'CICA 9' presentan el menor número de macollas por planta. El mayor

Cuadro 4. Características de la planta de diferentes tipos de arroz rojo.

| Grupos | Tipos de arroz rojo | Antesis 50% (días) | Ciclo del cultivo (días) | Tipo de planta | Observaciones en hojas | |
|------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------|------------------------|-------------------|
| | | | | | Bandera ^a | Otras |
| Varietales | CICA 4 | 74 | 100 | Abierta | Corta, N.S.P. | Pocas y cortas |
| | CICA 6 | 74 | 98 | Abierta | Corta, N.S.P. | Delgadas |
| | CICA 9 | 78 | 109 | Compacta | Larga, S.P. | Largas y anchas |
| | Desgranador | 82 | 110 | Abierta | Larga, S.P. | Delgadas |
| Pipones | Desgranador | 80 | 112 | Abierta | Larga, N.S.P. | Largas y anchas |
| | Japónico | 78 | 110 | Compacta | Corta, N.S.P. | PIG. en bordes |
| | Punto rojo | 76 | 100 | Normal | Larga, S.P. | PIG. en bordes |
| | Vela | 82 | 110 | Compacta | Larga, N.S.P. | PIG. en bordes |
| Mechudos | Patechulo | 74 | 105 | Abierta | Larga, N.S.P. | Largas y delgadas |
| | Dorado rayón | 90 | 116 | Compacta | Larga, N.S.P. | Largas y anchas |
| | Pajacafé | 69 | 95 | Abierta | Larga, N.S.P. | Largas y anchas |
| | Pajalimpia | 75 | 104 | Abierta | Larga, N.S.P. | Delgadas |
| | Punto morado | 78 | 105 | Abierta | Larga, S.P. | Largas y anchas |
| Rayones | Tigre | 70 | 100 | Normal | Larga, S.P. | Delgadas |
| | Manchado | 72 | 100 | Abierta | Larga, S.P. | Delgadas |

a. S.P. = Sobresale a la panícula; N.S.P. = No sobresale a la panícula; PIG. = Pigmentos.
FUENTE: Montealegre, 1991.

Cuadro 5. Características de diferentes tipos de arroz rojo a la cosecha.^a

| Grupos | Tipos de arroz rojo | Altura (cm) | Macollas (no./pl.) | Area foliar (cm ²) | Peso seco total (g/pl.) |
|------------|---------------------|-------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Varietales | CICA 4 | 494.2 g | 6.5 bcde | 105.68 h | 10.60 def |
| | CICA 6 | 112.3 bcd | 6.7 bcde | 110.13 gh | 12.52 bcd |
| | CICA 9 | 102.2 efg | 4.7 f | 185.72 cd | 10.03 ef |
| | Desgranador | 103.5 def | 4.7 f | 174.33 cde | 10.17 ef |
| Pipones | Desgranador | 109.8 cde | 7.3 abc | 267.45 b | 17.88 a |
| | Japónico | 117.7 bc | 5.5 ef | 205.17 c | 11.75 bcdef |
| | Punto rojo | 94.5 fg | 5.7 def | 202.75 c | 11.45 cdef |
| | Vela | 94.3 g | 6.0 def | 139.55 efgh | 10.48 ef |
| Mechudos | Patechulo | 110.0 cde | 8.5 a | 144.33 efg | 13.68 b |
| | Dorado rayón | 96.7 fg | 7.7 ab | 319.88 a | 13.67 b |
| | Pajacafé | 142.2 a | 6.0 def | 105.00 h | 17.27 a |
| | Pajalimpia | 113.8 bc | 7.7 ab | 134.20 fgh | 13.18 bc |
| | Punto morado | 114.0 bc | 7.0 bcd | 134.75 fgh | 11.90 bcde |
| Rayones | Tigre | 119.2 b | 6.5 bcde | 156.91 def | 11.38 cdef |
| | Manchado | 97.8 fg | 6.2 cde | 111.27 gh | 9.83 f |

a. En las columnas, los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí, según Tukey.
FUENTE: Montealegre, 1991.

número de macollas permite una alta capacidad de competencia y asimismo se espera que un mayor macollamiento asegure una buena producción de panículas al final de la fase reproductiva.

El rojo mechudo 'pajacafé' que había alcanzado hasta los 60 días las mayores áreas foliares, a la cosecha, muestra la menor área, debido a la senescencia de hojas por su periodo vegetativo de mayor precocidad. Por otro lado, el 'dorado rayón' del mismo grupo, debido a su ciclo de cultivo tardío, 90 días después de la emergencia, presenta el mayor valor de área foliar (319.9 cm²). El tipo pipón 'desgranador' alcanza la segunda mayor área foliar con 267.4 cm², seguido por los pipones 'japónico' y 'punto rojo'. Los rojos mechudo 'pajacafé' y pipón 'desgranador' muestran superior área foliar (AF) que les permite una mayor captación de radiación solar y una mayor acumulación de materia seca, con 17.9 y 17.3 g/planta, respectivamente. El menor peso seco se observó en el rayón 'manchado' con 9.8 g/planta (Cuadro 5).

El mayor peso seco determina potencialmente una tasa de crecimiento del cultivo superior, debida a una rápida acumulación de biomasa en un periodo corto durante la fase vegetativa. Estos resultados son similares a los encontrados por Clavijo (1987).

El Cuadro 6 muestra el mayor número de panículas por planta (7.5) en el rojo mechudo 'patechulo', seguido por el 'dorado rayón' con 6.7, los cuales fueron significativamente diferentes con los demás. La longitud de panícula es superior en los rojos pipón 'desgranador' y varietal 'CICA 4'. La longitud de panícula o tamaño del vertedero es un indicativo de la capacidad de formar florecillas y producir mayor cantidad de semillas. El número de semillas obtenido estuvo asociado positivamente con el tamaño de la panícula. En general, más del 50% de los rojos estudiados presentan un vaneamiento superior al 15%, siendo superior el varietal 'desgranador' con 20.8%.

El mayor rendimiento se obtuvo con los rojos pipones 'desgranador' (19.4 g/planta), 'japónico' (16.4) y 'punto rojo' (16.6), los cuales estadísticamente son iguales, pero difieren significativamente con los demás. Los menores rendimientos se presentaron en los rojos varietal 'CICA 4' (10.5 g/planta), 'vela' (10.1), mechudo 'pajalimpia' (9.9) y rayón 'manchado' (8 g/planta) (Cuadro 6).

Los resultados muestran que algunas características fisiológicas del rojo pipón 'desgranador' como un rápido crecimiento del follaje y un alto índice de área foliar, permiten una eficiente captación de radiación solar. Además, posiblemente la inherente habilidad para distribuir asimilados a la panícula, le permite un mayor llenado de granos y un alto índice de cosecha.

Cuadro 6. Componentes de rendimiento por planta de diferentes tipos de arroz rojo.*

| Grupos | Tipos de arroz rojo | Paniculas (no.) | Long. panic. (cm) | Granos (no.) | Vanea/to (%) | Rendimiento (g/pl.) |
|------------|---------------------|-----------------|-------------------|--------------|--------------|---------------------|
| Varietales | CICA 4 | 5.7 bcd | 22.9 ab | 520 bcd | 12.5 cde | 10.5 efg |
| | CICA 6 | 5.7 bcd | 18.3 fg | 465 cdef | 16.1 abc | 11.3 def |
| | CICA 9 | 4.5 d | 21.2 abcdef | 443 cdef | 16.4 abc | 12.3 cdef |
| | Desgranador | 4.7 cd | 21.7 abcdef | 615 a | 20.8 a | 14.1 bcd |
| Pipones | Desgranador | 6.0 bc | 23.7 a | 719 a | 13.4 cd | 19.4 a |
| | Japónico | 4.8 cd | 22.1 abcd | 730 a | 15.4 bc | 16.4 ab |
| | Punto rojo | 5.5 bcd | 20.4 bcdefg | 607 ab | 12.3 cde | 16.6 ab |
| | Vela | 4.7 cd | 19.8 cdefg | 380 ef | 19.8 ab | 10.1 efg |
| Mechudos | Patechulo | 7.5 a | 20.2 bcdefg | 526 bcd | 15.4 bc | 12.7 cde |
| | Dorado rayón | 6.7 ab | 18.7 fg | 399 def | 18.3 ab | 9.4 fg |
| | Pajacafé | 5.8 bcd | 22.3 abc | 572 bc | 18.6 ab | 15.5 bc |
| | Pajalimpia | 5.5 bcd | 19.0 efg | 422 def | 9.3 de | 9.9 efg |
| | Punto morado | 5.3 bcd | 20.6 bcdefg | 502 bcde | 8.3 e | 12.3 cdef |
| Rayones | Tigre | 6.0 bc | 19.4 defg | 499 bcde | 11.6 cde | 11.5 def |
| | Manchado | 5.5 bcd | 18.2 g | 348 f | 13.2 cde | 8.0 g |

a. En las columnas, los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí, según Tukey.

FUENTE: Montealegre, 1991.

Influencia del contenido de humedad del suelo y la profundidad de siembra sobre la germinación de semillas de arroz

Se observó una interacción entre el contenido de humedad, estimada por el método de riego, y el genotipo. La variedad comercial Oryzica-1 y los rojos mechudo 'patechulo' y varietal 'CICA 6' presentaron los mayores porcentajes de germinación (más de 95%), tanto en el riego intermitente como por inundación, siendo significativamente superiores al pipón 'desgranador' que alcanzó 69.9 y 63.3%, respectivamente. Por otro lado, en seco varietal 'CICA 6' es significativamente inferior en germinación (91.4%) a Oryzica-1 y mechudo 'patechulo', mientras que pipón 'desgranador' también registra la menor germinación (57.94%) (Cuadro 7). El rojo pipón 'desgranador' motivó en los tres contenidos de humedad del suelo dormancia de las semillas como consecuencia de la variación de uno o más factores ambientales para su germinación (Barcelló et al., 1985; Taylorson, 1970; Roberts, 1972).

En general, Oryzica-1, mechudo 'patechulo' y varietal 'CICA 6' alcanzan germinaciones (de 92.5% a 99.3%) estadísticamente superiores al pipón 'desgranador' (de 56.1% a 86.1%) en las tres profundidades de siembra (Cuadro 8).

De acuerdo con estos resultados y considerando que la viabilidad debe alcanzar por lo menos 95% al momento de la siembra, se puede establecer que el efecto de la profundidad de siembra incrementa la dormancia de las semillas de pipón 'desgranador' en 11, 44 y 39% cuando son sembradas a 5, 15 y 25 cm de profundidad, respectivamente.

Por otro lado, es probable que los cambios en la dormancia y en la germinabilidad de las semillas de pipón 'desgranador' enterradas en el suelo, ocurran por efecto de la luz y se presenten ciclos de dormancia y una fotodependencia que son controlados por el fitocromo (Taylorson, 1972). Además, la reducción en el poder germinativo pudo deberse a que posiblemente este tipo de rojo requiere de determinadas concentraciones de oxígeno y de temperaturas más altas para su germinación que los otros tres genotipos en estudio (Taylorson, 1970).

Conclusiones y Recomendaciones

La alta infestación de arroz rojo en Colombia permitió seleccionar 15 tipos, de los cuales nueve presentan glumas color pajizo, dos glumas negras y cuatro glumas de color intermedio entre dorado y marrón.

Los rojos varietales presentan poca altura, lo que no les permite sobresalir fácilmente en los cultivos de arroz, con excepción de varietal 'CICA 6' que tiene porte alto. Los pipones 'desgranador' y 'japónico' sobresalen fácilmente en el campo con relación a Oryzica-1 y a otras variedades de porte similar. En general, los rojos mechudos son de porte alto con excepción del 'dorado rayón'. El 'pajacafé', debido a su mayor precocidad y altura desde la etapa de plántula, se puede diferenciar fácilmente de las variedades cultivadas e iniciar tempranamente su descontaminación en los campos de arroz. Lo mismo se puede hacer con el 'patechulo', debido principalmente a sus láminas foliares que son bastante delgadas; sin embargo, el varietal 'CICA 6' y el pipón 'desgranador', a pesar de ser altos, en la etapa de plántula son muy parecidos a la variedad Oryzica-1 y por lo tanto es difícil diferenciarlos en los primeros estados de desarrollo del cultivo.

Entre los varietales estudiados, el varietal 'CICA 6' por sus características morfofisiológicas como mayor número de hojas, macollas, área foliar y peso seco foliar y total, en varios años puede ser uno de los rojos más competitivos y difíciles de manejar.

Para el caso de los rojos varietales se debe profundizar la investigación sobre su caracterización morfofisiológica y su parte genética, con el fin de ampliar la información que aporta este estudio y poder encontrar y ajustar patrones para su manejo y control.

Cuadro 7. Efecto del contenido de humedad del suelo sobre la germinación de semillas de diferentes genotipos de arroz.^a

| Arroz rojo o variedad comercial | Contenido de humedad | | |
|------------------------------------|----------------------|--------------|---------|
| | Inundación | Intermitente | Secano |
| Oryzica-1 (testigo) | 98.00 a | 98.44 a | 96.83 a |
| Mechudo 'patechulo' | 97.39 a | 98.06 a | 95.67 a |
| Varietal 'CICA 6' | 96.33 a | 95.67 a | 91.44 b |
| Pipón 'desgranador' | 63.28 b | 69.89 b | 57.94 c |

a. En las columnas, los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí, según DMRT.

FUENTE: Montealegre, 1991.

Cuadro 8. Efecto de la profundidad de siembra sobre la germinación de semillas de diferentes genotipos de arroz.^a

| Arroz rojo o variedad comercial | Profundidad de siembra (cm) | | |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|
| | 5 | 15 | 25 |
| Oryzica-1 (testigo) | 98.39 a | 97.44 ab | 97.44 ab |
| Mechudo 'patechulo' | 99.28 a | 95.00 abc | 96.83 abc |
| Varietal 'CICA 6' | 97.22 ab | 93.72 bc | 92.50 c |
| Pipón 'desgranador' | 84.06 c | 50.94 d | 56.11 d |

a. En las columnas, los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí, según DMRT.

FUENTE: Montealegre, 1991.

El rojo pipón 'desgranador' por ser totalmente dormante (0% de germinación) hasta los 15 días después de recolectado, su dormancia puede variar según el grado de madurez fisiológica que tenga la semilla en el momento del desgrane y también al manejo que sea sometida.

Entre los 15 rojos estudiados, después del mechudo 'pajacafé', el rojo pipón 'desgranador' alcanza el mayor valor de peso seco total y el segundo de área foliar, características que adicionadas a la mayor dormancia de sus semillas, a la mayor longitud y número de granos/panícula y a un alto rendimiento por planta, lo colocan como el tipo de rojo de mayor importancia en el cultivo del arroz y se deben tomar ciertas recomendaciones para su manejo y control.

El mechudo 'patechulo' tiene una mayor capacidad de macollamiento, lo que le asegura una alta intensidad de competencia. Este rojo tiene la habilidad de continuar la producción de macollas después de completar su ciclo de cultivo; por lo tanto, no se recomienda en la poscosecha dejar la soca en el campo por mucho tiempo, porque empieza a macollar y producir semillas rápidamente.

Cuando las semillas de los tres arroces rojos y de Oryzica-1 se siembran a diferentes profundidades y contenidos de humedad del suelo, se puede concluir que los rojos mechudo 'patechulo' y varietal 'CICA 6' tienen un porcentaje de germinación muy semejante al de la variedad, y similar al registrado en la prueba de laboratorio, mientras que el rojo pipón 'desgranador' disminuye significativamente. A 5 cm de profundidad el porcentaje de germinación disminuye en un 11%, incrementándose a 44 y 39% cuando se siembra a 15 y 25 cm, respectivamente. Estos cambios en la dormancia y germinabilidad del pipón 'desgranador' se deben a la influencia de algunos factores ambientales como la luz, la temperatura y/o la concentración de oxígeno.

Con base en estos resultados se puede recomendar que en campos infestados con rojo pipón 'desgranador', se debe permitir un mayor tiempo de exposición de las semillas cuando caen en la superficie del suelo para estimular la liberación de la dormancia. La preparación del suelo debe hacerse 60 días después de la cosecha, con el fin de no profundizar las semillas que incrementan su dormancia, haciendo más difícil su manejo y control.

Referencias

- Abud, J.K. 1989. Efeitos competitivos do arroz vermelho nos componentes do rendimento e rendimento de grãos en casca na cultivar de arroz BR-IRGA 412. *Lav. Arroz.* 42(383):11-12.
- Baldwin, F.L. 1978. Red rice control in alternate crops. En E.F. Eastin (ed.). *Red rice: Research and control. Proceedings of a symposium held at Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at Beaumont, December 13, 1978. Bulletin B-1270. Texas Agricultural Experiment Station, College Station, TX.* p. 16-18.
- Barcelló, C.J., G.N. Rodrigo, B. Sabater y R. Sánchez. 1985. *Fisiología vegetal.* Ediciones Pirámide, S.A. Madrid. España. p. 682-699.
- Bewley, J.D. y M. Black. 1985. *Seed physiology of development and germination.* Plenum Press, Nueva York. 267 p.
- Chandraratna, M.F. 1964. *Genetics and breeding of rice.* Longman Green, Londres. 389 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. *Rice Program 1986-1989 report. Working document no. 92. Cali, Colombia.* p. 268.
- Clavijo, J. 1987a. *Effects of interaction between red rice and two rice cultivars on morphological, physiological and ecological characteristics. Ph.D. diss. Louisiana State University, Baton Rouge, LA.* 129 p.

- Clavijo, J. 1987b. Una nueva interpretación de la competencia. *Rev. Comalfi XIV:31-36.*
- Craigsmiles, J.P. 1978. Introduction. *En E.F. Eastin (ed.). Red rice: Research and control. Proceedings of a symposium held at Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at Beaumont, December 13, 1978. Bulletin B-1270. Texas Agricultural Experiment Station, College Station, TX. p. 5-6.*
- Do Lago, A. A. 1982. Characterization of red rice (*Oryza sativa* L.) phenotypes in Mississippi. Ph.D. diss. Mississippi State Univ., Starkville, MS. 143 p.
- García, E. 1987. Release and induction of dormancy in seeds of red rice (*Oryza sativa* L.) in the field and laboratory. Ph.D. diss. Mississippi State University, Starkville, MS. 95 p.
- Hayashi, J. y N. Morifugi. 1972. Studies on the dormancy and germination of rice seed, I: The influence of temperatures and gaseous conditions on dormancy and germination in rice seeds. *Jpn. J. Trop. Agric. 16:115-120.*
- Helpert, C.W. y E.F. Eastin. 1978. Basic red rice research in Texas. *En E.F. Eastin (ed.). Red rice: Research and control. Proceedings of a symposium held at Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at Beaumont, December 13, 1978. Bulletin B-1270. Texas Agricultural Experiment Station, College Station, TX. p. 27-29.*
- Hoagland, R.E. y R.N. Paul. 1978. A comparative SEM study of red rice and several commercial rice (*Oryza sativa*) varieties. *Weed Sci. 26(6):619-625.*
- Huey, B.A. y F.L. Baldwin. 1978. Red rice control. *En E.F. Eastin (ed.). Red rice: Research and control. Proceedings of a symposium held at Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at Beaumont, December 13, 1978. Bulletin B-1270. Texas Agricultural Experiment Station, College Station, TX. p. 19-25.*
- Ikehashi, H. 1972. Induction and test of dormancy of rice seeds by temperature condition during maturation. *Jpn. J. Breed. 22:209-216.*
- Montealegre, F.A. 1991. Caracterización morfofisiológica de algunos tipos de arroz rojo (*Oryza sativa* L.). Universidad Nacional de Colombia. Tesis M.Sc. Santafé de Bogotá, Colombia. 117 p.
- Montealegre, F.A. y J.P. Vargas. 1989. Efecto de algunas prácticas culturales sobre la población de arroz rojo y los rendimientos del arroz comercial. *Arroz (Bogotá) 38(359):19-24.*
- Otavo Montaña, J. s.f. Control químico de arroz rojo (*Oryza sativa* L.) con oxyfluorfen aplicado en lámina de agua. Departamento de Investigación y Desarrollo, Rohm y Haas, Bogotá. Colombia.

- Parker, C.M. y M.L. Dean. 1976. Control of wild rice in rice. *Pestic. Sci.* 7:402-416.
- Rai, B.K. 1973. The rice problem in Guyana. *Pans (Pest Artic. News Summ.)*. 19(4):557-559.
- Roberts, E.H. 1962. Dormancy in rice seed, III: The influence of temperature, moisture and gaseous environment. *J. Exp. Bot.* 13(37):75-94.
- Sonnier, E.A. 1978. Cultural control of red rice. *En E.F. Eastin (ed.). Red rice: Research and control. Proceedings of a symposium held at Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at Beaumont, December 13, 1978. Bulletin B-1270. Texas Agricultural Experiment Station, College Station, TX. p. 10-15.*
- Souza, P.R. de y M.M. Fischer. 1986. Arroz vermelho: Danos causados à lavoura gaúcha. *Lav. Arroz.* 39(368):19-20.
- Taylorson, R.B. 1970. Changes in dormancy and viability of weed seeds in soils. *Weed Sci.* 18(2):265-269.
- Taylorson, R.B. 1972. Phytochrome controlled changes in dormancy and germination of buried weed seeds. *Weed Sci.* 20(5):417-422.

Comentario

Manejo y Caracterización del Arroz Rojo en Colombia por Fabio A. Montealegre y José Patricio Vargas



Albert Fischer*

Como explica este trabajo, hay varias estrategias para el manejo del arroz rojo en América Latina. Estas estrategias se han amoldado a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de los diversos ambientes arroceros del continente. El análisis de los éxitos y fracasos de tales estrategias sería de indudable valor para el futuro. Quisiera enumerar brevemente algunas de las prácticas con que se maneja el arroz rojo en América Latina.

Una práctica muy difundida es la "quema", es decir, el control de la maleza, en presiembra, con herbicidas no selectivos como glifosato y oxifluorfen. Está difundiéndose el uso de cuerdas, o "mechas", empapadas en solución de glifosato, que se aplican al arroz rojo en posemergencia, cuando éste supera en altura al arroz comercial. Molinate, incorporado antes de la siembra, es también una alternativa conocida desde hace tiempo. En Brasil se han ensayado con éxito los antidotos aplicados a la semilla de arroz para protegerla contra la acción de algún graminicida aplicado al suelo; esta práctica equivale a un control selectivo del arroz rojo. Recientemente, un científico de Cuba obtuvo en el CIAT resultados similares. Con el auge de la biotecnología, se ha pensado en la transformación de plantas de arroz con genes de resistencia a ciertos herbicidas totales. Entiendo que Cuba ya ha comenzado a trabajar en este proyecto.

Hay otras alternativas de control, independientes del uso directo de los herbicidas. En el Valle del Cauca, Colombia, es común ver muchos trabajadores cortando a machete las panojas de arroz rojo par evitar reinfestaciones. Es frecuente también la deshierba manual cuando la siembra en surcos facilita mucho esa labor. El trasplante, que permite mantener el campo inundado, ha permitido rescatar muchos campos infestados. En Colombia, las rotaciones con otros cultivos —como sorgo y soya— han dado muy buenos resultados. La preparación del suelo bajo agua —el 'fangueo' o 'batido'— ha permitido reducir la incidencia del arroz rojo en los predios infestados. En Brasil, Rio Grande do Sul, se ha desarrollado con éxito la técnica de la siembra directa del arroz sobre una

* Agrónomo, Programa de Arroz, CIAT, Colombia.

pastura anual previamente 'quemada' con un herbicida total. Las altas densidades de siembra y la semilla pregerminada han mejorado la capacidad competitiva del arroz comercial.

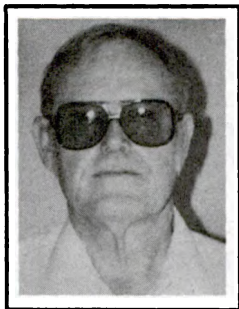
Para prevenir infestaciones con esta maleza, el empleo de semilla certificada libre de arroz rojo es fundamental. Sin embargo, su disponibilidad y su pureza son todavía difíciles de alcanzar en muchos países; además, el agricultor no la usará sin un estímulo económico.

El manejo del arroz rojo es costoso, y persiste como un grave problema. No todos los productores pueden costear tratamientos anuales contra esta maleza; por ello, el uso de semilla contaminada será fuente constante de reinfestación. Sin embargo, el control recibe mucho énfasis, aun cuando persisten muchas fallas preventivas.

En la discusión de este tema se deberían analizar los sistemas de manejo más exitosos y la razón de su eficacia. Para delinear un plan de control, se debe estudiar también el papel que tendrán diferentes instituciones —a todo nivel— para prevenir las reinfestaciones; esta acción concertada reducirá los costos de manejo del arroz rojo en nuestros países.

Manejo Integrado del Arroz Rojo

Roy J. Smith, Jr.*



Resumen

El arroz rojo, una maleza difícil de eliminar, infesta el cultivo de arroz comercial en el sur de los Estados Unidos. Sin embargo, se puede controlar con un enfoque de manejo integrado que combine prácticas preventivas, culturales, mecánicas, biológicas y químicas. El éxito en el control del arroz rojo radica en la rotación de cultivos donde se siembren cultivos de secano y en surcos, entre un cultivo de arroz y otro, en

diferentes estaciones de cultivo. Si el arroz se cultiva de manera continua, el arroz rojo contaminará eventualmente la tierra, aunque se tomen todas las medidas preventivas. Además, la siembra de otros cultivos en rotación permitirá aplicar efectivamente herbicidas de preemergencia o posemergencia y reguladores del crecimiento, que no podrían usarse selectivamente en un cultivo de arroz. El uso combinado de herbicidas y prácticas de cultivo en un cultivo de arroz es esencial para controlar con éxito el arroz rojo durante la estación de cultivo. Un programa exitoso de control del arroz rojo requiere prácticas de manejo precisas para el arroz y para el cultivo alterno. Los agricultores que han logrado controlar con éxito el arroz rojo en el cultivo del arroz aplican métodos de control integrado a sus sistemas de cultivo, y prestan especial atención al manejo del cultivo de arroz.

Introducción

En 1846, el arroz rojo¹ ya se reconocía como maleza del arroz comercial (*Oryza sativa* L.) en los Estados Unidos, más precisamente en los estados de Carolina del Norte y del Sur. Esta maleza se ha convertido en un problema cada vez mayor en los cultivos de arroz del sur del país (Craigmiles, 1978) donde se estima que reduce anualmente el rendimiento y la calidad del cultivo en US\$50 millones (Kwon, 1989). El término 'rojo' se refiere al color del pericarpio del grano descascarado, difícil de eliminar durante la molienda (Smith, 1983). La presencia del arroz rojo en un cultivo reduce la calidad del grano, el rendimiento y el grado de la molienda (granos enteros), tres deficiencias que reducen, a su vez, el valor del arroz (Dunant, 1988).

* Agrónomo, Supervisor de Investigación, Servicio de Investigación en Agricultura, Departamento de Agricultura, Stuttgart, Arkansas, USA. Contribución cooperativa del Servicio de Investigación en Agricultura, Departamento de Agricultura y la Estación Experimental de Agricultura de la Universidad de Arkansas.

1. Para los nombres científicos y comunes de las malezas véase "Composite List of Weeds", 1984 y 1988, citado completo en las "Referencias" de este trabajo.

El arroz rojo ha sido designado con los nombres científicos *Oryza barthii* Chev., *O. longistaminata* Chev. & Roehr., *O. rufipogon* Griff., y *O. punctata* Kotschy ex Stend (Parker y Dean, 1976; Wirjahardja et al., 1983); sin embargo, se considera en Estados Unidos que pertenece botánicamente al mismo género y especie que el arroz comercial (Craigmiles, 1978).

Según el color de la cáscara, los principales biotipos del arroz rojo en Estados Unidos son el de 'cáscara amarilla' y el de 'cáscara negra' (Dunand, 1988). También existe un tipo de 'cáscara gris' que se produce mediante la hibridación de los biotipos de 'cascarilla amarilla' y 'cáscara negra' (Constantin, 1960). Hay pocas probabilidades de que un cultivar contenga genes de arroz rojo, ya que éste no se ha utilizado como progenitor en la producción reciente de cultivares comerciales de arroz (Huey y Baldwin, 1978). Aunque el arroz se autopoliniza en 99.9% de los casos, puede ocurrir un cruzamiento natural en el campo entre un cultivar y el arroz rojo. Cuando hay hibridación, la totalidad de la primera generación y 75% de la segunda presentan pericarpio rojo. Los cruzamientos entre un cultivar y el arroz rojo pueden tener características morfológicas similares a las del cultivar, que frecuentemente son difíciles de distinguir.

Los granos del arroz rojo se desprenden antes de la cosecha, y la semilla latente puede permanecer viable en el suelo durante muchos años (Goss y Brown, 1939). Casi toda la semilla del arroz rojo germina cuatro días después de que la panícula ha emergido de la vaina de la hoja bandera (Dunant, 1988). Además, las semillas de los biotipos rojos ('cáscara amarilla' y 'cáscara negra') presentan periodicidad en el poder germinativo y en la latencia cuando se extraen cada tres meses de un suelo que ha recibido inundación intermitente o continua, y en el cual han estado enterradas a 20 cm de profundidad (Delouche et al., 1986). Aunque las semillas de arroz rojo permanecen latentes hasta el final del otoño, antes de quedar expuestas a temperaturas de congelación, germinan en la primavera una vez acaba la exposición a dichas temperaturas. La periodicidad de la latencia de las semillas de arroz rojo que han absorbido agua se relaciona con su exposición a la temperatura. Se indujo latencia en semillas 100% germinables almacenándolas de tres a cuatro meses a una temperatura continua de 30 °C, pero esta latencia desaparece posteriormente cuando esta semilla se expone a temperaturas alternas de 10 y 20 °C durante 25 días cada una.

Las plantas de arroz rojo son generalmente más altas, y producen más macollas y más paja que las de los cultivares comerciales (Diarra et al., 1985a); estas características aumentan la competencia que el arroz rojo hace al arroz comercial (Kwon et al., 1991a y 1991b). El arroz rojo es similar al arroz tanto en el aspecto nutricional como en el fisiológico. De plántulas de arroz rojo se ha aislado la enzima aril-acidamilasa, que

metaboliza el propanil en el arroz y tiene propiedades similares a las de la aril-acidamilasa hallada en las plántulas de arroz comercial (Hoagland, 1978).

El Arroz Rojo Reduce el Rendimiento

Las especies de malezas varían en su grado de competitividad. Los experimentos hechos en Arkansas sobre competencia de las malezas indicaron que la ejercida por el arroz rojo durante toda la estación de cultivo redujo el rendimiento de grano del arroz más que otras malezas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Pérdidas en rendimiento del arroz sembrado a chorillo causadas por la competencia de las malezas de diversas especies.

| Maleza | | Pérdida en rendimiento ^a |
|---------------------------------|---|-------------------------------------|
| Nombre común | Especie | (%) |
| Arroz rojo | <i>Oryza sativa</i> L. | 78 |
| Arrocillo, liendre de puerco | <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv. | 71 |
| Bearded sprangletop | <i>Leptochloa fascicularis</i> (Lam.) A. Gray | 55 |
| Pasto de hoja ancha | <i>Brachiaria platyphylla</i> (Griseb.) Nash | 41 |
| Eclipta | <i>Eclipta prostrata</i> (L.) L. | 31 |
| Ensalada de patos | <i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd. | 21 |
| Sesbania de fibra | <i>Sesbania exaltata</i> (Rafin.) Rybd. ex A.W. Hill | 19 |
| Spreading dayflower | <i>Commelina diffusa</i> Burm. f. | 18 |
| Veza norteña | <i>Aeschynomene virginica</i> (L.) B.S.P. | 17 |

a. La densidad del arroz varió de 220 a 420 plantas/m²; la densidad de cada especie de maleza era alta.
FUENTE: Smith, 1988b y 1989b.

La población del arroz rojo en el arroz sembrado a chorillo afecta el rendimiento del cultivo. Experimentos realizados en Arkansas indicaron que una densidad de arroz rojo de 1 a 40 plantas/m² durante toda la estación de cultivo reducía el rendimiento de las variedades Newbonnet y Lemont en 178 y 272 kg/ha, respectivamente, por planta de arroz rojo (Kwon et al., 1991a). Si la densidad del arroz rojo pasa de 2 a

40 plantas/m², la reducción en rendimiento de Lemont pasó de 24% a 90% y la de Newbonnet de 9% a 67%, respectivamente (Cuadro 2). Lemont, un cultivar semienano que requiere 200 kg/ha de nitrógeno, compitió menos con el arroz rojo que el cultivar más alto, Newbonnet, el cual requiere sólo 150 kg/ha de nitrógeno.

Cuadro 2. Reducción del rendimiento de grano de los cultivares Lemont y Newbonnet al aumentar la densidad del arroz sembrado^a.

| Densidad del arroz (plantas/m ²) | Reducción en el rendimiento de grano (%) | |
|---|--|-----------|
| | Lemont | Newbonnet |
| 0 | 0 | 0 |
| 2 | 24 | 9 |
| 5 | 36 | 20 |
| 10 | 47 | 33 |
| 20 | 73 | 46 |
| 40 | 90 | 67 |
| DMS _(0.05) | 9 | |

a. El porcentaje de reducción del rendimiento se calculó según el rendimiento de grano de los tratamientos sin malezas, o sea, 8390 y 7970 kg/ha para Lemont y Newbonnet, respectivamente. FUENTE: Kwon, 1989.

El rendimiento del arroz disminuyó al aumentar el tiempo en que el arroz rojo interfería en su desarrollo. El rendimiento de Newbonnet y Lemont se redujo en 60 y 93 kg/ha por día, respectivamente, cuando los respectivos periodos de interferencia pasaban de 60 a 120 días (Kwon et al., 1991b). Periodos de 60 días o menos no redujeron el rendimiento de ningún cultivar (Cuadro 3). Cuando el período de interferencia del arroz rojo iba de 60 a 120 días, la reducción del rendimiento de Lemont pasaba de 9% a 78% y la de Newbonnet de 8% a 51%, respectivamente. En comparación con Newbonnet, Lemont compitió menos con el arroz rojo porque sus plantas eran de menor altura, y porque su tasa de absorción de nitrógeno era mayor.

Cuadro 3. Reducción del rendimiento de los cultivares Lemont y Newbonnet según la duración del periodo en que el arroz rojo compite e interfiere con ellos^a.

| Duración de la competencia (días) | Reducción en el rendimiento del arroz (%) | |
|---|---|-----------|
| | Lemont | Newbonnet |
| 0 | 0 | 0 |
| 40 | 0 | 8 |
| 60 | 9 | 8 |
| 80 | 49 | 27 |
| 100 | 68 | 40 |
| 120 | 78 | 51 |
| DMS _(0.05) | 9 | |

a. El porcentaje de reducción del rendimiento se calculó partiendo del rendimiento del arroz en los tratamientos sin malezas. Las medias para esos tratamientos fueron 8350 y 8370 kg/ha para Lemont y Newbonnet, respectivamente. FUENTE: Kwon, 1989.

La distancia a la cual un grupo de plantas de arroz rojo afecta el rendimiento de un cultivar depende de éste. En experimentos realizados en Arkansas, plantas de los cultivares Lemont, Newbonnet y Tebonnet se sembraron a diferentes distancias de las plantas de arroz rojo. Este redujo el rendimiento de Lemont cuando distaba de este cultivar de 71 a 53 cm; el de Newbonnet, cuando distaba de éste menos de 53 cm; y el de Tebonnet, cuando la distancia que lo separaba de éste iba de 36 a 53 cm (Kwon, 1989). La reducción en el rendimiento de las áreas afectadas fue, en promedio, de 35%, 26% y 21% para Lemont, Newbonnet y Tebonnet, respectivamente.

El rendimiento de un cultivar semienano se redujo más que el de los cultivares convencionales, porque el arroz rojo produjo mayor cantidad de biomasa cuando se cultivó en Lemont (2600 g/m²) que cuando se cultivó en Newbonnet (1900 g/m²) o en Tebonnet (1300 g/m²). En consecuencia, para determinar los efectos del arroz rojo es necesario tener en cuenta su distribución por parches. Hay métodos que pueden reducir el afecto adverso del arroz rojo en el cultivo, como la selección de cultivares, y la aplicación de tratamientos como los reguladores del crecimiento que reducen la producción de biomasa en el arroz rojo.

Control del Arroz Rojo

El control del arroz rojo requiere combinar sistemas complejos de cultivo-herbicida-cultivo. Un programa de control bien planeado tiene cinco componentes: a) semilla sin malezas, agua de riego sin semillas de arroz rojo, y equipo agrícola limpio; b) rotación de cultivos junto con control del arroz rojo en todos los cultivos; c) cultivo mecanizado; d) manejo cuidadoso del cultivo y del agua; y e) aplicación de herbicidas (Smith y Hill, 1990).

Previsión

El primer paso para controlar el arroz rojo es evitar que infeste los lotes sembrando semilla limpia (Huey y Baldwin, 1978). La siembra de semilla registrada o certificada, que garantiza no estar contaminada con arroz rojo, es esencial para evitar la infestación de terrenos limpios con esa maleza. La limpieza minuciosa del equipo agrícola, cuando se transporta de campos contaminados a otros limpios, es también esencial para evitar la propagación del arroz rojo.

Prácticas culturales

La siembra tardía en primavera permite la germinación y la emergencia de un tipo de arroz rojo, que se elimina entonces mediante un pase de cultivadora (Huey y Baldwin, 1978). La siembra en surcos de otros cultivos reduce en éstos la presencia de arroz rojo. Dejar en barbecho los

campos infestados con arroz rojo durante el verano, y pasarles oportunamente la cultivadora, es una práctica que evita la producción de semilla de arroz rojo, reduciendo así su incidencia. La nivelación del terreno para llenar las depresiones elimina una de las fuentes de semilla de arroz rojo. Después de cosechado el arroz, se arrolla la paja sobre el suelo; así se mantiene la tierra húmeda y se incrementa la germinación del arroz rojo. Pues bien, la progenie de éste muere por las temperaturas frías del invierno antes de producir semilla. Todas estas prácticas reducen la producción de semilla de arroz rojo, y resultan benéficas para el siguiente cultivo de arroz.

Control biológico

La inundación de los lotes de arroz que han estado contaminados con arroz rojo durante el invierno, atrae los patos silvestres, y éstos se encargan de consumir muchos granos de arroz rojo caídos en el campo después de la cosecha. Como los granos de arroz rojo se desprenden fácilmente antes de que el cultivo de arroz madure, puede quedar una cantidad grande de granos de arroz rojo en la superficie o enterrados en el suelo, en los campos que estaban infestados después de la cosecha. Los patos silvestres pasan el invierno en las zonas productoras de arroz de Arkansas: llegan a finales de octubre y parten a finales de febrero. Estas aves consumen grandes cantidades de arroz, tanto comercial como rojo. En un experimento realizado en Arkansas, los patos silvestres que se alimentaron en un cultivo de arroz que había estado contaminado con 420 kg/ha de granos de arroz rojo durante el otoño de 1979, habían reducido la semilla de arroz rojo en 97% para la primavera de 1980 (Smith y Sullivan, 1980). Por tanto, atraer los patos silvestres a campos infestados con arroz rojo inundando esos campos —ya sea reteniendo el agua lluvia o bombeando en ellos agua en el otoño— y manteniéndolos inundados hasta finales del invierno, es una práctica que reduce la semilla de arroz rojo y resulta benéfica para el siguiente cultivo de arroz.

Rotación de cultivos

La forma más efectiva de controlar el arroz rojo es combinando la rotación de cultivos con la aplicación de herbicidas efectivos para cada cultivo. Las rotaciones incluyen uno o dos años de soya (*Glycine max* (L.) Merr) o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), seguidos por arroz el segundo o el tercer año; también se siembra un año el sorgo, seguido por soya al segundo año, y luego por arroz al tercer año (Smith, 1983 y 1989).

Durante los años en que se cultive la soya, varios tratamientos de herbicidas controlan el arroz rojo. Los herbicidas de presembrado que se incorporan al suelo —y que son más efectivos que los tratamientos de preemergencia— se complementan con herbicidas de posembrado, dirigidos o de aplicación por aspersión. El glifosato (Common..., 1991;

Weed..., 1985) o el paraquat, aplicados antes de la siembra del arroz, controlan las plantas de arroz rojo que han emergido (Cuadro 4). Entre los tratamientos efectivos de herbicidas incorporados en presiembra están el alaclor o el metolaclor, solos o en mezcla hecha en el tanque, o formulados en mezcla con trifluralina, pendimetalina, metribucín o imazaquín. Varios tratamientos de posemergencia, como las aspersiones de fluazifop, imazetapyr, quizalofop o setoxidim, o la aspersión dirigida de paraquat, controlan el arroz rojo que los tratamientos de presiembra no lograron eliminar. Fluazifop inhibe la producción de panículas en el arroz rojo durante la etapa de formación de éstas (cuando se alargan los entrenudos). El paso de la cultivadora controla el arroz rojo que los herbicidas no han logrado controlar.

Otro método efectivo para el control del arroz rojo es una rotación con sorgo (Cuadro 4). El sorgo se trata en presiembra con glifosato; o en presiembra, e incorporándolo en el suelo, con alaclor o metolaclor; o en posemergencia, y haciendo aplicaciones dirigidas, con paraquat. Para proteger al cultivo del daño causado por el alaclor o el metolaclor, la semilla de sorgo se trata con un producto químico. El sorgo se cultiva durante dos años, o se alterna con un cultivo de soya al segundo año. La cultivadora controla el arroz rojo que los tratamientos con herbicidas no han logrado eliminar en ambos cultivos. El arroz cultivado al segundo o tercer año de haber aplicado un programa exitoso de control del arroz rojo en la soya o en el sorgo da buen rendimiento, y su grano es de alta calidad (Smith, 1989a).

