

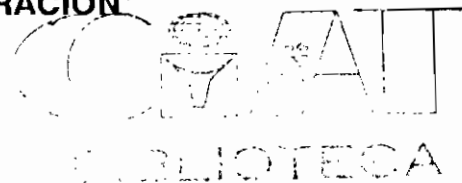
 CIAT

66811

COLECCION HISTORICA

MANEJO DE MALEZAS:**COMPONENTES Y CRITERIOS PARA SU INTEGRACION¹**

Albert Fischer, CIAT, Colombia, 1992



14 JUL 1993 12590

1. INTRODUCCION

Las malezas ocasionan pérdidas en los cultivos comparables a las que causan los insectos más las enfermedades (Figura 1). Su manejo debe basarse en la integración de métodos de control a fin de minimizar costos, racionalizar el uso de herbicidas y ser compatible con el medio ambiente. La selección económica de las alternativas de control debe hacerse a partir de una apreciación temprana de las pérdidas económicas que las malezas puedan causar. De esta forma pueden evaluarse las alternativas de manejo de malezas en función de costos y beneficios. Dentro de este contexto se discutirán aspectos relacionados al manejo de malezas, predicción de pérdidas y a la morfología de la planta de arroz en relación a su competitividad con biotipos de arroz rojo.

2. ASPECTOS DE MANEJO

Muchas son las estrategias que podemos combinar en un programa de manejo de malezas. Así, por ejemplo, desde la antigüedad los arroceros transplantan arroz e inundan sus campos. Una de las funciones del agua de inundación es suprimir malezas. Esta práctica es muy exitosa. Muchos productores pasan hoy en día de la siembra directa de arroz (donde las malezas emergen junto con el cultivo) a la siembra por transplante (el arroz transplantando de 20-30 días lleva ventaja sobre la maleza) cuando sus campos están demasiado infestados con malezas difíciles de eliminar selectivamente con herbicidas (arroz rojo, por ejemplo).

En climas templados es importante conocer el ciclo de vida de las malezas para tratar de ubicar parte del ciclo de crecimiento de nuestro cultivo dentro de condiciones ambientales desfavorables para ciertas especies de malezas. De esta forma se vio (2) que atrasando un mes la siembra de alfalfa en otoño se podían eliminar las malezas estivales las cuales morían con las heladas tempranas (Tabla 1).

Los arroceros de Colombia saben muy bien que una forma de combatir sus malezas es incrementando la densidad de siembra del arroz (Figura 2). Pero qué

¹ Trabajo presentado en el 4o. Congreso Internacional MIP, El Zamorano, Honduras, 20-24 Abril, 1992.

pasa con los rendimientos a altas densidades ?. En la Figura 3 vemos que a altas densidad (> 200 kg/ha) de arroz irrigado en CIAT los rendimientos vuelven a elevarse contrariamente a lo que a menudo se piensa (que el rendimiento decrece luego de una densidad óptima). Esto ocurre pues la producción individual por planta decrece con la densidad (por efecto de la competencia intraespecífica) a una tasa menor que el incremento en el número de plantas. Pero esto no siempre es la regla; en la Figura 4 (arroz de secano en los Llanos Orientales de Colombia) la reducción en la productividad por planta es muy severa y los rendimientos no se compensan al aumentar el número de plantas por unidad de superficie. Buscaremos pues manejar nuestras malezas con densidades del cultivo que sean competitivas con éstas, pero que permitan mantener buenos rendimientos.

No sólo la densidad afecta la competencia entre plantas del cultivo. Es así como la respuesta a la densidad del arroz en la Figura 3 fue diferente según si la siembra fue al voleo, en hileras, o en hileras cruzadas perpendicularmente. En muchos casos ocurre que, para una misma densidad, sembrar en hileras separadas es menos ventajoso que sembrar en forma aproximadamente equidistante (3). La siembra equidistante aumenta el espaciamento entre las plantas dentro de cada hilera (Fig. 5), disminuyendo así la competencia intraespecífica con respecto a la siembra en hileras espaciadas. La planta individual del cultivo suele desarrollarse mejor y producir más bajo esas condiciones. Este mejor desarrollo hace que las plantas sean más competitivas con las malezas al lograr que el sombreado del terreno sea más completo que con las hileras más espaciadas. Esto fue observado en el caso de maíz dulce creciendo con un tapiz de trébol blanco (2). Usando hileras angostas, para una misma densidad, se obtuvieron mejores rendimientos que con hileras anchas dado que hubo mayor supresión del crecimiento y competencia del trébol blanco (Figura 6).

Modificar las épocas de siembra, la densidad del cultivo y la distribución de plantas en el terreno son formas de incrementar la capacidad de competir de nuestro cultivo, y esto último debe ser el paso inicial al manejar malezas en el campo, antes de pensar en el uso de insumos más costosos. Es pues importante conocer las respuestas del cultivo a las variables arriba mencionadas.

3. RESISTENCIA

Este aspecto se refiere al incremento de biotipos resistentes a determinados herbicidas en poblaciones de cierta especie de maleza que originalmente se comportaba como susceptible al herbicida en cuestión. Este es un aspecto que resulta del uso no racional del control químico de malezas. La aparición de resistencia se presenta con el uso repetido de un mismo herbicida sobre un mismo predio. El uso repetido de **propanil** en ciertas zonas arroceras de Colombia ha

resultado en el incremento de biotipos de *Echinochloa colona*, resistentes a este herbicida. Esto ha ocasionado que los productores hagan un mayor número de aplicaciones, a dosis cada vez más elevadas, aumentando así sus costos y acelerando aún más el proceso que incrementa la resistencia al herbicida en las poblaciones de *E. colona*.

La Figura 7 muestra la respuesta de siete biotipos de *E. colona* a la aplicación de diversas dosis de propanil. Los biotipos 1, 2 y 3 aparecen como susceptibles. Mientras que los restantes, provenientes de áreas continuamente tratadas con propanil, mostraron considerable tolerancia al herbicida.