Cuadro 4. Características y modo de uso de los herbicidas que controlan el arroz rojo^a.

| Herbicida y kg/ha de i.a. aplicado a voleo | Epoca de aplicación | Malezas que controla | Observaciones |
|--|--|---|---|
| Arroz | | | |
| Glifosato (0.4 a 1.3) | 7 a 10 días antes de la preparación de las camas de semilla. | Malezas en pie. | Agregar activador superficial (surfactant), y aplicar 50-100 l/ha. El campo no debe tener agua estancada. |
| Molinate (4 a 6) | Durante la preparación final de las camas de semilla. | Arroz rojo: controla en parte el arrocillo. | Aplicar concentrado emulsionable con rociador, incorporándolo al suelo inmediatamente. Aplicar gránulos por aire o al suelo en un periodo no mayor de 6 horas. Incorporar a 5 cm de profundidad y sellar bien el suelo. En caso de suelo drenado, el control mejora manteniendo el suelo húmedo. Este herbicida puede afectar las variedades Alan, Millie y Maybelle. |

(Continúa)

Cuadro 4. (Continuación)

| Herbicida y kg/ha de l.a. aplicado a voleo | Epoca de aplicación | Malezas que controla | Observaciones |
|--|--|---|--|
| Soya | | | |
| Glifosato (0.4 a 0.8) | En presembrado. | Malezas en pie. | Agregar activador superficial y aplicar 50-100 l/ha. |
| Paraquat (0.5 a 1) | Antes de la siembra, en camas de semilla que no se disturbren. Usar la dosis alta en malezas de más de 5 cm de altura. | Malezas en pie. | Es necesario asperjar muy bien el área. |
| Alaclor | En presembrado; en los 7 días siguientes a la siembra. | Arroz rojo, gramíneas anuales y "groundcherry". | Incorpora a 5 cm del suelo con equipo apropiado realizando dos pasadas en dirección contraria. Utilizar tasas altas en suelos pesados, El suelo seco reduce la eficiencia. |
| Metolaclor (1.7-2.8) | En presembrado; en los 7 días siguientes a la siembra. | Arroz rojo y gramíneas anuales, coquito. | Igual al anterior. |
| Trifluralin (1.1-2.2) | En presembrado; hasta 5 semanas antes de la siembra. | Arroz rojo y pasto Johnson. Menos efectivo en el arroz rojo que alaclor o metolaclor. | Incorporar como en el anterior. El suelo saturado reduce la eficacia del efecto residual. Usar dosis altas en suelos pesados. |
| Pendimetalin (1.1-2.2) | En presembrado; hasta 60 días antes de la siembra. | Igual al anterior. | Igual al anterior. |
| Alaclor (2.2-3.9) + trifluralin (1.1), formulado o en mezcla de tanque | En presembrado. | Arroz rojo y gramíneas anuales. | Igual al anterior. El trifluralin mejora el control de las gramíneas anuales. Utilizar dosis altas en suelos pesados. |
| Alaclor (2.8 a 3.4) o metolaclor (1.4 a 2.2) + metribuzin (0.4 a 0.6) | En presembrado; en los 7 días anteriores a la siembra. | Arroz rojo, gramíneas anuales, sorguillo (<i>Sorghum halepense</i>) desde la semilla, malezas pequeñas de hoja ancha incluyendo palo de agua, "prickly sida", "ragweed", "smartweed". Control deficiente de "cocklebur, entireleaf morningglory y sicklepod". | Igual al anterior. |

(Continúa)

Cuadro 4. (Continuación)

| Herbicida y kg/ha de i.a. aplicado a voleo | Epoca de aplicación | Malezas que controla | Observaciones |
|--|---|--|--|
| Metolaclor (1.7 a 2.2) + imazaquín (0.7) | En presiembra. | Arroz rojo y las malezas de hoja ancha que se indican en el rótulo de imazaquín. | Igual al anterior. |
| Setoxxdim (0.2 a 0.3) | Durante los 7 días siguientes a la emergencia, antes de que el arroz rojo alcance los 10 cm. | Arroz rojo, gramíneas anuales, sorguillo (<i>Sorghum halapense</i>) y gramilla (<i>Cynodon dactylon</i>). | Aplicar únicamente en malezas en crecimiento. Requiere una buena aspersión en toda el área y aplicación de aceite vegetal. En algunos casos puede ser necesario un segundo tratamiento de 0.2 kg/ha. |
| Fluazifop (0.2) | En los 7 días siguientes a la emergencia, antes de que el arroz rojo alcance los 5 cm. Aplicar al comienzo de la formación de paniculas (alargamiento de los entrenudos) del arroz rojo para inhibir la formación de éstas. | Arroz rojo, gramíneas anuales, sorguillo (<i>Sorghum halapense</i>) y gramilla (<i>Cynodon dactylon</i>). Inhibición de paniculas de arroz rojo. | Aplicar únicamente en malezas en crecimiento. Requiere asperjar bien toda el área y aplicar con un aceite vegetal. En algunos casos se puede necesitar una segunda aplicación. No aplicar después de la floración de la soya. |
| Quizalofop (0.1) | En los 14 días siguientes a la emergencia, hasta que el arroz rojo tenga de 1 a 4 hojas. | Arroz rojo, gramíneas anuales, sorguillo (<i>Sorghum halepense</i>) y gramilla (<i>Cynodon dactylon</i>). | Aplicar únicamente en malezas en crecimiento. Requiere aspersión de toda el área y aplicación con un aceite vegetal. En algunos casos se puede necesitar una segunda aplicación. |
| Paraquat | Aspersión directa a la soya en la etapa V4 (20 cm de alto). | Arroz rojo y gramíneas anuales. | Aplicar antes de que la soya alcance los 8 cm de altura. Evitar la aspersión nebulizadora utilizando boquillas grandes y presión baja. Agregar un activador superficial. En algunos casos se necesita una segunda aplicación 5 a 7 días después. |

(Continúa)

Cuadro 4. (Continuación)

| Herbicida y kg/ha de i.a. aplicado a voleo | Epoca de aplicación | Malezas que controla | Observaciones |
|---|--|--|--|
| | | Sorgo | |
| Glifosato (0.4) | En presiembra. | Malezas en pie. | Agregar activador superficial y aplicar 50 a 100 l/ha. |
| Alaclor (3.4-3.9) | En presiembra. | Arroz rojo, gramíneas anuales, coquito, y "pigweed". | Usarlo con semilla protegida químicamente. Incorporar al suelo a 5 cm de profundidad con equipo apropiado, haciendo dos pasadas en direcciones opuestas. Es menos efectivo en suelo seco. No aplicar en suelos arenosos. |
| Metolaclor (1.7 a 2.7) | En presiembra. | Arroz rojo, gramíneas anuales, coquito y "pigweed". | Igual al anterior. |
| Atrazine (2.2 a 3.4) (aplicar 1.3 con aceite vegetal) | En posemergencia del cultivo y antes de que las malezas alcancen los 4 cm de alto. | Arroz rojo, gramíneas anuales y de hoja ancha, y antes de que las malezas tengan 4 cm de altura. | Aspersión superficial. Usar dosis más altas en suelos pesados. No aplicar en suelos arenosos ni arenosolimosos. |
| Paraquat (0.3) | Aspersión directa a plantas de sorgo de 30 cm de altura o mayores. | Arroz rojo, gramíneas anuales y malezas hasta de 8 cm de altura. | Aplicar con precisión al centímetro inferior de los tallos de sorgo. Usar grandes volúmenes y baja presión para evitar la aspersión nebulizadora. Agregar un activador superficial. |

a. FUENTES: ACES, 1991; Khodayari et al., 1987; Nastasi y Smith, 1989; Salzman et al., 1988 y 1989.

Control aplicado en el arroz comercial

Pocos tratamientos con herbicidas se han registrado para controlar el arroz rojo. Las infestaciones de arroz rojo se reducen aplicando en presiembra el glifosato o el molinate, en presiembra también e incorporándolo luego; se siembra luego el arroz en agua y se retiene el agua de riego, o se conserva el suelo húmedo regándolo frecuentemente durante varias semanas después de la siembra (Cuadro 4). Los tratamientos de molinate, aplicados en presiembra e incorporados al suelo, a razón de 4.5 y 6.7 kg/ha para un cultivo inundado permanentemente, o de 6.7 kg/ha para un cultivo en donde alternaban la inundación y el drenaje del lote, controlaron de 87% a 93% del arroz rojo; además, el cultivo de arroz produjo un rendimiento satisfactorio de granos de alta calidad (Cuadro 5). Los tratamientos en que se da riego al lote o se

Cuadro 5. Control del arroz rojo, en arroz sembrado en agua con molinate aplicado en presiembra e incorporado^a.

| Cultivo en agua | Dosis de molinate (kg/ha) | | | |
|------------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| | 0 | 3.4 | 4.5 | 6.7 |
| | Control del arroz rojo (%) | | | |
| Drenado | 0 f | 39 d | 54 c | 74 b |
| Drenado-inundado | 28 e | 56 c | 70 b | 88 a |
| Inundado | 60 c | 77 b | 87 a | 93 a |
| | Rendimiento del arroz (kg/ha) | | | |
| Drenado | 1340 f | 2400 e | 3240 cd | 4000 ab |
| Drenado-inundado | 2200 e | 3080 d | 3750 bc | 4460 a |
| Inundado | 3570 bcd | 4110 ab | 4030 ab | 4030 ab |
| | Producción de panículas de arroz (%) | | | |
| Drenado | 55 d | 58 bc | 60 abc | 61 ab |
| Drenado-inundado | 58 bc | 62 a | 61 ab | 60 abc |
| Inundado | 60 abc | 62 a | 60 abc | 60 abc |
| | Grado US (no.) ^b | | | |
| Drenado | Muestra | 4 | 2 | 1 |
| Drenado-inundado | 5 | 4 | 2 | 1 |
| Inundado | 3 | 1 | 1 | 1 |

- a. Los valores seguidos por la misma letra, en cada columna, no son significativamente diferentes al nivel de 5%, según la prueba de Duncan.
- b. Los límites máximos de granos de arroz rojo en los grados US 1, 2, 3, 4, 5, 6, y en el grado de muestra son 0.5%, 1.5%, 2.5%, 4%, 6%, 16% y 15%, respectivamente.

FUENTE: Smith, 1981.

aplica molinate en presiembra e incorporado al suelo no controlaron el arroz rojo cuando se emplearon solos. La semilla de arroz rojo enterrada de 1 a 5 cm de profundidad en el suelo no emergió al inundar el suelo (Smith y Fox, 1973).

En ensayos de campo se han identificado otros métodos exitosos de control del arroz rojo en cultivos de arroz sembrado en agua. La aplicación de molinate en presiembra e incorporado, combinada con la aplicación de fenoxaprop en la etapa de formación de las panículas, controló el 94% del arroz rojo; sólo se controló el 79% de éste cuando se aplicó solo el molinate en presiembra e incorporado (Kwon, 1989). Aunque el tratamiento en combinación ocasionó un daño leve en el cultivo de arroz (13% a 25%), el rendimiento de éste fue alto (7070 kg/ha), y el grano de buena calidad (59% de los granos fueron arroz de grado US 1).

Asimismo, el tratamiento combinado de molinate —en presiembra e incorporado— y de setoxidim aplicado luego en la etapa de formación de las panículas, o de amidoclor [N-metil(acetilamino)-2-cloro-N(2,6-

dietilfenil)acetamida], un regulador del crecimiento (Stehling y Kaufmann), en la etapa en que hay 90% de emergencia de las panículas, controló casi el 90% del arroz rojo; el cultivo de arroz así tratado dio un rendimiento alto (6760 kg/ha), y los granos fueron de buena calidad (59% de arroz de grado US 2) (Kwon, 1989).

En otro ensayo de campo se controló el arroz rojo en un cultivo de arroz sembrado en agua combinando dos tratamientos: el molinate aplicado en presiembra e incorporado y el mefluidide aplicado en posemergencia; el control fue de 95%, y no se compara con 67% que se obtuvo con molinate solo (Smith y Khodayari, 1985). El tratamiento con molinate eliminó la semilla en germinación y las plántulas de arroz rojo, y el de mefluidide inhibió el crecimiento, la emergencia de las panículas y la producción de semillas en las plantas de arroz rojo. El mefluidide causó un daño en el cultivo del arroz comercial, similar al causado en el arroz rojo, cuando se aplicó antes de que terminara en aquél la etapa de embuchamiento. Se ensayó luego un cultivar de arroz precoz —como Bond o Labelle, que maduran mucho antes que el arroz rojo— para obtener diferencias entre las etapas del cultivo de arroz y las del arroz rojo. En este momento se suprimió el arroz rojo cuando se hallaba en el inicio de las panículas. El arroz tratado con molinate más mefluidide produjo 4860 kg/ha de grano sin pulir de grado US 2; este resultado se comparó con 5460 kg/ha de grano de grado US 4, obtenidos aplicando molinate solo, y con menos de 1350 kg/ha, con mefluidide solo (Smith y Khodayari, 1985). Aunque el mefluidide solo redujo la formación de panículas del arroz rojo en 96%, la competencia durante la fase vegetativa redujo el rendimiento de grano.

En ensayos de campo se han identificado programas exitosos de control del arroz rojo en cultivos de arroz sembrado en seco. De las semillas de arroz tratada con peróxido de calcio —para proporcionarles oxígeno— emergieron, del suelo y a través del agua, las plántulas; no ocurrió así con la semilla no tratada de arroz rojo (Diarra et al., 1985b). También se aplicó un producto químico a la semilla de arroz para proteger el cultivo del daño causado por el molinate. Otros componentes del ensayo fueron la aplicación de molinate en presiembra e incorporado, la siembra directa del arroz a 1.3 cm de profundidad, la inundación del cultivo inmediatamente después de construir los diques, y la permanencia del agua de inundación en el lote de 4 a 5 semanas. Después de este tiempo, el cultivo se drena para controlar la ocurrencia de la panícula erecta, un trastorno fisiológico del arroz; también para aplicar herbicidas que controlen las gramíneas y malezas acuáticas que hayan germinado e infesten el arroz durante el periodo de inundación. Esta práctica controló en un 96% el arroz rojo, y permitió obtener 6020 kg/ha de arroz de grado US 4 (4% de granos de arroz rojo) con un rendimiento de granos enteros

de 63% (Diarra et al., 1985b). El arroz no tratado rindió 3160 kg/ha de grano del grado más bajo en la escala US (74% de granos de arroz rojo) y un rendimiento de 55% de granos enteros.

En otro ensayo realizado en Arkansas con arroz sembrado a chorrillo, la aplicación de molinate, en presiembra e incorporado, seguida por la aplicación de fenoxaprop en la etapa de formación de las panículas del arroz, controló el arroz rojo en un 86% (Kwon, 1989). El arroz que recibió estos tratamientos produjo 5660 kg/ha de grano sin pulir, de grados US 3 a 4, y 57% de granos enteros. La aplicación, también en presiembra e incorporado, del molinate solo controló únicamente 49% del arroz rojo, y el arroz tratado rindió 4560 kg/ha de grano sin pulir, de grados US 5 al grado más bajo de la escala y 54% de granos enteros.

Aunque los programas de control han tenido más éxito en el arroz sembrado en agua que en el arroz sembrado en suelo seco, han logrado reducir la infestaciones de arroz rojo en ambos sistemas de cultivo. Los programas de control del arroz rojo en el cultivo de arroz que emplean herbicidas o reguladores del crecimiento, solos o combinados, han tenido éxito en unos casos y han fracasado en otros. Cualquier condición ambiental o práctica de manejo del cultivo que afecte la germinación o el crecimiento del arroz comercial o del arroz rojo, influye en el control del arroz rojo y en el daño que experimenta el cultivo por los tratamientos de control químico. Los factores que afectan el control del arroz rojo o que determinan el daño al cultivo son el cultivar de arroz, el tiempo comparativo de emergencia del arroz y del arroz rojo, el pH del suelo, el manejo del agua y del nitrógeno, y el daño ocasionado al cultivo de arroz por la aplicación de tratamientos de herbicidas al comienzo de la estación de cultivo.

Por ejemplo, el arroz rojo se controló con éxito en un cultivo de la variedad Bond sembrado en agua y tratado con molinate, en presiembra e incorporado, seguido por la aplicación, en posemergencia y en secuencia, de mefluidide al final de la etapa de embuchamiento y tres semanas después de ésta (Smith, 1988a). En ensayos de siembra del arroz en agua, éste y el arroz rojo emergieron uniforme y simultáneamente. Aunque estos tratamientos controlaron el arroz rojo en un cultivo de Tebonnet, lesionaron a éste moderadamente. Tebonnet resultó más afectado por el mefluidide que Bond, por lo cual el rendimiento de grano del primero fue menor, pero el grado de su grano fue excelente. Aunque el ambiente y el suelo no afectaron negativamente la germinación ni el crecimiento de Tebonnet ni el del arroz rojo, la pérdida en grano se debió al daño que sufrió el cultivo.

El arroz rojo se controló con éxito en un cultivo de arroz Bond sembrado a chorrillo en 1985, al que se aplicó molinate, en presiembra e incorporado, seguido por la aplicación, en posemergencia y en secuencia,

de mefluidide al final de la etapa de embuchamiento del arroz y tres semanas después de ésta (Smith, 1988a). Sin embargo, en 1986 y 1987 estos tratamientos no pudieron controlar el arroz rojo en el cultivo de arroz Bond. En 1985, el arroz y el arroz rojo germinaron y crecieron sin efectos adversos del suelo o del ambiente; en 1986 y en 1987, en cambio, ni la humedad del suelo ni el pH alto resultaron desfavorables para lograr germinación y crecimiento uniformes en ambos. Por lo tanto, las variaciones en el crecimiento y en el desarrollo del arroz y del arroz rojo redujeron la eficacia de los tratamientos, y generaron pérdidas más tarde.

Además, un programa de aplicación de molinate, en presiembra e incorporado, seguida por la aplicación, en posemergencia, de amidochlor en la mitad de la estación de cultivo, en 1985, controló con éxito el arroz rojo en un cultivo de arroz Bond en Stuttgart, aunque estos tratamientos fracasaron en la localidad de Colt (Smith, 1988a). En Stuttgart, el arroz y el arroz rojo germinaron y crecieron uniformemente, pero en Colt la germinación y el crecimiento variaron debido a la variabilidad en la humedad del suelo. Así, cuando el arroz rojo en Stuttgart iniciaba la etapa de formación de las panículas, éstas estaban 90% formadas en el arroz comercial; en cambio, en Colt, el estado de las panículas de arroz rojo varió desde la iniciación de éstas hasta su formación en un 60%, cuando las panículas del arroz comercial estaban formadas en un 90%. La variabilidad en las etapas de crecimiento del arroz rojo determinó la falla en el control.

Conclusiones

Se está desarrollando la nueva tecnología para controlar el arroz rojo. Los cultivares de soya tolerantes a herbicidas como el glifosato (Fraley, 1990) permite la aplicación, en posemergencia, del herbicida que elimina selectivamente el arroz rojo y evita que éste produzca semilla en los cultivos alternos. Se ha identificado también germoplasma de arroz tolerante al alaclor. Por ejemplo, 0.1 ppm, en peso, del herbicida redujeron el alargamiento del mesocótilo o del coleótilo en 50% en los cultivares Lemont y Lebonnet de los Estados Unidos y en el germoplasma IR 1317-152 de Filipinas; en cambio, 10 ppm, en peso, no inhibieron en ese 50% el mesocótilo o el coleótilo del germoplasma de Pakistán Jhona White Pak 83 (Dilday et al., 1990). El desarrollo de cultivares de arroz tolerantes al alaclor, por hibridación de los cultivares de Estados Unidos con Jhona White Pak 83 —u otro germoplasma tolerante al alaclor— permitiría emplear este herbicida en el cultivo del arroz para controlar el arroz rojo. Asimismo, se ha identificado germoplasma de arroz tolerante al glifosato; este carácter se puede transferir a cultivares ya mejorados mediante técnicas de mejoramiento convencional o de biotecnología (Toeniessen, 1990). La aplicación de glifosato al cultivo del arroz mejoraría la tecnología de control del arroz rojo. La industria está

desarrollando también nuevos herbicidas, reguladores del crecimiento, protectores del cultivo y otros productos agroquímicos; éstos son, con frecuencia, más activos contra el arroz rojo y más selectivos del arroz comercial que los productos químicos registrados. A medida que tales productos se integren a programas de control, mejorarán la tecnología de control del arroz rojo.

Referencias

- ACES (Arkansas Cooperative Extension Service). 1991. Recommended chemicals for weed and brush control. Misc. Publ. 44. Little Rock, AR. 133 p.
- Common and chemical names of herbicides. 1991. Weed Sci. 39(3):back cover.
- Composite list of weeds. 1984. Weed Sci. 32(Supl.2):1-137.
- Composite list of weeds. 1988. Weed Sci. 36:850-851. Suppl.
- Constantin, M.J. 1960. Characteristics of red rice in Louisiana. Tesis Ph.D. Louisiana State Univ., Baton Rouge, LA. 95 p.
- Craigmiles, J.P. 1978. Introduction. En E.F. Eastin (ed.). Red rice: Research and control; Proceedings of a symposium held at Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at Beaumont, December 13, 1978. Bulletin B-1270. Texas Agricultural Experiment, College Station, TX. p. 5-6.
- Delouche, J.C., T. Teekachunhatean y C.E. Vaughan. 1986. Secondary dormancy in red rice seed. Proc. Rice Tech. Work. Group 21:74-75.
- Diarra, A., R.J. Smith, Jr. y R.E. Talbert. 1985a. Growth and morphological characteristics of red rice (*Oryza sativa*) biotypes. Weed Sci. 33(3):310-314.
- Diarra, A., R.J. Smith, Jr. y R.E. Talbert. 1985b. Red rice (*Oryza sativa*) control in drill-seeded rice (*O. sativa*). Weed Sci. 33(5):703-707.
- Dilday, R.H. 1991. En Rice annual report, 1990. Univ. Arkansas Agric. Exp. Stn., Fayetteville, AR. (Sin publicar.)
- Dilday, R.H., P. Nastasi, R.J. Smith, Jr. y K. Khodayari. 1990. Herbicide-tolerant germplasm in rice. En: J. Janick, J. y J.E. Simon (eds.). Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR. p. 146-150.
- Dunand, R.T. 1988. Red rice—its impact on grain quality and its cultural control: A review of research in Louisiana, 1960-1982. Louisiana Agric. Exp. Stn. Bull. 792. 18 p.
- Fraley, R.T. 1990. Progress on engineering of agronomic genes in plants. En Proc. ARS National Research Leaders' meeting (April 10-13, 1990). Agric. Res. Serv., U.S. Dep. Agric., Washington, DC. p. 26-33.

- Goss, W.L. y E. Brown. 1939. Buried red rice seed. *J. Am. Soc. Agron.* 31(7):633-637.
- Hoagland, R.E. 1978. Isolation and some properties of an aryl acylamidase from red rice, *Oryza sativa* L., that metabolizes 3', 4' dichloropropionanilide. *Plant Cell Physiol.* 19(6):1019-1027.
- Huey, B.A. y F.L. Baldwin. 1978. Red rice control. *En* E.F. Eastin (ed.). *Red rice: Research and control; Proceedings of a symposium held at Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at Beaumont, December 13, 1978.* Bulletin B-1270. Texas Agricultural Experiment Station, College Station, TX. p. 19-25.
- Khodayari, K., R.J. Smith, Jr. y H.L. Black. 1987. Red rice (*Oryza sativa*) control with herbicide treatments in soybeans (*Glycine max*). *Weed Sci.* 35(1):127-129.
- Kwon, S.L. 1989. Red rice (*Oryza sativa*) interference and management in rice. Tesis Ph.D. Univ. Arkansas, Fayetteville, AR. 128 p.
- Kwon, S.L., R.J. Smith, Jr. y R.E. Talbert. 1991a. Interference durations of red rice (*Oryza sativa*) in rice (*O. sativa*). *Weed Sci.* 39(3):363-368.
- Kwon, S.L., R.J. Smith, Jr. y R.E. Talbert. 1991b. Interference of red rice (*Oryza sativa*) densities in rice (*O. sativa*). *Weed Sci.* 39:169-174.
- Nastasi, P. y R.J. Smith, Jr. 1989. Red rice (*Oryza sativa*) control in soybeans (*Glycine max*). *Weed Technol.* 3(2):389-392.
- Parker, C. y M.C. Dean. 1976. Control of wild rice in rice. *Pestic. Sci.* 7:403-416.
- Salzman, F.P., R.J. Smith, Jr. y R.E. Talbert. 1988. Suppression of red rice (*Oryza sativa*) seed production with fluazifop and quizalofop. *Weed Sci.* 36:800-803.
- Salzman, F.P., R.J. Smith, Jr. y R.E. Talbert. 1989. Control and seedhead suppression of red rice (*Oryza sativa*) in soybeans (*Glycine max*). *Weed Technol.* 3(2):238-243.
- Smith, R.J., Jr. 1981. Control of red rice (*Oryza sativa*) in water-seeded rice (*O. sativa*). *Weed Sci.* 29:663-666.
- Smith, R.J., Jr. 1983. Integrated weed management in rice in the USA. *Korean J. Weed Sci.* 3(1):1-13.
- Smith, R.J., Jr. 1988a. Red rice control programs for rice success or failure. *Proc. Rice Tech. Work. Group* 22:114-115.
- Smith, R.J., Jr. 1988b. Weed thresholds in southern US. rice, *Oryza sativa*. *Weed Tech.* 2(3):232-241.

- Smith, R.J., Jr. 1989a. Cropping and herbicide systems for red rice (*Oryza sativa*) control. *Weed Technol.* 3(2):414-419.
- Smith, R.J., Jr. 1989b. Economics of weed control in U.S. rice. *Proc. Asian-Pacific Weed Sci. Soc.* 12(3):39-51.
- Smith, R.J., Jr. y W.T. Fox. 1973. Soil water and growth of rice and weeds. *Weed Sci.* 21(1):61-63.
- Smith, R.J., Jr. y J.E. Hill. 1990. Weed control technology in U.S. rice. *En B.T. Grayson, M.B. Green y L.G. Copping (eds.). Pest management in rice.* Elsevier Sci., Nueva York, NY. p. 314-327.
- Smith, R.J., Jr. y K. Khodayari. 1985. Control and bioregulation of red rice in rice. *Proc. South. Weed. Sci. Soc.* 38:444.
- Smith, R.J., Jr. y J.D. Sullivan. 1980. Reduction of red rice grain in rice fields by winter feeding of ducks. *Arkansas Farm Res.* 29(4):3.
- Stehling, S.J. y J.E. Kaufmann. 1986. Selective reproductive control of red rice in rice with amidochlor. *Proc. South. Weed Sci. Soc.* 39:57-62.
- Toenniessen, G.H. 1990. Rice biotechnology: Progress and prospects. *En B.T. Grayson, M.B. Green y L.G. Copping (eds.). Pest management in rice.* Elsevier Sci., Nueva York, NY. p. 514-536.
- Weed science terminology. 1985. *Weed Sci.* 33(Supl. 1):1-23.
- Wirjahardja, S., E. Guhardja y J. Wiroatmodjo. 1983. Wild rice and its control. *En Weed control in rice. Proc. Conf. Int. Rice Res. Inst., Los Baños, Laguna, Filipinas.* p. 319-325.

Comentario

Manejo Integrado del Arroz Rojo por Roy J. Smith, Jr.

José Galli*



Agradezco la oportunidad de poder comentar este trabajo y de hacer alguna sugerencia útil sobre la investigación que se emprenderá en esta área.

Para hacerlo con más claridad —dentro de las limitaciones que tenemos de tiempo, idioma y extensión de la bibliografía— dividí el comentario en tópicos, aunque supongo que esto podría afectar el formato del trabajo. Expongo además mis opiniones personales en primera persona porque no quiero dar la impresión de verdad, que proviene de los escritos impersonales.

1. Aunque no estoy familiarizado con el cultivo del arroz de los Estados Unidos de América, no puedo suponer que las prácticas que el Dr. Smith recomienda son inadecuadas. Creo, en cambio, que la mayoría de ellas son de aplicación universal, si prescindimos de condiciones específicas de tipo cultural, económico o de tenencia de la tierra. Por ejemplo, en el sur de Brasil, hasta los agricultores poderosos, que cultivan arroz en más de 2800 ha de su propiedad cada año, han tenido dificultades con la mano de obra al tratar de implementar un sistema de rotación. Esos operarios están familiarizados solamente con el cultivo del arroz, y tienden a rehusar el cultivo de otras especies. Además, el beneficio obtenido del sorgo o de la soya, como cultivos alternos, apenas iguala los costos de producción puesto que estos granos obtienen un valor relativamente bajo en el mercado (A.V. Coutinho, Comunicación personal). Otra dificultad es el tipo de tenencia de la tierra. En Rio Grande do Sul, 70% del área cultivada es arrendada (Menezes, 1991). Esta situación no sólo priva de atractivo cualquier inversión a corto o mediano plazo, sino que las vuelve utópicas cuando se considera el drenaje que se necesitaría para establecer los cultivos diferentes del arroz.

Razones económicas y de manejo, además de los daños ocasionados por pájaros (incluyendo patos) obstaculizan la adopción de sistemas de siembra en agua, a pesar de que este sistema se usa con frecuencia en las fincas pequeñas de Santa Catarina (Noldin, 1981).

* Investigador, Facultad de Agronomía y Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, Brasil.

2. Dejando de lado las conocidas prácticas de limpieza de la variedad —que aplican desde técnicas electrónicas hasta procedimientos manuales— prefiero insistir en que el paso más importante para resolver un problema es entenderlo. Y para lograrlo, es preferible carecer de información que emplear la equivocada. En los trabajos que he leído sobre este asunto resalta la preocupación por clasificar el arroz rojo, al menos, en biotipos. Me parece que ese objetivo, si no se pondera con cautela, puede ser tan engañoso como hallar un europeo 'típico', un mexicano 'típico' o hasta un chino 'típico'.

Hemos hallado plantas de arroz que, aunque se consideran arroz rojo, tienen pericarpio de color normal, y que la intensidad del pigmento rojo depende del tiempo y del genotipo (Biderbost, 1983). Por consiguiente, creo que la denominación más adecuada para el 'arroz rojo' sería 'arroz maleza', y comprendería los de cáscara roja y negra, otras formas indeseadas, y aun las semillas de cultivares que se mezclaron con la variedad principal y que quedaron en el campo.

Los estudios hechos en Pelotas, Brasil, han demostrado que el arroz maleza debe tratarse como una población altamente polimórfica, dotada incluso de variación críptica respecto a caracteres aparentemente uniformes, como el tipo de la planta y el ciclo biológico (Biderbost, 1983); esta condición permitiría a esa población reaccionar a las presiones de selección.

Además de esa variación "natural", como lo señala el Dr. Smith, hay evidencias de que el arroz comercial y el arroz maleza pertenecen a la misma especie biológica. Así pues, los cruzamientos casuales —por extraños que parezcan— que han sido seguidos por presiones de selección debidas a causas no intencionales, es decir, diferentes de las prácticas de limpieza o purificación (rouging), tienen que desempeñar un papel importante en las ocasionales semejanzas que se dan entre los tipos de arroz cultivado y de arroz maleza (Galli et al., 1980b).

Una consecuencia de esta última característica es la fuerte convicción que tengo de que no debería esperarse mucho del control del arroz maleza por vía genética. En efecto, se ha demostrado que los cruces naturales son tanto suficientes como necesarios (Biderbost, 1983) para explicar el alto nivel de polimorfismo hallado en algunas poblaciones de arroz 'rojo'. La tolerancia al alaclor, por ejemplo, migró probablemente a las formas del arroz maleza como ocurrió anteriormente con la pigmentación (Harlan, 1986), la precocidad (Pawar y Rai, 1970; Rai, 1973), el tipo de planta (Marques, 1983), y la forma del grano (Galli et al., 1980a).

3. No todo lo que se refiere al arroz maleza es negativo:

Los resultados de los cruces controlados entre el arroz 'rojo' y el Caloro revelaron que las semejanzas entre los dos tipos se reducían principalmente a características visibles, aun cuando ambos cohabitaron en las mismas tierras agrícolas durante más de 40 años (Galli et al., 1982). Esta información estimuló la especulación de que las razas de arroz maleza sobreviven mejor cuando adquieren una apariencia similar a las del arroz cultivado. Ahora bien, en su 'interior' hay caracteres que, por evolución genética, serían disímiles de los del arroz cultivado, y se convertirían así en una fuente local de rasgos importantes para el mejoramiento del arroz, como la tolerancia a ciertas enfermedades; la mayor parte de los fitomejoradores aún menosprecian estas fuentes (Galli et al., 1982). En Pelotas, Brasil, se está investigando esta posibilidad, y se han logrado resultados que sustentan la hipótesis (Nunes, 1989).

Además de la tolerancia a las enfermedades, se estudian otros caracteres como la calidad del grano, la tolerancia al frío, y otros ya asociados, por 'mimetismo', a tipos de planta deseables.

Debe señalarse además que, al menos en Brasil, el arroz de pericarpio rojo (arroz rojo 'moreno') se vende con frecuencia a los restaurantes macrobióticos y a otras actividades dietéticas, y su precio es más alto que el del arroz corriente.

4. Por último, creo que, además de los puntos tratados por el Dr. Smith, debe intensificarse la investigación tanto en productos químicos que impidan el desgrane de la panícula, como en protectores de la semilla (antídotos). Ahora bien, estos últimos no representan un aliciente económico para el sector de la industria que los puede desarrollar; por consiguiente, esa investigación deben emprenderla los centros estatales.

CUARTA SESION
COMERCIALIZACION

Resumen de la Sesión

Comercialización

Moderador: Nestor Gutiérrez*

Es inminente el cambio del modelo económico de América Latina. Este modelo considera la internacionalización de la economía como el elemento fundamental para ampliar el mercado a la producción regional; el precio internacional será, por tanto, el indicativo del proceso de asignación de recursos, a nivel interno, en cada país.

Este cambio implica mayores riesgos en la producción, a causa de la gran variabilidad de la cotización del arroz en el mercado mundial en los últimos años. Para resolver este problema, se sugirió la adopción de aranceles fijos y variables para proteger la producción nacional.

Los subsidios tienen plagado el mercado internacional del arroz, tanto en los países desarrollados como en los subdesarrollados. Esta protección deberá disminuir, y alejarse gradualmente del resto de la economía. El modelo que se propone contiene apenas elementos librecambistas. El nuevo modelo lleva implícita la disminución de la presencia gubernamental en todos los órdenes de la actividad nacional; por tanto, se pronostica una mayor participación del sector privado en la comercialización y en la investigación. Esta acción privada compensará por la disminución de los consumos per cápita de arroz en los países que adoptaron primero la 'revolución verde'; la investigación integral que se genere mantendrá, por lo menos, los niveles de productividad alcanzados.

En el año 2000 debemos producir, en América Latina, 30 millones de toneladas para mantener la tendencia de consumo en esa área. Esto implica un incremento en el área sembrada, la disminución de los precios relativos del arroz mediante la racionalización del uso de los insumos de producción; y, primero que todo, la reducción de los costos.

Estamos seguros de que el arroz continuará siendo la base de la alimentación de los latinoamericanos de menores ingresos. Es una obligación de la comunidad científica conservar y mejorar este patrimonio regional.

* Director, Investigaciones Económicas, FEDEARROZ, Colombia.

Mercadeo del Arroz en Tres Países de América Latina

Norberto A. Quezada*



Resumen

Este trabajo busca evaluar la política interna y externa de comercio de tres países de América Latina y el Caribe: Guyana, Ecuador y República Dominicana. Estos países presentan diferencias y similitudes. De los tres, Guyana tiene el ingreso per cápita y la producción y productividad de arroz más bajo pero al mismo tiempo es el único exportador neto. Los gobiernos han intervenido el comercio de arroz a través de institutos

de mercadeo: en Guyana con el Guyana Rice Milling and Marketing Authority (GRMMA) y con el Guyana Rice Export Board (GREB); en Ecuador con la Empresa Nacional de Almacenamiento y Comercialización (ENAC), y en República Dominicana con el Instituto de Estabilización de Precios (INESPRE). Otras políticas que afectan el sector arrocerero en estos países son el crédito y los subsidios para irrigación, el establecimiento de precios de piso, las tarifas de importación y el cambio de moneda a la tasa oficial. La producción de arroz disminuyó durante los años 80, mientras que en Ecuador aumentó y en República Dominicana se mantuvo constante hasta 1988 cuando alcanzó su pico más alto y empezó a decrecer. Los precios reales disminuyeron en todos los países, no obstante que cuando se cambiaban a dólares utilizando la tasa de cambio paralela y removiendo los efectos estacionales, mostraron grandes fluctuaciones. A pesar de que las instituciones de mercadeo han reducido su participación en arroz, se han resistido a abrirse al comercio internacional. El trabajo concluye que, a pesar de que existen algunas desventajas, los tres países se beneficiarían al abrirse al comercio internacional.

Introducción

Se evalúan en este trabajo la política de comercio interno y externo del arroz en tres países de América Latina y el Caribe: Guyana, Ecuador y República Dominicana. Se discuten dos temas: primero, el tipo y grado de intervención del gobierno en el comercio arrocerero, y el impacto de esa intervención en la economía arrocerera; segundo, las cuestiones políticas que han surgido recientemente en relación con la apertura de las economías latinoamericanas a un comercio más libre dentro de la integración regional y de la armonización de políticas en los países que participen de la integración.

* Investigador, Sigma One Corporation, EUA.

El resto del trabajo está dividido en cuatro partes. La primera da una visión comparativa de los tres países estudiados, indicando las características de semejanza o diversidad que hay entre ellos. La segunda describe los instrumentos de política aplicados en la economía arrocera, a nivel de la producción, del mercado interno, y del comercio internacional. La tercera presenta un análisis de los factores que han influido en la producción, con énfasis en los precios y en la tasa de cambio. La cuarta sección estudia la estabilidad de los precios nacionales, su patrón estacional, y su tendencia real. Al final se extraen algunas conclusiones.

Tres Países Arroceros

Los tres países considerados presentan cierta similitud en unos aspectos y notoria diversidad en otros (Cuadro 1). Guyana se considera un país de ingreso per cápita bajo, o pobre, mientras Ecuador y República Dominicana tienen un nivel de ingreso mediano a bajo. El menos rico es el más endeudado internacionalmente, en términos per cápita.

Cuadro 1. Indicadores comparativos, Ecuador, República Dominicana y Guyana, 1988-90^a.

| Indicador | Unidad | Ecuador | República Dominicana | Guyana |
|---|------------|---------|----------------------|--------|
| PNB per cápita | US\$ | 1055 | 754 | 370 |
| Deuda externa largo plazo per cápita 1990 | US\$ | 924 | 478 | 1086 |
| Población 1990 | Millones | 10.8 | 7.2 | 1.0 |
| Oferta calorías 1988 | per cápita | 2338 | 2357 | 2373 |
| Area arroz | Miles ha | 144 | 116 | 71 |
| Rendimiento | TM/ha | 3.6 | 3.8 | 3.1 |
| Producción, pulido | Miles TM | 316 | 288 | 131 |
| Comercio | Miles TM | 23 | 28 | -55 |
| Consumo per cápita | kg | 32 | 44 | 75 |
| Precio mayorista | US\$/TM | 397 | 423 | 158 |

a. A menos que se indique otro año.

FUENTES: Para los PNB: Banco Mundial, 1991b.

Para la deuda externa: Banco Mundial, 1991a.

Para la población: FMI, 1991.

Para calorías: Banco Mundial, 1990.

Los tres tienen un nivel similar de oferta calórica. Guyana, el país que menos arroz produce, tiene el consumo per cápita de arroz más alto, y genera un excedente exportable por los bajos costos a que puede producir y por su reducida población. Guyana tiene el menor rendimiento de los tres, pero parece tener la mayor ventaja en la producción; el precio mayorista es menos de la mitad del de Ecuador o de República Dominicana. Ecuador importó arroz en siete años de la década

1980-1990, no importó en tres, y exportó arroz oficialmente en 1987, pero sólo a costa de pérdidas del gobierno. Ecuador importa y exporta arroz en forma no oficial a través de sus fronteras con Perú y Colombia, aunque se considera un importador neto todavía. República Dominicana ha sido autosuficiente en algunos años, pero se considera también un importador neto.

En el inicio de la década de los setenta, Ecuador tenía el menor ingreso per cápita; 20 años más tarde, Guyana ocupa ese lugar (Figura 1). Ecuador encontró petróleo y sobrepasó a los otros dos fácilmente. Los tres países experimentaron una drástica caída del Producto Nacional Bruto (PNB) en la década de los ochenta, aunque Guyana sufría un estancamiento ya desde 1976.

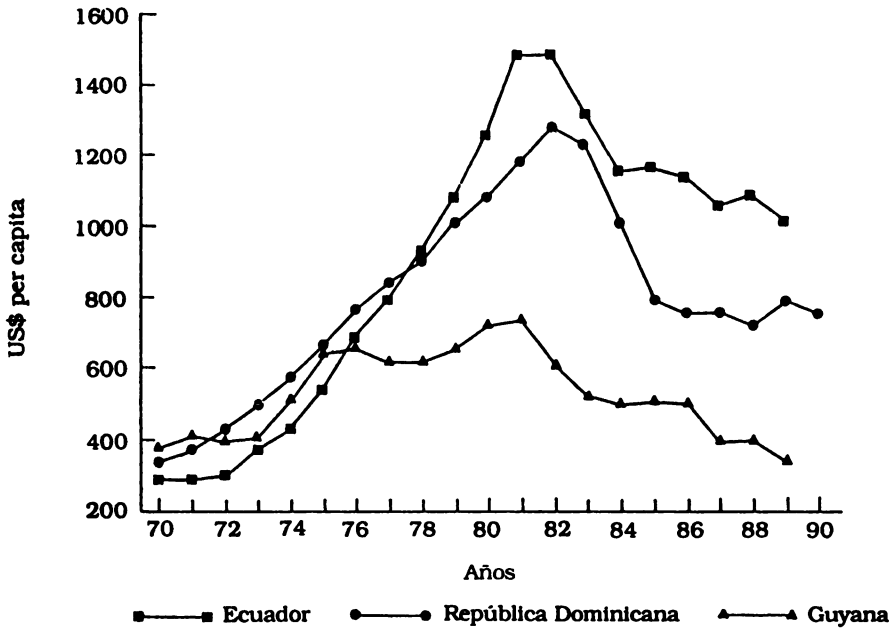


Figura 1. Producto Nacional Bruto per capita en Ecuador, República Dominicana y Guyana, 1970-1990.

Los Instrumentos de la Política Arrocerá

En los tres países considerados, el arroz es un ingrediente clave de la dieta y su contribución a la nutrición es alta. En República Dominicana, por ejemplo, el arroz aportaba el 30% de las calorías y el 25% de las proteínas consumidas en 1976. El precio del arroz y el nivel de sus importaciones se convierten en cuestiones de discusión en el debate político. Los gobiernos han hecho grandes inversiones en obras de riego con el fin de ensanchar la base productiva, y han suministrado el agua a los agricultores a precios bajos como un estímulo a la producción.

Los gobiernos consideraron necesario intervenir en la comercialización porque alegaban la necesidad de estabilizar los precios, de reducir los márgenes de precios, y de beneficiar al gobierno con las utilidades de la importación. De ordinario, estas funciones se asignaban al instituto de comercialización agrícola, que en Ecuador es la Empresa Nacional de Almacenamiento y Comercialización (ENAC), en República Dominicana son el Instituto de Estabilización de Precios (INESPRE) y el Banco Agrícola (después de 1986), y en Guyana son el Guyana Rice Milling and Marketing Authority (GRMMA) y el Guyana Rice Export Board (GREB) (Quezada, 1990).

La política sectorial arrocera aplicaba instrumentos adicionales a los manejados a través del instituto de comercialización (Cuadro 2). El crédito de producción y el subsidio en él incorporado se han entregado a través de un banco de fomento especializado para la agricultura. El suministro de agua, y el subsidio entregado por medio de ella, eran responsabilidad de una autoridad del riego. El apoyo a la investigación y a la extensión se daban a través del ministerio de agricultura o de una agencia adscrita especializada. En los tres países, el precio del arroz ha estado controlado, y las leyes establecen multas y prisión a los violadores convictos; en los últimos años, sin embargo, la aplicación de esas medidas ha sido mínima.

Cuadro 2. Arroz: Resumen de Instrumentos de Política, Ecuador, República Dominicana y Guyana.¹

| Area de política | Ecuador | República Dominicana | Guyana |
|-----------------------------------|---------|----------------------|--------|
| Producción | | | |
| Subsidio al crédito | x | x | |
| Seguro al crédito | | x | |
| Subsidio al agua | x | x | x |
| Precio sustentación | a | x | a |
| Mercado doméstico | | | |
| Instituto comercializador | x | x | X |
| Control de precios/márgenes | x | d | X |
| Subsidio al consumidor | x | x | X |
| Comercio internacional | | | |
| Arancel de importación | a | a | x |
| Restricciones cuantitativas | x | x | X |
| Comercio estatal | x | x | x |
| Canje de divisas a cambio oficial | x | x | x |

1. a = ambiguo; d = medida descontinuada; x = medida usada; X = medida muy importante.

El instituto de comercialización tenía una participación destacada en la puesta en práctica del precio de sustentación mediante las compras directas al productor o a los molineros, la autorización para importar o exportar en general, o las cuotas fijadas a cada comerciante, y el apoyo al precio oficial de venta al público vendiendo directamente arroz pulido al comercio detallista y aun al público. El precio de sustentación era una política ambigua porque favorecía a los agricultores que llegaron primero; en cierto modo fue un subsidio dirigido a los más hábiles. Estas actividades fueron pagadas, en un tiempo, con las ganancias que se obtenían de las importaciones de arroz —exoneradas de aranceles y adquiridas a precios bajos— dado que éstas se pagaban, en parte, con moneda sobrevaluada, y en parte con las concesiones con que fueron adquiridas. Sin embargo, el gobierno imponía márgenes que no cubrían los costos, de manera que las pérdidas financieras fueron tan altas, en los años ochenta, que los institutos perdieron popularidad y fueron por ello reducidos drásticamente en tamaño.