En otros casos se ha encontrado que el crecimiento de biotipos resistentes a cierto herbicida (atrazina, por ejemplo) es menor al de los susceptibles y así su capacidad de competir con éstos (4). Al estudiar en CIAT biotipos resistentes y susceptibles de *E. colona* no se observaron diferencias de crecimiento o competitividad asociadas con la resistencia a propanil (Figura 8). En las series de reemplazo de esta figura ningún biotipo aparece como el competidor más exitoso reduciendo el crecimiento del biotipo asociado (diagonales rectas indican competitividad equivalente). Sin embargo fue posible observar que cuanto mayor era la resistencia a propanil, cuantificada por la $DL40^2$, menor era el número y el peso total por planta de los granos producidos por los biotipos de *E. colona* estudiados. Esto implica una desventaja ecológica para los biotipos resistentes a propanil frente a los más prolíficos biotipos susceptibles. Tal característica afortunadamente puede resultar útil en el manejo de la resistencia a propanil. Basta con suspender el uso del herbicida para levantar la presión de selección hacia biotipos resistentes a propanil. La menor eficiencia reproductiva de los biotipos resistentes hará que una vez suspendido el uso del herbicida, las poblaciones de *E. colona* retornen gradualmente al estado de equilibrio original donde predominaban los biotipos susceptibles fácilmente controlables con propanil. Sin embargo, en condiciones de uso intensivo de la tierra puede ser difícil dejar lotes enmalezados para permitir tal transición poblacional. Usar alternadamente herbicidas de distintas familias químicas es una medida primordial que usualmente evita el incremento de resistencia a herbicidas en las poblaciones de malezas. En estudios preliminares no hemos tenido evidencias de resistencia cruzada con otros herbicidas de uso común en arroz.

4. PREDICCIÓN DE PERDIDAS Y ECONOMÍA DE MANEJO

Estudios como el de la Figura 9 permiten predecir el daño a la producción de arroz a partir de la densidad de una maleza como en este caso el arroz rojo. La

² Dosis de Propanil para reducir el crecimiento en un 40%.

densidad de la maleza debe determinarse temprano en el ciclo del cultivo y en base a esto decidir cuál es el método para controlar arroz rojo que más se justifica en términos económicos. Cosechar granos de arroz rojo junto con el arroz comercial no compensa por la reducción en el rendimiento del arroz ocasionada por la competencia de arroz rojo (Figura 9). Resultados de este tipo de estudios suelen variar cuando son efectuados bajo diferentes condiciones de crecimiento (sistemas de cultivo, variedades, densidades, etc.) (Figura 10). Cuando se conocen los factores que modifican las respuestas a la competencia es posible, dentro de ciertos límites, hacer predicciones o pensar en alternativas de manejo para situaciones o ambientes algo diferentes. Así es posible ajustar predicciones sobre reducciones de rendimiento por competencia de arroz rojo si se conoce la densidad de siembra del arroz (Figura 10). De la misma forma podrían planearse alternativas para manejar la competencia de malezas para diversos niveles de fertilidad si se ha caracterizado la variación de la interferencia dentro de esos rangos conocidos de fertilidad. La utilidad de los periodos críticos de competencia se amplía cuando se conoce cómo actúan los factores que pueden modificarlos. Así vemos (Figura 11) como no sólo se reducen los rendimientos de un frijol enmalezado, sino que a la vez el período crítico de competencia se hace más amplio. Las malezas aprovechan con eficiencia el nivel más elevado de fertilidad y se vuelven más competitivas empeorando la situación del cultivo. En el ejemplo de la Figura 12 el período crítico durante el cual el cultivo debe estar libre de malezas va desde la emergencia hasta aproximadamente 70 días después. El rendimiento del cultivo no se incrementa si éste se mantiene desmalezando hasta aproximadamente los 70 días posteriores a la emergencia (curva "sin malezas"). Esto coincide con el momento de máximo desarrollo foliar y máxima supresión del crecimiento de malezas (Figura 12). Es importante conocer el comportamiento de los parámetros de crecimiento de las malezas y del cultivo que son afectados por la competencia para diseñar estrategias de manejo de malezas (por ejemplo para este caso: fertilizar y ajustar densidad de siembra para incrementar el desarrollo temprano del área foliar), y dar pautas a los mejoradores sobre tipos de planta más competitivos con las malezas.

En definitiva, los estudios de competencia no deben limitarse a medir reducciones de rendimiento sólo bajo condiciones de crecimiento específicas, sino que además es necesario conocer las variaciones esperables en los efectos competitivos para un rango conocido de situaciones (niveles de fertilidad, densidad de siembra, niveles de pluviosidad, etc.). Solamente así pueden hacerse estimaciones para más de un ámbito de crecimiento. De lo contrario la validez de los experimentos de competencia se restringe a condiciones de crecimiento muy concretas y su utilidad es limitada. Acoplando funciones de competencia a modelos ecofisiológicos que simulan el crecimiento de un cultivo es una forma de extender el rango ambiental de aplicabilidad de las predicciones en pérdidas de rendimiento por competencia.

Es importante que datos como los de período crítico de competencia sean usados para generar reglas de decisión económica. Así curvas como las de la Figura 12 permiten decidir qué utilidad pueden tener aplicaciones tardías de herbicidas, o cuánto rendimiento se pierde si el primer deshierbado se hace, por ejemplo, 15 días después de la emergencia (decidir entre usar control pre- o postemergente), u optar entre diversas alternativas de control de malezas en función de su costo y del beneficio esperado.

El arroz rojo (*Oryza sativa*) es un grave problema principalmente porque en la mayoría de los casos falta un sistema que garantice al productor la obtención de semilla pura de arroz libre de arroz rojo. Es así que la mayoría de los campos con arroz rojo se reinfestan constantemente con el empleo de semilla esta maleza. Esto implica que todos los años el productor debe controlar arroz rojo. Ciertamente esto representa una pesada carga, sobretodo para el pequeño productor. Este productor podría beneficiarse teniendo una regla de decisión que le permitiera optar por distintas alternativas (y escoger la más económica) de acuerdo a su nivel de infestación de rojo y de las consiguientes mermas de rendimiento predecibles. Si un productor puede estimar las pérdidas que una cierta infestación de rojo le causará, puede al menos tratar de evitar gastar en su control más que el valor de esas pérdidas. Por ejemplo, podríamos preguntarnos: debo necesariamente usar siempre herbicidas para controlar el rojo, o puedo en algún caso emplear mano de obra?. Para contestar este tipo de preguntas se condujo un experimento donde se midió el rendimiento de arroz creciendo con diversas densidades de arroz rojo durante distintos períodos. Se obtuvo así una superficie de respuesta descrita por la función de la Figura 13. Se buscó entonces a partir de qué nivel de pérdidas de arroz, por competencia del arroz rojo (estimadas con esa función), el control manual (practicado 40 días después de la emergencia) resultaba la alternativa más conveniente (produciendo el mayor margen bruto). La Tabla 2 muestra que el control manual es más ventajoso que el químico cuando las pérdidas por competencia son inferiores al 3%. El nivel de pérdida para el cual la alternativa manual y la química son igualmente ventajosas (ambas resultan en iguales márgenes brutos) varía según el nivel de producción (Tabla 3) y el valor de la mano de obra (Tabla 4). En estas dos últimas tablas se entiende por umbral de infestación a aquella población de arroz rojo que compite durante todo el ciclo del cultivo, y que es responsable por cierta pérdida de producción para la cual resulta económicamente equivalente usar control químico o manual. Vemos así como la predicción de pérdidas de producción por infestaciones de malezas, lograda a partir de estudios de competencia, es clave para escoger con criterio económico las prácticas de control de malezas que formarán parte de un programa de manejo integrado de malezas. De esta forma el productor evalúa una amplia gama de posibilidades y por lo tanto diversifica su manejo. Tal diversificación incrementa la compatibilidad del control de malezas con el medio ambiente, permite reducir costos y la dependencia en herbicidas.