En Ecuador, la ENAC nunca tuvo un papel preponderante en el comercio interno, y sus pérdidas han sido manejables para el gobierno; ENAC mantiene el control de las importaciones oficiales. En República Dominicana, el INESPRES fue drásticamente reorganizado en 1986 (Quezada, 1988). Se revocó su poder de único comprador de arroz de los molineros, cesó su capacidad de único importador de arroz, y sus molinos y almacenes fueron transferidos al Banco Agrícola. En Guyana, en 1986, el GREB dejó de ser el único exportador de arroz, aunque retuvo la autoridad sobre el control cuantitativo de los embarques; el GRMMA, por su parte, continuó acumulando pérdidas y el gobierno estudia la venta de varios de sus molinos.

La política arancelaria ha sido ambigua en los tres países; en efecto, existe un arancel para el arroz importado pero aquél, en general, no se aplica porque el gobierno hace la importación y se exonera de impuestos. Un arancel, por definición, se aplica a las importaciones si hay déficit nacional; pues bien, la existencia del déficit ha sido curiosamente el argumento del gobierno para no cobrar el arancel. Los gobiernos han hecho obligatoria la tasa de cambio oficial para las transacciones del comercio del arroz, en algunos años con serias consecuencias, a causa de la gran sobrevaluación de la tasa oficial. En Guyana, los exportadores se perjudicaban porque recibían, en términos reales, sólo una fracción del valor que tiene el arroz en el extranjero. En Ecuador y en República Dominicana, los institutos de comercio traían arroz artificialmente abaratado, lo que contribuía a desestimar la producción nacional.

Los gobiernos de los tres países han reducido el papel de sus institutos de comercialización arroceros, pero han resistido la apertura al comercio internacional. Varias razones han sido alegadas. Una es que el gobierno necesita evitar importaciones que generen grandes utilidades para un

importador privado. Otra es que, mientras haya control de divisas, y exista el peligro asociado de la sobrevaloración, el arroz importado significaría competencia desleal a la producción nacional. Otra razón es que el gobierno necesita controlar reservas para abastecer el mercado nacional. El control estatal del comercio representa un gran obstáculo a la integración económica de los países, ya que la discusión se limitaría al papel que los institutos tendrán en un nuevo esquema de comercio regional, en vez de concentrarse en el libre comercio que caracteriza los esquemas de intercambio regional de otras regiones del mundo.

En la Comunidad Económica Europea (CEE), por ejemplo, hay institutos que intervienen en la comercialización, y su papel es prestar servicios de secado y almacenamiento, y de compra a precios de sustentación, pero no tienen el poder de objetar o administrar embarques de arroz a través de las fronteras. A pesar de que existe una gran barrera a la entrada del arroz a la CEE, dentro de la comunidad el comercio es libre, y todos los miembros tienen una sola política arancelaria en que el arancel es variable. Además, los países de la CEE han armonizado sus políticas fiscales mediante el impuesto al valor agregado. En los Estados Unidos —una comunidad económica de estados que, teniendo una sola moneda, no necesita política cambiaria— el arroz puede viajar libremente a través de fronteras estatales, y ningún estado miembro puede establecer impuestos a ese comercio. El arancel arrocero es común a todos los miembros de la federación.

En la CEE, a pesar de que hay tasas de cambio flotantes en todos los países miembros, en algunos años se han establecido tasas de cambio 'verdes', diferentes a las del mercado, para regir las transacciones agrícolas; esas tasas han sido temporales para responder a presiones de países que se han considerado afectados por la devaluación en un país miembro vecino. Resulta claro, por tanto, que la integración regional latina en el caso de arroz debe basarse en el libre comercio y en la coordinación de las políticas arancelaria, cambiaria y fiscal. Los institutos de comercialización no tienen un papel relevante en esos esfuerzos de integración.

Evolución de la Producción y Posibles Causas

La producción de arroz en Guyana corrió igual suerte que la economía; en República Dominicana la producción se estancó y comenzó a caer después de 1988; en Ecuador la producción ha continuado creciendo a pesar del retroceso económico (Figura 2). La evolución de esa producción a través de los años puede explicarse por factores climáticos, técnicos y económicos, que consideraremos enseguida.

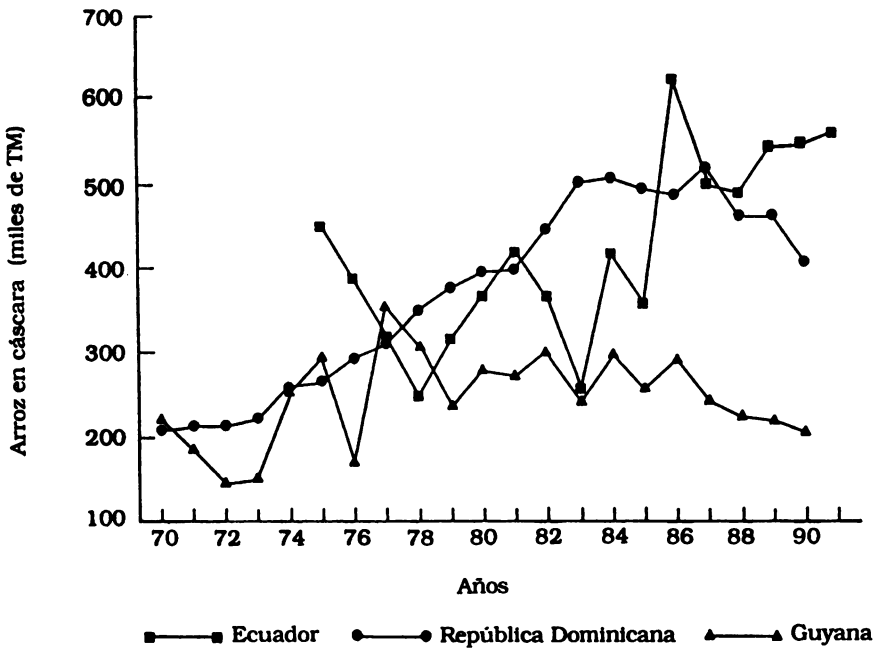


Figura 2. Producción de arroz en cáscara en Ecuador, República Dominicana y Guyana, 1970-1990.

Lluvias

En Ecuador, la cantidad de lluvia tiene un papel determinante en el nivel de producción. La escasez de agua reduce la producción en el sistema de cultivo sin riego ('pozas veraneras'), y el exceso de agua, asociado al fenómeno de 'El Niño', afecta negativamente la producción en todos los sistemas. El clima explica en gran parte los fuertes altibajos que acompañan la tendencia creciente de la producción arrocera. En Guyana, el exceso de lluvia o un drenaje deficiente tienden a originar pérdidas de producción. En República Dominicana, casi todo el arroz se produce bajo riego, y la lluvia ejerce aquí menos influencia en la determinación de la producción.

Apoyo institucional

El arroz se ha cultivado en los tres países en condiciones distintas a las de los cultivos de subsistencia. El arroz se considera un cultivo seguro, con acceso a crédito relativamente abundante, y que usa muchos insumos modernos de producción, como fertilizantes, herbicidas, insecticidas y semilla mejorada. La comunidad de investigación nacional e internacional ha dado al cultivo variedades nuevas de alta productividad. Los institutos de comercialización recibían el arroz sin reparar en su grado de humedad o de limpieza, y lo pagaban prontamente a los agricultores. Durante la

década de los ochenta, sin embargo, los servicios de apoyo técnico sufrieron un notable deterioro, particularmente cuando dependían de entidades gubernamentales. Los centros de investigación y de extensión del arroz vieron sus fondos reducidos, los insumos modernos subían inesperadamente de precio cuando ocurrían devaluaciones, el abastecimiento de piezas de repuesto se interrumpía, y los institutos de comercialización atrasaban el pago causando así gran incertidumbre en la producción.

Precios

Entre los factores económicos que influyeron en la producción podemos mencionar el nivel de precios y la tasa de cambio real. Se supone que precios reales más altos inducen a una mayor producción, es decir, que la curva de oferta de arroz es elástica en relación con los precios.

Los precios reales del arroz en Guyana cayeron drásticamente a partir de 1976 y continuaron así hasta 1988 (Figura 3); explican, en parte, la drástica caída de la producción en ese periodo. El precio real se duplicó en 1989, pero la producción no muestra aún signos de recuperación. Los precios reales han caído más lentamente en República Dominicana, aunque hasta 1985 la caída coincidió con un aumento sostenido de la producción, debido en parte a mejoras en la tecnología de producción. En Ecuador, los precios reales han mostrado altibajos, pero en los últimos 20 años no han cambiado sustancialmente.

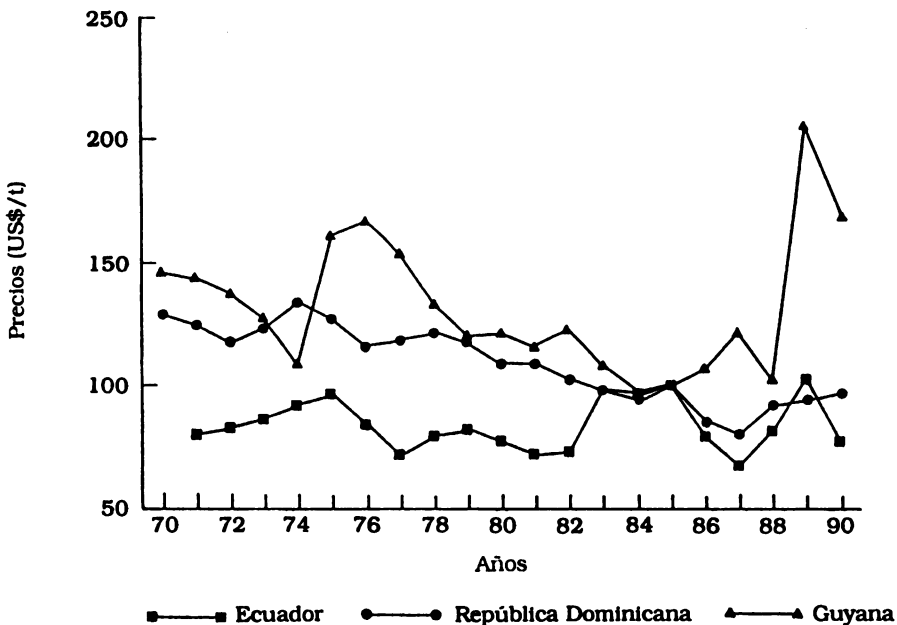


Figura 3. Precios mayoristas reales de arroz en Ecuador, República Dominicana y Guyana, 1970-1990. Nota: El deflactor fue el índice de precios al consumidor.

Los institutos de comercialización ayudan a explicar la habilidad de los países para controlar el precio del arroz. En República Dominicana y en Guyana, la mayor parte de la oferta estuvo bajo control físico del gobierno a través de sus respectivos institutos, que mantenían precios nominales fijos; los demás artículos, en cambio, experimentaban alzas inflacionarias. Las pérdidas implícitas sólo podía absorberlas el gobierno con promesas de subsidios al instituto de comercialización, las cuales nunca hubiese hecho al sector privado.

En Ecuador, la ENAC controla una parte pequeña de la producción comercializada; por ello, si ésta se vendía con pérdidas, no podía arrastrar el precio promedio global. Estas mínimas compras, a precios de sostén generalmente más altos de los del mercado, beneficiaban sólo a quienes llegaban primero, e impedían la consolidación de un mercado nacional centralizado y transparente, como hubiese sido una 'bolsa agrícola'.

Otra forma de ver los precios locales es convertirlos en dólares y compararlos con los precios del mercado internacional. La conversión debe hacerse a tasas de cambio paralelas, ya que el uso de las tasas oficiales puede causar confusión; por ejemplo, en República Dominicana, el precio mayorista a la tasa oficial llegó a más de US\$1000/t en 1984, mientras que a la tasa paralela el precio hubiese sido sólo US\$330/t. Aún así, debe recordarse que las tasas paralelas contienen, a veces, grandes distorsiones, y no son siempre indicadores veraces de la escasez de divisas en el mercado cambiario. República Dominicana ha tenido, en general, precios superiores a los de Ecuador.

A pesar de que hay separación entre el mercado local y el mundial, por causa del control estatal del comercio fronterizo, en Ecuador y República Dominicana este último mercado ha seguido la trayectoria global del precio en el Golfo; lo contrario ha ocurrido en Guyana (Figura 4). A fines de los setenta, el precio en Guyana bajaba a pesar de que subía en el resto del mundo. El mercado de Guyana parecía el menos integrado de los tres a las señales de los precios mundiales.

El precio de comparación apropiado para un importador neto sería el precio mundial CIF, es decir, el precio Golfo EUA más los costos de importación. En Ecuador se ha usado el precio FOB Golfo por dos razones: primera, la cotización Golfo se refiere a un arroz tipo Zenith No. 2, de mayor calidad que el registrado en Quito o que el 'Superior' reportado aquí para Santo Domingo: la diferencia de calidad cancela en parte el costo del transporte. Segunda, Ecuador ha mantenido una pujante producción que, al parecer, podría convertirlo en un exportador marginal; en ese caso, el precio FPB sería el adecuado para este análisis.

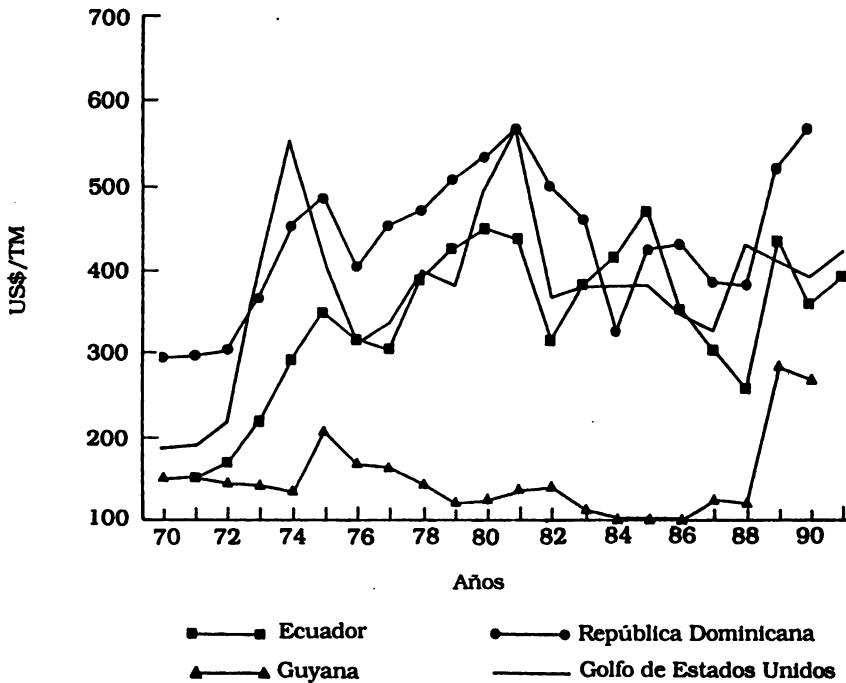


Figura 4. Precios mayoristas del arroz en Ecuador, República Dominicana y Guyana, 1970-1990. Nota: Dólares a tasa paralela.

La transmisión de los precios internacionales al mercado local es filtrada todavía por la intervención del gobierno en el comercio internacional. Ecuador y República Dominicana aún requieren permisos previos de importación, o sólo los otorgan al instituto de comercialización. Guyana mantiene restricciones cuantitativas en forma de entregas de arroz al comercio local a cambio de permisos de exportación.

En el período 1980-1990, los precios del arroz en Ecuador no siempre se han movido en la dirección de los precios mundiales (Figura 5). La caída del precio internacional en 1981-1982 y en 1986-1987 parece influir en la caída del precio en Quito 9 a 18 meses más tarde. En los últimos años, Ecuador tenía precios que no estaban muy alejados de los precios del Golfo, lo que sitúa al país en una posición favorable para exportar sin necesidad de subsidios, es decir, de pérdidas para las exportaciones de ENAC.

En República Dominicana, por su parte (Figura 6), se observan precios mayoristas que varían sin relación aparente con el precio Golfo EUA. Aquí debe recordarse la importancia de la tasa de cambio en la comparación. En el período 1986-1987, el precio en dólares en Santo Domingo bajaba; esto se explica, en parte, por la depreciación del peso en el mercado cambiario libre, que era el único en ese momento. La subida del precio en

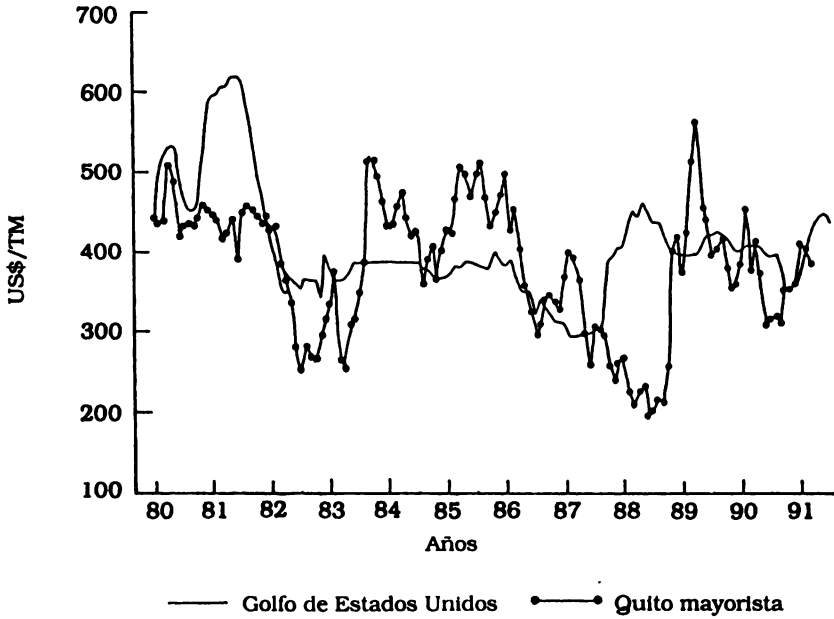


Figura 5. Precios mensuales del arroz en el Golfo de Estados Unidos y Quito, Ecuador, 1980-1990.

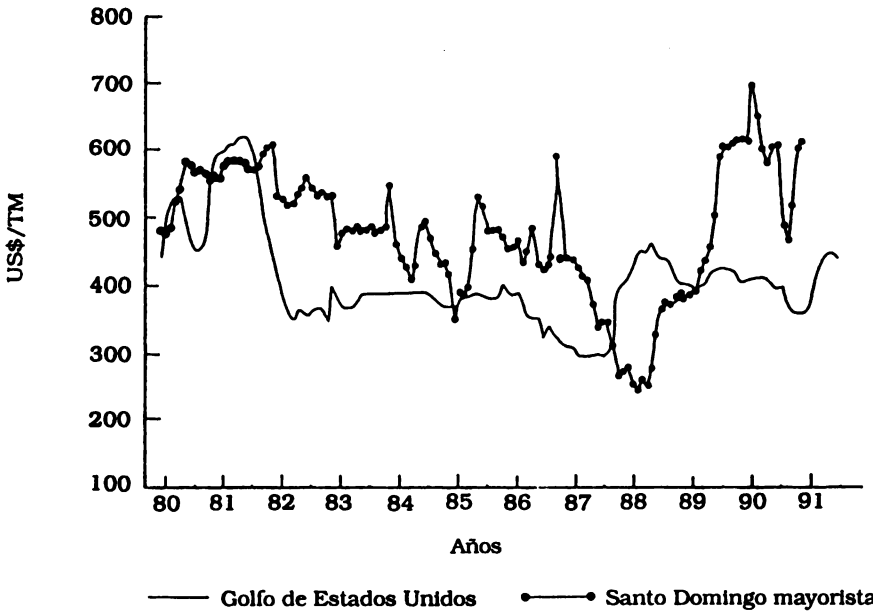


Figura 6. Precios mensuales del arroz en el Golfo de Estados Unidos y Santo Domingo, República Dominicana, 1980-1990.

los años 1988-1989 refleja, en parte, la imposición de controles cambiarios que detuvieron la devaluación nominal y produjeron una revaluación (apreciación) real del peso.

En cualquier caso, es necesario evaluar la transmisión de precios entre el mercado mundial y los mercados locales con técnicas estadísticas de series históricas, un esfuerzo que escapa al alcance de este trabajo.

Tasa real de cambio

La tasa real de cambio es la relación entre los precios de los artículos comerciados internacionalmente y los precios de los que no son comerciados. La tasa real de cambio también se define como la tasa nominal ajustada según los cambios relativos de los precios (o costos) nacionales y de los precios de los países con los cuales República Dominicana comercia y compete (FMI, 1991). Se supone que una depreciación de la tasa real de cambio significa un fortalecimiento del incentivo dado a la producción de artículos comerciados, como es el arroz.

La tasa real de cambio usada en este trabajo es la del FMI, calculada con tasas de cambio en dólares por moneda local, y no, como es usual, de moneda local por dólar. Cuando el índice de la tasa real de cambio sube, significa que la moneda local se ha revaluado frente al resto del mundo; esto puede interpretarse como una baja en la competitividad de la producción nacional. Una baja en el índice indicaría una alza de la competitividad.

En Guyana, la tasa real de cambio experimentó una sustancial revaluación hasta 1985, y ésta pudo contribuir a desestimular la producción de arroz (Figura 7). La depreciación de la tasa real de cambio fue notable y casi no se interrumpió en Ecuador, país donde la producción de arroz ha seguido aumentando.

La tasa real de cambio en República Dominicana se depreció menos que en Ecuador; la producción había crecido vigorosamente hasta 1983 y se estancó durante tres años, pero la continua depreciación de la tasa real de cambio coincidió con un repunte de la producción en 1987. La tasa de cambio en República Dominicana se ha revaluado de nuevo después de 1988, y en esos años la producción ha caído de manera constante.

En la siguiente sección se estudian series históricas mensuales para arrojar más luz sobre la operación de los mercados y sobre el papel desempeñado por los institutos de comercialización en la estabilidad y estacionalidad de los precios.

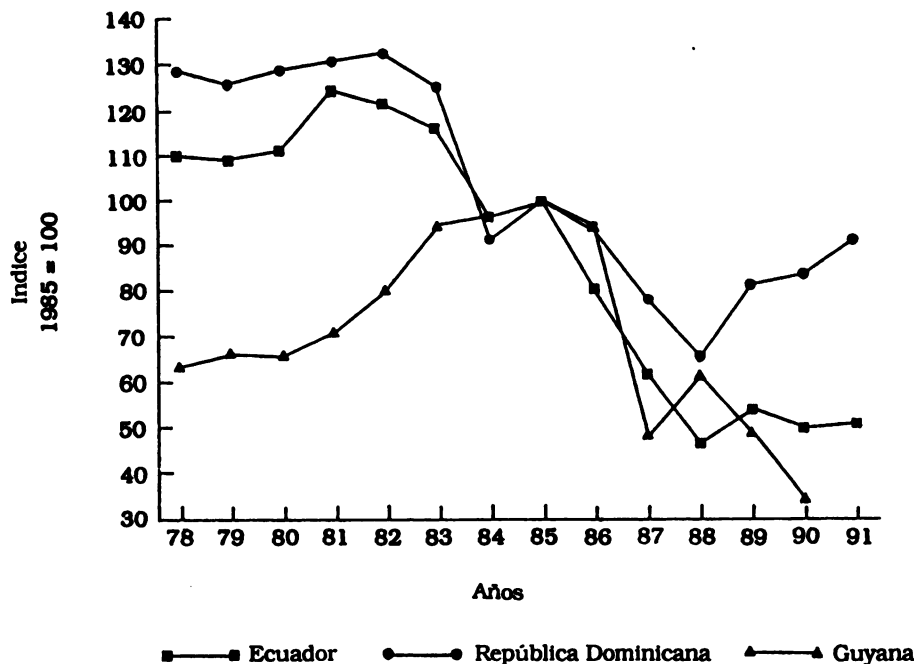


Figura 7. Índice de la tasa real de cambio en Ecuador, República Dominicana y Guyana, 1978-1990. Nótese que un aumento del índice indica una apreciación.

Estacionalidad y Estabilidad de Precios

La intervención gubernamental en el mercado arrocero se ha justificado como medida de estabilización de los precios. En República Dominicana, donde el INESPRES controlaba, en 1980-1985, más de tres cuartas partes de la producción (Quezada, 1988), los precios eran muy estables, con un coeficiente de variación del 7% (Cuadro 3). En Ecuador, la ENAC controlaba apenas 10% (MAG, 1991) y la variación del precio era más grande y estaba cerca de la de EUA. Los precios nominales mensuales fueron menos estables en la segunda mitad de la década pasada, posiblemente por la menor capacidad del gobierno de controlar altos niveles de inventario.

Cuadro 3. Arroz: Coeficientes de variación (%) mensuales, de precios reales mayoristas.

| País | 1980-1985 | 1986-1990 |
|----------------------|-----------|-----------|
| Ecuador | 16.5 | 22.2 |
| República Dominicana | 7.0 | 13.8 |
| EUA | 19.1 | 12.6 |

Nota: Precios nominales observados, sin ajustar, deflactados por el IPC.

El ajuste estacional de una serie histórica consiste en separar las fluctuaciones estacionales de las fluctuaciones cíclicas, de la de tendencia, y de las irregulares. El componente estacional de una serie histórica es la variación interanual, que se repite en forma constante o evoluciona año tras año. El componente de tendencia cíclica incluye variaciones debidas a factores de largo plazo, como la inflación, el progreso tecnológico, el ciclo de los negocios, y otros factores cíclicos. El componente irregular es la variación residual. Este análisis fue hecho solamente para Ecuador y República Dominicana, porque para estos países teníamos series de precios mensuales.

Estacionalidad

El almacenamiento significa costos administrativos y financieros, que a veces son cubiertos, en parte, por la apreciación de los precios después de la cosecha. Los precios mensuales acusan muy poca variación dentro del año en el periodo 1980-1990 (Figura 8). La revaluación dentro de un año no pasaba de 10% a 15%.

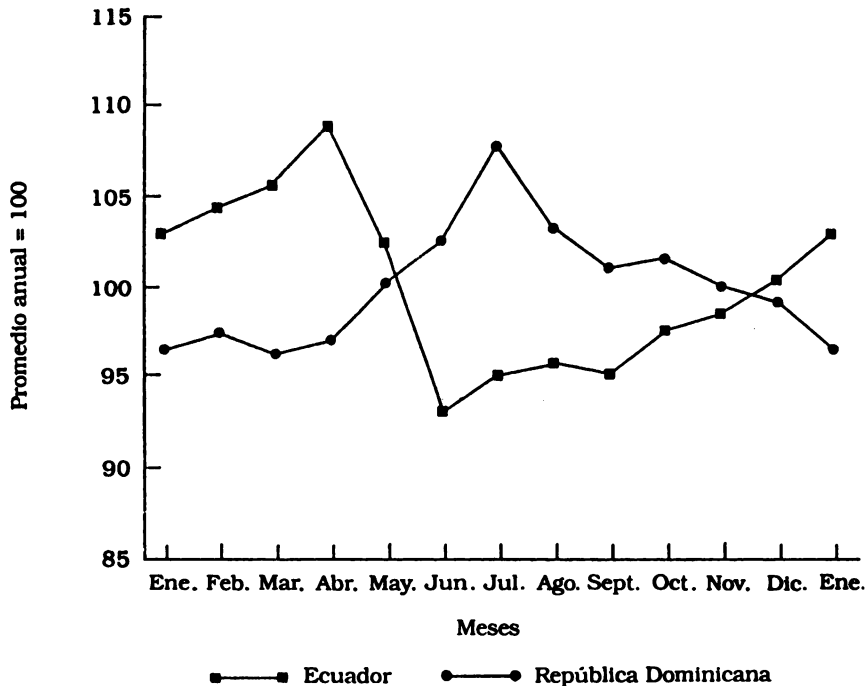


Figura 8. Factor estacional del precio mayorista del arroz en Ecuador y República Dominicana, 1980-1990.

Si el gobierno tiene éxito en estabilizar los precios entre cosecha y cosecha, reduce el incentivo del productor o del molinero para almacenar arroz, y les aumenta el incentivo de vender al gobierno lo más pronto posible. El déficit de los institutos de comercio interno durante la década pasada se debieron, en parte, a la imposibilidad de cubrir los gastos de almacenamiento de sus operaciones de compra. En lugar de percibir una revaluación estacional del valor de los inventarios, los institutos debían vender por debajo del precio de compra.

La amplitud estacional de los precios es mayor en 1990 que en 1980, tanto en República Dominicana (Figura 9) como en Ecuador (Figura 10), y probablemente reflejan el papel secundario que tienen los institutos de comercialización. En República Dominicana, los precios de mercado eran muy estables al inicio de los ochenta; el INESPRES tenía el mandato de comprar arroz a los molineros a un precio fijo, y el molinero quería vender a ese precio sin demora alguna. Al final de los ochenta, el gobierno controla una parte menor de la oferta nacional, y por eso se nota una mayor variación estacional.

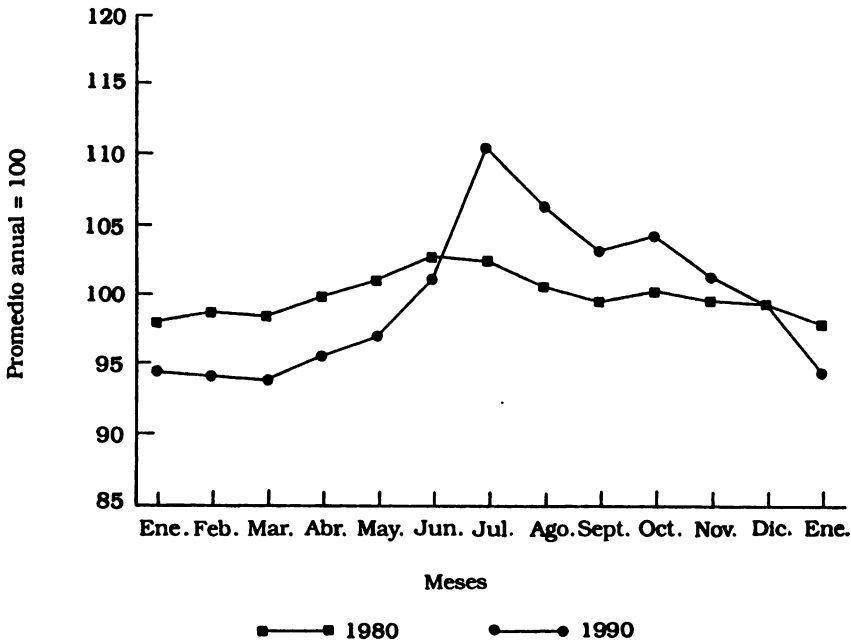


Figura 9. Factor estacional del precio mayorista del arroz en República Dominicana, 1980-1990.

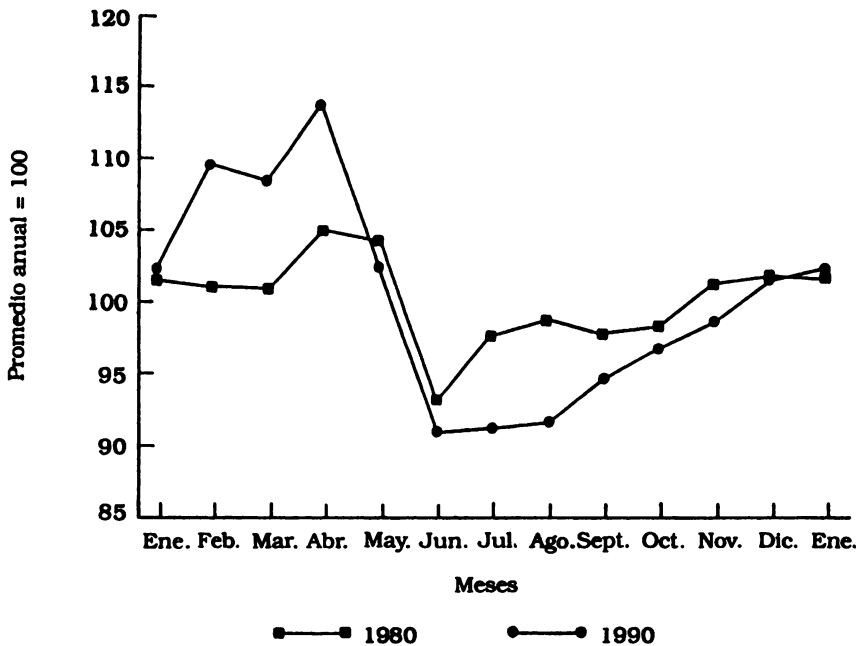


Figura 10. Factor estacional del precio mayorista del arroz en Ecuador, 1980-1990.

La mayor variación estacional inducirá a un mayor almacenamiento privado del arroz; si el estímulo es apreciable, inducirá a los agricultores a secar el arroz por su cuenta antes de venderlo al molinero. Ocasionalmente, el arroz en cáscara que está aún en poder del agricultor servirá como garantía de préstamos. Debe haber un esfuerzo concertado para ayudar al agricultor a aumentar su poder de negociación al momento de la cosecha. El principal argumento para mantener los institutos de comercialización es que protegen a los pequeños agricultores de los bajos precios en la cosecha; hay además presión política para que, por lo menos, algunos logren vender por encima del precio del mercado.

Tendencias

Las tendencias son la parte de la serie que queda luego de retirar el factor estacional y el componente irregular. Usaremos la tendencia en términos reales para aislar también el componente inflacionario de los precios del arroz. En Ecuador (Figura 11), la tendencia del precio real ha tenido altibajos apreciables; éstos hacen pensar que se hubiese logrado más estabilidad en un mercado más abierto, sin la ENAC en la frontera, controlando las importaciones.

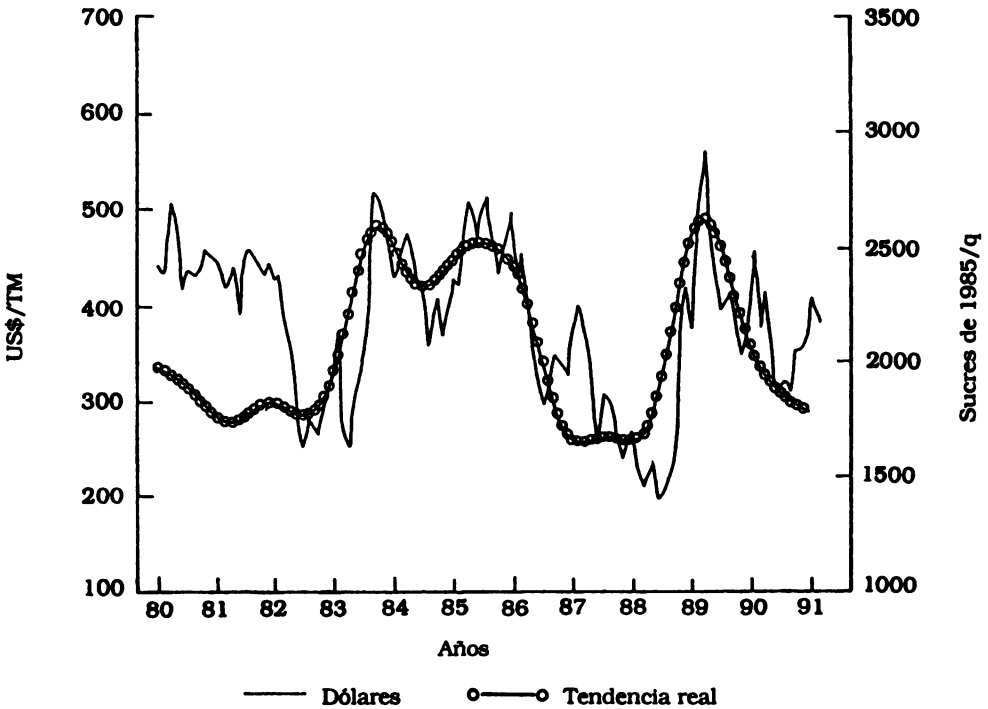


Figura 11. Precio mayorista del arroz en dólares y tendencia real en Ecuador, 1980-1990.

En República Dominicana, la tendencia del precio real muestra altibajos fuertes después de 1986, y una trayectoria descendente (Figura 12). Esta trayectoria de los precios coincidió en algunos años con la revaluación de la moneda, lo que ayudaría a explicar la caída reciente de la producción dominicana de arroz. Esta ha sido afectada también por el desajuste estructural de la economía y por la falta de apoyo a los centros de investigación y extensión arroceras.

Conclusiones

En los tres países estudiados, el principal elemento distorsionador de la economía arroceras es la intervención directa del gobierno en la importación o exportación de arroz. Esta intervención se ejercita a través de institutos de comercio que poseen privilegios de exclusión de otros posibles comerciantes, exoneración de impuestos, y acceso a divisas a tasas de cambio preferenciales. Cuanto más exitosos sean estos institutos, más separada estará la economía arroceras nacional de las fuerzas del mercado mundial, y sus niveles de producción y consumo estarán por debajo de los que regirían en un régimen comercial más abierto. Una distorsión importante de la economía general ha sido la intervención cambiaria, y la consiguiente revaluación de la moneda nacional.

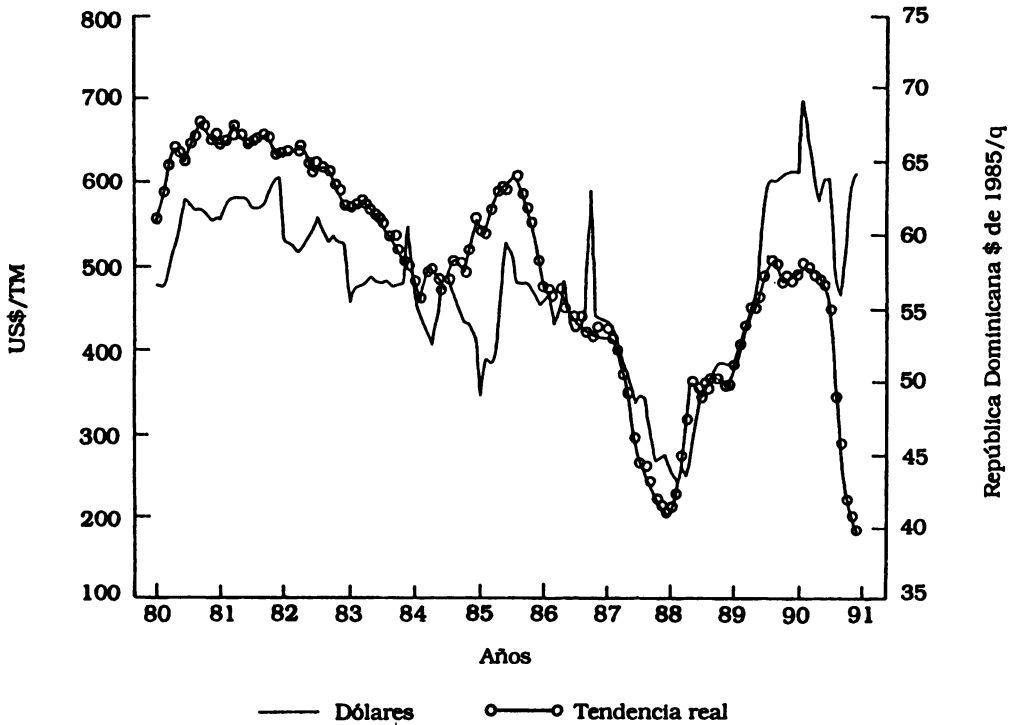


Figura 12. Precio mayorista del arroz en dólares y tendencia real en República Dominicana, 1980-1990.

El arroz es un gran receptor de subsidios gubernamentales en los tres países, tanto en forma de infraestructura como de servicios e insumos. Estos subsidios se entregan a bajo costo con el fin de promover la producción sin aumentar los precios reales del producto. Grandes obras de riego, como presas y canales, construidas con préstamos externos han favorecido áreas con vocación arrocera, pero el agua se ha distribuido a precios que jamás cubrirían el costo de las obras.

La producción de arroz en los tres países se beneficiaría con una apertura al comercio internacional en la medida en que el país pueda producir a la altura de la competencia internacional, aprovechando sus ventajas comparativas como productor. La apertura puede resultar contraproducente, sin embargo, si ocurre con una tasa de cambio sobrevaluada, ya que estaría fomentando la importación o desestimulando la exportación. La apertura sugiere la derogación de los privilegios de los institutos de comercio, el libre comercio sin necesidad de permisos previos, una armonización de políticas entre vecinos (como el arancel similar), un tratamiento uniforme a las importaciones de concesión, y tasas de cambio reales que reflejen las fuerzas del mercado cambiario.

Referencias

FMI (Fondo Monetario Internacional). 1991. Estadísticas financieras internacionales. vol. 44, no. 10. Washington, DC.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1991. Situación y pronóstico para el arroz:1990-1991. Quito, Ecuador.

Quezada, N. 1988. República Dominicana: Modernización del sistema de comercialización. *En* Secretariat of Agriculture, Agricultural Studies Unit. Seminario: Veinticinco años de políticas agropecuarias. Santo Domingo, República Dominicana.

Quezada, N. 1990. Guyana: Rice price and marketing policy: A needed reassessment. Preparado para el Inter-American Development Bank (IDB). Sigma One Corporation, Research Triangle Park, NC.

World Bank. 1990. The World Bank atlas 1990. Washington, DC.

World Bank. 1991a. World debt tables 1990-91: External debt of developing countries; Supplement. Washington, DC.

World Bank. 1991b. World tables 1991. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.

Anexo: Marco Conceptual del Ajuste Estacional

El ajuste estacional en una serie histórica se basa en la suposición de que las fluctuaciones estacionales se pueden medir en las series originales y separarse de las fluctuaciones cíclicas, tendencias e irregularidades. El componente estacional de una serie histórica se define como la variación entre años que se repite a sí misma en forma constante o en evolución de año en año. El componente cíclico incluye las variaciones causadas por factores a largo plazo, como la inflación, el progreso tecnológico, los ciclos de negocios y otros factores también cíclicos. El componente de la irregularidad es una variación residual.¹

O = Serie histórica original

E = Componente estacional

T = Componente de tendencia cíclica

I = Componente irregular (variación residual)

Asumimos que una serie histórica puede ser separada en los componentes que la integran, los cuales se relacionan entre sí de manera multiplicativa:²

$$O = E \times T \times I$$

Entonces, una serie ajustada estacionalmente, $T \times I$, consiste solamente en el componente de tendencia y en el irregular. El resultado de dividir la serie original (O) por un estimado del componente de tendencia (T) se llama la relación E - I, cuyo uso veremos más tarde.

Un método muy conocido para el ajuste estacional de series históricas es el diseñado por la Oficina del Censo de los Estados Unidos³. Para aplicarlo se deben agotar tres iteraciones. La primera tiene tres pasos: el primer paso consiste en obtener un estimado preliminar de la curva de tendencia, aplicando a la serie original un promedio móvil de 12 meses; éste combina valores de 12 meses consecutivos, removiendo así la variación estacional y la irregular; luego se obtiene un estimado preliminar de la relación E - I, dividiendo la serie original por el estimado de la curva de tendencia.