5. COMPETENCIA CON ARROZ ROJO: MACOLLAJE

Existen diversos tipos de arroz rojo, y dado que se trata de la misma especie que el arroz comercial, el estudio de las características que le confieren competitividad puede suministrar criterios para producir plantas de arroz comercial más competitivas. En un estudio conducido en CIAT se hizo crecer a arroz "Oryzica 1" en competencia con dos biotipos de arroz rojo. La parte superior de la Figura 14 muestra las diferencias de macollaje temprano entre dos biotipos de rojo y Oryzica 1. En la parte inferior de la Figura 14 se ve como el crecimiento de Oryzica 1 y de arroz rojo se modifican al crecer en competencia respecto al monocultivo (línea horizontal). Es evidente la importancia de un vigoroso macollaje temprano para disminuir la competencia del arroz rojo. El biotipo 2 de arroz rojo tuvo la mayor desventaja en términos de macollaje frente al arroz comercial, su crecimiento fue afectado tanto como el de Oryzica 1 por la competencia, y por lo tanto su efecto adverso sobre el rendimiento de arroz fue menor al del biotipo 1 (Figura 15).

6. CONCLUSIONES

El manejo integrado de malezas debe considerar aquellas prácticas que de forma económica y compatible con el medio ambiente permitan reducir el impacto de las malezas. La selección de las prácticas de control de malezas a incluir en un programa de manejo integrado, debe hacerse con criterio económico. Tal criterio se basa en la conciencia del riesgo económico por parte del productor. Tal conciencia se logra al poder predecir las pérdidas económicas resultantes de cierta infestación de malezas. Estudios de competencia permiten predecir tales pérdidas.

Los estudios de competencia deben servir además para identificar las características de las plantas responsables por su competitividad, en estudios conducidos bajo diferentes condiciones de manejo. Esto permite derivar pautas de manejo de malezas y proporciona criterios para que los mejoradores puedan incrementar la capacidad del cultivo para competir. Es importante reconocer que los estudios de competencia son bastante específicos para las condiciones agroecológicas en que se generaron y que extrapolaciones a condiciones diferentes son desaconsejables a menos que se utilicen modelos ecofisiológicos que simulan el crecimiento de las malezas y el cultivo.

Un ejemplo de manejo no compatible con el medio ambiente es la aparición de resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas que normalmente son susceptibles. Debe evitarse el uso repetido del mismo herbicida (o de productos químicamente semejantes), e incrementarse el énfasis en prácticas agronómicas de

manejo de malezas. Cuando se usa un cierto herbicida deberán eliminarse por otros medios las malezas que debieron ser controladas pero que escaparon para evitar reabastecer el reservorio de semillas del suelo con individuos resistentes.

Por último, es importante recordar que el manejo integrado de malezas es parte del manejo integrado del cultivo. Por lo tanto prácticas de control de malezas habrán de interactuar con el manejo de insectos y enfermedades así como con las prácticas agronómicas. El futuro del manejo integrado apunta sin duda hacia la integración interdisciplinaria.

REFERENCIAS

1. Pimentel, D. (ed). 1978. World food, pest losses and the environment. AAAS Selected symposium 13. pages 22.
2. Fischer, A.J., J.H. Dawson, and A.P. Appleby. 1988. Interference of annual weeds in seedling alfalfa (*Medicago sativa*). Weed Sci. 36:583-588.
3. Fisher, R.A. and R.E. Myles. 1973. The role of spatial patterns in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. Math. Biosci. 18:335-350.
4. Conard, G.S., and S.R. Radosevich. 1979. Ecological fitness of *Senecio vulgaris* and *Amaranthus retroflexus* biotypes susceptible or resistant to atrazine. J. Appl. Ecol. 16:171-177.

América del Sur

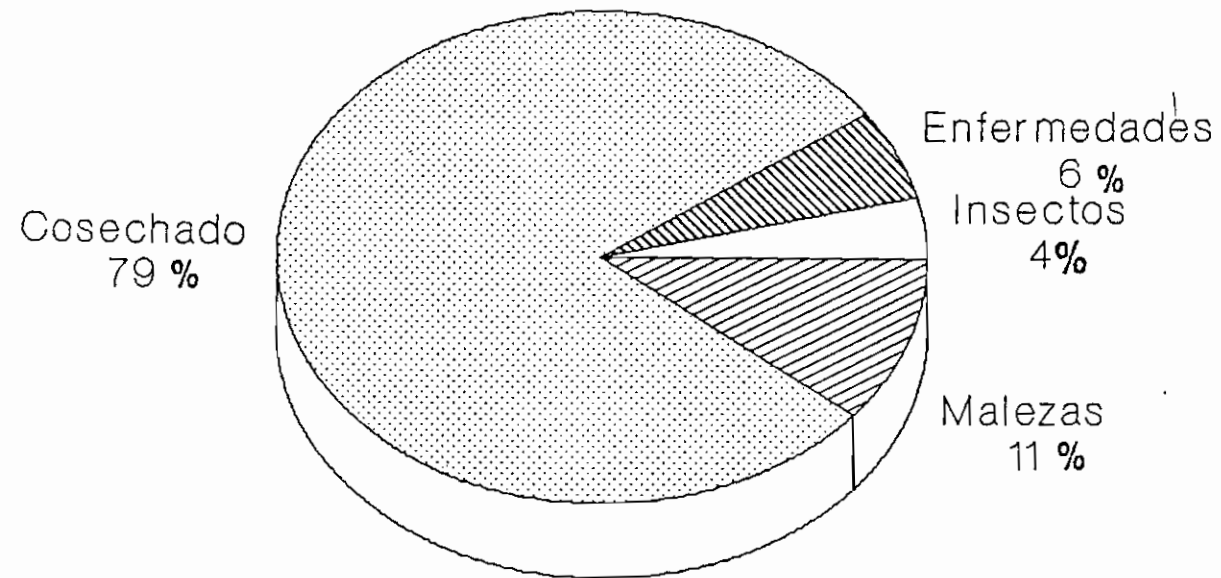


Figura 1. Pérdidas porcentuales en los cultivos causada por plagas (Pimentel 1978).