El segundo paso consiste en aplicar un promedio móvil a la relación E - I para estimar los factores estacionales. Después se divide la relación E - I por estos factores estacionales para obtener un estimado del componente irregular. Enseguida se calcula un desviación típica móvil

1. SAS Institute, 1988. SAS/ETS® User's Guide, Version 6. 1st ed. Cary, NC. p. 522-523.
2. Alternativamente, los componentes de la serie podrían estar relacionados en forma aditiva.
3. U.S. Bureau of the Census. 1967. The X-11 Variant of the Census Method II Seasonal Adjustment Program. U.S. Department of Commerce technical paper no. 15. Government Printing Office, Washington, DC.

del componente irregular para evaluar en qué grado se separa éste de lo normal, y se asignan ponderaciones a cada valor; éstas se usarán para modificar los valores extremos de la relación E - I.

Luego se estiman nuevos factores estacionales, aplicando un promedio móvil a la relación E - I modificada. Finalmente, se obtiene una serie preliminar ajustada dividiendo la serie original por estos nuevos factores estacionales. Se obtiene entonces un segundo estimado de la tendencia cíclica aplicando un promedio móvil ponderado a la serie ajustada estacionalmente.

El tercer paso emplea el mismo procedimiento anterior para obtener segundos estimados de la serie ajustada, y mejores estimados del componente irregular. Luego se modifican los valores extremos de este componente irregular, y se obtienen ponderaciones refinadas para la identificación de estos valores extremos.

Estos pasos se repiten en una segunda y una tercera iteración, para conseguir estimados finales del componente estacional, de la serie ajustada estacionalmente, de la tendencia, y del componente irregular.

Comentario

Mercadeo del Arroz en Tres Países de América Latina por Norberto A. Quezada



Adrián González Estrada*

En un mundo en que hay tanta miseria, mucho atraso circundando el desarrollo, y dolorosa ignorancia en las conciencias, esta Conferencia Internacional nos da la oportunidad privilegiada de reflexionar sobre los problemas agrícolas de nuestros países.

El trabajo del Dr. Quezada tiene el mérito de llevar nuestra atención hacia problemas trascendentes y actuales. Aunque su estudio se refiere a tres países distintos, la coyuntura y los problemas a que se enfrentan ellos tienen mucho en común con los de la mayor parte de los países latinoamericanos.

La política comercial que se está gestando en casi todo el globo responde a los profundos cambios que vive la economía mundial, y a la restructuración económica y financiera que se lleva a cabo en las economías más poderosas. La nueva política comercial, la conformación de tres grandes bloques (América del Norte, la CEE, y la cuenca del Pacífico), la liberación del comercio dentro de países miembros, y el fuerte proteccionismo hacia los otros bloques provocarán rápidamente cambios económicos estructurales. Algunos están ocurriendo ya en los países más avanzados; otros países se sentirán forzados a adoptarlos rápidamente. Esta restructuración del sistema económico y comercial del mundo tendrá repercusiones en todos los ámbitos de la vida de los países. Implicará cambios en las relaciones de poder, en las características del estado, en las instituciones nacionales y en todas las esferas de la sociedad.

La evaluación de la política comercial de un país no debe restringirse a la consideración de los aspectos técnicos de la economía. Los beneficios y los costos de los 'proyectos nacionales' se cuantifican cotejándolos con los objetivos nacionales; éstos no pueden tomarse como referencia, pues están asediados por los problemas del cambio económico. Exceptuando a México, Brasil, Argentina, Uruguay y Chile, los países de América Latina definen aún su política económica y comercial partiendo de los objetivos 'nacionales' que asumieron durante la época de sustitución de importaciones y de proteccionismo de la economía nacional. Estos países se encaminan también hacia la apertura y la integración comercial

* INIFAP-CEVAMEX, México.

actuales; no obstante, no pueden considerarla como un simple cambio en la política comercial, porque ella tiene, como ya se dijo, profundas implicaciones sociales, políticas e institucionales.

En las condiciones actuales, es decir, en pleno cambio estructural del sistema económico y comercial del mundo, la evaluación de la política comercial de un país debe tener un carácter más 'omnicomprensivo', o sea, nacional, integral. Esa evaluación no debe ser únicamente económica, sino también social (en el sentido más amplio del término) y política. Debe partir, entonces, de la comprensión y de la explicación científica de la política anterior y de la nueva. La explicación científica de los hechos económicos y, en general, de los hechos históricos a los que aquellos pertenecen, consiste en encontrar las causas de esos hechos, su naturaleza presente, y su tendencia a un desarrollo posterior. Por tanto, el intento de presentar ya sea el proteccionismo o ya el libre cambio como el modelo más racional, es metodológicamente débil. No hay una 'teoría' económica suprahistórica, válida para todos los países y para todas las etapas de su desarrollo. Hay suficiente evidencia en la historia económica contemporánea de que tanto el proteccionismo como el libre cambio son dos momentos, distintos y necesarios, del desarrollo económico de un país. Estos países, cuyo grado de desarrollo es muy variable, están inmersos en un mercado mundial desigual y abigarrado.

El análisis económico es insuficiente, por sí solo, para explicar las múltiples vicisitudes del desarrollo de los países. En consecuencia, la evaluación de la política comercial de cualquier país debe considerar los esfuerzos que el país ha hecho, primero, para constituirse en nación; luego para desarrollarse y fortalecerse; por último, cuando las fuerzas de la economía lo impulsan, para establecer una mayor interrelación y una integración paulatina con otros países. El análisis de la situación concreta de cada país será diferente.

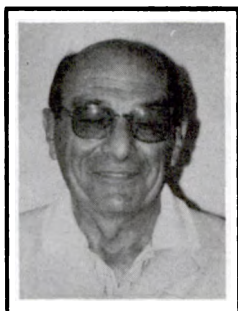
El enfoque histórico-económico es útil también para juzgar los 'proyectos nacionales' de un país, la necesidad —u obsolescencia— de los subsidios que protegen esta o aquella rama de la economía, y la obesidad del aparato gubernamental como origen de los problemas económicos del país. Los economistas suelen olvidar aspectos como los siguientes:

1. La creciente dificultad de los estados para regular la economía no se debe tanto a sus debilidades como al hecho de que los mecanismos de regulación económica han trascendido las fronteras nacionales. Ha ocurrido, en efecto, un proceso de transnacionalización y globalización de la economía. El estado todavía sirve, pero ha cambiado su papel: ahora es promotor garante de los cambios estructurales que requiere la economía.

- 2. El estado no es un obstáculo sino un agente imprescindible del desarrollo económico. En la fase de industrialización de un país, por ejemplo, el estado impone una política proteccionista acompañada de otras medidas; éstas tienden a fomentar el surgimiento y desarrollo de las empresas nacionales, sobre los cuales se erige la soberanía económica.**

Evolución de la Producción y la Exportación del Arroz en Uruguay

Dardo A. Posada*



Resumen

El cultivo del arroz se inició en 1926 y desde entonces ha evolucionado hasta convertirse en un cultivo importante de exportación —el 80% de la producción actual se exporta— como resultado de un incremento de área, rendimientos y producción. Los primeros intercambios se llevaron a cabo con Japón y Cuba y más tarde con la CEE, Israel, Brasil e Irán. Las exportaciones en 1990 se realizaron a Brasil, 262,100 t (89%); Irán, 15,700 t (5%); Europa, 8100 (3%) y otros 9400 (3%). A pesar de que actualmente el mercado mundial está altamente subsidiado, Uruguay ha podido no sólo conservar una fracción importante de este mercado sino recibir precios por encima del promedio por la alta cualidad de su grano. La producción futura de arroz en Uruguay parece estar asegurada. Se siembran más de 110,000 ha; existe tecnología suficiente para que este cultivo complemente otras actividades agrícolas; los inmensos mercados de Brasil y Chile, que no se autoabastecen, están abiertos; y los suelos del país ofrecen ventajas comparativas para el arroz en contraste con otros cultivos.

La agroindustria arrocera de Uruguay es un modelo de organización con vocación netamente exportadora. En 1936 se sembraron 4735 ha cuya producción abasteció totalmente el consumo interno y permitió hacer la primera exportación. Desde entonces el país se autoabastece y se ha afianzado como exportador permanente. La exportación, que comprende el 80% de la producción arrocera, genera al país 100 millones de dólares anuales, que representan aproximadamente el 10% del total de las exportaciones. El arroz ocupa el tercer lugar entre los productos nacionales de exportación después de la carne y la lana, y genera tres dólares de exportación por cada dólar de importación.

El presente documento describe el desarrollo de la agroindustria arrocera uruguaya. Analiza primero históricamente los indicadores del cultivo; caracteriza luego el sector arrocero con una perspectiva tecnológica y legislativa describiendo además la evolución de las exportaciones; relaciona, en tercer lugar, la calidad del producto con los tipos de mercado y éstos con el comportamiento de los organismos nacionales que intervienen en la producción; y descubre, por último, tendencias y perspectivas congruentes con las actuales circunstancias y con el desenvolvimiento del mercado regional integrado.

* COOPAR, S.A. Uruguay.

La Producción de Arroz en Uruguay

Análisis histórico

El análisis de los datos del Cuadro 1 permite distinguir cuatro etapas en el desarrollo del cultivo del arroz. La primera etapa va desde la iniciación del cultivo comercial en el año 1926 hasta el año agrícola 1954-1955; se caracteriza por la rápida expansión tanto del área sembrada como de la producción del cereal.

Cuadro 1. Datos estadísticos del cultivo de arroz en el Uruguay.

| Año agrícola | Area (ha) | Producción (t) | Rendimiento (kg/ha) |
|----------------------|--------------|-------------------|------------------------|
| Primera etapa | | | |
| 1930-31 | 390a | 840 | 2,154 |
| 1931-32 | 670a | 2,550 | 3,806 |
| 1932-33 | 1,040a | 3,125 | 3,005 |
| 1933-34 | 1,220a | 3,500 | 2,869 |
| 1934-35 | 3,500a | 10,500 | 3,000 |
| 1935-36 | 4,735 | 14,695 | 3,103 |
| 1936-37 | 4,621 | 18,978 | 4,307 |
| 1937-38 | 5,461 | 15,894 | 2,910 |
| 1938-39 | 5,480 | 21,426 | 3,910 |
| 1939-40 | 5,358 | 17,376 | 3,243 |
| 1940-41 | 4,586 | 10,985 | 2,395 |
| 1941-42 | 5,295 | 19,605 | 3,703 |
| 1942-43 | 5,558 | 15,499 | 2,789 |
| 1943-44 | 5,265 | 17,328 | 3,291 |
| 1944-45 | 6,437 | 21,031 | 3,267 |
| 1945-46 | 8,687 | 30,580 | 3,520 |
| 1946-47 | 10,145 | 35,170 | 3,467 |
| 1947-48 | 12,576 | 37,240 | 2,961 |
| 1948-49 | 14,373 | 44,947 | 3,127 |
| 1949-50 | 13,693 | 39,969 | 2,919 |
| 1950-51 | 12,371 | 34,402 | 2,784 |
| 1951-52 | 12,818 | 47,124 | 3,679 |
| 1952-53 | 14,502 | 52,518 | 3,621 |
| 1953-54 | 17,364 | 61,724 | 3,555 |
| 1954-55 | 19,794 | 68,398 | 3,456 |
| Segunda etapa | | | |
| 1955-56 | 19,399 | 3,986 | 3,298 |
| 1956-57 | 19,071 | 56,966 | 2,987 |
| 1957-58 | 17,137 | 57,841 | 3,575 |
| 1958-59 | 17,800 | 49,327 | 2,771 |
| 1959-60 | 14,453 | 53,170 | 3,679 |
| 1960-61 | 17,790 | 60,866 | 3,421 |
| 1961-62 | 17,788 | 60,704 | 3,413 |
| 1962-63 | 20,986 | 76,992 | 3,669 |
| 1963-64 | 20,557 | 47,138 | 2,293 |

(Continúa)

Cuadro 1. (Continuación)

| Año agrícola | Area (ha) | Producción (t) | Rendimiento (kg/ha) |
|----------------------|--------------|-------------------|------------------------|
| Tercera etapa | | | |
| 1964-65 | 27,529 | 90,042 | 3,271 |
| 1965-66 | 30,499 | 83,746 | 2,746 |
| 1966-67 | 33,976 | 115,617 | 3,403 |
| 1967-68 | 30,747 | 104,456 | 3,397 |
| 1968-69 | 34,430 | 134,496 | 3,917 |
| 1969-70 | 35,691 | 138,611 | 3,884 |
| 1970-71 | 31,400 | 122,158 | 3,809 |
| 1971-72 | 31,146 | 127,995 | 4,110 |
| 1972-73 | 34,540 | 133,841 | 3,873 |
| 1973-74 | 42,660 | 157,050 | 3,681 |
| 1974-75 | 46,923 | 195,037 | 4,114 |
| 1975-76 | 52,327 | 212,924 | 4,069 |
| 1976-77 | 56,840 | 224,852 | 3,956 |
| 1977-78 | 58,300 | 225,411 | 3,866 |
| 1978-79 | 68,010 | 244,425 | 3,594 |
| Cuarta etapa | | | |
| 1979-80 | 67,476 | 288,688 | 4,278 |
| 1980-81 | 63,249 | 335,034 | 5,613 |
| 1981-82 | 68,695 | 423,856 | 6,170 |
| 1982-83 | 69,937 | 322,802 | 4,616 |
| 1983-84 | 78,906 | 345,608 | 4,380 |
| 1984-85 | 84,929 | 430,235 | 5,066 |
| 1985-86 | 85,749 | 405,769 | 4,732 |
| 1986-87 | 83,253 | 338,266 | 4,068 |
| 1987-88 | 81,237 | 391,188 | 4,815 |
| 1988-89 | 97,178 | 535,394 | 5,509 |
| 1989-90 | 85,522 | 365,407 | 4,428 |
| 1990-91 | 110,000a | 495,000 | 4,500 |

a. Dato estimado.

Las primeras referencias sobre el cultivo del arroz en Uruguay datan de 1869. El primer cultivo comercial se hizo en el Departamento de Paysandú en 1926, y entre los años 1930 y 1935 se organizaron empresas arroceras mayores (CIPA S.A. y Arrozal 33 S.A.) en la cuenca de la laguna Merín. El rendimiento promedio de estas siembras fue de 2966 kg/ha. En 1936 se sembraron 4735 ha cuya producción abasteció totalmente el consumo interno; con un saldo de aproximadamente 2300 t se concretó la primera exportación a un mercado limítrofe. Desde entonces el área se fue incrementando hasta llegar a 10,000 ha en 1947, y a unas 20,000 ha en 1955, mientras que el rendimiento alcanzó 3500 kg/ha.

La segunda etapa finaliza en el año agrícola 1963-1964; en ella los indicadores área y producción se mantienen relativamente constantes. El Banco de la República Oriental del Uruguay aprueba, en 1962, una fórmula estable de financiación del cultivo, que proporciona un impulso vigoroso a la producción.

La tercera etapa va hasta el año agrícola 1978-1979 y se caracteriza por un nuevo crecimiento del área y de la producción. La superficie sembrada es de 20,000 ha en la zafra 1963-1964, asciende a 30,000 ha en 1965, sobrepasa las 46,000 ha en 1975, y llega a 68,000 ha en 1978.

En 1968 el Poder Ejecutivo declara que el cultivo y la industrialización del arroz son de interés nacional, y crea la Comisión Honoraria de Promoción Arroceras, de composición mixta (oficial y privada); en 1973 esta Comisión es reestructurada como Comisión Sectorial del Arroz, y depende del Departamento de Planeación y Presupuesto.

En esta década se produce un aumento significativo en el rendimiento del arroz por la incorporación masiva de la variedad Bluebelle en las zonas arroceras, y por las primeras contribuciones de la investigación nacional. En 1978 se aprueba el Decreto Ley 14.559 —el Código de Aguas— por el Consejo Nacional de Gobierno.

La cuarta etapa va desde el año agrícola 1979-1980 hasta el presente, y se distingue por un continuo incremento del rendimiento, mientras el área se mantiene constante hasta 1983, cuando comenzó a aumentar hasta alcanzar las 100,000 ha en el año agrícola 1990-1991.-

En 1980 se concretan dos hechos de singular importancia para el sector arrocerero:

1. Se firma el Convenio de Cooperación Técnico-Económica entre el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca y el sector privado arrocerero. El ministerio, representado por el Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger (CIAAB), genera y trasfiere tecnología desde la Estación Experimental del Este mediante acuerdos renovados anualmente.
2. Se establece por primera vez un reintegro a la exportación de arroz, que permite exonerar parcialmente de impuestos a los cultivadores; en 1984, éstos fijaron en 27.6% la carga impositiva total indirecta por tonelada de arroz cáscara. En 1986, el Gobierno decretó "devolver, en dólares americanos, el impuesto indirecto por tonelada de arroz exportada". Para el arroz blanco que tenga hasta 5% de arroz quebrado, la devolución era de US\$45.16, y para el arroz

integral US\$35.82. Estas cantidades fueron modificadas para los años agrícolas siguientes (decretos 282/988, 339/988 y del 02.09.88).

En 1982 se obtuvo el más alto rendimiento promedio (6170 kg/ha) en una superficie cultivada de 69,450 ha. En 1989 se obtuvo una cosecha record de 537,954 t en 97,178 ha. El número de productores, que en 1980 era de 384, aumentó en forma constante y llegó en 1989 a 514, distribuidos en 11 departamentos del país.

Características del Sector

El cultivo del arroz se inició para sustituir la importación de este cereal, que es un elemento básico en la dieta de la población; por esto convenía asegurar su abastecimiento pues el mercado mundial estaba sujeto a bruscos altibajos. Los rendimientos logrados, aunados al costo de producción, manifestaron claramente la ventaja comparativa que posee el arroz con respecto a otros cultivos que se producían tanto en Uruguay como en otros países. Como se observa en el Cuadro 2, el rendimiento promedio del arroz en varios lugares del mundo es inferior al obtenido en Uruguay; en otros cultivos no ocurre lo mismo, a excepción del lino.

Cuadro 2. Rendimiento (kg/ha) de diversos cultivos en Uruguay y en otros países o regiones, 1981.

| País o región | Arroz | Trigo | Maiz | Soya | Girasol | Lino |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| Uruguay | 5,236 | 1,143 | 1,338 | 1,324 | 699 | 583 |
| Mundo | 2,855 | 1,914 | 3,373 | 1,751 | 1,182 | 463 |
| Europa | 5,007 | 3,607 | 4,655 | 1,137 | 1,320 | 554 |
| ex-URSS | 3,785 | 1,486 | 2,257 | 579 | 1,086 | 189 |
| Asia | 2,913 | 1,708 | 2,308 | 1,041 | 1,376 | 286 |
| África | 1,752 | 1,160 | 1,455 | 914 | 1,176 | 801 |
| Oceanía | 6,610 | 1,383 | 3,724 | 1,522 | 688 | 1,321 |
| Norte y Centro América | 4,629 | 2,260 | 5,599 | 2,047 | 1,320 | 947 |
| América del Sur | 1,782 | 1,337 | 2,212 | 1,795 | 974 | 715 |
| Argentina | 3,496 | 1,407 | 3,857 | 2,005 | 984 | 720 |
| Brasil | 1,362 | 1,148 | 1,836 | 1,765 | 1,000 | 800 |

FUENTE: FAO Production Yearbook.

El cultivo del arroz representa el 30% del valor total de la producción cerealera, se produce en sólo el 10% del área agrícola nacional, y ocupa el 2.5% de la mano de obra rural. La característica más importante de este sector es su directriz endógena, es decir, se ha organizado con iniciativa y recursos privados, y han actuado en forma solidaria tanto los productores como los industriales.

Estas características del sector arrocero uruguayo explican el rápido incremento de la superficie, del rendimiento, y de la producción.

La Industria Arrocera Uruguaya

La actividad industrial arrocera, por su protagonismo en el desarrollo del sector, merece un análisis especial. Bajo su influencia se han creado condiciones que permiten al sector arrocero tener acceso a los mercados de arroz más exigentes. Para ello, la industria adoptó una visión integral de todo el quehacer del sector, llegando hasta correr el riesgo de la producción agrícola junto con el cultivador.

En un principio, las cooperativas, formadas por un distinguido grupo de productores, impulsaron la investigación agrícola. Con recursos privados se realizaron ensayos para determinar fechas de siembra, densidades óptimas, comparación de variedades, y requerimientos de fertilizantes, insecticidas, y otros insumos. El resto de la industria —pocos molinos en aquel momento— participó del entusiasmo de las cooperativas y desarrolló sus propios planes hasta 1980; en este año el estado emprendió la realización de esas labores. Además de su activa participación en la investigación, la industria arrocera colaboró en la creación de grandes centros de semilla, incluyendo sus instalaciones y su reglamentación.

La industria molinera organizó y avaluó, para los principales bancos estatales y privados, el financiamiento del cultivo, la compra de equipos e insumos, la compra de campos, un plan nacional para la construcción de represas y, por supuesto, la semilla, cuyo manejo eliminó el arroz rojo en el país y habituó al agricultor a usar variedades mejoradas.

La suma de estos factores ha creado las condiciones para la exportación de arroz. Ninguna de las cualidades que distinguen el sector arrocero fuera del país se logró por milagro: todas son fruto de arduo trabajo.

A la industria también le ha tocado un papel protagónico en el cumplimiento de los compromisos internacionales. Se han cumplido estrictamente las condiciones pactadas en todos los negocios desde hace largo tiempo. Además, el sistema de fijación de precios y la confiabilidad de la industria han permitido que, antes de que se reciba un grano de arroz en los molinos, éstos pudieran comprometerse en negocios internacionales que equivalían a 40% ó 50% de toda la cosecha del país. Tenían como único aval su responsabilidad y su educación comercial.

La seriedad que ha puesto el exportador uruguayo en el cumplimiento de los contratos ha tenido también un aprendizaje. Se perdió el mercado de Japón por el embarque de 10,000 t de arroz en pésimas condiciones; se

trabajó desde entonces, durante mucho tiempo, bajo muestras, por análisis de controladores internacionales, y con precios más bajos para el arroz uruguayo. Hoy, respaldados por la producción y la calidad excelentes del arroz, los negocios se cierran por télex conviniendo la fecha, la calidad del embarque, y el peso en destino. No se sabe de reclamo alguno por incumplimiento de las condiciones pactadas.

Evolución de las Exportaciones

Uruguay es un exportador de arroz muy pequeño. La producción mundial de arroz es de 511 millones de toneladas métricas (arroz cáscara), de las cuales Uruguay produce 495,000 t que representan el 0.096%. El arroz que se exporta en el mundo llega a 13 millones de toneladas métricas, y de éstas corresponden a la exportación uruguaya 450,000, o sea, el 3.46%. Estas cifras pequeñas no pueden influir en las tendencias del mercado.

Cuando los precios son altos, Uruguay puede lograrlos por su capacidad de atender, con especialización, los distintos mercados, principalmente los más pequeños. Cuando los precios son bajos, su efecto en la producción de arroz es directo y devastador porque el país no puede subsidiarla internamente por falta de recursos. Esta situación ha obligado a los exportadores privados a emplear, con gran imaginación, infinidad de recursos; de éstos algunos han dado resultados positivos. Como contrapartida por la venta del arroz, el gobierno ha comprado aviones para la fuerza aérea, petróleo y vagones de ferrocarril, y ha negociado distintas carteras con países vecinos a través de diferentes convenios.

Uruguay produjo inicialmente granos cortos y medios, glutinosos, con semilla de origen italiano y brasileño. Se exportó erráticamente a diversos mercados. La calidad del arroz era la que cualquier otro país arrocerero podía ofrecer y, por consiguiente, la competencia era muy fuerte. América Latina era exportadora de arroz: Brasil era entonces el 5º exportador del mundo, lo que dificultaba los mercados regionales, como Chile y Perú. El grano mediano se colocó en el mercado de Canadá, pero éste se perdió más tarde porque Estados Unidos lo abasteció. Los volúmenes vendidos no eran muy importantes para nuestra balanza comercial (Cuadro 3), y los precios no pasaban de US\$150/t FOB.

Exportaciones de arroz moreno

La capacidad molinera instalada en Europa, y las diferencias arancelarias establecidas por ellos, daban ventajas a su importación de arroz semi-industrializado y a granel contra la de arroz blanco pulido; por ello el volumen exportado por Uruguay era de arroz integral. Toda la infraestructura del puerto se especializó con palas cargadoras grandes,

Cuadro 3. Exportaciones de arroz y de sus subproductos en Uruguay.

| Año | Toneladas | Año | Toneladas |
|-------------------|-----------|------|-----------|
| 1936 | 1,939 | 1973 | 64,807 |
| 1937 | 5,424 | 1974 | 71,215 |
| 1938 | 817 | 1975 | 98,328 |
| 1939 | 3,366 | 1976 | 109,088 |
| 1940 | 2,084 | 1977 | 122,480 |
| 1941 | 1,724 | 1978 | 102,387 |
| 1942 | 1,208 | 1979 | 159,864 |
| 1943 | 768 | 1980 | 144,439 |
| 1962 ^a | 26,504 | 1981 | 226,864 |
| 1963 | 16,724 | 1982 | 245,819 |
| 1964 | 22,427 | 1983 | 197,455 |
| 1965 | 18,786 | 1984 | 156,731 |
| 1966 | 45,088 | 1985 | 243,755 |
| 1967 | 41,156 | 1986 | 269,421 |
| 1968 | 21,191 | 1987 | 202,434 |
| 1969 | 71,885 | 1988 | 271,864 |
| 1970 | 37,088 | 1989 | 264,163 |
| 1971 | 69,520 | 1990 | 295,453 |
| 1972 | 43,037 | | |

a. Datos del Banco Central del Uruguay.

FUENTES: Anuario estadístico de la República Oriental del Uruguay. Publicaciones de la Dirección General de Estadística. Comercio Exterior hasta 1943.

cintas cargadoras especiales, y 'trimadoras'-abarroadoras de 1000 t/hora de capacidad. Se pensaba allí casi exclusivamente en términos de arroz integral, y los precios, las elaboraciones, y la evaluación del arroz en cáscara se calculaba partiendo de ese tipo de arroz.

El país elaboró registros de exportación muy precisos desde 1976, y éstos han sido procesados por la Comisión Sectorial del Arroz. Un resumen de ellos se presenta en el Cuadro 4. En él se observa que en 1976 la Comunidad Económica Europea era el mercado líder, seguido de lejos por Israel. Se atribuye esta preferencia de los europeos por nuestro arroz a dos factores primordiales:

Calidad del arroz.

Igual calidad a la del de Estados Unidos, pero US\$10 ó US\$15 menos por tonelada.

En esa época el consumidor europeo elegía decididamente el 'american long grain' por sus excelentes y modernas condiciones de cocción y de paladar. La oferta tailandesa se desestimaba también por dos razones:

Varietades glutinosas al cocinarse.

Precios muy cercanos a los estadounidenses.

Cuadro 4. Evolución de la exportación por país o por región, en años seleccionados.

| País o región | 1976 | | 1979 | | 1984 | | 1990 | |
|----------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | toneladas en '000 | % | toneladas en '000 | % | toneladas en '000 | % | toneladas en '000 | % |
| CEE | 87.9 | 81 | 50.1 | 31 | 16.6 | 11 | 8.1 | 3 |
| Israel | 16.4 | 15 | 5.4 | 4 | — | — | — | — |
| Brasil | 2.2 | 2 | 88.3 | 55 | 2.5 | 2 | 262.1 | 89 |
| Irán | — | — | — | — | 92.6 | 59 | 15.7 | 5 |
| Africa del Sur | — | — | 1.6 | 1 | 20.2 | 13 | — | — |
| Nigeria | — | — | — | — | 8.0 | 5 | — | — |
| Otros | 2.5 | 2 | 14.3 | 9 | 16.8 | 10 | 9.4 | 3 |
| Total | 109.0 | 100 | 159.8 | 100 | 156.7 | 100 | 295.3 | 100 |

FUENTE: Banco Central del Uruguay, Subcomisión reguladora del precio interno del arroz.

Este es un apretado resumen de los hechos; otros elementos, como el transporte, las condiciones de cumplimiento de los negocios, el congestionamiento en Bangkok, los empaques, influyeron también en la preferencia europea.

Aparición del mercado brasileño

En el mercado mundial, los niveles de precios para calidades comparables están dados principalmente por las ofertas de EUA. y Tailandia. Es frecuente también que esa comparación se establezca en posición C.F. Rotterdam. A manera de ejemplo, un informe de nuestro corresponsal en Londres de mayo de 1991 decía:

USA brown rice regular 2/4/73 USD. 16.25 cwt, o sea, S\$358.25/t.

Tailandia rice regular 100 B Loonzain, o sea, US\$365.00/t.

Si Uruguay hubiera cotizado en ese momento, bajo las mismas condiciones, el informe habría sido:

Uruguay brown rice regular 2/4/73, US\$465.00/t, o sea, unos 100 dólares más.

En estos momentos el mercado de Brasil se hizo realidad y desde ahí no se exportó más a otros países, salvo algunas excepciones. Esto explica por qué no se le ha vendido arroz a Irán, a pesar de que este país está dispuesto a pagar de 50 a 60 dólares más que el precio internacional por

el Bluebelle uruguayo, y lo prefiere a cualquier otro arroz de categoría similar. El caso argentino es similar al nuestro, y por ello también dejaron de venderle a Irán.

El primer contacto importante con Brasil fue en 1979 (Cuadro 4). Habíamos observado el comportamiento de ese mercado y lo veíamos muy promisorio en razón de su proximidad, de su alto consumo (9.5 millones de toneladas al año), y de otras afinidades como los convenios de cuentas entre bancos centrales y las de idioma. Había también factores en contra, como los periodos de producción coincidentes, principalmente con Rio Grande do Sul y en Santa Catarina; la emisión, a criterio del gobierno brasileño, de guías de importación, con las cuales se impedía ésta muy fácilmente si así se deseaba; y el desconocimiento de los compradores respecto a los trámites y costos de la importación. Estos factores marcaron dos periodos muy diferentes en la comercialización del arroz con Brasil.

En el primer periodo intervinieron multinacionales que gestionaban y obtenían guías de importación (CACEX), y por ello los negocios se hacían por 60,000 a 100,000 t, que son volúmenes muy grandes para Uruguay, y se cumplían desde agosto en adelante. Estas negociaciones terminaron con la etapa de exportación del arroz integral, y se entró decididamente en la del arroz blanco pulido.

El consumidor brasileño conoció la calidad de nuestro arroz y lo acogió inmediatamente. La agroindustria uruguaya, obligada por los mercados más exigentes a mantener un nivel de alta calidad, actuó de la misma manera con Brasil y entró en competencia con un mercado interno poco cuidadoso en este aspecto. Por otra parte, las variedades patnas con que se atendieron estos negocios son de un proceso de cocción superior al de las variedades del sur de Brasil y, sin duda, son muy superiores a las variedades de secano del centro y del norte de ese país.

En 1980 aparece otro comprador, Irán. Por cuestiones políticas, Irán dejó de comprar el arroz de E. U. y trató de sustituirlo con el de Tailandia y el del Río de la Plata (Argentina y Uruguay). La negociación con Irán tiene una modalidad de intercambio: es un canje ('barter') de arroz por petróleo, del cual Uruguay no produce ni una gota.

Para el estado uruguayo fue relativamente fácil aprovechar este poder de compra porque tenía el monopolio de la refinería; estableció por ello un "acuerdo marco" en el que habilitaba el 80%, es decir, por cada 100 unidades que vendiera Irán, compraba 80 en arroz, manteca, carne, lana, u otros productos. Se estableció un esquema completo de bancos, cartas de crédito, cartas de fiel cumplimiento. Llegó al año 1984, cuando el mayor comprador era Irán, seguido por Africa del Sur y por la Comunidad

Económica Europea (Cuadro 4). Irán fue conquistado también por la calidad del arroz uruguayo, y ha establecido dos condiciones en el negocio:

Sólo se compra la variedad Bluebelle.

Se paga de 10% a 15% más por el arroz uruguayo que por cualquier otro de similar calidad.

Este intercambio continuó hasta el año 1987, se interrumpió en 1988, se reinició en 1989, y decayó drásticamente en el 90 (Cuadro 4). El año 1991 comenzó sin negocios con ese país. De no mediar circunstancias que hoy no podamos prever, es poco probable que se recupere ese mercado, por las siguientes razones:

- 1. El embarque se hace por el puerto de Montevideo. Su costo operativo y su inestabilidad sindical hacen impredecible la continuidad del trabajo; además, la distancia de la mayoría de las industrias al puerto aumenta el costo en US\$10/t, como mínimo.**
- 2. La exigencia de que haya sólo 4% de arroz quebrado crea un costo adicional.**
- 3. La nueva tendencia de no exportar productos (commodities) que resulten en tipos de arroz anónimos, los cuales no ayudan a crear mayor precio por calidad.**

Todos los inconvenientes anotados pueden obviarse en el segundo periodo de mercado con Brasil, es decir, el actual. Desaparecen las dificultades de la guía CACEX, bajan los aranceles a cero, y se comprende plenamente que después de una década de necesidades de importación, Brasil no volverá a su situación anterior de autosuficiencia; además, de las 250,000 a 300,000 t que Uruguay puede venderle son muy pocas para el consumo brasileño. En esta etapa desaparecen las multinacionales y se llega a un comprador que abastece directamente al público, a las cooperativas, a los supermercados y a otros expendios. Exportar el 89% de la producción a un solo país (Cuadro 4) es un riesgo político-comercial; no obstante, de esta situación podemos obtener las siguientes ventajas:

Homogeneización en la elaboración del producto, lo que reduce su costo y mejora su calidad. Actualmente casi todo el arroz blanco pulido de Uruguay es de tipo I brasileño con 10% de quebrado.

Reconocimiento de las marcas, y adhesión del consumidor.

Diversificación de los riesgos, porque el tamaño de los negocios se hizo más pequeño.

Mayor divulgación y reconocimiento de la calidad del producto.

Cambios en la fijación de precios. Inicialmente era F.O.B. puerto de Montevideo, o C.F. (cost and freight); luego se crea la figura F.F. o F.O.B. frontera. Actualmente se trabaja con un 'F.O.B. en planta industrial' o un C.F. con depósito y recibo al comprador.

Aspectos económicos de la exportación

La evolución de la exportación de arroz en Uruguay haría suponer que los productores obtienen mayores ganancias de sus cultivos en la medida en que aumentan el rendimiento y mejoran la calidad del grano. En realidad, hasta hace 20 años nuestros productores obtenían un rendimiento de 3500 kg/ha y cubrían sus costos con 1750 kg de arroz; hoy, en cambio, logran un rendimiento de 5500 kg/ha pero emplean 4500 kg para cubrir los costos.

La Asociación de Cultivadores de Arroz estableció, en junio de 1989, los costos del cultivo de arroz que se presentan en el Anexo. La Figura 1 ilustra la evolución de precios a que se ha vendido el arroz. El precio obtenido actualmente por el exportador es de US\$250/t; si este precio se corrige según el Índice de Precios al Consumidor (IPC) de E. U. equivaldría a US\$93, pero si se expresa en valores reales, corrigiéndolo por la inflación, el precio de venta del arroz uruguayo debería ser mayor que US\$800.

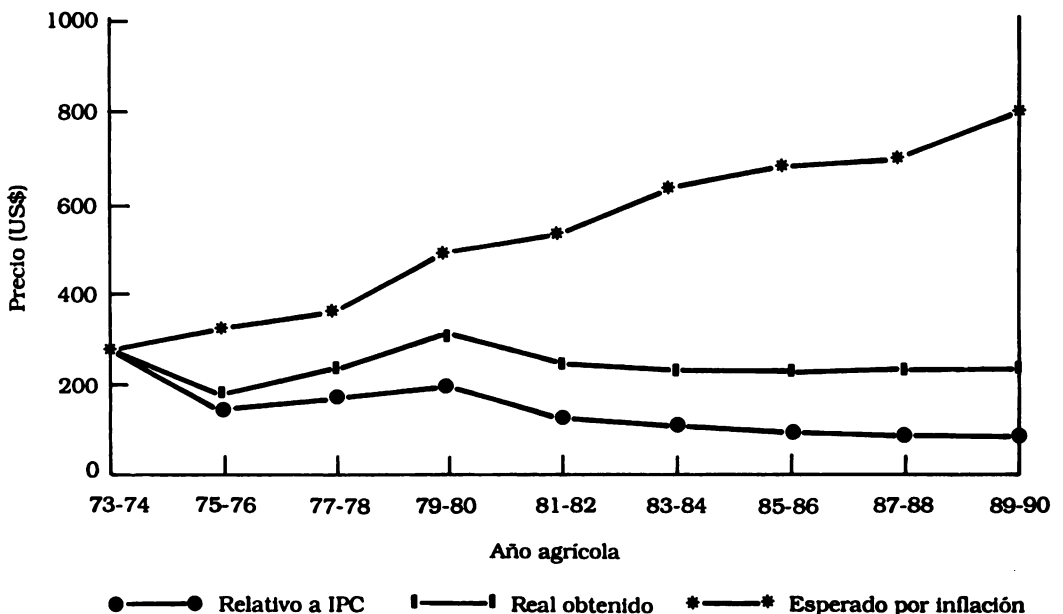


Figura 1. Precios promedio de exportación de arroz en Uruguay, reales y corregidos por el IPC y por la inflación, 1973-1990.

Los índices anteriores indican que cada vez son menos los ingresos recibidos por la exportación de arroz. Si tomáramos el año agrícola 1973-1974 como base 100, la diferencia en dólares corrientes deflactados, en 1989-1990, sería de US\$578. Por consiguiente, si no se incluyen otros elementos en este negocio —como tecnificación o mejores precios— los términos de comercialización llegarán a ser negativos para el productor.

Tendencias y Perspectivas

Para analizar la actual coyuntura, y divisar nuevas perspectivas, debemos dividir el mercado en dos áreas: el mercado mundial y el mercado regional. El primero está altamente subsidiado a pesar de todos los convenios, reuniones y voluntades de gobernantes. De allí que los exportadores uruguayos hayan insistido en la calidad como condición particular de su arroz y, en consecuencia, hayan obtenido fracciones del gran mercado que están dispuestas a pagar más por 'igual' mercadería. Esto es muy claro en Irán y Suecia, pero no lo es tanto en Canarias, Kuwait y Chipre. Es éste uno de los pocos mecanismos válidos contra los subsidios, aunque es insuficiente.

No ocurre lo mismo en el mercado regional. Este pequeño, pero 'gran' sector (para el quehacer mundial o para Uruguay) del mercado está compuesto por Brasil y Chile. El factor común para ambos países es que su producción es insuficiente, tanto en cantidad como en calidad. Normalmente, como política, se procura diversificar; pero esto es muy difícil, cuando la diferencia de precios entre el mercado mundial y el regional es de más de US\$100/t. Cómo se forman los US\$100?. Es la suma de las diferencias, respecto a otros orígenes, en fletes, gastos de ocupación de puertos, pérdidas, atraso en las entregas, aranceles, empaques, conocimiento de la calidad de lo comprado, y convenios entre bancos centrales que obvian encuentros con bancos a los que estos países les deben.

Además, Uruguay está desarrollando una política de marcas. Ya no es suficiente para el exportador uruguayo tener buen nombre frente al comprador: quiere empezar a tenerlo frente al consumidor. Sabemos que esta técnica de mercadeo no es nueva, pero hasta el momento no la habíamos podido aplicar. Hoy las condiciones son diferentes, y las perspectivas son buenas por el nuevo esquema comercial que se plantea entre Paraguay, Brasil, Argentina y Uruguay: el MERCOSUR o Mercado Común del Sur. MERCOSUR intenta constituir un mercado común el 31 de diciembre de 1994, a través de convenios de tipo socioeconómico, de libre circulación de bienes, de servicios y factores productivos, de establecimiento de un arancel externo común, de coordinación de políticas macroeconómicas y sectoriales, de armonización de legislaciones

en las áreas pertinentes, y de fortalecimiento del proceso de investigación. Estas nuevas condiciones podrían alterar los términos de comercialización del arroz uruguayo.

Actualmente el sector arrocero no tiene cupos, no paga aranceles ni soporta ningún recargo o dificultad burocrática para llevar su producto al mercado brasileño; sin embargo, éste será más competitivo desde el momento en que, por ejemplo, los combustibles no paguen los impuestos que hoy se pagan en Uruguay. Un litro de combustible para tractores, camiones y maquinaria pesada en general es de Ur\$0.45 en Uruguay y de Ur\$0.21 en Brasil.

Se espera que, en 1995, cuando se perfeccione este convenio y suene la señal de largada, se mantengan muchas de las áreas pequeñas —dentro del gran ámbito comercial brasileño, argentino o paraguayo— que ya fueron ganadas gracias a marcas muy conocidas. Este será, sin duda, un factor más para prescindir, ojalá definitivamente, del mercado mundial subsidiado.

Otro elemento que puede actuar en el futuro son los productores de arroz, tanto de Brasil como de Chile. La explicación es la siguiente: si los costos de producción en el Brasil son comparables a los de Uruguay, el mercado para nuestro arroz es Brasil; sabemos que este país no es capaz de autoabastecerse, y menos con arroz de calidad homogénea. Brasil produce arroz de muy baja calidad en áreas de secano, y no quiere que su abastecimiento de arroz dependa de este sistema, que tiene muchos riesgos. Esta intención es muy importante, porque de los 10 millones de toneladas de arroz en cáscara que necesita ese país, sólo 3.5 millones de toneladas se producen en el sur con riego.

El sistema se basa en la premisa de que los aranceles para terceros países, entre los cuatro socios de MERCOSUR, sean suficientes para propiciar la producción en el área sin perjudicar el consumo. Esto no es tan claro como se hubiera deseado, ya que los aranceles brasileños y argentinos están bajando.

Se considera que la producción futura de arroz en Uruguay está asegurada por las siguientes razones:

1. Se plantan anualmente 110,000 ha, y el total de recursos, creando reservorios de agua, es suficiente para cultivar aproximadamente 400,000 ha.
2. Hay tecnología suficiente para incorporar el cultivo del arroz a la explotación ganadera y lechera; por tanto, su presencia no será un sustituto, sino un complemento del actual panorama agropecuario.