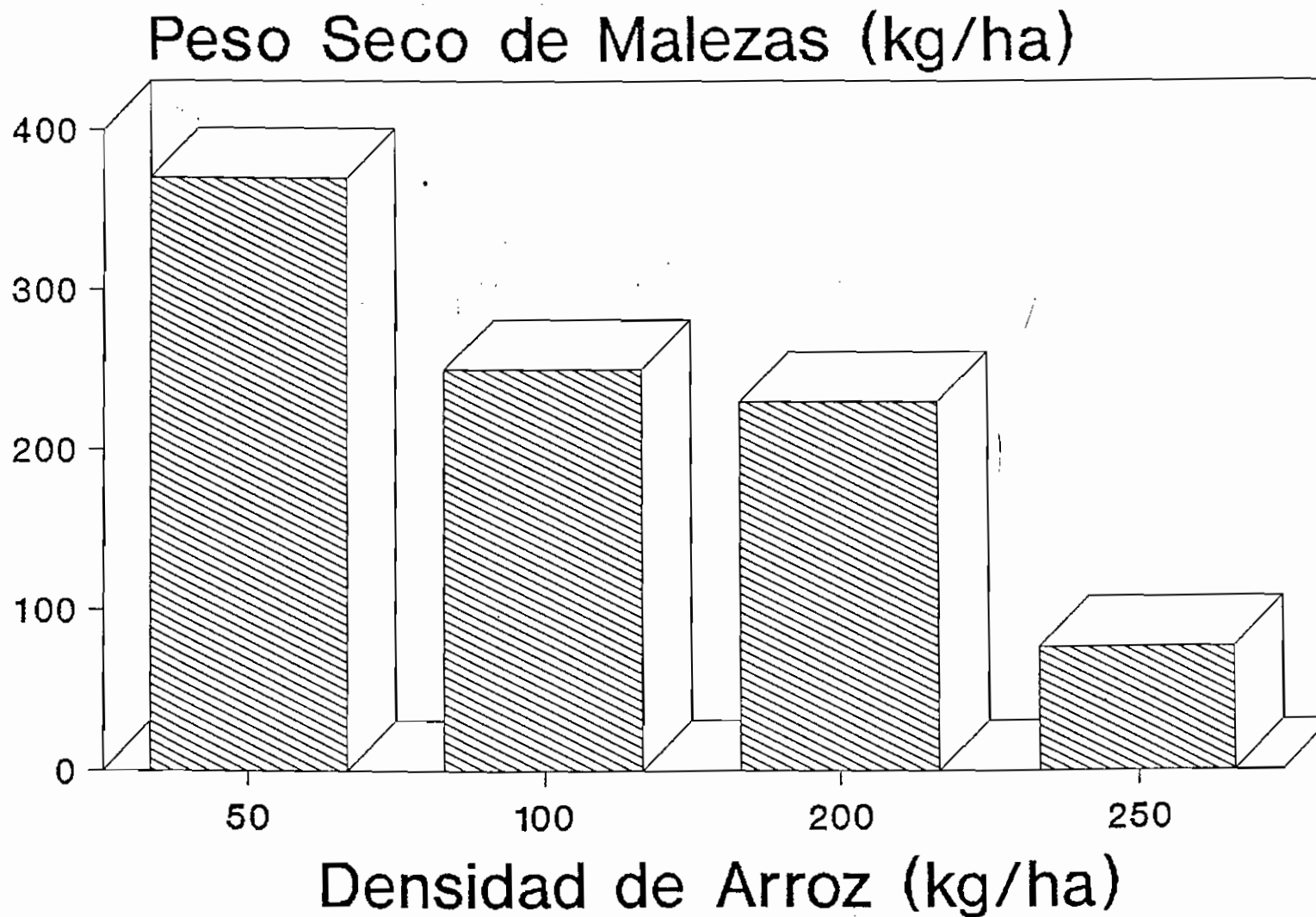


Figura 2. Materia seca de malezas a la cosecha de arroz sembrado a diversas densidades (Fischer, CIAT 1990).

Arroz: Densidades x Distribuciones

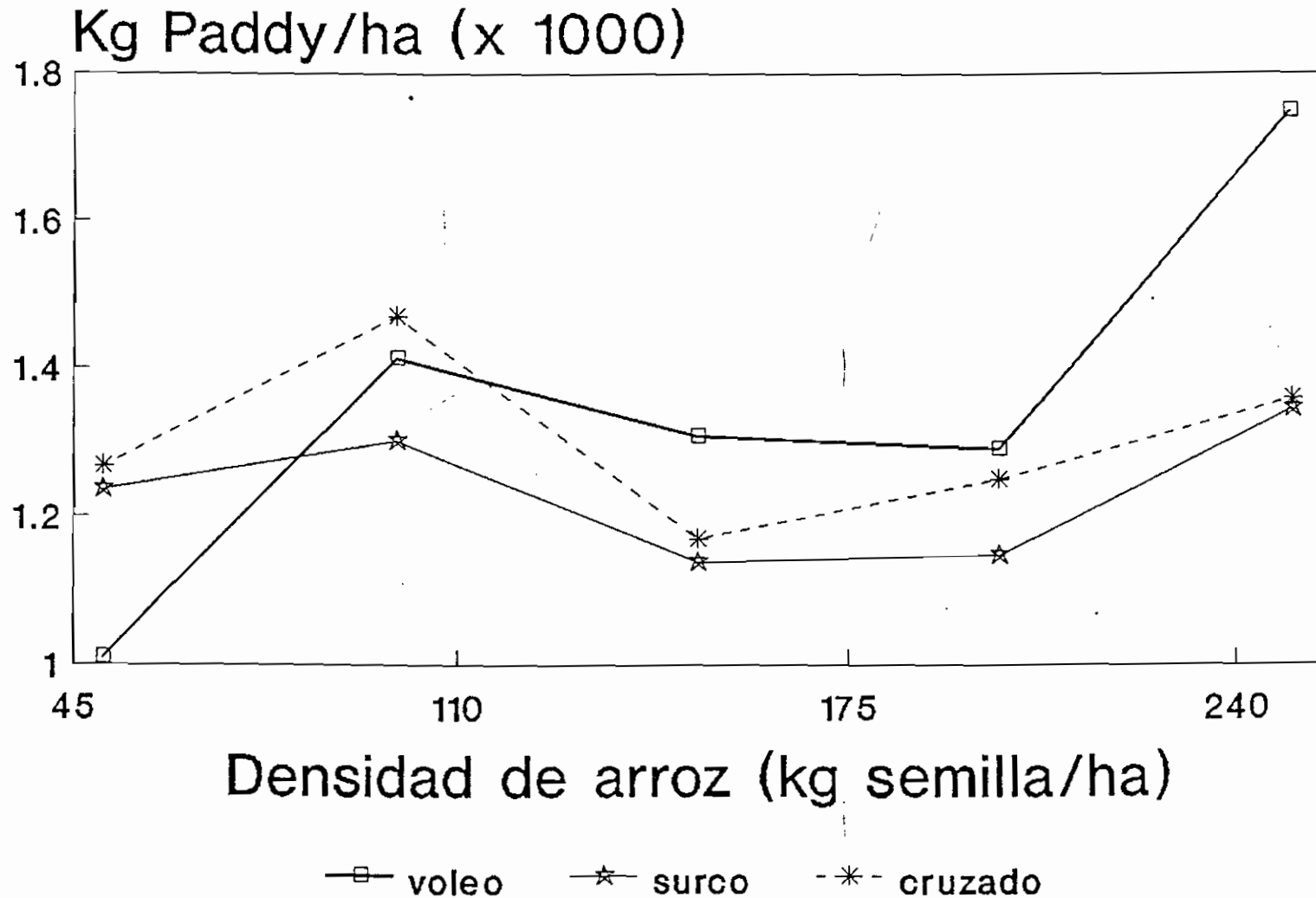
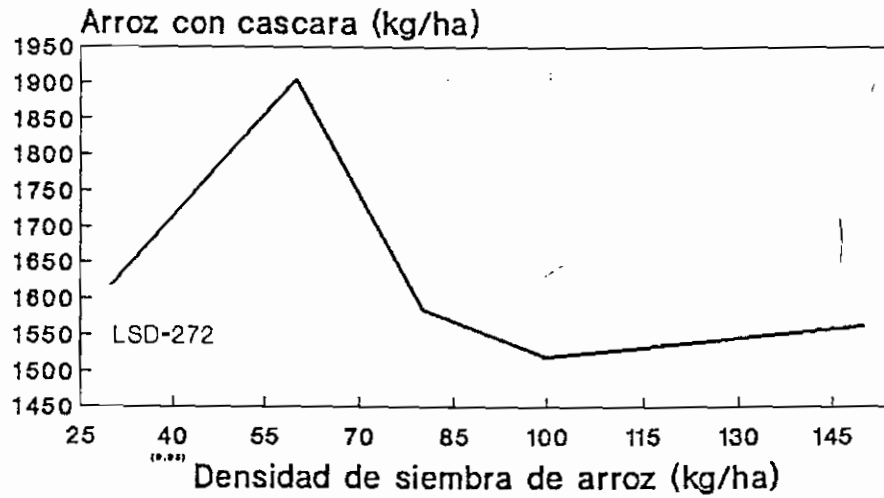


Figura 3. Respuesta de arroz irrigado a distintas densidades y métodos de siembra (Fischer, CIAT 1990).

RENDIMIENTO DE ARROZ CON CASCARA



PESO DE GRANO/10 PANICULAS



CRECIMIENTO VEGETATIVO/PLANTA

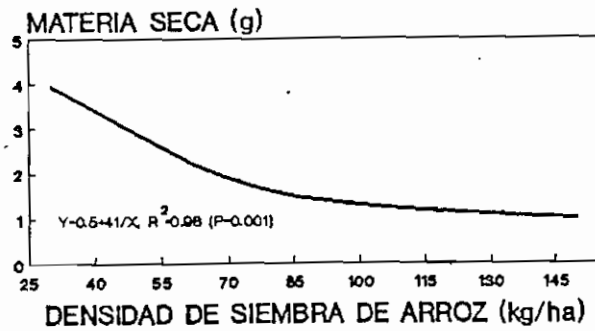
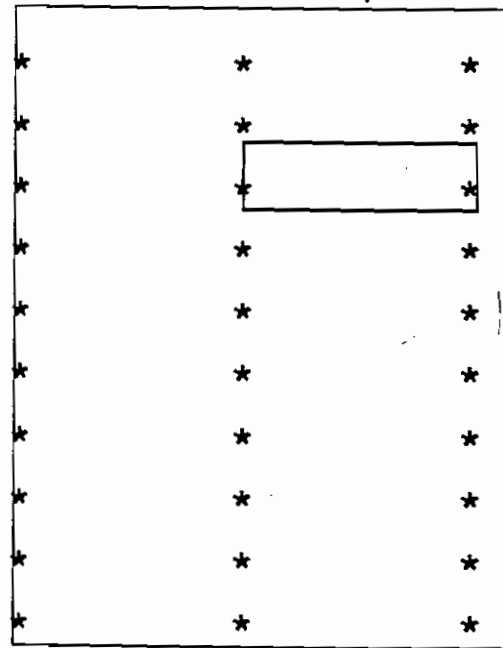


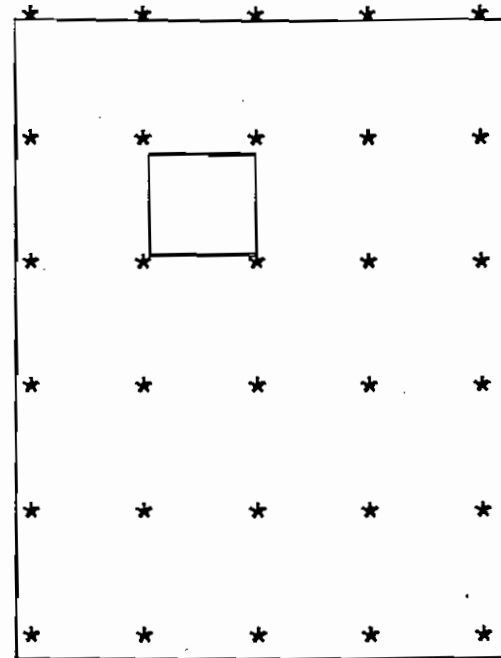
Figura 4. Respuesta de arroz de secano a distintas densidades de siembra (Fischer, CIAT 1990).