3. **Tal vez faltan productores en Uruguay. Ahora bien, a causa del déficit arrocero de Brasil y de su política de prescindir del cultivo de secano, está ocurriendo una emigración de cultivadores hacia Uruguay y el norte de Argentina; ellos traen consigo sus equipos, y son ejemplo real de una integración regional.**
4. **Los mercados de Brasil y Chile están aquejados por insuficiencia crónica (cuantitativa y cualitativa).**
5. **La actividad económica se hará homogénea en la región por la programación de MERCOSUR; esto significa que todos los productores se ajustarán a una medida uniforme (relación costo/precio).**
6. **La región arrocera uruguaya posee condiciones sanitarias, térmicas, lumínicas, agrícolas y de suelos que dan ventajas comparativas al arroz con respecto a otros cultivos, y a esta región con respecto a otras.**
7. **Este será un mercado autosuficiente y no estará subsidiado, lo que le dará una sanidad económica total.**
8. **Aumentará la ocupación de mano de obra en el interior, la cual hasta el momento ha seguido una tendencia regresiva. En 300,000 ha más se creará trabajo para 20,000 familias.**

La exportación futura se guiará por los siguientes parámetros:

1. **Todo el incremento que se obtenga en la producción será exportable, ya que nuestro mercado interno está satisfecho desde hace muchos años.**
2. **Se ha elegido el camino de la alta calidad y se mantendrá, porque es el que crea mejores condiciones económicas. Por ello se insistirá siempre en desarrollar mejores variedades, crear plantas industriales, mejorar los métodos de empaque.**
3. **Partiendo de los índices actuales, el ingreso que recibirá el país por la exportación de arroz será de aproximadamente US\$450,000,000.**
4. **La presencia de Uruguay en el mercado mundial será prácticamente nula; las excepciones a esta regla no pueden preverse en este trabajo.**

Anexo. Costos de producción del arroz* (equipos y operaciones), junio 1989, Uruguay.

| Variable | Precio |
|--|---------------|
| Cotización del dólar (pesos) | 588.00 |
| Tasa de interés anual (%) | 3.00 |
| Valor bolsa de zafra (pesos) | 5,292.00 |
| Valor bolsa de zafra (dólar) | 9.00 |
| Tamaño promedio de chacra (ha) | 150 |
| Rendimiento en verde (kg/ha) | 6,136 |
| Rendimiento en seco (kg/ha) | 5,485 |
| Rendimiento equivalente (bolsa/ha) | 109.70 |
| Alquiler de tierra (bolsa/ha) | 8.00 |
| Trasportes y operaciones | |
| Distancia de chacra a recibo (km) | 70 |
| Tractor (HP/ha) | 1.73 |
| Horas tractor (incluye nivelación) | 9.30 |
| Gasoil o diesel, lt (incl. nivelación) | 130.70 |
| Gasoil o diesel, lt (riego levantes) | 249.60 |
| Gasoil o diesel, lt (cosecha) | 55.00 |
| Tractor, todo el ciclo (hora/ha) | 11.30 |
| Secado, % (conversión verde a seco) | 4.50 |
| Fletes cortos (peso/km) | 80.00 |
| Fletes largos (peso/km) | 48.00 |
| Avión asperja urea (peso/ha) | 4,704.00 |
| Avión para herbicidas (peso/ha) | 5,292.00 |
| Insumos | |
| Semilla (dólar/bolsa) | 17.80 |
| Fertilizante 13-40-0 (dólar/t) | 275.00 |
| Urea (dólar/t, IVA incluido) | 246.40 |
| Stam LV 10 (dólar/lt) | 3.10 |
| Ordram 6E o molinate (dólar/lt) | 5.90 |
| Maquinaria agrícola | |
| Nivelación (0.6 bolsa/ha) | 3,351.60 |
| Personal contratado (peso/jornal) | 2,953.00 |
| Tractor 100 HP | 19,198,200.00 |
| Tractor 80 HP | 12,054,000.00 |
| Arado de 5 rejas, 14" | 3,045,840.00 |
| Arado de 3 rejas, 14" | 1,264,200.00 |
| Rastra de 40 discos | 2,205,000.00 |
| Rastra de 32 discos | 1,969,800.00 |
| Rastra de espuelas | 693,840.00 |
| Sembradora a voleo | 382,200.00 |
| 'Talpero' de cuatro discos | 2,034,480.00 |
| Camioneta cargadora | 12,318,600.00 |
| Motor Perkins de 80 HP | 4,574,640.00 |
| Motor Perkins de 50 HP | 4,163,040.00 |
| Bomba centrífuga de 300 mm | 3,234,000.00 |
| Correa plana | 658,560.00 |
| Tubería de 400 mm | 373,380.00 |
| Cosechadora granelera | 29,988,000.00 |

(Continúa)

Anexo. (Continuación)

| Variable | Precio |
|---|--------------|
| Carreta granelera | 1,999,200.00 |
| Zorra de dos ruedas para 3500 kg | 664,440.00 |
| Medidor de humedad | 352,800.00 |
| Equipo de taller | 1,969,800.00 |
| Galpón | 8,761,200.00 |
| Asesoría técnica (5 jor.tec./año) | 15,925.00 |
| Asesoría contable (1 salario min./mes) | 49,500.00 |
| Retiros personales (US\$500/mes) | 294,000.00 |
| Vehículo utilitario | |
| Filtro de aceite | 3,358.00 |
| Filtro de combustible | 5,087.00 |
| Filtro de aire | 7,221.00 |
| Neumáticos | 8,537.00 |
| Cámaras | 9,429.00 |
| Tractor John Deere | |
| Filtro primario combustible | 3,150.00 |
| Filtro secundario combustible | 3,150.00 |
| Filtro de aceite | 3,566.00 |
| Filtro de transmisión | 1,576.00 |
| Filtro de aire | 22,267.00 |
| Tractor Ford | |
| Filtro de combustible | 3,150.00 |
| Filtro de aceite | 3,358.00 |
| Filtro de transmisión | 1,576.00 |
| Filtro de aire | 22,267.00 |
| Motor Perkins 80 HP | |
| Filtro de combustible | 3,150.00 |
| Filtro de aire | 1,006.00 |
| Motor Perkins 50 HP | |
| Filtro de combustible | 3,150.00 |
| Filtro de aire | 1,006.00 |
| Cosechadora | |
| Filtro primario combustible | 1,200.00 |
| Filtro secundario combustible | 1,000.00 |
| Filtro de aceite | 1,915.00 |
| Filtro de aire | 14,846.00 |
| Capataz y aguador | |
| Sueldo con alimentación y alojamiento por mes | 72,867.00 |
| Aguinaldo (prestación navideña) | 3,900.00 |
| Salario vacacional | 1,222.00 |
| Licencia | 2,600.00 |
| Peón especializado | |
| Sueldo sin comida | 41,665.00 |
| Sueldo con alimentación y alojamiento | 67,272.00 |
| Aguinaldo (prestación navideña) | 3,472.00 |
| Salario vacacional | 1,088.00 |
| Licencia | 2,314.00 |

(Continúa)

Anexo. (Continuación)

| Variable | Precio |
|---|----------|
| Otras reservas | |
| Horas extra, personal permanente | 376.14 |
| Aporte patronal (150 ha, índice 100 CONEAT) | 6,060.00 |
| Combustible y lubricantes | |
| Gasol o diesel | 242.00 |
| Aceite de cárter | 922.00 |
| Aceite diferencial | 1,427.00 |
| Aceite de transmisión | 986.00 |
| Aceite hidráulico | 986.00 |
| Grasa | 1,070.00 |
| Engrase | 1,130.00 |
| Vehículo utilitario | |
| Operación/km | 44.60 |
| Técnico relevamiento topográfico | 2,234.40 |
| Gastos relevamiento | 446.88 |
| Bulldozer | 25.00 |
| Honorarios nivelación | 3,351.60 |

a. Con excepción de donde se indica, los costos se dan en el nuevo peso uruguayo (N\$).

FUENTE: Asociación de Cultivadores de Arroz, Uruguay, junio 30, 1989.

Comentario

Evolución de la Producción y la Exportación del Arroz en Uruguay por Dardo A. Posada



Nelson Larrea Lora*

El minucioso trabajo elaborado por el Dr. Dardo A. Posada nos permite apreciar el funcionamiento de una industria arrocera orientada al mercado internacional.

En Uruguay, el trabajo en equipo de productores y agroindustriales arroceros —inusual en nuestros países latinos— ha permitido aprovechar, de la mejor manera posible, las condiciones excepcionales de que goza el cultivo del arroz en ese país; ellas le permiten lograr rendimientos que son altos, comparados con los promedios mundiales, con los de América del Sur, o con los de países vecinos como Argentina y Brasil que en una época compitieron con Uruguay en la exportación de arroz.

Es preciso resaltar que el 80% de la producción actual de arroz es exportable. Este cereal genera en Uruguay de 80 a 100 millones de dólares anuales de divisas, y ocupa por ello el tercer lugar entre los productos de exportación nacional. El valor producido por una hectárea de arroz es igual a 38 veces el de la ganadería tradicional.

No está de más mencionar el apoyo de la política gubernamental de este país. Se estableció primero la no exportación de impuestos, y se aseguró, mediante legislación la devolución de impuestos indirectos que se aplicaban al valor F.O.B. de las exportaciones de arroz. Estas medidas contribuyeron sin duda al desarrollo del cultivo.

Es encomiable la presencia permanente de Uruguay como exportador de arroz desde el año 1936. En esa época logró autoabastecerse y concertar simultáneamente su primera exportación. Asimismo, es notable el aumento del área sembrada, el incremento de su producción y productividad, y la permanente preocupación por mejorar la calidad del arroz para adecuarse rápidamente a las exigencias del mercado internacional.

* Secretario Ejecutivo, Junta Nacional de Arroz, Perú.

El esfuerzo inicial del sector privado por hacer investigación agrícola estableció, a la postre, una nueva era arrocerá en Uruguay; el estado, a su vez, se esforzó por crear y transferir tecnología arrocerá. Uno y otro contribuyeron a que el rendimiento del cultivo, la calidad del grano y, por ende, los ingresos económicos se incrementaran.

La producción arrocerá uruguayá supo ubicarse rápidamente en los diferentes segmentos del mercado arrocerá internacional. Inicialmente se exportó arroz glutinoso de grano corto y medio a mercados erráticos. Analizado el mercado, y conocida la fuerte competencia internacional en la calidad del arroz que se ofrecía en ese mercado en diferentes épocas, se solicitó apoyo gubernamental y se intercambié arroz por un ferrocarril (Japón), por azúcar (Cuba), por maquinaria agrícola (URSS), y por petróleo (Irán); así se dieron incentivos a la producción. Cuando la Comunidad Económica Europea estableció, en 1976, ventajas a la importación semi-industrializada y a granel (diferencias arancelarias) para aprovechar su capacidad molinera, Uruguay exportó un gran volumen de arroz cargo y llegó a especializarse mucho en este tipo de exportación.

La calidad y el menor precio del arroz uruguayo (de US\$10 a US\$15 por tonelada) permitieron exportar, en esa oportunidad, el 81% de la producción como arroz cargo a la CEE. Cuando Estados Unidos y Tailandia ofrecieron mejores precios, puesto que estaban subsidiados, para arroz de calidad similar, Uruguay entendió que su mercado natural era Brasil, y eventualmente Chile; ambos países son productores y consumidores de arroz, pero no se autoabastecen. Brasil es un gran consumidor de arroz, y ofrece fácil acceso terrestre a Uruguay. Además, en Brasil tiene buen prestigio la calidad del arroz uruguayo; este prestigio ha sido ganado palmo a palmo con el desarrollo de la política de marcas y la de no exportar 'commodities' o arroces anónimos (generalmente subsidiados).

Esta política permitirá que Uruguay se afiance, a mediano plazo, en el MERCOSUR, y adquiera una posición estratégica entre los países integrantes de ese pacto (Brasil, Argentina, Paraguay) tanto a nivel de importador como de consumidor. En la medida en que haya oferta exportable, o intercambiable, de arroz de Uruguay y de otros países de América del Sur y del Caribe, esa política contribuirá a que no se prescindá significativamente de los arroces subsidiados; éstos deben complementarse, a su vez, con un adecuado manejo arancelario que proteja la producción arrocerá de las regiones mencionadas.

La posible elevación de los costos de producción del arroz en Uruguay —así como en otros países— deberá contrarrestarse con incrementos en el rendimiento, con el aprovechamiento del potencial productivo de las variedades de alto rendimiento, y con buena calidad molinera y culinaria.

Estos objetivos se pueden lograr aplicando adecuadamente los paquetes tecnológicos que elabore la investigación arrocerá, y complementándolos con una buena transferencia de tecnología.

En resumen, la amplia experiencia de Uruguay como exportador de arroz a nivel internacional es un ejemplo para los países de esta región; éstos pueden generar excedentes de arroz en épocas coincidentes o que no son de cosecha. La experiencia de Uruguay nos enseña que, exportando calidad, se logran buenos precios y se penetra adecuada y permanentemente en el mercado.

Debe elogiarse la participación especial en la producción de los agroindustriales arroceros de Uruguay, quienes corren con los riesgos económicos juntamente con los productores campaña tras campaña. Este ejemplo debe seguirse en muchos de nuestros países.

Felicito, finalmente, al autor de un trabajo bien explicado y documentado, que contribuirá sin duda a que muchos profesionales se ilustren en el mercadeo y en la exportación de arroz; éstos ayudarán a mejorar la vida de muchos productores y agroindustriales arroceros en sus respectivos países.

QUINTA SESION
PLANEACION Y CONCLUSIONES

Recomendaciones de los Grupos de Trabajo

Moderador: Walter Ramiro Pazos*

Durante la última sesión de la conferencia, se solicitó a los miembros de la red que se agruparan de acuerdo con los ambientes de arroz y la distribución geográfica. Los grupos conformados fueron el Caribe (arroz irrigado y climas áridos), México y América Central (principalmente secano favorecido), Cono Sur (irrigado y climas subtropicales), Zona Andina (irrigado y secano favorecido) y Brasil (secano). Los temas escogidos para la discusión fueron la relación entre INGER y los programas privados de mejoramiento y la participación de la red en la generación de variabilidad genética. Se dio especial atención a la propuesta de iniciar un programa regional de selección recurrente.

I. México y América Central

El grupo estuvo de acuerdo en que INGER debe avanzar hacia la generación de variabilidad genética.

1. El grupo apoya la propuesta de implementar el proyecto de selección recurrente. Es necesario, por tanto, considerar los siguientes aspectos:
 - a. Nuestros países no podrían aportar recursos económicos, que son ahora muy escasos.
 - b. En la elaboración del proyecto, el coordinador de INGER aplicará plenamente el método científico.
 - c. Se evaluarán periódicamente los avances del proyecto.
 - d. Se incluirán en el proyecto los países que tengan características que contrasten (salinidad, alcalinidad, temperatura), para que la interacción entre el medio ambiente y los genotipos se exprese en toda su intensidad.
 - e. El coordinador de INGER designará sus colaboradores en los países que se seleccionen, para que haya flujo de información en ambos sentidos.
 - f. Se tendrá particular cuidado de que las actividades de este proyecto no dupliquen los programas de mejoramiento del IRRI y del CIAT y se eviten así pérdidas de tiempo y de recursos económicos.

* Coordinador, Programa de Arroz, ICTA, Guatemala.

2. Nuestros programas servirán para caracterizar los progenitores empleados en los proyectos de mejoramiento.
3. Considerar el intercambio de poblaciones segregantes generadas en los programas nacionales como objeto de interés para los países que cuenten con recursos para manejarlas.
4. El Dr. Rafael Trujillo, de México, propuso un proyecto de inducción de mutaciones, de tipo cooperativo; uno de sus objetivos principales sería elevar el potencial productivo del arroz de riego.

II. El Caribe

1. Se discutió la relación entre INGER y el sector privado, y se propusieron tres opciones:

| Propuesta | Votos |
|---|--------------|
| a. Continuar con el método de distribución del germoplasma actual | 3 |
| b. Distribuir abiertamente el germoplasma a cualquier entidad nacional que lo solicite (sector privado, universidades, personas particulares) | 1 |
| c. Revisar la política actual de INGER sobre la distribución del germoplasma | 4 |

2. Se aprobó que INGER participe en el desarrollo del germoplasma sin dejar de apoyar la distribución de las líneas avanzadas, porque algunos países no podrán manejar materiales segregantes.

III. Cono Sur

Se discutió la conveniencia de implantar una actividad de mejoramiento basada en la selección recurrente, que involucre los países de esta región (Rio Grande do Sul en Brasil, Uruguay, Chile y Argentina); la coordinación correspondería a INGER.

Tal propuesta se consideró perfectamente válida, y muy interesante para la región. Las restricciones cuarentenarias podrían dificultar el intercambio de germoplasma; además, en los países mencionados hay diferencias en la manera de generar y utilizar el germoplasma.

En este momento no sería recomendable iniciar un programa de mejoramiento de selección recurrente que integre los países de la región; hay que definir primero la facilidad con que cada país puede producir y comercializar el arroz.

IV. Brasil

1. El esquema tradicional de intercambio de germoplasma debe ser mantenido, porque hay diferencias en la estructura de los diversos programas nacionales.
2. INGER debe apoyar también la generación de germoplasma; tratará de atender las diferencias regionales; y establecerá líneas de acción que respondan a cada situación, así:
 - a. Caracterización de progenitores.
 - b. Intercambio de generaciones segregantes.
 - c. Selección recurrente.
3. INGER debe propiciar la integración de investigadores que tengan intereses comunes en ciertos aspectos del mejoramiento; se necesitan, por ejemplo, metodologías específicas para mejorar la resistencia a la sequía o al frío. Se intercambiarán materiales con estas características, y se promoverán talleres especiales.
4. Considerando las alteraciones del panorama económico mundial y la apertura de los mercados regionales al comercio internacional, hay que revalidar —a nivel de INGER— la integración de la iniciativa privada con el sector público. Debe estudiarse la legislación vigente en cada país en busca de una estrategia general.

IV. América tropical

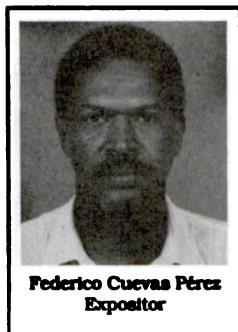
Después de analizar y discutir las propuestas que está desarrollando INGER, el grupo recomienda las siguientes:

1. INGER continúa con el intercambio actual de material genético.
2. Este grupo se integra en una red regional con el fin de fortalecer la investigación que solucionará problemas comunes.
3. El grupo andino desarrolla material segregante derivado de cruzamientos planificados, en los cuales participarán progenitores de la región caracterizados genéticamente.

4. **Se reactiva el estudio de tecnologías que eleven la eficiencia de los fertilizantes.**
5. **INGER apoya la búsqueda de financiación para implementar las anteriores recomendaciones.**

Proyección de INGER en América Latina

Federico Cuevas Pérez
Durvasula V. Seshu*



Resumen

Los acontecimientos políticos y económicos del mundo están afectando la investigación agrícola y, por lo tanto, las actividades de las redes que trabajan en esta área. La red INGER empezó en América Latina en 1976 como IRTP, con el propósito de diseminar un tipo de planta mejorado de arroz desarrollada por los Centros Internacionales de Investigación en Agricultura. Desde entonces se ha aumentado la participación de materiales desarrollados por los Programas Nacionales y el intercambio de información sobre evaluaciones de germoplasma. Se sugiere que INGER adicione actividades de desarrollo de germoplasma. Estas incluirían la planeación conjunta de cruzamientos y la evaluación colaborativa de poblaciones segregantes con un esquema de selección recurrente para aumentar el potencial de rendimiento del arroz. Un programa regional de mejoramiento de arroz podría, por tanto, tomar ventaja de instituciones sólidas ya existentes y ayudar a INGER a mantenerse como un mecanismo efectivo de mejoramiento de arroz.

Analizando los acontecimientos ocurridos desde la última reunión internacional sobre el arroz, es preciso admitir que el mundo ha cambiado en forma significativa. En puntos muy alejados de nuestra región latinoamericana se observan cambios: el mapa del Este de Europa, por ejemplo, ofrece una perspectiva distinta como resultado de la reunificación alemana y de la redefinición de la Unión Soviética. En América Latina, una ola de apertura económica y de privatización, y la conformación de zonas de libre comercio, afectan la actividad agrícola tanto a nivel nacional como regional. En el campo científico también se perciben vientos de cambio, principalmente como resultado de las nuevas tecnologías biológicas y de su potencial para desencadenar una segunda revolución verde. Los centros internacionales de investigación agrícola también están ajustando su estrategia para situarse mejor en el nuevo escenario mundial. El Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz (IRRI) decidió organizar la investigación dentro de una matriz: los ecosistemas arroceros definen las columnas y las disciplinas definen las hileras. En el área de fitomejoramiento, el IRRI propone novedosos tipos de planta con capacidad para aumentar el potencial de rendimiento hasta niveles nunca vistos en los cuatro ecosistemas principales, y capaces también de mantener esos niveles (IRRI, 1989). El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), por su parte, plantea el establecimiento de

* Investigador, IRRI-América Latina, y Coordinador Mundial, INGER, respectivamente.

una nueva división de recursos naturales cuyo objetivo será desarrollar sistemas de cultivo para los márgenes de bosques, las sabanas y las laderas (CIAT, 1989). Por consiguiente, sería muy razonable pensar que estos cambios afectaran el funcionamiento en América Latina de la Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER).

Modelo de Investigación de INGER-América Latina

Antes de la fundación de la red arrocera latinoamericana, y en los años 50 y 60, las principales fuentes de germoplasma para los cultivadores e investigadores del arroz de América eran Surinam y Estados Unidos (Efferon, 1964); posteriormente, el IRRI desempeñó esa función (CIAS, 1968). De ese período se destacan las variedades Nilo —introducidas desde Surinam a El Salvador y de ahí a otros países de América Central y del Caribe— y la diseminación de la variedad IR8 en toda la región.

El principal precursor de INGER fue el programa iniciado por la Fundación Rockefeller junto con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). En 1967, la Fundación envió a uno de sus científicos a trabajar en Colombia, asignándole la responsabilidad adicional de desarrollar actividades cooperativas con otros países de la región (IRRI, 1968). Con la iniciación de las actividades del CIAT, en 1969, la capacitación en arroz se intensificó, y los materiales mejorados se diseminaron por medio de los profesionales que participaban en los eventos de capacitación.

El intercambio de germoplasma se hacía, casi siempre, en una sola dirección: aquélla que promovía la distribución y el uso de materiales semienanos generados por los centros internacionales. Este modelo de investigación agrícola y de transferencia de tecnología es el que Biggs (1990) llama "fuente central"; su funcionamiento se basa en una estructura jerárquica en que las instituciones reciben un área de mandato (internacional o nacional) y se especializan en ciertos tipos de investigación (básica, aplicada o adaptativa). El flujo de información en la dirección contraria se llama retroalimentación. A pesar de que, al iniciarse el Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina (IRTP), en 1976, se reconoció la importancia de la nominación de materiales por parte de los programas nacionales (IRTP, 1976), el germoplasma generado por los países de la región no sobrepasó entonces el 6% del material distribuido; sólo 10 años más tarde llegó a 16% (Cuevas Pérez, 1990).

La idea de que las innovaciones pueden llegar de fuentes diversas llegó a la red en fecha relativamente reciente (INGER-América Latina, 1990). El Comité Asesor de INGER discutió la factibilidad de aumentar el flujo de información entre los diferentes países, y sugirió que se fortaleciera la pre-evaluación del germoplasma en diferentes países; que se hiciera la recolección y distribución de la literatura arrocera latinoamericana; y que

se iniciara la investigación cooperativa y la búsqueda de mecanismos para intercambiar poblaciones segregantes. Obsérvese que casi todas estas sugerencias tienen como objetivo ampliar la red latinoamericana más allá del intercambio de viveros. Este cambio de modelo, promovido por los miembros, podría permitir a INGER mantenerse como un instrumento efectivo en el cambiante mundo de hoy.

Desarrollo de la Red Latinoamericana

Resumiendo las experiencias del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) sobre las redes, Winkelman (1987) utilizó el agrupamiento sugerido por el Programa Especial para la Investigación Agrícola en África (SPAAR); en él se definen tres grupos de redes y se indica que éstos representan etapas de desarrollo. La primera etapa se dedica a fortalecer el intercambio de información; en la segunda se organizan reuniones en las cuales los participantes intercambian ideas sobre temas de interés común; y en la tercera se realizan el establecimiento conjunto de prioridades, la planificación, la implementación, y el seguimiento de proyectos definidos, incluyendo cierta división de responsabilidades.

Creemos que INGER ha estado en la segunda etapa de desarrollo ya desde sus inicios. Los cambios efectuados hasta ahora han tratado de mejorar la efectividad del intercambio de germoplasma e información, haciéndolos más específicos para la región. La pregunta que nos hacemos ahora es si INGER-América Latina debe iniciar la tercera etapa definida por SPAAR; en caso contrario, esas actividades de planificación se restringirían a las redes subregionales ya existentes o en proceso de desarrollo, como PROCISUR, CRIN y PROCIANDINO. Otro interrogante es si el modelo de consorcio definido en Asia (IRRI, 1991) debe incorporarse a la región. Creemos que este último sistema es capaz de aprovechar al máximo el modelo de fuentes múltiples que dan origen a innovaciones, ya que exige de sus miembros cierto nivel de competencia y compromiso. Este requerimiento no existe en las redes tradicionales, que consideran suficiente la mera manifestación de interés para considerar a alguien como miembro; más aún, no es compromiso formal de los miembros contribuir con información a la red.

La propuesta de Coffman et al. (1991), presentada al principio de esta Conferencia (pág. 33), destaca la necesidad de inyectar fondos externos a los programas nacionales que tengan el personal y las condiciones suficientes para contribuir al mejoramiento de arroz en nuestra región; reconoce también la propuesta los problemas económicos que nos aquejan y el gran capital humano disponible. La implementación de esta recomendación podría contribuir al fortalecimiento de los programas oficiales de mejoramiento de arroz; sin embargo, no considera los programas privados de mejoramiento, de reciente aparición, los cuales

pueden debilitar los programas oficiales porque compiten por el personal experimentado. Será muy difícil para estos programas gubernamentales ignorar la existencia de los privados, especialmente por la política del gobierno central, que les da incentivos. Lo mismo podría decirse de la Red, ya que actualmente los requerimientos para ingresar a ella no van más allá de la demostración de interés.

Programa Regional de Selección Recurrente para Arroz

Hasta ahora, la actividad de intercambio de germoplasma de INGER ha estado dirigida hacia la evaluación de líneas avanzadas; éstas podrían convertirse en variedades o en progenitores en los programas nacionales de mejoramiento. Recientemente, Seshu (s.f.) demostró que la Red era prácticamente un programa de selección recurrente, ya que con las líneas de INGER que los programas nacionales emplearon como progenitores se desarrollaron otras líneas; éstas fueron nominadas, a su vez, en los viveros, y otros programas las usaron como variedades o progenitores. En América Latina, el caso más reciente de utilización de materiales introducidos para desarrollar líneas aprovechadas más tarde por otros programas es la variedad cubana J 104. Esta fue seleccionada de un cruzamiento realizado por el programa nacional de Perú, en 1969-70, entre las líneas IR480-5-9-2 e IR930-16-1, introducidas del IRRI a finales de la década de los 60. Los ciclos de este sistema de selección recurrente son relativamente largos; J 104, por ejemplo, se identificó en Cuba en 1981, y sólo recientemente se han incorporado a los viveros INGER líneas cubanas con J 104 en su pedigrí.

El intercambio de líneas avanzadas para identificar entre ellas variedades ha sido criticado por varios autores, especialmente Hernández (1989 y 1990). La preferencia por los materiales segregantes se ha manifestado en varias ocasiones, justificada por el beneficio que reporta la identificación 'in situ' de los genes de adaptación. Esta permanente sugerencia, unida al cambio de modelo propuesto para INGER por el comité asesor, y a la propuesta de Coffman et al. (pág. 33), indican que la mejor solución no es la distribución de poblaciones segregantes que hacen los centros internacionales. Si se considera que los programas nacionales de la región realizan una cantidad considerable de cruzamientos (INGER, 1991), la contribución de todos los países podría ser una mejor opción.

La selección de progenies provenientes de cruzamientos planificados en otros lugares, y basada en evaluaciones de progenitores cuya importancia se desconozca, permite identificar genotipos adaptados localmente; sin embargo, podría requerir de mucho esfuerzo. Lo ideal sería obtener poblaciones de cruzamientos planificados conjuntamente. Este método

ha sido explotado en forma bilateral por el CIAT, para Chile y Brasil, (CIAT, 1991) con considerable éxito. Cuando este método se aplique en forma multilateral, se podría resolver el eterno problema de la distribución de poblaciones segregantes dentro de INGER.

Proponemos entonces iniciar un programa de selección recurrente en América Latina cuyo objetivo, que todos compartimos, será aumentar el potencial de rendimiento del arroz de riego. Primero, se identifican las entidades que cuentan con recursos y quieren comprometerse a hacer cruzamientos; de éstos obtendrán datos de potencial de rendimiento para la planeación de cada ciclo de selección. Segundo, para seleccionar los progenitores que se necesitan en los cruzamientos, se invitará inicialmente a cada participante a nominar su material más rendidor. Tercero, se definen las etapas del flujo de materiales; por ejemplo, el participante que hace los cruzamientos y multiplica la F_1 , la generación en que se harán las evaluaciones de rendimiento, y el número de líneas que se reservarán para la recombinación en el siguiente ciclo.

Este programa requiere planificación conjunta y excluiría a aquellos participantes que no cumplan con los requisitos mínimos de recursos técnicos; permitiría, por tanto, añadir la tercera etapa al INGER, y daría participación en él a los nuevos programas que están surgiendo en la región latinoamericana. Las líneas que se obtengan podrían incorporarse a proyectos de cruzamientos o a sistemas de evaluación de variedades dentro de cada programa. Se podría contemplar además un sistema conjunto de evaluación del rendimiento, con el propósito de incorporar nuevas fuentes a los ciclos de recombinación del programa de selección recurrente.

Referencias

- Biggs, S.D. 1990. A multiple source of innovation model of agricultural research and technology promotion. *World Dev.* 18(11):1499.
- CIAS (Centro de Investigaciones Agrícolas de Sinaloa). 1968. Investigación agrícola en Sinaloa. Informe de labores 1966-1967. Culiacán, México. 107 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1989. CIAT in the 1990's: A strategic plan. Cali, Colombia. 58 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. Rice program 1986-1989 report. Working document no. 92. Cali, Colombia. 404 p.
- Cuevas Pérez, F. 1990. Participación en INGER del germoplasma de programas nacionales de América Latina. *En Informe INGER-América Latina: Primer semestre 1990.* (Bilingüe.) CIAT, Cali, Colombia. p. 131-135.

- Efferson, J.N. 1964. New developments in rice in Central America and Panama. *Rice J.* (July):6-10.
- Hernández Leyton, J. 1989. Utilización en el Perú de los recursos genéticos de arroz desarrollados por los centros internacionales. *En Programa de Pruebas Internacionales de Arroz (IRTP) para América Latina. Evaluación cooperativa del germoplasma de arroz en América Latina.* CIAT, Cali, Colombia. p. 234-247.
- Hernández Leyton, J. 1990. Sugerencias para mejorar el rol de INGER en la ampliación de la base genética del arroz en América Latina. *En Informe INGER-América Latina: primer semestre 1990. (Bilingüe.)* CIAT, Cali, Colombia. p. 167-178.
- INGER (Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz). 1990. Informe INGER-América Latina: Primer semestre 1990. (Bilingüe.) CIAT, Cali, Colombia. 400 p.
- IRRI (International Rice Research Institute). 1967. Annual report 1967. Los Baños, Laguna, Filipinas. p. 308.
- IRRI (International Rice Research Institute). 1989. Planning for the 1990s. Los Baños, Laguna, Filipinas. 72 p.
- IRRI (International Rice Research Institute). 1991. Scientific consortia: IRRI, NARS, and ADB launch a new era in rice research. *IRRI Rep.* 1-91:1-2.
- IRTP (International Rice Testing Program) for Latin America. 1976. First conference report. CIAT, Cali, Colombia. 30 p.
- Winkelmann, D.L. 1978. Network: Some impressions from CIMMYT. *En ISNAR (International Service for National Agricultural Research). The impact of research on national agricultural development.* La Haya, Holanda. p. 125-134.

POSTERS:
RESUMENES

Conservación de las Variedades de Arroz Liberadas en América Latina y el Caribe

L. E. Berrio Orozco
D. I. González Tous
F. Cuevas Pérez*

Durante el período 1956-1991 se han liberado 310 variedades de arroz en América Latina y el Caribe. Aunque muchas de ellas no se siembran actualmente, es importante conservar su identidad para usarlas más tarde. Los cambios de variedades de arroz, tanto a nivel comercial como experimental, implican posibles contaminaciones de la semilla y, por consiguiente, un descenso en la pureza varietal. La semilla de buena calidad está relacionada directamente con la productividad de los cultivos, y representa, además, una herramienta confiable para el investigador en sus ensayos. Desde 1987, INGER-América Latina estableció un sistema de producción para obtener semilla genética de las diferentes variedades comerciales de arroz sembradas en América Latina y el Caribe. A partir de siembras hechas en CIAT-Palmira, bajo condiciones de riego-trasplante, de diversas variedades de arroz, se inició este proceso del modo siguiente: a) se cosechan 100 panículas individuales por variedad, y se observan luego en el laboratorio descartando las que están fuera de tipo, principalmente por la forma y el color del grano; b) las panículas seleccionadas se desgranar, y el grano se coloca en sobres individuales para secarlo y almacenarlo; c) la semilla de cada panícula se siembra en una hilera en camas de 1 m de ancho, y luego se trasplantan las plántulas a surcos de 5 m de largo; d) durante la fase vegetativa se hacen observaciones permanentes para eliminar las hileras o surcos que estén fuera de tipo; e) en la fase reproductiva se descartan aquellos surcos que muestren diferente ciclo; f) de cada variedad se cosechan 100 panículas individuales, de las cuales se obtendrá semilla genética en el futuro; g) la cosecha masal de todos los surcos uniformes de cada variedad constituye la semilla genética, que se usará para producir la semilla fundación o semilla básica. De este material, una vez seco y limpio, se conservan 2 kg en un cuarto frío durante 2 ó 3 años. Un registro sistematizado de existencias de semilla de cada variedad da información completa en un momento dado. En el momento hay semilla de panículas de más de 100 variedades, para obtener material genético. El gran número de actividades que atiende INGER-América Latina no permiten obtener semilla genética de más de 15 ó 20 variedades cada año; por eso INGER trabaja con las que tienen mayor demanda. Es importante que todos los miembros de INGER compartan el germoplasma mejorado que tengan; así preservaremos, para el futuro del arroz, la verdadera identidad de las variedades y el esfuerzo hecho por los investigadores para obtener un producto de alta calidad.

* Asistentes de investigación e Investigador, IIRRI-América Latina, respectivamente.

Las Variedades de Arroz de México y su Variabilidad Genética

R. Ortega Arreola
D. I. González Tous
L. E. Berrío Orozco
E. P. Guimarães
F. Cuevas Pérez*

Durante el período 1985-1990, la superficie sembrada con arroz en México fue, en promedio, de 157,000 ha. Los tres sistemas de cultivo empleados fueron riego y trasplante (RT), riego y siembra directa (RSD), y temporal o seco (T). El mejoramiento del arroz comenzó en el país en 1949, y gracias a él se han nombrado más de 42 variedades durante el período 1956-1991. El objetivo de este trabajo es conocer la base genética de dichas variedades; para ello se estimó el número y el porcentaje de contribución de los cultivares tradicionales que intervinieron en el desarrollo de ellas. En la metodología empleada se considera que el aporte de cada progenitor en un cruce simple es de 50%. Para buscar las relaciones entre las variedades se construyó un árbol genealógico. Se analizaron las variedades por sistema de producción: 6 del RT, 24 del RSD y 12 del T. En el primer grupo, la variabilidad, hasta 1983, estuvo concentrada en el cultivar Jojutla, y se manejó mediante selecciones individuales; actualmente la base genética está formada por 18 materiales de los cuales Jojutla Comercial aporta el 53.6%. En el segundo grupo (sistema RSD), 22 cultivares tradicionales responden por su variabilidad genética; 43.3% de los genes provienen de Dee-Geo-Woo-Geen, Pa Chiam, y Marong Paroc. El grupo del arroz de temporal es el más diverso: hay 39 cultivares tradicionales en su genealogía, de los cuales Pa Chiam y Marong Paroc aportan 15.9% y 13.3%, respectivamente. Un grupo de ocho cultivares tradicionales: Cina, Dee-Geo-Woo-Geen, Lati Sail, Marong Paroc, Pa Chiam, Tadukan, Tangkai Rotan, y Tsai Yuan Chon, provenientes de cinco países, fueron comunes a los tres sistemas de producción, y su contribución total fue 57%. Los cultivares Cina, Dee-Geo-Woo-Geen y Lati Sail contribuyeron con 22% de los genes. Cabe destacar que estos tres cultivares dieron origen a la variedad IR8.

* Asistente de investigación, INIFAP, México; Asistentes de investigación, INGER-América Latina, Colombia; Mejorador, Programa de Arroz, CIAT, Colombia, e Investigador, IRRI-América Latina, respectivamente

Determinación del Contenido de DNA en Especies y Variedades de Arroz

C. P. Martínez
K. Arumuganathan
E. Earle*

La variación en el contenido de DNA entre especies, y aun dentro de ellas, es grande. La masa total de DNA del núcleo de una célula se llama "tamaño del genoma" o valor C (1C = haploide; 2C = diploide). Durante mucho tiempo se creyó que ese valor era constante. Sin embargo, en varias especies (maíz, sorgo, lino, pimienta, etc.) se han encontrado variaciones en el contenido de DNA. Este estudio se hizo para investigar si tales diferencias existen en arroz, y para determinar la ploidía de plantas de arroz derivadas del cultivo de anteras. Se escogieron 10 especies y 117 cultivares, que se sembraron en bandejas en cámaras de crecimiento. Se utilizó la técnica de 'citometría de flujo' (flow cytometry) para estimar la cantidad de DNA por núcleo. Se tomaron muestras de 15 a 20 mg de hojas, de plántulas de 20 a 30 días de edad, para aislar los núcleos empleando soluciones bófer. Los núcleos se tiñeron con yoduro de propidio (PI), y mediante un EPICS Profile Analyzer se determinó la fluorescencia media emitida por ellos; este valor se convirtió a picogramos (pg). Hubo diferencias significativas entre las especies: *Oryza minuta*, *O. latifolia*, *O. grandiglumis*, *O. australiensis*, *O. ridleyi*, *O. eichingeri*, *O. officinalis*, *O. sativa* (IR36), *O. longistaminata*, y *O. glaberrima* tenían 2.329, 2.324, 1.997, 1.992, 1.938, 1.174, 1.148, 0.856, 0.783 y 0.766 a 0.735 pg DNA por núcleo, respectivamente. *O. ridleyi* presentó tres genomas de distinto tamaño. En promedio, las variedades de tipo indica tuvieron más DNA por núcleo (0.903) que las de tipo japónica (0.875), y presentaron además mayor variabilidad. Las de arroz riego tuvieron más DNA (0.878) que las de arroz de secano (0.846); las variedades sembradas bajo condiciones de riego tropical tuvieron más DNA (0.878) que las sembradas en regiones templadas (0.843). El arroz de riego tropical y el de secano favorecido tuvieron valores similares. Las variedades IR36 y BR-IRGA 409 respondieron en forma diferente, en cuanto al contenido de DNA, cuando se sembraron en sitios distintos. Las plantas derivadas del cultivo de anteras presentaron diferentes niveles de ploidía; las plantas haploides, diploides y tetraploides tuvieron 0.42 a 0.44, 0.84 a 0.88, y 1.69 a 1.78 pg DNA por núcleo, respectivamente. Los datos indican que existen diferencias significativas entre las especies de arroz, y aun dentro de la especie *Oryza sativa*, y concuerdan con la gran variabilidad observada en el arroz. El ambiente modifica el contenido de DNA.

* Fitomejorador, Programa de Arroz, CIAT, Colombia, y Especialistas en cultivo de tejidos, Universidad de Cornell, EUA, respectivamente.

Aplicaciones del Cultivo de Anteras al Mejoramiento del Arroz

Z. Lentini
C. P. Martínez*

La incorporación al fitomejoramiento de plantas dobles haploides (DH) generadas por cultivo de anteras (CA) reduce a dos generaciones de selección el proceso de obtención de líneas homocigotas de arroz. Este trabajo discute dos temas: a) el uso del CA como herramienta para acelerar el desarrollo de las líneas mejoradas; y b) la eficiencia de producción de DH debe adquirir un nivel aceptable en mejoramiento. En un proyecto colaborativo con el INIA, de Chile, varias plantas F_2 provenientes de cruces triples de las variedades Diamante, Oro y Lemont fueron procesadas por CA. En un ciclo de cultivo se logró desarrollar germoplasma tolerante al frío, de desarrollo temprano, y con buena calidad de grano. El procesamiento por CA de plantas F_1 altamente estériles puede emplearse también para incrementar los recombinantes fértiles. Mientras que en sólo uno de cuatro cruces amplios se obtuvieron 4 líneas por el método de pedigrí, mediante CA se generaron de 42 a 163 líneas. Con esta técnica se obtuvo del cruce CT 6241-17-1-5-1 (de secano) x *Oryzica 1* (de riego) un material que combina raíces gruesas y profundas con grano de buena calidad, buen potencial de rendimiento, y tipo de planta para riego. Los haploides dobles se utilizan también para estudiar por el método de RFLP, en mapas de genes, los genes de resistencia al virus de la hoja blanca, piricularia y a sogata (*Tagasodes orisiculus*). La metodología desarrollada en el CIAT permite el procesamiento de 10,000 anteras/día por persona. Modificaciones hechas recientemente en el protocolo incrementaron la eficiencia de los materiales japónica —cuyo porcentaje de respuesta es alto— de 330 a 740 DH por 10,000 anteras. Un progreso sustancial se obtuvo también con el CA de los materiales indica; sin embargo, la respuesta de este germoplasma recalcitrante es todavía inferior a la óptima requerida para trabajos de selección.

* Biólogo y Fitomejorador, Programa de Arroz, CIAT, Colombia, respectivamente.

Cultivo de Tejidos como Técnica de Apoyo para el Mejoramiento del Arroz de Tipo Indica

M. L. Batalla Villegas*

En Morelos, México, el arroz sólo puede cultivarse una vez al año aumentando el costo del programa de mejoramiento. El tiempo necesario para liberar una variedad es de 8 a 10 años. En el CIFAP-Morelos hay un laboratorio para cultivo de tejidos que puede contribuir a reducir los costos de la investigación en la zona central del país a pesar de las

dificultades que presenta el cultivo *in vitro* del arroz de tipo indica. Hay tres objetivos: a) obtener líneas homocigóticas a corto plazo; b) determinar la eficiencia relativa de producción de callos y de regeneración de plantas verdes de las variedades Morelos A70, A83 y A88, con diferentes dosis de radiación gamma; y c) desarrollar somaclones de las mismas variedades. Se utilizaron semillas F_1 de 20 híbridos regionales y de las variedades Morelos A-70, A-83 y A-88, irradiadas con ^{60}Co a 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 krad durante 1.8 min, y también semillas maduras (el escutelo) de los materiales anteriores sin irradiar. Se siguió la metodología del laboratorio de CIFAP-Morelos para la siembra de anteras y semillas, y para el manejo de callos y plantas verdes *in vitro*. Se evaluaron diferentes medios específicos para anteras y tejido escutelar. El mayor porcentaje de inducción de callo de los 20 híbridos se obtuvo con los medios SK_8 y N6-1. Se lograron plantas verdes con 6 híbridos y plantas albinas con otros 6. En las variedades irradiadas con ^{60}Co hubo respuesta callogénica y regeneración de plantas verdes en Morelos A70, A83 y A88, a 5, 10 y 15 krad. Del tejido escutelar se obtuvieron callos embriogénicos y plantas verdes. De los cinco medios utilizados para el cultivo de anteras el mejor fue el N6-1, que dio origen a un gran número de callos embriogénicos; para obtener plantas verdes, el mejor fue SK_{11} , y para el tejido escutelar, el MS_3 que permitió el crecimiento de callo en las variedades A70, A83 y A88. Los medios SK_8 , CIFAP-MOR, B_5M , y MS_5 dieron bajo porcentaje de callos embriogénicos.

* Investigadora, INIFAP, México.