Distribucion rectangular



30 plantas

Distribucion casi equidistante

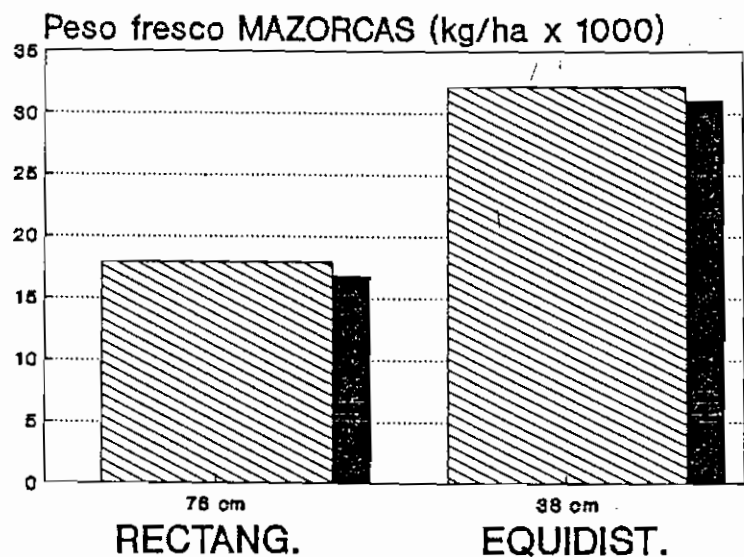


30 plantas

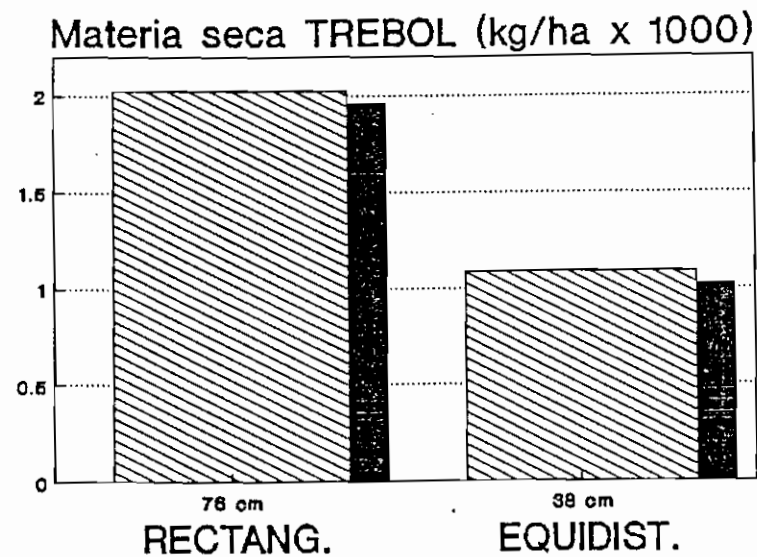
Figura 5. Dos distribuciones diferentes para una misma densidad de siembra.



RENDIMIENTO



SUPRESION



MAIZ vs TREBOL

Figura 6. Efecto de la distancia entre hileras en el rendimiento de maíz dulce (*Zea mays*) y en el crecimiento de una cobertura de trébol blanco (*Trifolium repens*) creciendo en asociación (Fischer, 1989).

BIOMASA AEREA (% del testigo sin tratar)

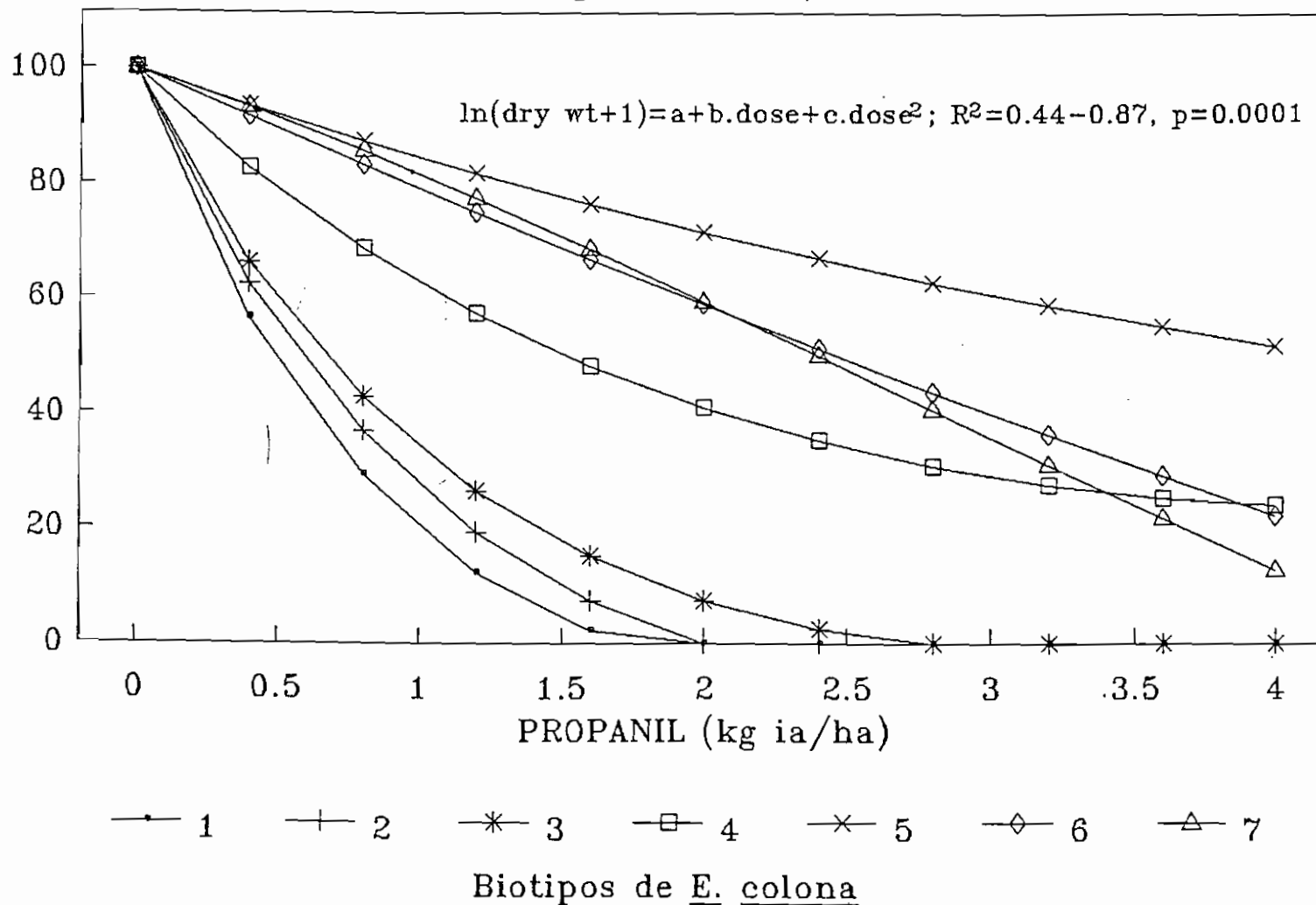
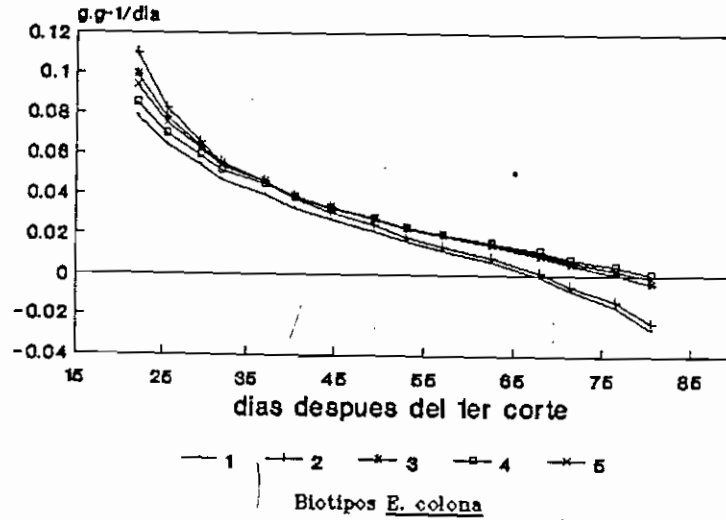
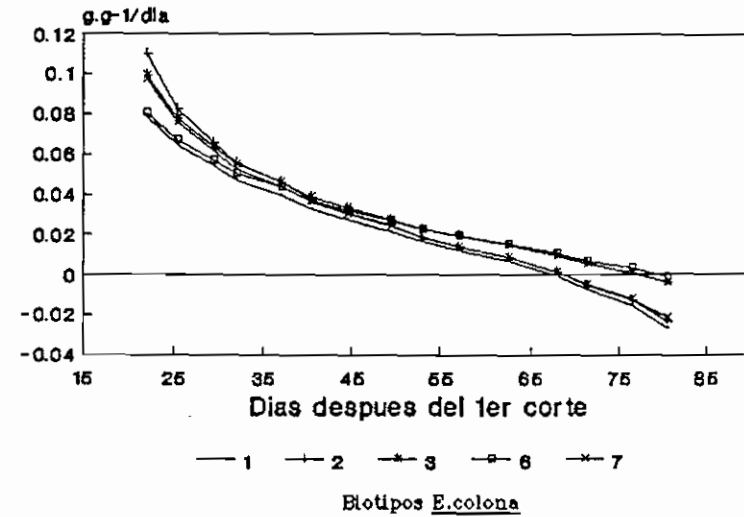