Mejoramiento Genético del Arroz en Guyana

B. Forde
V. Lalbachan
O. Paul
J. S. Nanda*

La variedad de arroz Rustic predomina en Guyana y se cultiva en un 70% de la zona arrocera. La demanda de esa variedad en el mercado de exportación es alta a causa de las características de calidad de su grano. Sin embargo, es altamente susceptible a la piricularia. La incidencia de la enfermedad en las regiones productoras de arroz se ha hecho más frecuente y pone en peligro la producción arrocera del país. Este informe presenta los esfuerzos realizados por el Instituto Nacional de Investigación Agrícola, desde 1989 hasta 1991, con ayuda técnica del PNUD/FAO, para desarrollar variedades con alto potencial de rendimiento de grano, con resistencia a piricularia, y con grano de calidad deseable tanto para la exportación como para el mercado interno. El programa de mejoramiento varietal del arroz del instituto tiene dos objetivos: a) la introducción de germoplasma mejorado, y su evaluación para identificar una o más líneas que se sembrarán a gran escala o se utilizarán en hibridación; b) el

desarrollo de germoplasma mejorado a través de un programa intensivo de hibridación y siguiendo el método del pedigrí. En total, 322 líneas de germoplasma mejorado fueron introducidas y evaluadas. Las principales fuentes de introducción fueron el CRIN, el CIAT y el IRRI. Todo el germoplasma introducido se evaluó respecto a sus características agronómicas en los viveros de observación. De él se utilizaron 20 líneas como progenitores en la hibridación, y 58 líneas para una evaluación en ensayos de rendimiento repetidos. Una de las líneas introducidas, la IR 44624-127, se está sometiendo a una evaluación crítica de su resistencia a la piricularia, y podría ser recomendada, en poco tiempo, para su liberación. Para mejorar el germoplasma nativo, se hicieron 77 cruzamientos entre 16 materiales nativos y 20 líneas exóticas. De 1989 a 1991, se cultivaron 1520 líneas de pedigrí, 81 líneas fijas se evaluaron en viveros de observación y 67 en ensayos repetidos de rendimiento. Quince líneas mejoradas por el Instituto fueron designadas por el CRIN para una evaluación crítica en el INGER. NAR 151F3-4-4 se encuentra en una etapa avanzada de pruebas. En conclusión, dos líneas mejoradas, es decir, la IR44624-127 y NAR151F-3-4-4, serán nombradas posiblemente como variedades. Se han establecido además fuertes vínculos con el CRIN, el CIAT y el IRRI, para hacer un intercambio efectivo de germoplasma que facilite el desarrollo de un programa nacional dinámico de mejoramiento del arroz.

* Líder del Programa, Asistentes de Investigación, NARI; Fitomejorador y Especialista en Genética, FAO, Guyana, respectivamente.

Calidad del Grano en el Arroz de Riego y de Secano en México

L. Delgado
L. Tavitas Fuentes
O. C. Ramírez*

En la década de los 70 se iniciaron en México las primeras investigaciones sobre el arroz de secano, y actualmente se estudian algunas variedades con resistencia a la sequía; estos materiales deben cumplir además dos requisitos: que el grano sea largo, y que tenga buena calidad molinera y culinaria. Los cultivares de arroz de riego se seleccionan por su alto porcentaje de grano pulido, traslúcido y de alto contenido de amilosa, parámetros difíciles de incorporar a las líneas que poseen resistencia a la sequía. Este estudio se inició para determinar algunos parámetros que indiquen diferencias de calidad del grano entre las líneas de riego y las de secano. Los materiales evaluados eran líneas con resistencia a la sequía, procedentes de Brasil, y líneas de riego del Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz (IRRI). Ambos materiales se sembraron en el Campo Experimental de Zacatepec, Morelos, México, en condiciones de riego y de sequía, en el ciclo de cultivo de 1984. Se encontraron

diferencias estadísticas para grano yesoso, para consistencia de gel; las determinaciones de grano entero, de amilosa y de álcali no mostraron diferencias entre ambos materiales. En el contenido de proteína se encontraron niveles más altos en los materiales de riego, aunque los hubo también en algunos de secano que poseen sin duda este carácter genético. Los materiales resistentes a la sequía tienen granos yesosos de mejor calidad que los de riego. El rendimiento de grano entero pulido radica en una característica genética de los progenitores que se emplearon para hacer los cruzamientos, aunque recibe la influencia de la humedad y de las condiciones ambientales. Respecto a la calidad culinaria y proteínica del grano de los materiales con resistencia a la sequía y de los materiales de riego, se hallaron diferencias únicamente entre las líneas.

* Investigadores, INIFAP, México.

Mejoramiento Genético del Arroz en la Región Central de México

J. Salcedo Aceves*

En la región central de México se cultivan, mediante el sistema de riego y trasplante, 10,000 ha de arroz, que representan el 15.5% de toda la superficie cultivada con arroz de riego en México. La producción de arroz depende, en la actualidad, de las variedades Morelos A70 y Morelos A88. La primera de ellas se cultiva en el 70% del área arroceras del país porque tanto el consumidor como el industrial la prefieren por su tipo de grano extralargo y de "panza blanca". Esta variedad tiene, no obstante, algunas características agronómicas indeseables, por ejemplo, ciclo de cultivo tardío, tendencia al acame, susceptibilidad al ataque de *Pyricularia oryzae* Cav., y bajo rendimiento de grano. Este estudio pretende seleccionar progenitores partiendo de su habilidad combinatoria general y específica para el rendimiento de grano y para los días hasta la floración. Se utilizaron cuatro variedades del IRRI como progenitores femeninos, y cinco líneas de grano extralargo y panza blanca del programa local como progenitores masculinos. Se hizo un análisis de varianza y de habilidad combinatoria para estudiar el comportamiento de los progenitores y de los híbridos. La habilidad combinatoria general para los días hasta la floración fue significativamente negativa para IR36, IR60, LP 35-86 y LP 36-86, es decir, estas líneas tienen capacidad para retardar la floración. En rendimiento, esta habilidad fue significativamente positiva en IR62, LP 34-86 y LP 38-86, o sea, que estas líneas son buenos combinadores para incrementar el rendimiento. Respecto a la habilidad combinatoria específica para los días hasta la floración, cinco híbridos adelantaron la floración de cuatro a seis días. En cuanto a esta habilidad en el rendimiento de grano, cuatro híbridos incrementaron el rendimiento

de 2346 a 7427 kg/ha. Existe la posibilidad de mejorar la precocidad y aumentar el rendimiento, recomblando materiales del IRRI con otros del programa local; esta operación permite además ampliar la base genética.

• Investigador, INIFAP, México.

Respuesta de Algunas Variedades de Arroz a los Suelos Salino-sódicos Recuperados en el Valle de Mexicali

R. A. Cínco Castro*

En el Valle de Mexicali, B.C.N., México, los suelos son salinos y salino-sódicos, o están sujetos a salinización. Aproximadamente 100,000 ha bajo riego presentan problemas de salinidad; de éstas, 28,500 ha requieren de un proceso de lavado para recuperarlos a la producción agrícola. El cultivo del arroz es una alternativa para la rehabilitación de estos suelos; sin embargo, hasta 1989 se carecía de variedades adaptadas a esa región y tolerantes a las sales. El objetivo era evaluar variedades de arroz durante la recuperación de los suelos salinos, y seleccionar los genotipos que demostraran tolerancia a las sales. Se evaluaron 32 variedades de arroz en suelos arcillosos cuya conductividad eléctrica (CE) era de 8 a 10 mmhos/cm², y cuyo porcentaje de sodio intercambiable (PSI) oscilaba entre 24% y 29% antes de la siembra. Se evaluó la tolerancia a las sales, el rendimiento de grano, y el movimiento de las sales del suelo, a los 70 días después de la siembra (DDS) y a la cosecha. Los cultivares más tolerantes a la salinidad fueron los siguientes: Huimanguillo A88, Chetumal A86, Amistad 82, BR-IRGA 409 y Chiapas A84, cuyo rendimiento fue de 4.6, 4.4, 4.3, 4.0 y 1.2 t/ha, respectivamente. Chiapas A84 demostró una alta tolerancia a las sales, y mayor vigor y desarrollo de la planta. La salinidad y el contenido de sodio del suelo se redujeron drásticamente a los 70 DDS: de 17 a 3 mmhos/cm² (la CE) y de 26% a 4% (el PSI), en la capa de suelo de 0 a 50 cm. Las variedades de secano Huimanguillo A88, Chetumal A86 y Chiapas A84 presentaron mayor tolerancia a las sales que las variedades de riego evaluadas. Es factible la recuperación de un suelo salino con un ciclo de cultivo de arroz, ya que éste reduce el contenido de sales del suelo hasta en 80%. Se sugiere continuar con la evaluación de líneas avanzadas de arroz provenientes de viveros internacionales, para identificar cultivares que puedan adaptarse a esta región.

• Investigador, INIFAP, México.

Sistema de Evaluación del Germoplasma en Argentina Respecto al Rendimiento, 1986-1990

A. D. Carcaño*

Las evaluaciones del rendimiento, en todo programa de mejoramiento, son la etapa final de evaluación del germoplasma. El conocimiento del comportamiento agronómico, industrial y culinario de los genotipos de arroz, así como la estabilidad de su rendimiento en las distintas áreas ecológicas, es de fundamental importancia para el lanzamiento de una nueva variedad. El objetivo es identificar los genotipos de arroz que den los mayores rendimientos de grano, y que tengan excelente calidad molinera y culinaria. Los materiales que participaron en las evaluaciones hechas en el período 1986-1990 tienen diferente origen; los principales vienen del CIAT, del IRRI, de Estados Unidos, de los Programas Nacionales de Arroz de América Latina, y de las unidades experimentales del país. Los ensayos en que se hace la evaluación sistemática del germoplasma son: introducción de germoplasma, preliminar de rendimiento, comparativo de rendimiento, y de adaptabilidad. Las evaluaciones durante el período 1986-1990 han permitido identificar genotipos de calidad superior, con grano largo y fino, de endosperma traslúcido, y de ciclo de desarrollo precoz, intermedio y tardío, para los sistemas de riego en trópico y de riego templado. El desarrollo y la adopción de variedades mejoradas de arroz ha sido una de las contribuciones más importantes hechas al sector arrocerero argentino. Uno y otra son fruto de la investigación aplicada al mejoramiento y de los sistemas de evaluación cooperativa del germoplasma de arroz. Así se pudo incrementar el rendimiento nacional de Argentina, de la cifra histórica de 3.5 t/ha, a 4.7 t/ha a partir del año 1988.

* Coordinador, Programa de Arroz, INTA, Argentina.

Evolución del Rendimiento del Arroz de Riego en Brasil, y Nuevas Estrategias de Mejoramiento Genético del CNPAF

P. H. Rangel
F. J. P. Zimmermann
P. de C. F. das Neves*

De 1985 a 1989, el rendimiento del arroz de riego en la mayor parte de los estados productores (Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Tocantins, Goiás y Alagoas) se mantuvo estable. En Santa Catarina y en São Paulo hubo una ligera tendencia al crecimiento, pero en Sergipe la productividad disminuyó. En general, el promedio de

rendimiento, a nivel de la finca, está muy por debajo del potencial de productividad de los cultivares empleados. Una de las causas del descenso de productividad es el manejo deficiente del cultivo. Después del gran salto cuantitativo que experimentó la productividad del arroz irrigado en Brasil al comienzo de la década de los 80, el progreso genético alcanzado en rendimiento, en relación con los mejores testigos (BR-IRGA 409 y BR-IRGA 410 en Rio Grande do Sul, y CICA 8 en los demás estados), ha sido muy pequeño, a pesar de que en ese tiempo se sometieron a selección numerosos cruzamientos. Además, se ha verificado un estrechamiento de la base genética en los cultivares empleados. Para atender estos problemas, CNPAF-EMBRAPA ajustó su programa de mejoramiento mediante la intensificación de sus proyectos sobre arroz híbrido, y adoptó métodos alternos de mejoramiento, como la selección recurrente. Estas técnicas favorecen la obtención de genotipos cuya productividad sea superior a la de los cultivares en uso. El programa convencional de mejoramiento apunta principalmente a la obtención de progenies que tengan el mismo potencial de rendimiento de los cultivares comerciales, mayor resistencia al añublo, y mejor calidad del grano. Dentro de esta estrategia, los genotipos introducidos a través de INGER desempeñan un papel importante, ya sea como fuente de progenitores o como progenies escogidas que se evalúan directamente en los ensayos de rendimiento.

• Investigadores, EMBRAPA-CNPAF, Brasil.

Evaluaciones del Rendimiento del Arroz en Cuba, 1986-1990

J. Hernández
J. E. Deus
E. Suárez
R. Alfonso
F. Leyva*

Llegar al autoabastecimiento es el objetivo de los arroceros cubanos en esta década. Se trabaja, por tanto, en la introducción de tecnología avanzada para la explotación de más de 150,000 ha. Liberar variedades que reúnan las características idóneas para esas condiciones, constituye el reto del programa nacional de mejoramiento de arroz. Dos objetivos principales tiene el Programa: a) evaluar, en diferentes ambientes, el rendimiento y otros caracteres del germoplasma seleccionado; b) validarlo más tarde, y liberarlo finalmente. Los estudios de rendimiento se han hecho durante tres años, en dos épocas de siembra, y en cuatro localidades; se adoptó el diseño de bloques al azar, con parcelas de 15 m² para la fase I del estudio regional, y de 30 m² para la fase II de ese estudio. En los ensayos de observación se usa un diseño con testigo intercalado cuyas parcelas son de 6 m². Se evaluaron 1534 genotipos; de ellos 1300

en ensayos de observación y 134 en ensayos regionales. En los primeros hubo mayor participación de las combinaciones, cuyos progenitores fueron J 104, Amistad-82 e ICA 10. De las 36 líneas seleccionadas en los ensayos regionales se destacan los genotipos ECIA 67, ECIA 179 y LP-1-2-1, de ciclo intermedio; Perla de Cuba y ECIA 213, de ciclo corto; e IR 1529-ECIA y ECIA 31 (2005), de secano. En los ensayos de rendimiento se estudiaron 66 líneas de otros programas nacionales, y se seleccionaron 9 de ellas por su buen comportamiento. Este germoplasma seleccionado reúne caracteres adecuados para dar buena producción de arroz, ya que de él se tomaron cinco variedades que fueron luego aprobadas para su liberación. Sus nombres son los siguientes: Perla de Cuba, IA Cuba 14, e IA Cuba 15, para riego; ECIA 31 (2005) e IR 1529-ECIA, para secano.

• Jefe, Departamento Mejoramiento Genético e Investigadores, IIA, Cuba, respectivamente.

Evaluación del Rendimiento del Arroz en Ecuador, 1986-1990

F. Andrade España*

En 1990 se sembraron 160,000 ha, 40% bajo riego y 60% de secano favorecido. El 60% del área total se sembró con variedades del INIAP. La productividad fue de 3.3 t/ha. Para elevar el rendimiento se trabaja en el país en la obtención de variedades. El método de mejoramiento consiste en la introducción de material genético; éste se estudia y se selecciona en parcelas de observación y de evaluación del rendimiento. El 94% del germoplasma introducido procede del CIAT. El objetivo es describir el flujo y comportamiento del material genético en las evaluaciones de rendimiento. Entre 1986 y 1990 se introdujeron y evaluaron 2000 líneas. La primera evaluación fue de observación, en un solo bloque; se hizo en parcelas de 1.8 m x 5.0 m durante 6 meses. El material seleccionado se probó luego en ensayos de rendimiento. El germoplasma escogido en estas pruebas se investigó luego en ensayos regionales. Los ensayos de rendimiento y los regionales duraron un año cada uno, tuvieron cuatro repeticiones y éstas tenían el mismo tamaño indicado antes; en ellos se evaluaron el rendimiento y algunas características agronómicas de 344 líneas. Se obtuvieron así dos variedades: INIAP10 para riego y secano e INIAP11 para secano. El rendimiento del material avanzado varió de 3.5 a 9.4 t/ha, y su ciclo vegetativo de 97 a 157 días. Se halló resistencia a la püricularía en 116 líneas, y al virus de la hoja blanca en 26. La productividad del material promisorio y de las variedades entregadas, INIAP10 e INIAP11, fue superior al promedio nacional. La entrega de variedades y la difusión de la tecnología de manejo del cultivo son fundamentales para incrementar el rendimiento del arroz en el país.

• Jefe, Programa de Arroz, INIAP, Ecuador.

Evaluación del Rendimiento del Arroz en El Salvador, 1986-1990

R. E. Servellón*

En El Salvador se evalúa el rendimiento tanto de las introducciones de germoplasma recibidas a través de los viveros internacionales, como de las líneas segregantes. Esta labor de mejoramiento se hizo posible gracias a la cooperación de INGER, del CIAT, y del ICTA de Guatemala. En el periodo 1986-1990 se evaluaron los siguientes materiales: 603 de los viveros internacionales, y de ellos se identificaron como promisorios 161 (26.7%); 4136 líneas segregantes, de las cuales se seleccionaron 542 (13.10%); 78 en los Ensayos Preliminares de Rendimiento, y de ellos se eligieron 15 (20.5%) como prometedores; 80 en los Ensayos de Rendimiento, de los cuales se seleccionaron 14 (17.5%); y 18, finalmente, en los Ensayos Regionales, de los cuales 4 (22%) resultaron promisorios. Estos últimos son S1-P1-692033-18-18-MS, P3634 F4-5-7-MS, P4725F2-9-2-MS, y Panamá 1537, introducidos, respectivamente, de VIRAL-T/85, VIOAL-86, VIOAL-86, y VIOAL-88; estos materiales dieron un rendimiento promedio de 7.24, 7.11, 7.57 y 7.14 t/ha, respectivamente, y superaron a los testigos tradicionales CENTA A-1 y CENTA A-4 hasta en 21%; además, demostraron buena calidad del grano. En el año agrícola de 1991, estas líneas élite ya estaban en las fincas de los agricultores habiendo sido tomadas de las pruebas regionales.

* Coordinador, Programa Nacional de Arroz, El Salvador.

Estudios del Rendimiento del Arroz en el Germoplasma Introducido en Nicaragua de 1986 a 1990

S. Soto Bravo*

El cultivo del arroz tiene gran importancia en Nicaragua, porque es un componente de la dieta alimenticia del pueblo. En los últimos seis años, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo han decrecido por falta, principalmente, de variedades comerciales que respondan a los diferentes sistemas de cultivo, y se adapten a diversas regiones del país. El Programa Nacional de Investigación de Arroz ha hecho introducciones de material genético con el fin de desarrollar variedades para la producción comercial. En los viveros de observación se sembraron 6 surcos de 5 m de longitud y 30 cm entre surcos; en los ensayos de rendimiento se sembraron 20 surcos de 5 m de longitud y 15 cm entre surcos. Se cosechó un área útil de 5 m². Se siguieron buenas prácticas agronómicas en los ensayos y se hicieron las evaluaciones según el Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. Se estudiaron 949 líneas en total; actualmente hay 16 líneas en

ensayos de rendimiento en las diferentes regiones arroceras del país. En enero de 1990 se liberaron tres nuevas variedades de arroz en Nicaragua: Altamira-9 (línea P-3831 F3-RH38-8-1); Jalapa 1 (línea P2231F4-13-3-1), y 4382 (línea P4382F3-70-M). Son el resultado del proceso de selección y purificación del germoplasma hecho en Nicaragua.

* Investigador, Mejoramiento Varietal, Centro Nacional de Investigaciones de Granos Básicos, Nicaragua.

Evaluación de la Resistencia a *Pyricularia oryzae* en el Arroz de Riego Establecido por Trasplante

J. Salcedo Aceves
J. M. Pérez Mangas*

El arroz trasplantado, en condiciones de riego, se cultiva en la región central de México, en los estados de Michoacán y Veracruz central. En el primero, durante 1989, se cultivaron 14,966 ha, o sea, 7.7% de la superficie total sembrada con arroz en México; durante 1990, esa área aumentó a 8.7%. El principal problema fitopatológico del cultivo es el vaneamiento ("avanamiento") del grano de arroz causado por *Pyricularia oryzae*, que ocasionó, hasta 1989, pérdidas anuales superiores al 20% de la cosecha esperada. Los objetivos del programa de mejoramiento son evaluar, identificar y seleccionar, bajo diversos grados de presión de *P. oryzae*, a progenitores, líneas y variedades, tanto locales como introducidos; con ellos se impulsará el programa de cruzamientos que incorporará la resistencia hallada a las nuevas variedades comerciales. Se establecieron camas de infección según un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, para evaluar el porcentaje de área foliar dañada por la enfermedad; se aplicó la ecuación $A = 2 (b \times h)$, donde b es la mitad del ancho de la hoja, y a la mitad del largo. Se usó el sistema de evaluación estándar para arroz propuesto por el IRRI y se tomaron los datos en un "punto fijo". En el cuello de la panícula la enfermedad se evaluó según el porcentaje de daño. La comparación de las medias mostró diferencias significativas entre los materiales evaluados; se establecieron así cinco niveles de respuesta: a) variedades altamente susceptibles (AS), como la variedad tradicional Morelos A70; b) variedades susceptibles (S), como Morelos A83; c) genotipos moderadamente susceptibles (MS), como las líneas L2713111-78 y L451211-78; d) genotipos moderadamente resistentes (MR), como la variedad Morelos A-88 y la línea CAEZ-13-2-85; y e) variedades resistentes (R), como Tetep. La técnica de evaluación empleada ha sido útil para identificar los diferentes niveles de resistencia o susceptibilidad a *P. oryzae* en los materiales segregantes de arroz; no obstante, se está desarrollando un método que haría más eficiente la detección de la resistencia a este patógeno.

* Investigadores, INIFAP, México.

Estabilidad de la Resistencia al Añublo (*Pyricularia oryzae* Cav.) en el Germoplasma de Arroz Introducido en Rio Grande do Sul, Brasil

P. S. Carmona
D. Kempf*

La siembra de sólo siete variedades de arroz de constitución genética semejante en 95% del área cultivada con ese cereal en Rio Grande do Sul implica un grave riesgo de fracaso en la producción, si ocurrieran estreses ambientales o epifitias causadas por la piricularia. Esas variedades proceden de cruces hechos en el CIAT y básicamente contienen el mismo material genético (IR8, Mong Chim Van A, I-Geo-Tze, Peta y Belle Patna), en el que predomina el germoplasma tropical. La incorporación de genes que controlen la resistencia a la piricularia en genotipos mejorados respecto a otras características ha sido uno de los principales objetivos del IRGA en los últimos 10 años. Por ello se evaluó primero el germoplasma introducido respecto a su posible uso en cruzamientos; en este trabajo se consideró la reacción a la piricularia de los genotipos más usados en cruzamientos en varios años del período 1982-1989, y en diferentes sitios de evaluación en Rio Grande do Sul y en otros estados de Brasil. Para estimar la estabilidad de la resistencia se calculó, en cada genotipo, el valor medio de las reacciones (X) y su desviación estándar (S), empleando la escala de 0 a 9 recomendada por el IRRI y el CIAT. Los valores más bajos de X y de S se obtuvieron en la variedad CICA 8 y en varias progenies que acumulan, en diferentes combinaciones, genes de Tetep, Carreon, C 46-15, Dissi-Hatif, Mamoriaka, Camponi, y T 319 E-2M-2M-1M-1M. Los valores más altos de los mismos parámetros se obtuvieron en las variedades susceptibles BR-IRGA 409 y Bluebelle. La variedad Dawn, ampliamente usada como fuente de resistencia a piricularia en los genotipos norteamericanos, tuvo un comportamiento intermedio. El empleo de fuentes estables de resistencia al añublo en el programa de mejoramiento del IRGA deberá influir positivamente en la durabilidad de esa resistencia en los nuevos materiales genéticos desarrollados para las condiciones ambientales de Rio Grande do Sul.

* Investigadores, IRGA, Brasil.

Resistencia Estable y Variabilidad Patogénica en el Complejo Arroz - *Pyricularia oryzae*

F. J. Correa
R. S. Zeigler*

El añublo del arroz causado por *Pyricularia oryzae* es una de las principales enfermedades que limitan la producción del arroz de secano, en el que las condiciones ambientales favorecen un ataque severo de la

enfermedad. La resistencia que se ha desarrollado para controlar la enfermedad en las regiones productoras que lo favorecen no ha sido estable, en gran parte por la gran variabilidad patogénica del hongo. Este estudio determina la estabilidad de diferentes niveles de resistencia, bajo condiciones de secano, y la variabilidad patogénica del hongo. Se evaluó, en condiciones de campo, la estabilidad de la resistencia de líneas y variedades desarrolladas localmente e introducidas, que poseían diversos niveles de resistencia completa o parcial. Se determinaron las frecuencias de los factores de virulencia presentes en el hongo inoculando grupos de variedades que poseían genes de resistencia conocidos o desconocidos, así como variedades locales. Las líneas con altos niveles de resistencia, R (ausencia de síntomas o calificación de 1 a 3 en el sistema de evaluación estándar, SES) manifestaron resistencia más estable durante ocho ciclos de cultivo que las líneas cuya resistencia era parcial, RP (baja frecuencia de lesiones susceptibles). De 86 líneas R desarrolladas localmente y de 41 líneas R introducidas, el 12% y el 56%, respectivamente, perdieron su resistencia (calificación SES > 5); en cambio, de 100 líneas RP desarrolladas localmente y de 51 líneas RP introducidas, 61% y 86%, respectivamente, perdieron su resistencia. Factores de virulencia compatibles con todos los genes de resistencia conocidos y desconocidos están presentes en la población del hongo. Una acumulación de ciertos genes de virulencia —aunque no de todos— junto a diferentes genes de resistencia se detectó en algunos aislamientos del hongo. Los datos sugieren que, para condiciones de secano, las líneas R son más estables que las líneas RP. El método de evaluar y seleccionar líneas que estén, durante cierto tiempo, expuestas a una gran variabilidad patogénica del hongo permite detectar líneas con resistencia más estable.

* Patólogo, Programa de Arroz, CIAT, Colombia; y Líder, Programa de Arroz, CIAT, Colombia (ahora Líder, Programa de Arroz, Zonas Bajas Inundables, IRRI, Filipinas).

Análisis de la Eficiencia del Inóculo en la Resistencia del Arroz a *Pyricularia oryzae*

A. L. Tapiero Ortiz*

La obtención de resistencia durable a *P. oryzae* en el arroz ha tenido dos limitaciones: una, la diversidad hallada en la virulencia del patógeno, y otra, la dificultad para evaluar los tipos de resistencia en los nuevos materiales. La eficiencia del inóculo es un parámetro basado en la frecuencia de las lesiones formadas según la cantidad del inóculo aplicado; ha sido de gran utilidad para analizar la virulencia de una enfermedad, y determinar los componentes comúnmente considerados de resistencia horizontal (tipo y número de lesiones). Este estudio determinó la virulencia de los aislamientos de *P. oryzae* obtenidos de variedades comerciales de arroz de Colombia, y comparó su eficiencia como inóculo con la de aislamientos de variedades aparentemente resistentes que han

sido recientemente liberadas. Cultivos monospóricos aislados de lesiones de hojas y panículas fueron inoculados por aspersión en hojas separadas y en plántulas en estado de desarrollo de tres hojas, en condiciones controladas. Se aisló inóculo de lesiones no convencionales en dos de las variedades recientemente liberadas, y se comparó con el de variedades comerciales de Colombia. La virulencia de los aislamientos de estas variedades comerciales fue altamente diversa. Más del 70% de los aislamientos infectaron la variedad susceptible testigo (Fanny), pero menos del 30% infectaron las otras variedades. La eficiencia del inóculo fue también diversa. Los aislamientos obtenidos de las variedades más recientes fueron mucho más eficientes que los de las variedades comerciales ensayadas. Para producir una lesión del inóculo de hojas de *Oryzica* 1 se necesitaron 2000 conidias; del aislado de panículas de *Oryzica* 3, 2500 conidias; y de lesiones no convencionales de Llanos 4 y Llanos 5, 156 y 227 conidias, respectivamente. La estimación del parámetro eficiencia del inóculo permitió agrupar las variedades según su resistencia; no obstante, cualquier discriminación confiable del tipo de resistencia fue afectada por la diversidad de la virulencia. Una fuente de inóculo altamente eficiente sería muy útil en la selección que busca resistencia durable; este inóculo puede aislarse de lesiones no convencionales en variedades resistentes. Estas lesiones parecen ser el mecanismo que utiliza el patógeno para deteriorar luego la resistencia de los nuevos materiales, una vez introducidos éstos en la agricultura comercial.

* Patólogo, ICA-La Libertad, Colombia.

Materiales de Arroz de INGER Introducidos en el Programa de Arroz de Guatemala

J. Ramírez*

El Programa de Arroz de Guatemala, con el fin de aprovechar el germoplasma elite de arroz que se produce a nivel mundial, ha participado en la Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER, en inglés). Gracias a esta relación, el Programa ha podido introducir, e identificar bien, el germoplasma que posee resistencia o tolerancia a las principales limitantes del cultivo. Además, ha podido probar en otros países germoplasma seleccionado, o desarrollado a nivel local, en diferentes condiciones de clima, suelo, manejo y limitaciones biológicas; así se ha producido un intercambio beneficioso, tanto de germoplasma como de información. El Programa Nacional de Arroz ha organizado un sistema de flujo de materiales de arroz que le permite cumplir dos objetivos básicos: evaluar y liberar oportunamente variedades de arroz, y satisfacer con ellas las aspiraciones de los productores y los requisitos de volumen y calidad del grano impuestos por el mercado nacional. A partir de 1986 y hasta 1990 se recibieron, a través de INGER, 11 viveros

debidamente caracterizados por su reacción a los principales estreses del cultivo. Estos viveros se distribuyen en tres grupos: a) germoplasma para riego y secano favorecido; b) germoplasma tolerante a las principales enfermedades fungosas del cultivo; y c) germoplasma tolerante a la toxicidad del aluminio y a los suelos ácidos. En ellos se evaluaron, en total, 883 entradas, de las cuales 75 (8.5%) se seleccionaron para los Ensayos Nacionales de Rendimiento. Quince líneas (1.7%) fueron evaluadas en etapas posteriores en fincas de los agricultores, en parcelas de líneas promisorias (100 a 200 m²); de estas líneas, dos se seleccionaron para pruebas comerciales y una de ellas fue nombrada, en 1989, como variedad con el nombre ICTA Crispo 38. Otra línea, proveniente del vivero de observación (VIOAL) para riego y secano favorecido de 1987, se está evaluando, y tiene muchas posibilidades de ser liberada como variedad a corto plazo.

* Ing. Agrónomo, Programa de Arroz, ICTA, Guatemala.

'ICTA Crispo 38', Nueva Variedad de Arroz para Uso Industrial Liberada en Guatemala

W. R. Pazos*

El arroz es un cultivo versátil, que desde hace más de 3000 años ha inspirado la inventiva culinaria en casi todos los continentes. Se ha convertido, gracias a su larga e itinerante historia, en uno de los granos más cotizados y utilizados en el mundo, por sus componentes altamente nutritivos. En Guatemala se emplea principalmente para la alimentación humana, aunque el consumo por persona al año es relativamente bajo (5 a 12 kg). Aunque la producción es suficiente para satisfacer la demanda actual del país, hasta hace poco se importaban anualmente cerca de 700 t de arroz blanco pulido, de grano corto, para la industria de cereales. El Programa de Arroz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) inició, en 1987, la evaluación del germoplasma obtenido de la Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (INGER); el objetivo era seleccionar líneas que tuvieran características agronómicas deseables, así como las requeridas por la industria de cereales. Varias líneas fueron seleccionadas en el campo, y su grano se sometió a pruebas de laboratorio para determinar su contenido de amilosa, su temperatura de gelatinización, y otros aspectos. Se procesaron muestras para determinar, a nivel industrial, su grado de cocción, de 'laminado' y de 'inflado', su contenido de grasa, y la estabilidad del producto elaborado. Las líneas denominadas ICTA 38 e ICTA 50 reunían las características deseadas. El ICTA incrementó entonces su semilla, y liberó una de ellas con el nombre ICTA Crispo 38 que, desde 1990, entró en la vía de su producción comercial. ICTA Crispo 38 (Suweon 287) es la primera variedad de arroz liberada específicamente para uso industrial en América Latina. La firma Kellogg's está elaborando con ella dos productos de arroz soplado (Rice Krispies y Choco Krispies), muy

populares en el desayuno de muchos hogares guatemaltecos. ICTA Crispo 38 se adapta bien al cultivo en condiciones de secano; su ciclo es corto, la planta es semienana, y el grano es de tamaño medio. Es tolerante a las enfermedades de más importancia que afectan el cultivo, y su rendimiento de campo, con buen manejo, fluctúa entre 3.5 y 7.4 t/ha. Con ICTA Crispo 38 el cultivador de arroz recibió una variedad más productiva, se estimuló la producción de semilla y de grano comercial, se evitaron onerosas importaciones, y se contribuyó al desarrollo de la industria alimenticia en América Latina.

- Coordinador, Programa de Arroz, ICTA, Guatemala.

Evaluación Agronómica e Industrial de Nuevos Genotipos de Arroz de Riego Desarrollados en Culiacán, Sinaloa, México

J. de J. Wong Pérez*

El Estado de Sinaloa es el principal productor de arroz en México. Su contribución a la producción nacional del grano ha fluctuado, a través de los años, entre el 20% y el 50%. A partir de 1982, se intensificó el programa de mejoramiento genético para desarrollar nuevas variedades de arroz de alto rendimiento y excelente calidad industrial. Se introdujeron nuevos progenitores a través de la Red Internacional para la Evaluación de Germoplasma de Arroz (INGER), y se reanudó con ellos, también en 1982, el programa de cruzamientos que generaría líneas experimentales de arroz. En el verano de 1990 se evaluaron 31 líneas avanzadas frente a cinco testigos, en tres fechas de siembra en el ciclo de primavera-verano: junio 1º, julio 15 y agosto 3. Por medio del análisis estadístico combinado, fueron identificadas cinco nuevas líneas experimentales provenientes de los cruces Sinaloa A80/ITA231//IR8 por Sinaloa A80/ITA231//Navolato A71; esas líneas son: C 109Cu83-SmCu-34Cu-2Cu-7Cu-1Cu, C 109Cu83-2CU-10Cu-6Cu-1Cu-1Cu, C 109Cu83-2Cu-2CU-5Cu-5Cu-1Cu, C 109Cu83-2Cu-21Cu-21Cu-5Cu-6Cu-1Cu, y C 110Cu83-SmCu-SmCu-26Cu-5Cu-1Cu. Estos genotipos superaron significativamente en rendimiento y calidad a las variedades Navolato A71, Culiacán A82, Sinaloa A860, e IR8 (Milagro Filipino Depurado), y a la línea P2231-F4-128-2-1B. En 1991, la mejor de las cinco líneas mencionadas será liberada como nueva variedad, y se cultivará comercialmente bajo condiciones de riego en Sinaloa y en otras áreas de la costa del Pacífico.

- Investigador, INIFAP-CIFAP, Méxco.

Comportamiento y Flujo del Germoplasma de Arroz Introducido en 1986 en los Ensayos de Observación en Panamá

J. Gaona
E. Jaén
S. Lezcano
C. Fernández
L. O. López*

Entre 1984 y 1985, se introdujeron del Programa de Arroz del CIAT, a través del Proyecto Colaborativo IDIAP/FCA-UP/CIAT¹, algunos materiales genéticos de arroz; éstos, junto con los del Vivero de Observación de Arroz para América Latina de 1986, dieron origen al paquete de líneas de generación avanzada pruebas de observación en 1986. Este estudio presenta datos del comportamiento de las líneas seleccionadas en cada ciclo de evaluación a lo largo del periodo comprendido entre 1986 y 1990, lo cual permite conocer con cierto grado de amplitud el potencial del germoplasma seleccionado. El número de líneas originales fue de 412, de las cuales 281 correspondían a selecciones del proyecto colaborativo y 131 formaban parte del VIOAL. Estos materiales fueron sometidos a evaluaciones en varios sitios de la República de Panamá en los ecosistemas de riego y secano favorecido. Durante los ciclos de evaluación en las estaciones experimentales, se registró poca presión de *Pyricularia oryzae*, basándose la selección de líneas en su comportamiento agronómico. En las pruebas regionales en 1989 y 1990 se registraron datos de *P. oryzae*, rendimiento y opacidad del endosperma que permitieron realizar una selección más efectiva. Después de varios ciclos de selección, dos líneas del VIOAL (1.5% del vivero original) se han retenido para pruebas de validación bajo el manejo del agricultor, y una del proyecto colaborativo (0.35%) para evaluarse en un segundo ciclo en ensayos regionales.

-
- * Investigadores, Universidad de Panamá, Panamá.
1. IDIAP = Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
FCA-UP = Facultad de Agronomía-Universidad de Panamá.

Evaluación del Germoplasma de Arroz Introducido en Paraguay Durante el Quinquenio 1986-1990

J. E. Rodas*

La variedad CICA 8, introducida de Colombia en 1981, es la más difundida en el país, y ocupa más de 70% del área cultivada con arroz de riego. La longitud de su ciclo de cultivo, y la susceptibilidad moderada al volcamiento y a las enfermedades del tallo la exponen a mermas en el rendimiento cuando la siembra es tardía y el manejo del agua inadecuado.

El objetivo del plan de mejoramiento es la identificación de materiales con alto potencial de rendimiento y buena calidad del grano, de ciclo intermedio, y resistentes al volcamiento y a las enfermedades más importantes, entre aquellos materiales introducidos en el país entre 1986 y 1990. Esos genotipos —1373 en total— fueron suministrados por el CIAT y los programas nacionales, a través de INGER; en promedio, entraban 275 por año. Fueron evaluados en dos localidades representativas de las zonas arroceras del país respecto a sus características agronómicas y a su reacción a las enfermedades; de ellos se seleccionaron 18 líneas. Estas se compararon entre sí durante tres años en la Unidad Experimental, y actualmente nueve de ellas están en la prueba zonal de rendimiento. Las líneas P3295F4-28, P2786F4-19-74, P2053F4-99-4-1B rindieron 7.2, 8.3 y 7.2 t/ha, respectivamente, y demostraron así que su potencial de rendimiento es bueno y superior al de los testigos: CICA 8 rindió 6.7 t/ha y CEA3 7.0 t/ha; además, su ciclo de cultivo es más precoz que el de éstos. La variedad CEA 2, lanzada por el Programa de Arroz en 1989, rinde 9.3 t/ha, y su ciclo es similar. Se encontraron también materiales con buen potencial de rendimiento y moderada resistencia a enfermedades como el añublo de la vaina, la pudrición de la vaina, y la helmintosporiosis. No obstante, muchos de ellos presentan susceptibilidad a la espiga erecta y son de ciclo muy largo. Este método permitirá identificar nuevas variedades de mejor comportamiento que las actuales.

* Jefe, Campo Experimental de Arroz, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Paraguay.

Uso Dado en Venezuela al Germoplasma Suministrado por INGER-América Latina en el Período 1986-1990

A. Salih*

En Venezuela se han obtenido nuevas variedades de arroz gracias al apoyo del CIAT y del IRRI, cuyo germoplasma se ha introducido en el país y se ha evaluado en diferentes regiones. La evaluación hace énfasis en características agronómicas, en comportamiento al daño mecánico causado por sogata (*Tagasodes orisiculus*), a la incidencia del virus de la hoja blanca, a la reacción a enfermedades como la pircularia, el añublo de la vaina y el escaldado, a la aceptación fenotípica de la planta, al potencial de rendimiento, a la calidad molinera, y a otras características del grano. Esta evaluación ha permitido seleccionar 22 líneas de los viveros recibidos en 1988, y 25 líneas de aquellos recibidos en 1989. Los materiales seleccionados se sometieron a pruebas regionales en tres regiones arroceras del país. Los resultados, después de cuatro ciclos de cultivo, indican que las líneas P4070F3-3-RH3-7-1BA, CT5747-24-5-2-1-1BA-1BRH-2P, CT8008-16-10-4P-M y P3293F4-48 son las más

promisorias en las características mencionadas antes y en la adaptación a los distintos sitios de las pruebas. Probablemente, alguna de ellas será liberada pronto como variedad. Además, por su buena reacción a las enfermedades y por la calidad de su grano, algunas fueron seleccionadas como progenitores en el programa de cruzamientos.

* Investigador, FONALAP, Venezuela.

La Producción de Arroz por el Sistema de 'Chaqueado' en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia

C. Manchego*

El 70% del cultivo del arroz de Bolivia se hace en el Departamento de Santa Cruz. Este cereal es importante en Bolivia por razones económicas y sociales. El cultivo es, en un 98%, de secano, en el que se aplica el sistema manual o 'chaqueado'. Este se encuentra en mayor número de zonas, lo practica mayor número de productores, y ocupa aproximadamente el 50% de la superficie sembrada con arroz en Santa Cruz, que actualmente llega a las 73,000 ha. El sistema se basa en el corte de la vegetación natural, que luego se quema; se parte del monte virgen o de barbechos viejos o nuevos. Las labores se hacen con herramientas manuales, aunque se tiende al uso de la motosierra para el corte de los árboles. Después de habilitar el terreno, las labores del cultivo, desde la siembra a la cosecha, son también manuales. Se siembran variedades de grano corto, de tipo 'pico negro'; de grano largo-ancho, de tipo 'dorado'; y de grano largo, de tipo Bluebonnet. Son variedades de porte alto (de 1.2 a 1.4 m) que facilitan la cosecha manual, y de ciclo corto o intermedio (110 a 135 días hasta la maduración). Las variedades de ciclo corto rinden de 1800 a 2000 kg/ha, y las de ciclo intermedio de 2200 a 3200 kg/ha; las primeras compensan su menor rendimiento con los mejores precios que obtienen en el mercado. El 64% del arroz producido bajo este sistema se comercializa; el resto se destina al consumo familiar del productor, y a la reserva de semilla para el año siguiente.

* Jefe, Departamento de Producción de Semillas, CIAT, Bolivia.

Perfil del Pequeño Productor de Arroz en el Estado de Maranhão, Brasil

M. L. Ribeiro Mesquita*

El cultivo del arroz en el Estado de Maranhão, al nordeste de Brasil, tiene características muy diferentes de las de otros Estados de Brasil. Se producen en él 1,000,000 t al año, y de ellas 90% se debe a los pequeños productores; éstos practican la agricultura de subsistencia cuyo rendimiento es bajo. La investigación ha desarrollado tecnologías, pero el nivel de adopción de ellas es bajo porque los datos cuantitativos sobre la situación real del pequeño productor y de las comunidades rurales es escaso. Este estudio presenta el estado actual de esa tecnología y sugiere un método con que los investigadores pueden intervenir para mejorar los sistemas de cultivo. Entre enero y febrero de 1990 se entrevistaron pequeños productores de 44 comunidades que representaban 12,659 familias establecidas en 31 municipios. Los resultados permitirán enriquecer los conocimientos sobre el estado tecnológico del sistema de producción rural del arroz. El número de familias de cada comunidad varía de 8 a 5040. El área sembrada por cada productor va de menos de 1 ha hasta 4 ha. Los productores son propietarios de la tierra en apenas 20% de las comunidades; en las demás pagan a los dueños de 200 a 900 kg de arroz por hectárea arrendada. Se plantan 50 variedades de arroz, pero el 50% de las comunidades prefiere la variedad Lageado. Otras variedades importantes son Cana Roxa, Palha Murcha, Come Cru, Zebu Branco, Pingo d'Água, IR 8, CICA 4 y Metica 1. Sólo 7% de las comunidades usan abonos, pero más de 52% de ellas aplican insecticidas y 34% herbicidas. La asociación arroz-maíz-yuca es el sistema preferido por 66% de las comunidades; lo siguen arroz-maíz (23%) y arroz-maíz-frijol (5%). El sistema de monocultivo de arroz se usa en 48% de las comunidades. El rendimiento del arroz varía de 990 a 8596 kg/ha. Pocos productores siembran variedades mejoradas y usan insumos modernos; la mayoría no hace ni lo uno ni lo otro por el problema de la tenencia de la tierra y por falta de crédito. Los sistemas de cultivo pueden mejorarse si se ofrece crédito y semilla certificada a los cultivadores. La investigación debería dedicarse a la selección de nuevas variedades, al ajuste de la densidad de siembra del arroz y de la población de plantas en los cultivos asociados, al empleo racional de los abonos y de los productos fitosanitarios, y a la determinación de las épocas en que deben hacerse las prácticas de cultivo.

* Investigador, EMAPA/VEPAR, Brasil.

Mejoramiento del Arroz de Secano y Potencial del Sistema de Producción Continua en Campeche, México

J. H. Rodríguez Avila
F. Orona Castro*

El área de las sabanas localizada entre los Estados de Campeche y Tabasco, posee condiciones ecológicas favorables para la producción de arroz con los sistemas de secano y de secano con riegos de auxilio; ambos sistemas se emplean durante el ciclo de primavera-verano (P-V), y el de riego durante el ciclo de otoño-invierno (O-I). Actualmente, el 95% de la superficie cultivada con este cereal en las sabanas está en condiciones de secano. En este sistema el riesgo de un siniestro agrícola llega al 40%, a causa, principalmente, de la deficiencia de humedad; esta situación se intenta resolver con diferentes modalidades de riego, como el agua superficial y el agua profunda con que cuenta la región. Ambas representan un gran potencial para la producción continua de arroz. Los objetivos del programa de mejoramiento son: a) generar nuevas variedades de arroz para cada uno de los sistemas de producción; y b) hacer combinaciones de estos sistemas para llegar a la producción continua. En el ciclo primavera-verano de 1991 se estableció un sistema de mejoramiento para evaluar el germoplasma bajo cuatro condiciones de humedad, a saber: en secano, en secano con riegos de auxilio (P-V), con riego, y en sequía (O-I). En el primer tratamiento se evalúa la respuesta de los materiales en total dependencia de la precipitación; en el segundo se suplen las deficiencias de humedad del sistema de secano con riegos de auxilio; en el tercero, el arroz depende casi totalmente del suplemento artificial de agua. En el cuarto, el arroz depende también del riego, pero éste se suspende poco antes de la formación del primordio floral con el fin de determinar su capacidad de resistencia; el riego se reanuda después de este periodo, y el material seleccionado se someterá al tratamiento de secano. El análisis estadístico se hará mediante un experimento factorial de parcelas divididas en el diseño de bloques al azar. Esta investigación se inició en el periodo P-V de 1991, con los tratamientos de secano y de secano con riegos de auxilio; la segunda fase se establecerá en el ciclo O-I de 1991-1992. No hay todavía resultados definitivos. Sin embargo, ya se cuenta con tres líneas promisorias que están en proceso de multiplicación de semilla para su posible liberación como nuevas variedades, a saber: IR9852-93-2-2-2-3, P 1332-3-8M-1-1B e IR10781-75-3-2-2. En general, se estima que en breve habrá nuevas variedades de arroz de secano apropiadas para los sistemas de cultivo de las sabanas, incluyendo el de producción continua; éste tiene potencial en el sur del Estado de Campeche.

* Investigadores, INIFAP, México.

La Tecnología de Producción del Arroz de Riego en las Sabanas de Campeche, México

D. Carballo González
R. Ku Naal*

Los altos índices de siniestros por sequía y por invasión de malezas han repercutido en el desplome de la producción de arroz de secano en el Centro de Campeche. Este hecho motivó la reubicación del cultivo del arroz hacia las sabanas de la región de Palizada, así como la tendencia a incrementar la superficie de riego. Los productores de arroz de las sabanas han implementado diversos sistemas de producción de arroz con riego; éstos se deben conocer antes de planear la investigación que resolvería sus limitantes tecnológicas e incrementaría, por ello, su productividad. Este estudio pretende definir las tecnologías de producción del arroz de secano con riegos de auxilio y del arroz de riego que son empleadas por los productores del sur del Estado de Campeche; ambas son fundamentales para definir el manejo del cultivo y el diseño de los proyectos sobre arroz. La tecnología para la producción de arroz con riego se aplica en cuatro sitios representativos dentro del área de las sabanas. Hay en ella dos órdenes de suelos: los Alfisoles y los Vertisoles, ambos con varias series edáficas. El recurso hídrico se aprovecha en dos formas: agua de pozos profundos y agua de escurrimientos superficiales. Durante el ciclo de verano, la preparación del suelo consiste en tres pases de rastra semipesada. La siembra se hace a voleo, con un tractor-voleadora; se siembra la variedad Milagro Filipino Depurado con una densidad de 120 a 150 kg/ha. Para fertilizar se aplica la fórmula 36-92-0, fraccionando el nitrógeno en dos partes. El control de malezas se realiza con el herbicida posemergente fenoxaprop-etil, en dosis de 1.5 kg/ha. El cultivo se establece en áreas uniformes de 40 a 70 ha, con subdivisiones menores, denominadas piscinas, de 1 a 8 ha cada una. El agua se maneja con una lámina que oscila entre 10 y 12 cm por cada riego. Los productores de tipo empresarial del sur de este Estado han desarrollado nuevos sistemas de producción de arroz con riego, han erigido infraestructura y obras de ingeniería, y cuentan además con maquinaria agrícola adecuada. No obstante, se han detectado allí notorias deficiencias en el manejo del cultivo; las principales son: baja población de plantas, mal control de malezas, siembra de variedades inapropiadas para ambos ciclos de cultivo (PV y OI), y láminas de riego excesivas.

* Investigadores, INIFAP, Méxco.

Mejoramiento del Arroz de Secano en la Cuenca Baja del Papaloapán, México

E. A. Ayón Ramos
J. L. García Angulo*

El área arrocera de esta cuenca se halla en la región central del Estado de Veracruz y en la septentrional del Estado de Oaxaca. Tiene aproximadamente 26,000 ha, en las cuales se ha logrado producir hasta el 80% del arroz de esa región. Entre los factores que limitan allí la producción del arroz está la irregularidad de las lluvias; ésta provoca deficiencias de humedad que favorecen la presencia de *Pyricularia oryzae* Cav. Se pretende obtener variedades que tengan mejor adaptación a las condiciones ambientales de la cuenca, y evitar al máximo los factores que limitan el rendimiento. La variabilidad genética se obtiene por la introducción de germoplasma de los centros nacionales e internacionales que investigan en arroz. En las poblaciones resultantes se hace selección individual, y evaluación de rendimiento en los campos de productores arroceros de las zonas más representativas. Se han lanzado ya dos variedades de arroz: Milagro Filipino Depurado —obtenida mediante selección y depuración de varias colectas— y Cotaxtla A90 —originada de un esquema de mejoramiento genético. Ambas dan rendimiento estable en esa región. En breve se dispondrá de un nuevo cultivar denominado Loma Bonita A92. También se introdujeron a esta área las variedades CICA4, CICA8 y Campeche A80. Es necesario continuar estos trabajos de investigación para optimizar los objetivos propuestos. La metodología de trabajo aplicada ha permitido obtener genotipos con mejor adaptación ambiental y con buena calidad industrial; no obstante, hay que optimizar estas características mediante el buen manejo del cultivo, del suelo y del agua, para lograr que los genotipos expresen su máximo potencial de producción.

* Investigadores, INIFAP, Méxco.

Progresos en el Arroz de Secano y Perspectivas para su Conversión a Cultivo Bajo Riego en Tabasco, México

A. Contreras López
R. López López
F. García Pérez*

Se ha estimado que en Tabasco hay 560,000 ha de tierra potencialmente aptas para cultivar arroz de secano, cuyo rango actual de rendimiento es de 3.2 a 4.2 t/ha de arroz en cáscara. No obstante, durante los últimos diez años sólo se han cosechado, en promedio, 10,000 ha obteniendo un rendimiento de 2.2 t/ha. La limitante principal ha sido la distribución

irregular de la precipitación, que causa pérdidas por sequía en 30% de la superficie sembrada y permite obtener sólo 50% del rendimiento potencial. Para solucionar este problema, se inició el mejoramiento genético de la planta de arroz por su tolerancia a la sequía, y se manejan mejor el suelo y el agua abundante de Tabasco. Se introdujo por tanto germoplasma del programa nacional y del programa de cooperación establecido con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y con el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz (IRRI). Se investigaron y validaron los siguientes aspectos: el volumen de agua requerido para los riegos de auxilio durante el ciclo de lluvias y en la época seca; la variedad más adecuada; la dosis de fertilización, óptima, en términos económicos, para los suelos de sabana; y la preparación del suelo bajo inundación. Para el sistema de secano se liberó la variedad Huimanguillo A88, que tiene moderada tolerancia a la sequía, se adapta a los suelos de sabana, y es estable en su rendimiento en diversas condiciones. En el sistema de riego se obtuvo un rendimiento superior a 5.5 t/ha en la temporada de lluvias, con una lámina de agua menor de 50 cm; en la época seca, el rendimiento fue mayor de 3.5 t/ha con una lámina de agua menor de 100 cm. La relación B/C se incrementó hasta 2.3. Las variedades que respondieron mejor al sistema de riego fueron Cárdenas A80, Palizada A86, Campeche A80 y Milagro Filipino Depurado. La fórmula de fertilización para el sistema de riego se estableció en 130-0-0. La preparación del suelo con la técnica de fanguero es factible en los suelos arroceros de Tabasco que tengan infraestructura para el manejo del agua; una lámina de agua de 10 cm y tres pases de rotocultor son las prácticas más adecuadas. El cultivo del arroz en el sistema de riego da en Tabasco dos cosechas por año, duplica el rendimiento que se obtendría en secano, y obtiene un beneficio (o rédito) sustancial gracias al empleo de la tecnología generada para ese sistema.

• Investigadores, INIFAP, México.

El Cultivo del Arroz en la Agricultura de Subsistencia en Sur de Soná, Panamá

E. Quirós
R. Hernández
L. Morales*

El arroz es uno de los granos básicos de mayor producción en Panamá, y que más consume la población panameña. Un 50% del área cultivada con arroz, cerca de 46,520 ha, pertenecen a la agricultura de subsistencia; de ellas unas 12,500 ha (25.7%) están ubicadas en la provincia de Veraguas. De 2500 a 3000 productores del Sur de Soná cultivan el arroz para su subsistencia, haciendo uso de prácticas rudimentarias y sencillas; obtienen un rendimiento de 681.8 a 909.1 kg/ha. El objetivo de este proyecto es desarrollar tecnologías apropiadas al sistema del productor de

subsistencia, que le permitan incrementar su rendimiento y su ingreso familiar haciendo un uso reducido de los insumos agrícolas. Se evaluó la fertilización con 41.8 kg/ha de nitrógeno aplicados a voleo a los 30, 45 y 60 días después de la germinación del arroz (DDG), usando la urea 46% como fuente de N. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre las prácticas mejoradas y la tecnología tradicional del productor. El rendimiento más alto, 3130.4 kg/ha, se obtuvo al aplicar 41.8 kg/ha de N a los 60 DDG, y el más bajo, 1556.0 kg/ha, para la práctica tradicional del productor. Con esta fertilización se obtuvo una tasa marginal de retorno de 343.3%, que convierte este sistema en una alternativa de producción viable para el productor de subsistencia.

• Agrónomo e investigador principal, y Asistentes de investigación, IDIAP, Panamá, respectivamente.

Manejo del Agua en el Cultivo del Arroz en Brasil Central

L. F. Stone*

En las várzeas de Brasil Central, el arroz se cultiva con el mismo sistema de riego (inundación continua) que se emplea en el sur del país, donde tradicionalmente se ha producido este cereal. Ahora bien, estas várzeas son distintas de los arrozales sureños, especialmente respecto a las características físico-hídricas del suelo, y por ello su consumo de agua es muy diferente. En estas várzeas ha ocurrido un descenso en la productividad del arroz después de varias cosechas, tal vez a causa de la lixiviación de los nutrientes producida por la percolación excesiva. Además, si en el suelo hay Fe que pueda causar toxicidad al arroz, la inundación continua contribuirá a agravar este problema. Este trabajo compara diferentes métodos de manejo del agua y el efecto que hacen en el consumo de ésta, en la presencia de malas hierbas, en la absorción de nutrientes, y en el rendimiento del arroz. Se hicieron tres experimentos, dos en el campo y uno en el invernadero. En el primero se evaluó el efecto de suprimir la lámina de agua en tres fases del ciclo de cultivo del arroz. En el segundo se compararon cuatro tipos de manejo del agua en recipientes que contenían suelos con Fe tóxico y sin él. En el último se compararon cuatro tipos de manejo del agua en suelos de textura arcillo-arenosa. La supresión de la lámina de agua desde el inicio del macollamiento hasta la diferenciación del primordio floral estimuló el macollamiento y contribuyó a la formación de un mayor número de panículas por m². Este resultado explica el mayor rendimiento obtenido aquí en comparación con otros dos tratamientos, uno en que se suprime la lámina de agua desde la diferenciación del primordio floral hasta el inicio de la floración, y otro en que se suprime desde ésta hasta la fase lechosa en que se llenan los granos; en ellos ocurrió además una reducción del peso de los granos. Una combinación de inundación intermitente, durante la fase vegetativa, e inundación continua, durante la

fase reproductiva, estimuló una mayor productividad, porque favoreció el macollamiento y la obtención de un gran número de granos por panícula, los cuales tenían además mayor peso. De otro lado, si el suelo con problemas de toxicidad causados por el Fe se conserva húmedo sin que llegue a saturarse de agua, se evita en él la reducción del Fe; se obtiene así, por tanto, mayor rendimiento del cultivo que si se sometiera ese suelo a inundación continua. Se concluye entonces que, en las várzeas de Brasil Central, cuyo suelo tiene textura más arenosa, es posible reducir el consumo de agua y elevar el rendimiento del arroz; el método consiste en combinar la inundación intermitente en la fase vegetativa con la inundación continua en la fase reproductiva. Asimismo, no se recomienda la inundación en suelos que tengan problemas de toxicidad de Fe; en éstos deben hacerse subirrigaciones mediante la elevación del nivel freático.

• Investigador, EMBRAPA-CNPAF, Brasil.

Comportamiento del Cultivo del Arroz con Diferentes Láminas de Riego en República Dominicana

V. Castillo Tejada*

El agua de riego disponible en República Dominicana es cada día menor, porque aumentaron las áreas de riego y se redujo la frecuencia de las lluvias. Por estas razones, es necesario que su distribución y manejo se realicen con la mayor eficiencia. Pues bien, la práctica de los riegos periódicos y de las láminas controladas contribuye a reducir las pérdidas de agua. En 1989 se establecieron dos experimentos en Juma, Bonao: uno en invierno y otro en verano. Su objetivo era evaluar el comportamiento de la variedad Juma 61 con cuatro láminas de agua, para escoger la que diera mayor rendimiento de grano. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones; se inició el cultivo por trasplante, con riegos periódicos cada 5 días, y con láminas de riego de 0, 4, 8 y 12 cm. El tamaño de las parcelas era de 6 m². Con las láminas (tratamientos) de 4 y 8 cm se obtuvieron los mayores rendimientos, tanto en verano, con 5066 y 4987 kg/ha, respectivamente, como en invierno, con 4705 y 4631 kg/ha, respectivamente. Entre estos dos tratamientos no hubo diferencias significativas. En el tratamiento de 12 cm de lámina se consumió un 30% más de agua que en los otros, y se observó 22% de mortalidad de plantas en la siembra de invierno y 5% en la de verano. Los resultados anteriores demuestran que con láminas de agua de 4 y 8 cm la variedad Juma 61 logró mejor desarrollo y dio mayor rendimiento.

• Investigador, CEDIA, República Dominicana.

Calendarios de Riego para Arroz de Trasplante en Morelos, México

F. J. Osuna Canizales*

La creciente escasez de agua de riego para el cultivo del arroz en el Estado de Morelos obligó a sustituir la práctica común de inundar permanentemente el terreno por la del riego periódico. La carencia de infraestructura hidráulica y el minifundismo de esta zona (1.5 ha por productor) hacen necesaria la definición de calendarios de riego prácticos, eficientes y accesibles a los productores. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de cuatro calendarios de riego en el crecimiento, la nutrición mineral, y el rendimiento del arroz establecido por trasplante en Morelos. Se evaluaron cuatro calendarios de riego que se administraron al cultivar Morelos A88, a saber: 1) riego cada siete días; 2) riego diario durante una semana, en semanas alternas; 3) riego cada siete días, excepto los riegos diarios administrados durante una semana al inicio del amacollamiento, en el amacollamiento activo, al inicio del primordio de la panícula, de la floración, y del llenado del grano; y 4) similar al calendario anterior, excepto que los riegos diarios durante una semana se aplicaron sólo durante la etapa reproductiva. Estos riegos consistían en una lámina de agua de 10 cm. El ensayo se estableció en el verano de 1990. Al terminar, se tomaron muestras de material vegetal para medir la producción de materia seca, y analizar N, P y K; a la cosecha se cuantificó el rendimiento de grano. No hubo diferencias significativas en la producción de materia seca, ni en la concentración y contenido de N, P y K en el follaje, entre los cuatro calendarios de riego. El rendimiento de grano varió de 8.8 a 9.1 t/ha, y no se detectó diferencia estadística alguna entre los tratamientos. La precipitación registrada durante el desarrollo del cultivo fue de 977 mm, cuya probabilidad de ocurrencia es de sólo 1.7%. La ausencia de diferencias en los parámetros evaluados, así como los altos rendimientos obtenidos en las cuatro alternativas de riego, indican que es factible establecer, en corto plazo, un calendario de riego práctico y eficiente. A causa de la inusual precipitación registrada, esta información debe confirmarse en ensayos adicionales.

* Investigador, INIFAP, Mérida.

Manejo del Agua en el Arroz de Riego Establecido por Siembra Directa en el Noroeste de México

J. R. Manjarrez
O. Bueno*

El arroz en el noroeste de México se regaba, en un principio, con el agua de las avenidas de los ríos que atraviesan los Estados de Sonora y de Sinaloa. Más tarde se construyeron presas de almacenamiento de agua

en ambos Estados, y el cultivo de este cereal tuvo que competir con el de otras especies respecto al consumo de agua y al uso eficiente de este recurso. Ahora bien, en el Estado de Sonora el arroz requería de una lámina de 3.5 m; por consiguiente, el cultivo salió de los patrones de la producción agrícola porque consumía grandes volúmenes de agua. El objetivo de este trabajo es desarrollar nuevas técnicas de manejo del agua que permitan reducir su consumo en el cultivo del arroz sin que sufran el rendimiento de éste y la calidad del grano; así podrá este cultivo competir, en los distritos de riego, con la siembra de otras especies de importancia económica. En el Estado de Sinaloa se iniciaron, en 1966, estos estudios de reducción del consumo de agua. En 1980 y 1981, se ensayaron diferentes calendarios de riego; se combinaron riegos intermitentes con inundaciones estáticas en diferentes etapas fenológicas del cultivo; y se utilizaron dos sistemas de riego, el de aspersión y el tradicional de gravedad por inundación. También se evaluaron mezclas de herbicidas aplicadas tanto en preemergencia como en posemurgencia. Estos resultados se están validando comercialmente a nivel de la finca. Desde la fase de inicio del primordio floral (70-75 días) hasta la etapa de grano lechoso (105-110 días), se pueden aplicar dos inundaciones estáticas que duren una semana cada una, y dejar otra semana de suspensión en forma intercalada; en el resto del ciclo del cultivo se aplican algunos riegos de auxilio, de manera que la lámina acumulada es de sólo 120 cm. Este gasto se registra en suelos que tengan baja velocidad de infiltración (menos de 1 mm/hora). El arroz con riego se puede manejar con una lámina de agua de 120 cm; basta aplicar las técnicas de riego intermitente y de inundación estática, que ya se adoptan con éxito en Sinaloa.

• Investigadores, INIFAP, Méxco.

Regímenes de Riego para el Arroz en la Cuenca Baja del Río Pánuco, México

E. Aguirre Alvarez*

En la cuenca baja del río Pánuco se siembran 5000 ha de arroz con riego cada año. Dada la necesidad que hay de este cereal en el país, se espera que en un periodo de cinco años se siembren las 20,000 ha potencialmente aptas para el arroz: si esto se logra, habrá dificultades en la disponibilidad del agua y en su manejo. El objetivo de este trabajo es determinar el régimen de riego que permita obtener un rendimiento máximo haciendo un uso eficiente del agua. En un suelo Vertisol se probaron siete regímenes de riego. Se hicieron riegos cada 10 días, con drenaje y sin él; riegos cada 10 días, más 20 días de inundación; siete riegos más 25 días de inundación; tres riegos más 50 días de inundación; tres riegos más inundaciones estáticas de 10 días, a intervalos de 10 días; y el testigo de tres riegos más inundación continua. Se sembró la

variedad CICA 4 en suelo seco, y a una densidad de 120 kg/ha de semilla, durante el ciclo primavera-verano (junio-noviembre), desde 1979 hasta 1983. Los rendimientos fluctuaron de 3.88 a 9.56 t/ha en los cinco años del estudio. Los dos mejores tratamientos fueron: riegos cada 10 días más 20 días de inundación, y tres riegos más inundaciones estáticas de 10 días a intervalos de 10 días; su rendimiento promedio fue de 8.83 y 6.58 t/ha, respectivamente. Este rendimiento es similar al del testigo de inundación continua (80 a 90 días) que dio 6.75 t/ha; los tratamientos con lámina de agua de 1.40 y 1.78 cm fueron 66% y 57% menores, respectivamente, que el testigo. Las mejores características del arroz se registraron en el testigo (inundación continua); sin embargo, el arroz produjo mejores macollos en los tratamientos con riego intermitente, y por ello el rendimiento de éstos fue similar al del primero. El arroz con régimen de riego cada 10 días, más 20 días de inundación, dio un rendimiento similar al del testigo, y con un ahorro de 66% de agua; habrá, por tanto, más disponibilidad de este recurso en el campo.

• Investigador, INIFAP, Méxco.

Manejo del Agua por Bombeo para el Arroz de Riego, y Perspectivas para Quintana Roo, México

H. Quintero
M. Cortazar
R. Nava
S. Sánchez*

En Quintana Roo, el arroz se ha cultivado desde 1974 en condiciones de seco. Este sistema de producción es afectado allí por sequías severas y por fuertes infestaciones de malezas; por tal razón, casi todos los años la producción de arroz sufre pérdidas de consideración. Esta situación ha propiciado el cambio hacia el cultivo en condiciones de riego, aprovechando el agua de pozos profundos. Así se obtendrían dos cosechas al año mediante el sistema de producción continua, y se elevaría la producción. Los objetivos de este proyecto son: a) hacer eficiente el manejo del agua por bombeo; b) desarrollar variedades de arroz aptas para la siembra de primavera-verano (P-V) y de otoño-invierno (O-I); y c) estabilizar la producción arrocera. Durante la estación húmeda (P-V) se evaluaron cuatro volúmenes de agua de riego aplicados a tres variedades; al mismo tiempo se evaluaron 20 cultivares de arroz, tanto nacionales como introducidos. No hubo diferencias estadísticas en el rendimiento de ninguna de las tres variedades evaluadas con diferentes niveles de riego. Los volúmenes de riego fluctuaron entre 8764 y 19,948 m³, incluyendo en ellos la aportación de la lluvia (500 mm). Dieron respuesta favorable respecto a la insensibilidad al fotoperíodo y a la tolerancia a bajas temperaturas en la siembra de O-I los genotipos (variedades y líneas avanzadas) de ciclo precoz, a saber: Huimanguillo A88, Milagro Filipino

Depurado, Amistad 82, Sureste A90, CICA6, IR10781-75-3-22, y P 2231F4-138-6-1B. Un volumen mínimo de 3973 m³ de agua de riego y una precipitación de 500 mm satisfacen los requerimientos hídricos del cultivo y permiten obtener un rendimiento que haga rentable el cultivo. Hay actualmente materiales de arroz que se pueden cultivar en ambas épocas (P-V y O-I). Sin embargo, para la siembra de O-I, cuando el fotoperíodo y las temperaturas bajas son una limitante, se requieren mejores cultivares, es decir, que tengan un comportamiento satisfactorio, y permitan ampliar el calendario de siembras que hoy se halla restringido.

• Investigadores, INIFAP, México.

Manejo del Agua y Desyerba Mecánica para Controlar el Arroz Indeseable (*Oryza sativa* L.) en Cultivos de Arroz Pregerminado

J. Coulombe
O. Medina
J. L. Armenta*

En República Dominicana, el arroz indeseable (arroz rojo y otros similares) es un problema grave de malezas que afecta aproximadamente el 34% del área arrocera. La intensidad de la infestación varía de 20% a 70%. El control del arroz indeseable mediante prácticas de cultivo es ahora muy costoso. Algunos agricultores lo controlan aplicando herbicidas antes de la siembra, pero la eficiencia de éstos varía de 50% a 90%. El objetivo de este estudio fue determinar la eficiencia de combinar el manejo del agua y la desyerba mecánica para controlar los tipos de arroz indeseable, con aplicación de herbicidas antes de la siembra y sin ella, en cultivos de arroz que se había sembrado pregerminado. En 1991 se hizo un experimento en un área en que había infestación natural de arroz indeseable, cerca de Bonao. El diseño escogido fue de parcelas divididas, con cuatro repeticiones. La aplicación de herbicidas, el manejo del agua, y la desyerba mecánica se asignó a las subparcelas principales, a las secundarias, y a las terciarias, respectivamente. Se aplicó el herbicida oxyfluorfen a las parcelas antes de la siembra. El manejo del agua consistió en tres tratamientos de inundación gradual: a los 5, a los 10 y a los 15 días (testigo) después de la siembra (DDS). La semilla pregerminada de la variedad Juma 64 se sembró en surcos distantes 20 cm uno de otro, con una sembradora de tambor manual, a una tasa de 85 kg/ha. Prescindiendo del control químico y mecánico del arroz indeseable, la inundación gradual de las parcelas a los 5 y 10 DDS redujo el número de plantas de arroz indeseable y estimuló el crecimiento del arroz comercial. La desyerba mecánica, que se hizo con un desyerbador de cono a los 23 días después de la siembra, controló 40% de las plantas de arroz indeseable, y aumentó el rendimiento del arroz cultivado en un 12%. Considerando aparte el control químico, los mejores resultados se

observaron en la inundación gradual de las parcelas a los 5 DDS, y haciendo control mecánico. En estas parcelas se controló 66% de las plantas de arroz indeseable, y el rendimiento de la variedad comercial aumentó en 25%. Los resultados indican el potencial que tiene la combinación del manejo del agua y la desyerba mecánica para controlar el arroz indeseable, con aplicación de herbicidas antes de la siembra o sin ella, en cultivos de arroz de riego.

* Agrónomo, CRIN; Investigador, CEDIA, y Coordinador, CRIN, respectivamente.

Pérdidas en Rendimiento por la Competencia del Arroz Rojo

A. Fischer*

La infestación generalizada de arroz rojo (*Oryza sativa*) en los arrozales de América Latina causa graves pérdidas de rendimiento, reduce la calidad del grano, y crea problemas de sostenibilidad cuando un terreno altamente infestado debe abandonarse. El control de esta maleza se restringe a opciones generalmente costosas porque es difícil obtener semilla pura, o rotar el arroz con otros cultivos. Ahora bien, la evaluación temprana de los niveles de infestación con arroz rojo permite predecir las pérdidas de rendimiento causadas por la competencia de esta maleza. Conocidas las pérdidas potenciales, es posible seleccionar alternativas de manejo cuyos costos se ajusten al valor de esas pérdidas. En este estudio se evaluaron los criterios con que se predicen las pérdidas de rendimiento del arroz comercial por la competencia del arroz rojo. Se hicieron experimentos de competencia en lotes de arroz irrigado variando densidades y épocas de control de la maleza. Se hizo un análisis de crecimiento de las variedades de arroz comercial y de los ecotipos del rojo. Una densidad moderada de arroz rojo (8 plantas/m²) redujo entre 14% y 30% el rendimiento del arroz, según la región y el sistema de cultivo. El elevado poder de reinfestación de esta maleza nociva desaconseja su manejo mediante umbrales de densidad. A medida que se retrasa el control del rojo, antes de la floración, el rendimiento desciende gradualmente, lo que concede cierta flexibilidad para ubicar el momento estratégico del control. Cuando había 20 plantas de arroz rojo por m², y a los 40 días después de la emergencia de las plántulas, se hizo un control de la maleza; en este caso el rendimiento descendió 10%. Estudios hechos con series aditivas de densidades de arroz rojo y de arroz comercial permitirían establecer las densidades más competitivas para este último, comparar la competitividad de las variedades de arroz y de los ecotipos de rojo, y evaluar el impacto que hacen ciertas prácticas de cultivo en la competencia de ambos. La validez de los estudios de competencia que se hagan en una región resulta, en parte, de la variabilidad que hay en el crecimiento y en el desarrollo de las variedades de arroz y de los ecotipos de rojo.

* Agrónomo, Programa de Arroz, CIAT, Colombia.

Algunas Consecuencias de la Asociación del Arroz Cultivado y el Arroz Rojo (*Oryza sativa* L.)

E. García*

El arroz rojo y el cultivado pertenecen a la especie *Oryza sativa* L. El primero se considera como un limitante en la producción de arroz, en el proceso de molinería, y en el mercadeo. Las plantas de arroz rojo son fuertes competidoras de las del cultivado en cuanto a espacio, nutrimentos y luz; además, su semilla persiste en el suelo infestando los campos durante varios años. En el molino se necesita mayor fricción para eliminar el pericarpio rojo; pues bien, esta acción aumenta el número de granos quebrados, disminuye el índice de pilada o porcentaje de grano entero, y reduce, en consecuencia, los precios del arroz blanco. La aparición del pericarpio pigmentado puede también deberse a cruzamientos ocurridos entre el arroz cultivado y el rojo en condiciones naturales. En el CI-Palmira del ICA, en Colombia, se hizo una simulación en el campo con el fin de observar la segregación de la pigmentación. Se sembraron las variedades comerciales CICA 4, CICA 7, CICA 8, CICA 9, y *Oryzica* 1, y se cruzaron con tipos de arroz rojo denominados R1, R3, R4 y R7. Las plantas F_1 y F_2 se trasplantaron al campo en surcos de 5 m de largo, y a 25 cm entre las plantas; las plantas F_3 se trasplantaron a parcelas distribuidas al azar. En ambas generaciones se tomaron al azar plantas y semillas para observar la pigmentación del pericarpio de éstas. Las semillas F_1 no presentaron pigmentación, mientras que todas las F_2 estaban pigmentadas y las F_3 presentaban segregación. Mediante estudio estadístico de los datos obtenidos en la generación F_3 se halló que la probabilidad de que aparecieran plantas con pericarpio pigmentado era mayor cuando los progenitores femeninos eran las variedades CICA 7, CICA 8, *Oryzica* 1 y CICA 4. CICA 9 presentó mayor probabilidad de generar plantas con pericarpio normal. La segregación de las características fenotípicas de la semilla, como la pigmentación del pericarpio, explicarían así el origen de los tipos de arroz denominados "rojos varietales". Esta explicación, a su vez, resolvería el posible rechazo de ciertos volúmenes de semilla, y evitaría muchas veces la reducción del precio del arroz comercial al agricultor.

* Mejorador, ICA, Colombia.

Manejo del Arroz Rojo en los Cultivos de Arroz de Riego en el Sur de Brasil

M. A. Schiocchet*

Una infestación de la maleza arroz rojo se considera una de las principales limitaciones del aumento de rendimiento del arroz de riego en los estados del sur de Brasil. Se ha estimado que el promedio de rendimiento del

arroz de riego en esa región aumentaría, por lo menos, de 10% a 20% si se hiciera un control eficiente del arroz rojo. El alto número de agricultores que siembran en sus campos semilla de baja calidad ha sido una de las causas de la diseminación de esta maleza. Las instituciones de investigación, por la empresa privada, y por los productores particulares han estudiado activamente la solución de este problema. Entre las prácticas que se han recomendado para controlar el arroz rojo sobresalen las siguientes: a) mejorar la calidad de la semilla, y hacer consciente al productor de la importancia de usar semilla libre de arroz rojo; b) controlar químicamente la maleza aplicando herbicidas antes de la siembra del arroz, cuando ésta se hace en el suelo inundado; c) hacer siembra directa en un suelo manejado con labranza mínima. Esta última práctica, además de controlar el arroz rojo, reduce los costos de preparación del terreno. El control eficiente del arroz rojo puede lograrse solamente cuando el productor adopte varias prácticas en forma integral. Además de las ya mencionadas, se destacan el control mecánico de las malezas (nivelación del terreno) o la cría de aves entre dos épocas de cultivo, la buena preparación y adecuación del suelo, el manejo del agua, la rotación de cultivos, y los métodos que impidan la producción de semilla en las plantas de arroz rojo que queden en el campo.

• Investigador, EMPASC, Brasil.

Principales Métodos de Control del Arroz Rojo Empleados en Cuba

G. Antigua Peretro*

El arroz rojo es el resultado de la recombinación de genes complementarios en la especie *Oryza sativa* L. Afecta el rendimiento agrícola de la variedad cultivada hasta niveles de 80% y 90%, y disminuye además el rendimiento industrial y la calidad culinaria del arroz comercial porque aparecen en éste granos con diferentes tonalidades de color rojo. Este estudio se encaminó a idear un método de control efectivo del arroz rojo. En el Instituto de Investigaciones del Arroz, en Cuba, se estudió la efectividad de siete herbicidas, y de sus combinaciones, en el control del arroz rojo de glumelas negras, antes y después de su emergencia. Se hizo el ensayo en el Complejo Agroindustrial Arrocerero de la Provincia de Matanzas como un trabajo de extensión agrícola. Se logró controlar en su totalidad el arroz rojo, y aumentar el rendimiento del arroz comercial en 3.5 t/ha, cuando se aplicó el método de desinfección agrotécnica y química. En síntesis, este método consta de los siguientes pasos: preparación del suelo en seco hasta la nivelación, inducción de la germinación del arroz rojo mediante pases de agua, control de la maleza aplicando paraquat en dosis de 0.8 kg/ha de i.a., inundación del suelo con una lámina de agua de 15 a 20 cm durante 5 a 7 días, reducción de la lámina de agua a \pm 5 cm, siembra del arroz comercial con semilla

pregerminada, drenaje de las parcelas durante 3 a 5 días, y pases de agua a intervalos cortos hasta que las plantas de arroz permitan establecer una lámina de agua permanente. Los resultados obtenidos permiten ofrecer un método agrotécnico y químico eficaz en el control del arroz rojo. Para limpiar bien el suelo de semillas de esta maleza, el método debe aplicarse, como mínimo, durante dos años consecutivos.

• Jefe, Departamento de Protección de Plantas, IIA, Cuba.

Manejo del Arroz Rojo en el Sureste de México

I. H. Almeida León

V. A. Esqueda Esquivel*

El arroz rojo se ha convertido en un problema grave en varias regiones arroceras del mundo, especialmente en aquéllas dedicadas al monocultivo del arroz. En los Estados de Campeche y Tabasco hay, aproximadamente, 5800 ha infestadas con arroz rojo; el porcentaje de infestación va desde leve (4% a 15%) hasta fuerte (más de 40%). En los Estados de Quintana Roo y Veracruz, aunque no se ha cuantificado exactamente el área infestada y el grado de infestación, se considera el arroz rojo como la mala hierba que causa más contratiempos al arroz comercial. El objetivo de este trabajo es definir el manejo que debe darse a las áreas infestadas con arroz rojo en el sureste de México. El trabajo comprendía muestreos de las superficies infestadas y encuesta a los productores. En los muestreos realizados se cuantificaron hasta 52 paniculas de arroz rojo por m², que equivalen a 38% de reducción en el rendimiento del arroz cuando éste se cultiva en condiciones de secano. En condiciones de riego, el efecto dañino del arroz rojo en el arroz comercial es similar al anterior; no obstante, pasa desapercibido a los productores porque el rendimiento del comercial es mayor que el de secano. El manejo que se da a las áreas infestadas con arroz rojo en condiciones de riego consiste en la preparación del suelo por fanguero manteniendo el terreno inundado durante 15 días. En condiciones de secano, los productores diezman la población de esta maleza mediante pases de rastra. En el arroz de riego, la preparación por fanguero o los pases de rastra después de la emergencia del arroz rojo no son suficientes para aminorar significativamente el problema causado por esta maleza, máxime si se siembra además semilla de mala calidad. En el arroz de secano es necesario combinar la preparación del suelo con la aplicación de herbicidas. En ambos casos, riego y secano, debe desarrollarse un programa eficaz de producción de semilla de arroz para mantener la población del arroz rojo en un nivel que no reduzca el rendimiento del grano y no afecte su calidad industrial.

• Investigadores, INIFAP, México.

Dinámica de la Tecnología del Cultivo del Arroz en América Latina entre 1966 y 1990

L. R. Santint*

En las dos últimas décadas, la producción de arroz en cáscara en las regiones latinoamericana y caribeña creció a una tasa anual del 3.1%, y llegó en 1990 a 19.2 millones de toneladas. Este crecimiento fue superior al de la población, que se situó en un 2.5% anual; en consecuencia, aumentó el consumo, y llegó a 30 kg per cápita de arroz blanco en 1990. Este crecimiento del cultivo del arroz se repartió entre un 1.4% de expansión del área sembrada —que hoy es de 8 millones de hectáreas— y un 1.7% de incremento en el rendimiento. El mayor crecimiento relativo del rendimiento se observó en el Caribe (2.8% anual); en términos de área cultivada, tanto los países andinos como los del Cono Sur, se expandieron a una tasa cercana al 3.0% anual. Los mayores valores del consumo per cápita de arroz blanco se observaron en Brasil, el Caribe, y los países andinos, y fueron 51, 44 y 33 kg/año, respectivamente. El arroz irrigado representa cerca de 60% de la producción, y ocupa sólo 30% del área arrocera. Se calcula que más de 80% del arroz de riego proviene de variedades modernas semi-enanas, que producen 9 millones de toneladas de arroz en cáscara. En cuanto al manejo del cultivo, los datos recolectados en encuestas hechas a los agricultores de Colombia y Venezuela indican que, en la década de los ochenta, hubo importantes reducciones en las cantidades de insecticidas y fungicidas que aquéllos aplicaron; no se redujo, en cambio, la cantidad aplicada de herbicidas.

* Economista, Programa de Arroz, CIAT, Colombia.

Mecanización del Arroz de Riego, Establecido por Trasplante, en Morelos, México

J. F. Cordero Pacheco
S. Kondo*

El arroz es un cultivo tradicional que tiene importancia socioeconómica en el Estado de Morelos, México. Fue introducido hace más de 150 años, y desde entonces se cultiva por el sistema de trasplante bajo condiciones de riego. El rendimiento promedio que se obtiene con las variedades comerciales Morelos A70 y Morelos A88 (6 y 11 t/ha, respectivamente) es el más alto del país. Sin embargo, el constante aumento de los precios, sobre todo de la mano de obra, han ocasionado una reducción gradual del área arrocera, que llegó a más de 70% en los últimos 10 años. Este hecho motivó al CIFAP-Morelos a estudiar alternativas para reducir los costos de producción del arroz mediante la mecanización de las labores más agotadoras y costosas, cuales son la preparación del suelo con lámina de agua ("aborde"), el trasplante y la cosecha manual. La mecanización

reduce el excesivo uso de mano de obra que requieren la preparación del suelo, el trasplante y la cosecha manual; además, desarrolla tecnologías de producción que hacen más eficiente el uso de los insumos que requiere el cultivo, con el fin de mejorar el ingreso de los productores arroceros. En parcelas comerciales mayores de 1 ha se validaron, a partir de 1987, una trasplantadora de cuatro hileras y una cosechadora mecánica (ambas de origen japonés). La evaluación consideró su comportamiento mecánico y su rendimiento económico; asimismo, se analizaron los costos de producción y los ingresos netos, determinados sobre el rendimiento de grano por hectárea, y se compararon con el sistema manual. Las máquinas resultaron eficientes en ahorro de tiempo y de mano de obra; en la fase de almácigo, la producción óptima de plantas en 'charolas' para el trasplante mecanizado se obtiene entre 14 y 21 días después de la siembra, mientras que por el sistema tradicional salen a los 45 días. Respecto al trasplante mecánico, sólo el operador y un auxiliar abastecedor de plantas requieren de 10 a 12 h/ha; la trilla mecánica de 9.0 t/ha se determinó en un tiempo promedio de 13.5 h/ha. El trasplante manual, en cambio, es una labor pagada por tarea, y su costo, en 1990, ascendió a 25 jornadas de 8 horas hombre (jh-h) por hectárea; la cosecha consumió otras 46 (jh-h). La eficiencia de las máquinas se estimó en 56.3% para la trasplantadora, y 60.4% para la cosechadora; estas cifras representan un ahorro de 33% respecto a los costos del sistema mecanizado. Las pruebas comerciales a que se sometieron las máquinas evaluadas demostraron que reducían la necesidad de mano de obra. Este ahorro permitirá incrementar, de un lado, el ingreso de los productores, y del otro, modernizar las tecnologías tradicionales de producción del arroz establecido por trasplante en la región central de México; ésta comprende los Estados de Morelos, Puebla (el sur), México (el sur), y Guerrero (al norte).

* Investigador, INIFAP, y Líder, Expertos Japoneses para INIFAP, JICA, México, respectivamente.

La Tecnología de Poscosecha del Arroz en México y la Norma de Calidad del Grano para su Comercialización

M. M. Trejo
S. Barber
A. Jayme
C. Izquierdo*

La calidad del arroz para consumo humano depende de la variedad, de las condiciones en que se desarrolló el cultivo, y de la tecnología de poscosecha. En México, hasta hace poco tiempo, el sector arrocero había estado protegido para el comercio exterior. El acelerado proceso de globalización económica y la integración regional norteamericana inciden ya en la orientación del sector arrocero. Se parte de la hipótesis de que la

calidad del arroz mexicano tiene un notable margen de mejora. Se carecía, desafortunadamente, de una evaluación experimental que informara sobre las etapas del proceso de poscosecha, en el cual se deterioran algunos atributos particulares de la calidad del grano. El objetivo de este estudio es analizar, partiendo de la investigación hecha sobre la tecnología de poscosecha del arroz que se aplica en México, el efecto de esa tecnología sobre la calidad del arroz que se consume en México. Se eligieron 10 instalaciones industriales en cuatro sistemas de producción representativos del sector arrocero mexicano. Después de identificar y describir la tecnología de poscosecha practicada —cosecha, transporte, secado, almacenamiento, y elaboración industrial— se evaluó experimentalmente el efecto que hacen, en los atributos de calidad del grano, los métodos y condiciones contemplados en la norma mexicana y valorados por el consumidor. Aunque la humedad óptima de cosecha va de 22% a 24% para las variedades cultivadas en México, pocas veces se cosecha el grano dentro de esos límites de humedad; por consiguiente, se pierde hasta el 10% de la calidad molinera. El manejo y el transporte merman la calidad molinera en Veracruz y Morelos, e incrementan el porcentaje de granos dañados y de alteraciones indeseables en el color del arroz elaborado. En el almacenamiento no están bien tecnificadas las prácticas sanitarias preventivas ni el diseño —o el modo de empleo— de los sistemas de aireación, sobre todo en los Estados de Morelos, Veracruz y Campeche; el resultado es también una deterioro de la calidad molinera y del color del grano. Es además notable la reducción del rendimiento total del arroz elaborado (de 2.9% a 4.4%); la reducción del rendimiento varía entre 1.45% y 7.70%. La tecnología de poscosecha afecta, por tanto, la calidad molinera del arroz mexicano. El sector arrocero necesita apoyo tecnológico para ingresar con éxito al mercado global que se halla hoy en negociación. Se recomienda una reconversión de la agroindustria con objetivos de corto y mediano alcance.

- * Investigador, Universidad Autónoma de Sinaloa, México; Investigador, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, España; Investigadores Universidad Autónoma de Sinaloa, México, respectivamente.