Figura 7. Crecimiento de siete biotipos de *Echinochloa colona* tratados con 0-4 kg/ha de propanil (Fischer, CIAT 1990).

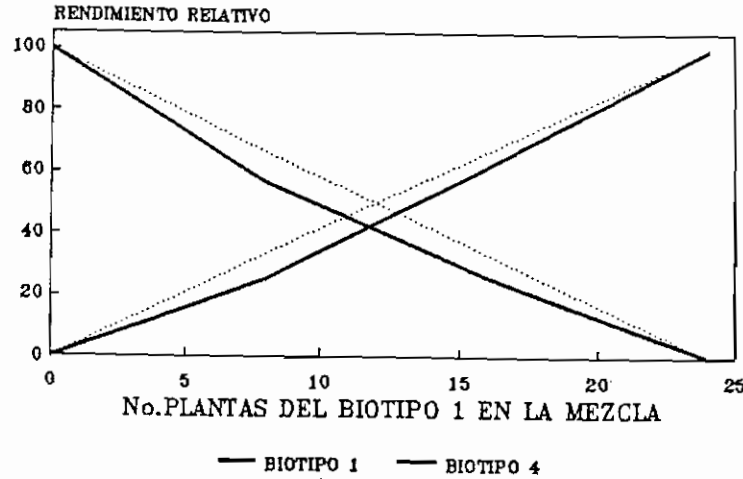
TASA MEDIA DE CRECIMIENTO RELATIVO
Biotipos de *Echinochloa colona*



TASA MEDIA DE CRECIMIENTO RELATIVO
Biotipos de *Echinochloa colona*



SERIE DE REMPLAZO
24 plantas/pote



SERIE DE REMPLAZO
24 plantas/pote

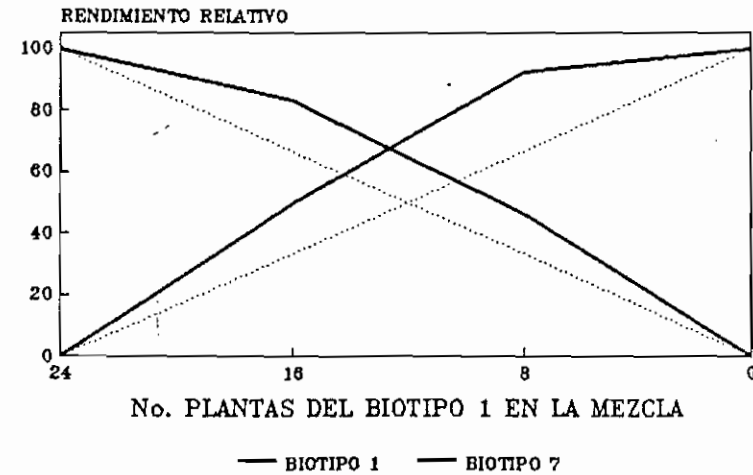


Figura 8. Tasa media de crecimiento relativo de siete biotipos de *Echinochloa colona* y competencia (series de reemplazo) entre biotipos susceptibles y tolerantes al herbicida propanil (Fischer, CIAT 1990).