Prácticas Agronómicas como Alternativa al Control Químico de *Acromyrmex landolti* Forel en el Establecimiento de Cultivos de Arroz

A. Pantoja
C. García
O. Mejía*

En los Llanos Orientales de Colombia, la hormiga arriera, *Acromyrmex landolti* (Hymenoptera: Formicidae), es una plaga importante durante el establecimiento de pasturas, y lo es todavía en pasturas con varios años de establecidas. A medida que la frontera agrícola colombiana se amplía,

se hacen siembras experimentales de arroz de secano en la altillanura; por tanto, la importancia de este insecto plaga es cada vez mayor. Se han observado reducciones en el rendimiento del arroz hasta de 50% en campos experimentales. Se realizaron experimentos para medir el efecto de la época de preparación del suelo en la mortalidad de las colonias de *A. landolti*. Los tratamientos fueron la preparación temprana (en diciembre), y la preparación tradicional (en abril); en ambos se preparó el terreno con arado de cincel, y con un pase cruzado de rastra antes de la siembra. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, en parcelas de 30 m x 30 m. La preparación temprana eliminó el 88% de las colonias de hormigas, y la tradicional el 73%. La mortalidad natural de las colonias fue 20%. La época de preparación del suelo, junto con el grado de preparación y los implementos usados, desempeñarán un papel muy importante en un programa de manejo integrado de las plagas del arroz en altillanura, y reducirán además el uso de productos agroquímicos.

• Entomólogo y Asistentes de Investigación, CIAT, Colombia.

Comportamiento Nutricional de Algunas Líneas de Arroz de Sabana en los Suelos de las Sabanas Colombianas

A. C. Roy
S. Sarkarung
R. S. Zeigler*

En su mayor parte, los suelos de las sabanas latinoamericanas son muy ácidos, y el complejo de intercambio del suelo se encuentra en ellos altamente saturado de aluminio (de 75% a 95% de saturación de Al). Tienen además cantidades muy bajas de P, K, Ca y Mg disponibles. Se ha documentado bien el escaso crecimiento y desarrollo de la planta asociados con una inadecuada absorción de los nutrimentos esenciales, fenómeno común en suelos cuyas condiciones se parezcan a las antes descritas. El arroz, por su parte, se adapta a una amplia gama de pH del suelo, pero no se desempeña bien en un suelo que tenga una alta saturación de aluminio. En el pasado, la toxicidad del Al ha sido un problema grave para la adaptación de los cultivares de arroz de alto rendimiento a las condiciones de las sabanas tropicales. En los últimos años, el Programa de Arroz del CIAT ha hecho trabajos de fitomejoramiento en los que ha seleccionado genotipos de arroz para las condiciones de estrés típicas del suelo de las sabanas latinoamericanas. Estos nuevos genotipos toleran bien el estrés de esos suelos, y rinden en ellos de 3 a 4 t/ha de arroz en el sistema de secano con siembra directa. Las nuevas líneas de arroz parecen capaces de absorber los nutrimentos requeridos por las plantas para tener crecimiento y desarrollo normales; resuelven, por tanto, el problema de la toxicidad del aluminio en esos

suelos. Los mecanismos exactos de tolerancia a la toxicidad del Al no se conocen aún. En experimentos realizados bajo condiciones de invernadero, en macetas y en el campo, se evaluó el crecimiento y la captación de nutrimentos tanto de las líneas de arroz seleccionadas para la sabana, como de genotipos de arroz estándar seleccionados para condiciones de secano y de riego; el objetivo era caracterizar las líneas de sabana respecto a su tolerancia al Al. Hasta el momento, los resultados indican que el crecimiento de las raíces —medido por el volumen radicular total y por la masa radicular— de las líneas ensayadas es afectado en forma diferente por el contenido de Al del suelo; las líneas de sabana tienen raíces más abundantes. Además, estos genotipos difieren considerablemente en su respuesta a los fosfatos del suelo y de la solución nutritiva, y algunos sobresalieron por su tolerancia al bajo nivel de Zn disponible. Al parecer, el pH del suelo no es, per se, un factor importante en la captación de nutrimentos por las plantas. Sin embargo, un encalado moderado mejora el vigor general del cultivo, y eleva la eficiencia varietal en la absorción de nutrimentos en estos suelos. Cuando se aplican altos niveles de cal, la mayoría de las líneas sufren un desequilibrio nutricional que se manifiesta en el escaso crecimiento asociado a una deficiencia de Zn. Se están llevando a cabo trabajos adicionales para caracterizar debidamente las líneas seleccionadas en relación con su crecimiento y su comportamiento nutricional.

- Científico visitante, Programa de Arroz, CIAT, Colombia; Mejorador, Programa de Arroz, CIAT, Colombia, (ahora Mejorador, Programa de Arroz, Zonas Bajas Inundables, IRRI, Filipinas); Líder, Programa de Arroz, CIAT, Colombia (ahora Líder, Programa de Arroz, Zonas Bajas Inundables, IRRI, Filipinas).

Comercialización Interna del Arroz en los Países Miembros de CRIN

M. Rivas*

El sistema de comercialización de un producto es de vital importancia para la política que promueva un cambio favorable en la producción de dicho producto. Con el propósito de conocer los sistemas de mercadeo interno del arroz en los países miembros de la Red Internacional de Arroz del Caribe (CRIN), se recolectó información en ellos sobre el comportamiento de los precios del cereal, y sobre los canales de comercialización de éste, la intervención gubernamental, y las restricciones a la comercialización interna del grano. En cinco de los ocho países miembros de CRIN —Guyana, Surinam, Trinidad y Tobago, Jamaica y Cuba— los gobiernos establecen los precios de compra y venta del arroz, y lo hacen partiendo de estimados de los costos de producción que hacen los organismos gubernamentales y no de la disponibilidad y la demanda del cereal. En Cuba, el Estado tiene a su cargo la producción, el procesamiento y la comercialización del arroz; en los demás países nombrados antes, así como en Belice, la participación del gobierno en la

compra del arroz a los productores privados, en su procesamiento, y en su venta a los consumidores es grande. Belice abandonó el sistema de precios fijos porque implementó un programa que permite la variación de los precios dentro de un rango establecido; el gobierno guyanés, por su parte, anunció la liberalización de los precios del arroz en 1991, y ha desarrollado un programa de venta de instalaciones de almacenamiento y procesamiento del grano a inversionistas privados. En Haití y en República Dominicana funcionan sistemas de libre comercio del arroz; sin embargo, el gobierno dominicano interviene en cierto grado en la comercialización haciendo importaciones de arroz y lanzando programas de ventas populares a precios bajos. La política de precios fijos se orienta a mantener una fuente de alimentación barata para la población urbana. El resultado es en un descenso de los precios reales a través del tiempo, que ha inducido a muchos arroceros a abandonar la producción del cereal en Guyana, Trinidad y Tobago, Surinam y Jamaica. Además, la intervención directa de los gobiernos en la comercialización del arroz se ha agravado por la falta de flexibilidad y puntualidad en sus operaciones.

-
- Economista Agrícola, CRIN, República Dominicana.

APENDICES

Lista de Acrónimos y Abreviaturas Usados en el Texto

Acrónimo

| | |
|-----------------|--|
| AASCAC | Asociación Agricultores Sur de Campeche, México |
| ADB | Asian Development Bank |
| BANCOMER | Banco de Comercio, México |
| BANRURAL | Banco Nacional de Crédito Rural, México |
| BANXICO | Banco de México |
| CAB | Commonwealth Agricultural Bureaux, Inglaterra |
| CACEX | Carteira de Comércio Exterior, Brasil |
| CAEZAC | Campo Agrícola Experimental Zacatecas, México |
| CEDEAL | Centro de Documentación Económica para la Agricultura Latinoamericana |
| CEDEGE | Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas, Ecuador |
| CEDIA | Centro de Investigaciones Arroceras, República Dominicana |
| CEE | Comunidad Económica Europea |
| CENTA | Centro de Tecnología Agrícola, El Salvador |
| CEVAMEX | Campo Experimental "Valle de México" |
| CIAMEC | Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central, México |
| CIAS | Centro de Investigaciones Agrícolas de Sinaloa, México |
| CIAT | Centro de Investigación Agrícola Tropical, Bolivia |
| CIAT | Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia |
| CIFAP | Centro de Investigaciones Forestales Agropecuarias, México |
| CIMMYT | Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México |

| | |
|------------------|--|
| CIP | Centro Internacional de la Papa, Perú |
| CIR | Centro de Investigación Región, México |
| CNPAF | Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Brasil |
| CODAGEM | Comisión de Desarrollo Agrícola y Ganadero del Estado de México |
| CPATB | Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado, Brasil |
| CRIN | Caribbean Rice Improvement Network |
| CSAT | Colegio Superior de Agricultura Tropical, México |
| EMAPA | Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária Brasil |
| EMATER | Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural, Brasil |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil |
| EMPASC | Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Santa Catarina, Brasil |
| ENAC | Empresa Nacional de Almacenamiento y Comercialización, Ecuador |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) |
| FEDEARROZ | Federación Nacional de Arroceros de Colombia |
| FIRA | Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, México |
| GREB | Guyana Rice Export Board |
| GRMMA | Guyana Rice Milling and Marketing Authority |
| IAC | Instituto Agronômico de Campinas, Brasil |
| IARCs | International agricultural research centers |
| IBPGR | International Board for Plant Genetic Resources, Italia |
| ICA | Instituto Colombiano Agropecuario |
| ICAMEX | Instituto de Ciencias Agrícolas del Estado de México |

| | |
|----------------|--|
| ICARDA | International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Siria |
| ICSU | International Council of Scientific Unions, Francia |
| ICTA | Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala |
| IDIAP | Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá |
| IFARD | International Federation of Agricultural Research Systems for Development, Italia |
| IIA | Instituto de Investigaciones del Arroz, Cuba |
| IICA | Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura |
| IITA | International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria |
| INESPRE | Instituto de Estabilización de Precios, República Dominicana |
| INGER | International Network for Genetic Evaluation of Rice (Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz, antes IRTP), Filipinas |
| INIA | Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile |
| INIA | Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (actualmente INIFAP), México |
| INIAA | Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial, Perú |
| INIAP | Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador |
| INIFAP | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (antes INIA-México), México |
| INTA | Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina |
| IRCTN | International Rice Cold Tolerance Nursery |
| IRGA | Instituto Rio Grandense do Arroz, Brasil |
| IRRI | International Rice Research Institute, Filipinas |
| IRRN | International Rice Research Newsletter |

| | |
|--------------------|--|
| IRTP | International Rice Testing Program (ahora INGER), Filipinas |
| ISNAR | International Service for National Agricultural Research, Holanda |
| JICA | Japan International Cooperation Agency, Japón |
| MA | Ministerio de Agricultura, Colombia |
| MAG | Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica |
| MERCOSUR | Mercado Común del Sur (pacto económico entre Brasil, Uruguay, Argentina y Paraguay) |
| NARI | National Agricultural Research Institute, Guyana |
| PA-PBI | Producción Agrícola-Productores de Bajos Ingresos, México |
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP en inglés) |
| PROCIANDINO | Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para la Subregión Andina |
| PROCISUR | Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur (pacto económico entre Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay) |
| RADA | Rural Agricultural Development Authority, Jamaica |
| SAG | Secretaría de Agricultura y Ganadería, México |
| SARH | Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México |
| SEDES | Secretaría de Desarrollo, México |
| SEP | Secretaría de Educación Pública, México |
| SNC | Sociedad Nacional de Crédito, México |
| SPAAR | Special Program for African Agricultural Research |
| SPR | Sociedad de Producción Rural, México |
| TREC | Toledo Rural Extension Centre, Belice |
| UJAT | Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México |

| | |
|----------|---|
| USDA-ARS | United States Department of Agriculture/Agricultural Research Service |
| URSS | Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (disuelta en 1991) |
| VIOAL | Vivero Internacional de Observación de Arroz para América Latina |
| WARDA | West Africa Rice Development Association, Costa de Marfil |

Abreviatura

| | |
|--------|--|
| ADN | Acido desoxirribonucleico |
| AMMI | Additive Main effects and Multiplicative Interactions (Efectos Principales aditivos e Interacciones Multiplicativas, en estadística) |
| C.F. | Cost and freight (costo y flete) |
| C.I.F. | Cost, insurance, and freight (costo, seguro y flete) |
| CPI | Consumer price index (Indice de precios al consumidor) |
| cwt | Hundredweight (100 lb en EUA.; 112 lb en Reino Unido) |
| DMRT | Duncan's Multiple Range Test (Duncan, prueba de rango múltiple, estadística) |
| F.O.B. | Free on board (disponible al comprador en el puerto) |
| HYVs | High-yielding varieties (variedades de alto rendimiento) |
| kr | Kilorad (mil rad; 1 rad = unidad de radiación absorbida, o sea, 100 erg/g de material irradiado) |
| NADH | Reduced nicotinamide adenine dinucleotide (dinucleótido reducido de adenina y nicotinamida, una enzima) |
| NADP | Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (fosfato de la enzima NADH) |
| PEG | Polyethylene glycol (glicol de polietileno) |
| pg | Picogramo |
| PNB | Producto Nacional Bruto |
| ppmv | Partes por millón, en volumen |

| | |
|--------------|--|
| q | Quintal (100 lb en EUA.; 112 lb en Reino Unido; 100 kg) |
| RFLPs | DNA restriction fragment length polymorphisms (polimorfismo en longitud de los fragmentos de restricción del ADN, en biotecnología) |
| RD | República Dominicana |
| RS | Estado de Río Grande do Sul, Brasil |

Lista de Participantes

La dirección y ocupación de cada participante se incluyen en el idioma de cada país. Los acrónimos de las entidades se presentan en la "Lista de Acrónimos y Abreviaturas Usados en el Texto", que empieza en la página 279.

Argentina

Arturo David Carcaño
Coordinador, Programa de Arroz, INTA
Estación Experimental Agropecuaria
de Corrientes
Casilla de Correo 57
3400 Corrientes
Tel. of.: (54783) 65011

Belice

Patrick Scott
Agronomist, TREC
P.O. Box 946
Punta Gorda, Toledo District
Tel. of.: (501) 07-22120

Bolivia

Carlos Manchego
Jefe, Departamento de Producción
de Semillas
CIAT
Casilla de Correo 247
Santa Cruz
Tel. of.: (591) 342996

Brasil

Paulo Sergio Carmona
Investigador, IRGA
Caixa Postal 1927
90.000 Porto Alegre, RS
Tel. of.: (55512) 701577

Eurico Faria Dorneles
Agrónomo
Clube do Plantio Directo de Arroz
Irrigado
Dr. Carlos Von Koseritz 251
Porto Alegre, RS
Tel. of.: (55512) 425613

José Galli
Investigador, Faculdade de Agronomia
y Fitotecnia
Universidade Federal de Pelotas
Caixa Postal 354
96.100 Pelotas, RS
Tel. of.: (55532) 212022

Mario Luiz Ribeiro Mesquita
Investigador, EMAPA/VEPAR
Rua Oswaldo Cruz 1248
65.700 Bacabal, MA
Tel. of.: (5598) 2323891

Beatriz da Silveira Pinheiro
Coordenadora, Programa Nacional de
Pesquisa de Arroz
EMBRAPA/CNPAF
Caixa Postal 179
GoIânia, GO
Tel. of.: (5562) 2613022

Paulo Hideo Nakano Rangel
Investigador, EMBRAPA/CNPAF
Caixa Postal 179
74.000 GoIânia, GO
Tel. of.: (5562) 2613022

Moacir Antonio Schiocchet
Investigador, EMPASC
Caixa Postal 277
88.300 Itajai, SC
Tel. of.: (55473) 443677

Bertholdo Schneider
Rua Marechal Floriano, 1977
São Lourenço do Sul, RS
Tel. of.: (55532) 511981

Luis Fernando Stone
 Investigador, EMBRAPA/CNPAF
 Caixa Postal 179
 74.001 Goiânia, GO
 Tel. of.: (5562) 2613022

Luis Antonio de León Valente
 Servicio de Extensão Rural
 Fondo de Investigación de Recursos
 Hídricos
 Calle Andres Bello 510 Apto 602
 90.060 Porto Alegre, RS
 Tel. of.: (55512) 333144

Ricardo Miguel Zibetti
 Comerciante
 Av. Presidente Vargas 3800
 Passo Fundo, RS
 Tel. of.: (55313) 4551

Colombia

Luis Eduardo Berrío Orozco
 Asistente de Investigación
 INGER-América Latina
 Apartado Aéreo 6713
 Cali, Valle
 Tel. of.: (5723) 675050

Fernando J. Correa
 Patólogo, Programa de Arroz, CIAT
 Apartado Aéreo 6713
 Cali, Valle
 Tel. of.: (5723) 675050

Federico Cuevas Pérez
 Coordinador, INGER-América Latina
 Apartado Aéreo 6713
 Cali, Valle
 Tel. of.: (5723) 675050

Victor Manuel Degiovanni Beltramo
 Investigador, FEDEARROZ
 Calle 57 # 7-30
 Montería, Córdoba
 Tel. of.: (57947) 823736

Albert Fischer
 Agrónomo, Programa de Arroz, CIAT
 Apartado Aéreo 6713
 Cali, Valle
 Tel. of.: (5723) 675050

Edmundo García Quiroga
 Fitomejorador, ICA
 Apartado Aéreo 233
 Palmira, Valle
 Tel. of.: (579227) 28161/2

Daniel Ignacio González Tous
 Asistente de Investigación
 INGER-América Latina
 Apartado Aéreo 6713
 Cali, Valle
 Tel. of.: (5723) 675050

Elcio Perpetuo Guimarães
 Fitomejorador, Programa de Arroz,
 CIAT
 Apartado Aéreo 6713
 Cali, Valle
 Tel. of.: (5723) 675050

Nestor Gutiérrez
 Director de Investigaciones
 Económicas, FEDEARROZ
 Calle 72 # 13-23 Piso 10
 Santafé de Bogotá, DC
 Tel. of.: (5791) 2558524

Dario Leal Monsalve
 Coordinador, Programa de Arroz, ICA
 Apartado Aéreo 2011
 Villavicencio, Meta
 Tel. of.: (579866) 33815/33816

Zaida Lentini
 Bióloga, Programa de Arroz, CIAT
 Apartado Aéreo 6713
 Cali, Valle
 Tel. of.: (5723) 675050

César P. Martínez
Fitomejorador, Programa de Arroz,
CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Valle
Tel. of.: (5723) 675050

Fabio Augusto Montealegre Sánchez
Director de Investigaciones
Agronómicas, FEDÉARROZ
Calle 72 # 13-23 Piso 12
Santafé de Bogotá, DC
Tel. of.: (5791) 2100911

Dorancé Muñoz
Subgerente Técnico, FEDEARROZ
Calle 72 # 13-23 Piso 12
Santafé de Bogotá, DC
Tel. of.: (5791) 2100911

Gustavo A. Nores
Director General, CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Valle
Tel. of.: (5723) 675050

Alberto Pantoja
Entomólogo, Programa de Arroz, CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Valle
Tel. of.: (5723) 675050

Animesh C. Roy
Científico visitante, Programa de Arroz,
CIAT
ahora Científico visitante,
CIMMYT/CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Valle
Tel. of.: (5723) 675050

Luis Roberto Sanint
Economista, Programa de Arroz, CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Valle
Tel. of.: (5723) 675050

Aníbal L. Tapiero Ortiz
Patólogo, Programa de Arroz, ICA
Apartado Aéreo 2011
Villavicencio, Meta
Tel. of.: (579866) 233815

José Patricio Vargas Zarate
Cra. 51 # 173-58
Santafé de Bogotá, DC
Tel. of.: (5791) 2612279

Robert S. Zeigler
Lider, Programa de Arroz, CIAT
ahora Lider, Programa de Arroz,
Zonas Bajas Inundables, IRRRI
P. O. Box 933, Manila, Filipinas
Tel. of.: (632) 8181926)

Costa Rica

José María Agüero Chacón
Gerente General, Granos de
Guanacaste S.A.
Apartado 81-500
Liberia, Guanacaste
Tel. of.: (506) 421819

Cornelio Barbosa Rivas
Agricultor, Hacienda Las Cañitas
Apartado 142-5000
Liberia, Guanacaste
Tel. of.: (506) 660031

Randolph Campos Morera
Investigador, MAG-Alajuela
Tel. of.: (506) 552027

Carlos González Argüello
Gerente Agrícola, Arrocería
"Los Sauces S.A."
Apartado Postal 112-3000
Heredia, Guanacaste
Tel. of.: (506) 310219 - 371166

Rolando González Venegas
 Asesor Independiente
 Apartado Postal 218
 Heredia, Guanacaste
 Tel. of.: (506) 660465

Sergio Herrera Arguedas
 Jefe, Proyecto de Arroz Taboga
 Taboga, Cañas, Guanacaste
 Tel. of.: (506) 690997

Cuba

Guillermo Antigua Pereiro
 Jefe, Departamento Protección de
 Plantas, IIA
 Apartado No. 1 Bauta
 La Habana
 Tel. of.: (537) 650-3550

Alfredo Gutiérrez Yanis
 Director, IIA
 Apartado No. 1 Bauta
 La Habana
 Tel. of.: (537) 650-3550

Jorge L. Hernández Concepción
 Jefe, Departamento Mejoramiento
 Genético, IIA
 Apartado No. 1 Bauta
 La Habana
 Tel. of.: (537) 650-3550

Chile

José Roberto Alvarado
 Coordinador, Programa de Arroz, INIA
 Estación Experimental Quillamapu
 Casilla 426
 Chillán
 Tel. of.: (5642) 221170

Ecuador

Francisco Andrade España
 Jefe, Programa de Arroz, INIAP
 Estación Experimental Boliche
 Apartado Postal 7069
 Guayaquil
 Tel. of.: (5934) 710967

Arturo Ruiz Ruiz
 Director, Riego y Drenaje, CEDEGE
 Sucre 222 y P. Carbo
 Guayaquil
 Tel. of.: (5934) 402741

El Salvador

Ramón Eduardo Servellón Rodríguez
 Coordinador, Programa de Arroz,
 CENTA
 Apartado Postal 885
 San Salvador
 Tel. of.: (503) 282066

Estados Unidos de América

W. Ronnie Coffman
 Profesor y Presidente
 Departamento de Fitomejoramiento y
 Biometría
 Cornell University
 252 Emerson Hall
 Ithaca, NY 14853
 Tel. of.: (607) 255-2180

Norberto A. Quezada
 Economista
 Sigma One Corporation
 P.O. Box 12836
 Research Triangle Park, NC 27709
 Tel. of.: (919) 361-9800

Roy Smith, Jr.
 Weed Scientist, USDA-ARS
 P. O. Box 287
 Stuttgart, AR 72160
 Tel. of.: (1501) 6732661

Filipinas

Fernando A. Bernardo
 Deputy Director General, IRRI
 P.O. Box 933
 Manila
 Tel. of.: (632) 8181926

Genoveva Loresto
Assistant Scientist, IRRRI
P.O. Box 933
Manila
Tel. of.: (632) 8181926

Durvasula V. Seshu
Global Coordinator, INGER
IRRRI
P. O. Box 933
Manila
Tel. of.: (632) 8181926

Guatemala

Walter Ramiro Pazos
Coordinador, Programa de Arroz, ICTA
Apartado Postal No. 231 "A" Zona 9
Guatemala
Tel. of.: (5022) 312008/312009

Julián Ramírez García
Técnico, Programa de Arroz, ICTA
Apartado Postal No. 231 "A" Zona 9
Guatemala
Tel. of.: (5022) 312008/312009

Guyana

Brenda Forde
Director, NARI
Mon Repos, East Coast Demerara
Georgetown
Tel. of.: (59202) 033145

Jamaica

Ancell Williams
Extension Officer, RADA, Ministry of
Agriculture
Savanna La Mar
Westmoreland
Tel. of.: (809) 955-2767/955-2551

México

Eduardo Aguirre Alvarez
Investigador, INIFAP
Chapultepec y Lazaro Cárdenas 27 Col.
Vergel
Ebano, San Luis Potosí
Tel. of.: (52481) 33090

Hector Mario Almanza Arancé
Extensionista Agrícola, Campamento
SARH
H. Cárdenas, Tabasco
Tel. of.: (52937) 21414

Isidro Humberto Almeida León
Investigador, Red de Malezas, INIFAP
Apartado Postal 341 CP 2400
Campeche, Campeche
Tel. of.: (52981) 62537

Julio César Alvarez Rivero
Investigador/Profesor, Ciencias
Agropecuarias, UJAT
Edificio 14-402 Multi -85 TAB 2000
Villahermosa, Tabasco
Tel. of.: (52931) 62092

Efraín Arevalo Leyva
Extensionista, Campamento SARH
H. Cárdenas, Tabasco
Tel. of.: (52937) 21414

Salvador Ayala Fernández del Campo
Productor San Juan
Edificio Grijalva 102D
Villahermosa, Tabasco
Tel. of.: (52931) 50050

Jorge A. Ayala Menéndez
Director, Unión de SPR Los Ríos de
Campeche
Palizada, Campeche

Eduardo A. Ayón Ramos
 Investigador, INIFAP
 Apartado Postal 429
 91700 Veracruz, Veracruz
 Tel. of.: (5229) 348359

José A. Aysa Bernat
 Presidente, AASCAC
 Dr. Heredia No. 10 y La Venta 294
 Palizada, Campeche
 Tel. of.: (52936) 63612

María de Lourdes Batalla Villegas
 Investigador, Cultivo de Tejidos, INIFAP
 Apartado Postal 12
 Zacatepec, Morelos
 Tel. of.: (52734) 30244

José Román Bautista
 Coordinador, Sanidad Vegetal
 Campamento General de la SARH
 Prolongación 27 de Febrero
 H. Cárdenas, Tabasco
 Tel. of.: (52937) 20910

Oliverio Bueno Barraza
 Encargado Programa de Uso y Manejo
 de Agua
 CIFAP-Sinaloa
 Apartado Postal 356
 Culiacán, Sinaloa
 Tel. of.: (52671) 44001

José Alfredo Camarena
 Investigador, INIFAP
 Apartado Postal No. 100
 Santiago Ixcuintla, Nayarit
 Tel. of.: (52323) 51484

Jesús Caña Morales
 Fomento y Protección Agropecuaria y
 Forestal
 SARH
 Calle Morelos No. 408
 Tuxtepec, Oaxaca
 Tel. of.: (52287) 51821

Hermilo Cazages Hinojosa
 Banco de Mexico-FIRA
 Montesinos No. 190
 Veracruz, Veracruz
 Tel. of.: (5229) 325086

Andrés Chávez Méndez
 Extensionista, SARH
 Degollado 405
 H. Cárdenas, Tabasco
 Tel. of.: (52937) 21414

Ramón A. Cinco Castro
 Investigador, INIFAP
 Apartado Postal No. 3-109
 21100 Mexicali, Baja California Norte
 Tel. of.: (52656) 618261/617166

Eliceo Cisneros García
 Coordinador Agrícola
 Departamento de Desarrollo Rural 151
 Campamento SARH
 H. Cárdenas, Tabasco
 Tel. of.: (52937) 20910

Antelmo Contreras López
 Investigador, INIFAP
 Apartado Postal 17
 Huimanguillo, Tabasco
 Tel. of.: (52937) 50397

José Fortino Cordero Pacheco
 Investigador, INIFAP
 Apartado Postal 12
 Zacatepec, Galeana, Morelos
 Tel. of.: (52734) 31246

Clemente M. Cruz Díaz
 Jefe, Área Asistencia Técnica a Cultivos
 Básicos
 Secretaría de Desarrollo
 Ernesto Aguirre Colorado no. 200
 H. Cárdenas, Tabasco
 Tel. of.: (52937) 22669

Roberto Cruz San Miguel
Subjefe de Distrito de Fomento
Campamento SARH
Calle 27 No. 49
H. Cárdenas, Tabasco
Tel. of.: (52937) 40136

Héctor Debernardi de la Vequia
Jefe de Operación, Colegio de
Posgraduados, CEICADES
Castaño 307
H. Cárdenas, Tabasco
Tel. of.: (52937) 22253

Lilia Delgado Lozano
Investigador, INIFAP-CEVAMEX
Apartado Postal No. 10
Chapingo, México, DF
Tel. of.: (52595) 42200

José Alfredo Díaz Magaña
Jefe, Programa Agrícola
Gerencia de Distritos de Drenaje/
Comité Nacional de Agua
Av. Juárez 157 Piso 5. Col. Tabacalera
México, DF
Tel. of.: (525) 927203

Efraín Domínguez López
Jefe de Departamento
Distrito de Desarrollo Rural No. 153
Campamento SARH
Prolongación 27 de Febrero
H. Cárdenas, Tabasco
Tel. of.: (52937) 21414

Nemesio Escobarete Huerta
Jefe, Departamento de Arroz y Frijol
Dirección General Política Agrícola-
SARH
Lope de Vega No. 125
México, DF
Tel. of.: (525) 2039547

Sergio Esqueda Domínguez
Jefe, Programa de Agricultura
FIRA-BANXICO
Lerao No. 505 1 Piso
Villahermosa, Tabasco
Tel. of.: (52931) 23767

Valentín Esqueda Esquivel
Experto Regional, Red de Malezas,
INIFAP
Apartado Postal 429
91700 Veracruz, Veracruz
Tel. of.: (5229) 348354

José Dolores Estrada Vivas
Investigador, INIFAP/CIR-Sureste
Calle 8 No. 231 Dpto 201
Campeche, Campeche
Tel. of.: (52981) 62537

Luis Fernando Flores
Director de Cultivos Básicos, INIFAP
Insurgentes Sur 694
México, DF
Tel. of.: (525) 6877410

Arturo Flores Santiago
Profesor Investigador
Centro Regional del Sureste,
Univ. Autónoma de Chapingo
Apartado Postal No. 29 CP 86800
Teapa, Tabasco
Tel. of.: (52932) 20410

José Luis García Angulo
Investigador, Red de Cereales de Grano
Pequeño
INIFAP-CIR-Pacífico Sur
Apartado Postal No. 8
Loma Bonita, Oaxaca
Tel. of.: (52287) 20788

Federico García de la Fuente
Banco de México-FIRA
Av. Conspiradores No. 6 C-4
Cuautla, Morelos
Tel. of.: (52735) 23541

Victor García Hernández
Jefe de Área de Asistencia Técnica a
Cultivos Básicos
Secretaría de Desarrollo
Ernesto Aguirre Colorado no. 200
H. Cárdenas, Tabasco
Tel. of.: (52937) 22669

Faustino García Pérez
 Investigador, Red CIR-Golfo/INIFAP
 Apartado Postal 10
 Emiliano Zapata, Tabasco
 Tel. of.: (52934) 30175

Francisco Gómez Sánchez
 Funcionario Agropecuario,
 BANCOMER SNC
 Av. 16 de Septiembre No. 120
 Campeche, Campeche
 Tel. of.: (52981) 66622

Adrián González Estrada
 Economista, INIFAP-CEVAMEX
 Apartado Postal No. 10
 Chapingo, Méxco, D.F.
 Tel. of.: (52595) 42200

Miguel Angel González Pérez
 Encargado Agencia Jojutla
 Banco de México-FIRA
 Mina No. 302
 Jojutla, Morelos
 Tel. of.: (52734) 22688

Sergio González Salvador
 Director, Arrocería Grijalva
 Av. Universidad 214
 Villahermosa, Tabasco
 Tel. of.: (52931) 20517

Leonardo Hernández Aragón
 Experto Regional, Red de Cereales
 Zona Sur
 INIFAP
 Apartado Postal No. 12
 Zacatepec, Morelos
 Tel. of.: (52734) 30799

Julio Enrique Hernández Hernández
 Jefatura de Unidad Hidráulica
 Comisión Nacional del Agua D.R. 035
 "La Antigua"
 Flores Magán 101
 Gardel, Veracruz

Mariano Hernández Solís
 Técnico de Campo
 Distrito 151 Campamento SARH
 H. Cárdenas, Tabasco
 Tel. of (52937) 20910

Victor Ipiña Mendoza
 Jefe, Departamento Agropecuario
 Banco Mexicano Somex SNC
 Juárez y Campo
 Pánuco, Veracruz
 Tel. of.: (52126) 60919

David Jiménez Ahumada
 Subdirector, Operativo de
 Mezcolapa-Chontalpa
 Secretaría de Desarrollo
 Ernesto Aguirre Colorado no. 200
 H. Cárdenas, Tabasco
 Tel. of.: (52937) 22669

Shinichi Kondo
 Líder de los Expertos Japoneses para
 INIFAP-SARH
 JICA
 Aristóteles 77-403 Col. Polanco
 México, DF
 Tel. of.: (525) 2036996

Roberto Ku Naal
 Investigador, INIFAP
 Manzana "D" No. 9 "Lomas de San
 Rafael"
 Campeche, Campeche
 Tel. of.: (52981) 62537

Jesús Alberto Ku Quej
 Especialista en Hidráulica
 Comisión Nacional del Agua
 Avenida López Mateos No. 155 Apto 5
 Campeche, Campeche
 Tel. of.: (52981) 61918

Angel Lara Meneses
 Especialista Fitotecnia
 Distrito de Desarrollo Rural No. 150
 Constitución No. 1
 Villahermosa, Tabasco

Francisco Javier Leos del Angel
Banco de México-FIRA
Av. Cuauhtemoc 210 Sur
Pánuco, Veracruz
Tel. of.: (52126) 61350

Rutilo López López
Investigador, CIFAP-Tabasco
Apartado Postal No. 10
Emiliano Zapata, Tabasco
Tel. of.: (52934) 30175

Raúl Magaña García
Productor, SPR "Belbek"
Emiliano Zapata, Tabasco
Tel. of.: (52934) 30394

Juan Ramón Manjarrez Sandoval
Director de Area Coordinación, INIFAP
Apartado Aéreo 356
Cullacán, Sinaloa
Tel. of.: (52671) 144050

Fernando Márquez Cabrera
Jefe, Programa Fomento Agrícola
SARH/INIFAP
José Martí 104 3er piso
Fraccionamiento Lidia Esther
Villahermosa, Tabasco
Tel. of.: (52931) 24078/23875

Santos Márquez Rodríguez
Jefe de Centro, SARH
Avenida Constitución No. 104
Villahermosa, Tabasco
Tel. of.: (52931) 20776

Eusebio Martínez Moreno
Profesor Ciencias Agropecuarias
UJAT
Simon Sarlat no. 22
Teapa, Tabasco

Ramón Martínez Parra
Investigador, INIFAP
Insurgentes Sur 694
México, DF
Tel. of.: (525) 6877410

David Moreno Rico
Director Agrícola del CIR-Golfo
Centro/INIFAP
Carretera Veracruz - Córdoba Km. 34
Veracruz, Veracruz
Tel. of.: (5229) 348343

Moririchi Mukaigawara
Rice Cultivation, JICA
Tlahuicas Eso. Los Estradas Col.
Zacatepec, Morelos
Tel. of.: (52734) 30799

Adalberto Mulato Brito
Asesor Técnico
PA-PBI, FIRA Agencia Cuautla
Conspiradores No. 6
Cuautla, Morelos
Tel. of.: (52735) 23541

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos
Investigador de Productividad, INIFAP
Carretera Apatzigán - Uruapan Km. 17
Apatzigán, Michoacán
Tel. of.: (52453) 41544

Jesús Olivares Martínez
Asesor Técnico, CODAGEM
(Domicilio conocido en Tenancingo)
Tenancingo, Estado de Mexico
Tel. of.: (52724) 20460

Germán Amilpa Orihuela
Investigador Agrícola
ICAMEX, CIC Agrícola
Conjunto CODAGEM, Metepec, Estado
de México
Toluca, Estado de México
Tel. of.: (52721) 14281

Fermin Orona Castro
Investigador, INIFAP
Cristóbal Colón 24
Emiliano Zapata, Tabasco
Tel. of.: (52934) 62537

Rubén Ortega Arreola
Investigador, INIFAP
Campamento SARH
Km. 128 Carretera Barra de Nav.-
Pto. Vallarta
Tomatlán, Jalisco
Tel. of.: (52322) 30560

Felipe de Jesús Osuna Canizales
Investigador, INIFAP
Apdo. Postal 12 CP 62780
Zacatepec, Morelos
Tel. of.: (52734) 31246

José Oscar Padilla
Presidente, SPR "Pamepa"
La Provincia, Campeche

Antonio Pereyra Quintana
Jefe, Programa Agrícola
Banco de México-FIRA
Niños Heroes 470 OTE 2o. Piso
Cullacán, Sinaloa
Tel. of.: (52671) 139570

Gregorio Pérez Cruz
Jefe de Centro de Apoyo al Desarrollo
Rural
Distrito de Desarrollo Rural No. 150,
SARH
Constitución No. 104
Villahermosa, Tabasco
Tel. of.: (52931) 21270

Julián Manuel Pérez Mangas
Investigador, INIFAP
Apdo. Postal 12 CP 62780
Zacatepec, Morelos
Tel. of.: (52734) 31246

María del Carmen Pimentel Navarro
Asesor Técnico
Asociación Rural de Interés Colectivo
de Prod. de Arroz
Km. 6 Carretera Tuxtepec,
Oaxaca-Agua Fria
Tuxtepec, Oaxaca
Tel. of.: (52287) 50026

J. Luis Plascencia Mercado
Jefe de Distrito
Av. López Mateos con Chaka
Campeche, Campeche
Tel. of.: (52981) 60631

Homero Quintero Seoane
Investigador, Programa de
Arroz-Quintana Roo
INIFAP
Apartado Postal 250
Chetumal, Quintana Roo
Tel. of.: (52882) 20500

Victor Reyes Banks
Arquitecto
Apartado Postal 32
Emiliano Zapata, Tabasco

Fernando Nicolás Rivera Frago
Técnico Evaluador
BANCURUGO (BANRURAL)
Av. Madero No. 800
Tierra Blanca, Veracruz
Tel. of.: (52274) 20455

Jesús Humberto Rodríguez Avila
Fitomejorador, INIFAP
Calle 8 No. 231
Centro Campeche
2400 Campeche, Campeche
Tel. of.: (52981) 62537

Mario Salazar Gómez
Experto Nal. de Cereales de Grano
Pequeño
INIFAP
Apartado Postal 515
Ciudad Obregón, Sonora
Tel. of.: (52641) 45600

Miguel Salazar Jiménez
Residente de la Zona Rios
SEDES, Subdirección de
Infraestructura Hidráulica
Prolongación Paseo Tab. 1504 Centro
Adm. Tabasco 2000
Villahermosa, Tabasco
Tel. of.: (52931) 63565

Jorge Salcedo Aceves
Investigador, INIFAP
Apartado Postal No. 12
Zacatepec, Morelos
Tel. of.: (52931) 31246

María Isabel Saldaña
Profesora Técnica
Instituto Agropecuario No. 28 (SEP)
Zaragoza, S/N
Villa Ocuilzopotlán, Tabasco

Ricardo Saldivar Dávila
Gerente Regional Agropecuario
BANCOMER SNC
Av. 16 de Septiembre No. 120
Campeche, Campeche
Tel. of.: (52981) 66622

Ernesto Samayoa Armenta
Vocal Ejecutivo, INIFAP
Apartado Postal 6-882 y 6-883
México, D.F.
Tel. of.: (525) 5363842

Alejandro Santos Galván
Técnico Especializado
Distrito de Desarrollo Rural 152
Campamento SARH
Emiliano Zapata, Tabasco
Tel. of.: (52934) 30187

Arturo Santoyo Gómez
Banco de México-FIRA
5 de Febrero No. 8
Cd. Altamirano, Guerrero
Tel. of.: (52126) 20060

Olegario Silva Gaspar
Banco de México-FIRA
Simón Sarlat No. 47
Emiliano Zapata, Tabasco
Tel. of.: (52934) 30084

Leticia Tavitas Fuentes
Investigador, INIFAP
Apartado Postal 12
Zacatepec, Morelos
Tel. of.: (52734) 30799

Rafael Trujillo Figueroa
Asesor de Básicos
Dirección General de Política Agrícola,
SARH
Lope de Vega 25 Col. Polanco
México, DF
Tel. of.: (525) 316727

Nicaragua

Enrique Salvador Soto Bravo
Red de Mejoramiento Varietal
Centro Nacional de Investigaciones de
Granos Básicos
Apartado Postal 2235
Managua
Tel. of.: (5052) 31738

Nigeria

Krishna Alluri
Coordinator, INGER-Africa/IRRI
Liaison Scientist for Africa
c/o IITA
Oyo Road
Ibadan
Tel. of.: (23422) 400300

Panamá

Ezequiel Espinoza
Profesor, Facultad de Ciencias
Agropecuarias
Universidad de Panamá
Apartado 6-5364 El Dorado
Ciudad de Panamá
Tel. of.: (507) 239652

Jaime Gaona
Investigador, Facultad de Ciencias
Agropecuarias
Universidad de Panamá
Estafeta Universitaria
Ciudad de Panamá
Tel. of.: (507) 384478

Rolando Lasso Guevara
 Fitomejorador, IDIAP
 Apartado Postal 1058 Panamá 1
 Ciudad de Panamá
 Tel. of.: (507) 637711

Eric Quirós Rodríguez
 Investigador Agrícola, IDIAP
 Apartado 58
 Santiago, Prov. de Veraguas
 Tel. of.: (507) 971279

Perú

José Hernández Leyton
 Director de Investigación
 Agrogenética S.A
 Lote Y Manzana 1-4 Zona Industrial
 Piura
 Tel. of.: (5174) 328904

Nelson Larrea Lora
 Secretario Ejecutivo
 Junta Nacional de Arroz
 Av. 2 de Mayo 1502, Of.: 503
 Lima
 Tel. of.: (5114) 401711

República Dominicana

Josefina Amarante Montero
 Agente de Area, Secretaria de Estado
 de Agricultura
 Juma, Bonao
 Tel. of.: (809) 5252498

Teovaldo Amarante Montero
 Agente de Desarrollo, Banco Agrícola
 Cotui
 Tel. res.: (809) 5254911

Jorge L. Armenta
 Coordinador, CRIN
 c/o IICA
 Apartado 711
 Santo Domingo
 Tel. of.: (809) 5253107

Manuel Castillo
 Científico Asociado, CRIN
 Apartado Postal 711
 Santo Domingo
 Tel. of.: (809) 5253107/08

Vinicio Castillo Tejada
 División de Riego, CEDIA
 Juma, Bonao
 Tel. of.: (809) 5252894

Jean Coulombe
 Agrónomo, CRIN
 c/o IICA
 Apartado 711
 Santo Domingo
 Tel. of.: (809) 5253107

Cirilo Reyes
 Investigador Asociado, CRIN
 c/o IICA
 Apartado 711
 Santo Domingo
 Tel. of.: (809) 5253108

Manuel E. Rivas
 Economista Agrícola, CRIN
 c/o IICA
 Apartado 711
 Santo Domingo
 Tel. of.: (809) 5253107

Victoriano de J. Rodríguez Espinal
 Investigador, CRIN
 c/o IICA
 Apartado 711
 Santo Domingo
 Tel. of.: (809) 5253107

Jesús Vargas Medina
 Director, CEDIA
 Secretaria de Estado de Agricultura
 Juma, Bonao
 Tel. of.: (809) 5252894

Surinam

J. Bhansing
Board Member SNRI
Heiding 9 No. I
District of Warniza
Tel. of.: (597) 476863

R. Huiswoud
Director of Paramaribo Experiment
Station
Ministry of Agriculture
P. O. Box 1807 Cultuurtuinlann
Paramaribo
Tel. of.: (597) 472442/474177

Trinidad y Tobago

Denny Seecharan
Head of Rice Section
Central Experiment Station
Ministry of Food Production, Centeno
Centeno, Via Arima P.O.
Port of Spain
Tel. of.: (809) 64643347

Uruguay

Nicolas Chebataroff
Consultor de Arroz
Avelino Miranda 1476
Treinta y Tres

Dardo Augusto Posada
Hernández
Gerente General, COOPAR
Calle Buenos Aires 275
Montevideo
Tel. of.: (5982) 960565

Publicación CIAT No. 223
INGER-América Latina
Unidad de Comunicaciones del CIAT

| | |
|---------------------------------|--|
| Edición: | Francisco Motta |
| Asistencia editorial: | Nelly Manosalva de Nivia Gladys Rodríguez de Ramos |
| Levantamiento de textos: | Litotextos, Cali, Colombia |
| Producción: | Unidad de Artes Gráficas, CIAT Julio César Martínez (diseño carátula) |

ISBN 958-9183-46-8

Digitized by Google