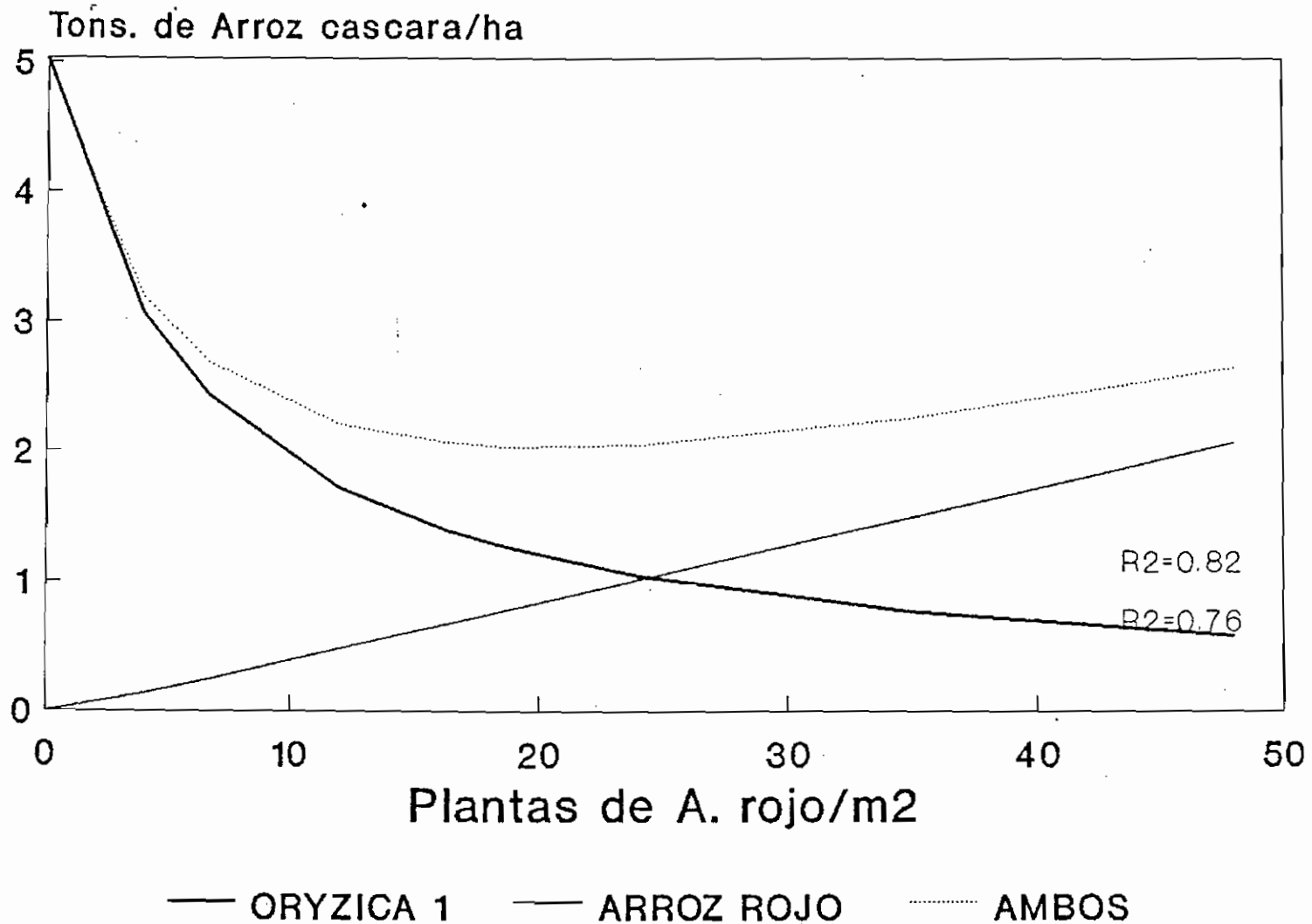
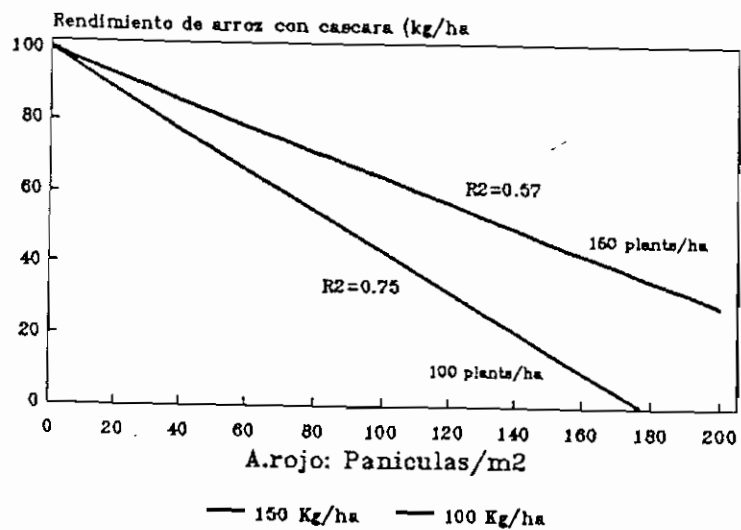


Figura 9. Niveles de infestación de arroz rojo, su producción de semilla y competencia con arroz irrigado (Fischer, CIAT 1991).

ARROZ ROJO vs DENSIDAD DE SIEMBRA



ARROZ ROJO: DENSIDAD x AMBIENTE

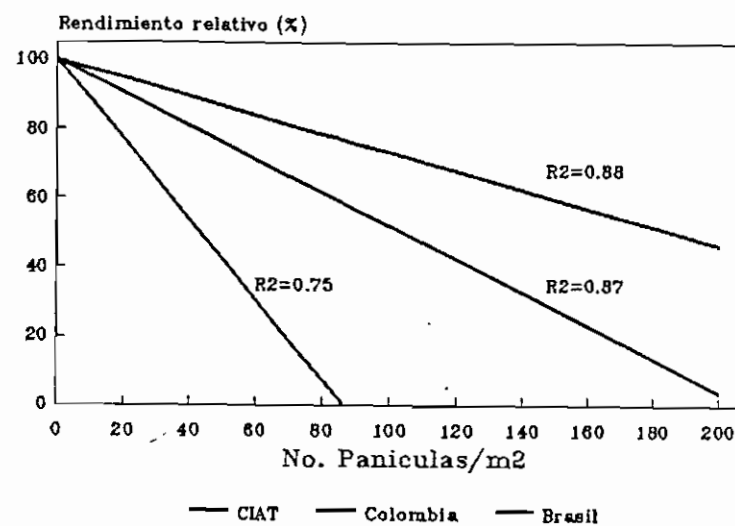


Figura 10. Niveles de infestación de arroz rojo y su efecto sobre los rendimientos de arroz irrigado: a) sembrado a dos densidades, y b) en diversos agroecosistemas (CIAT, 1989).

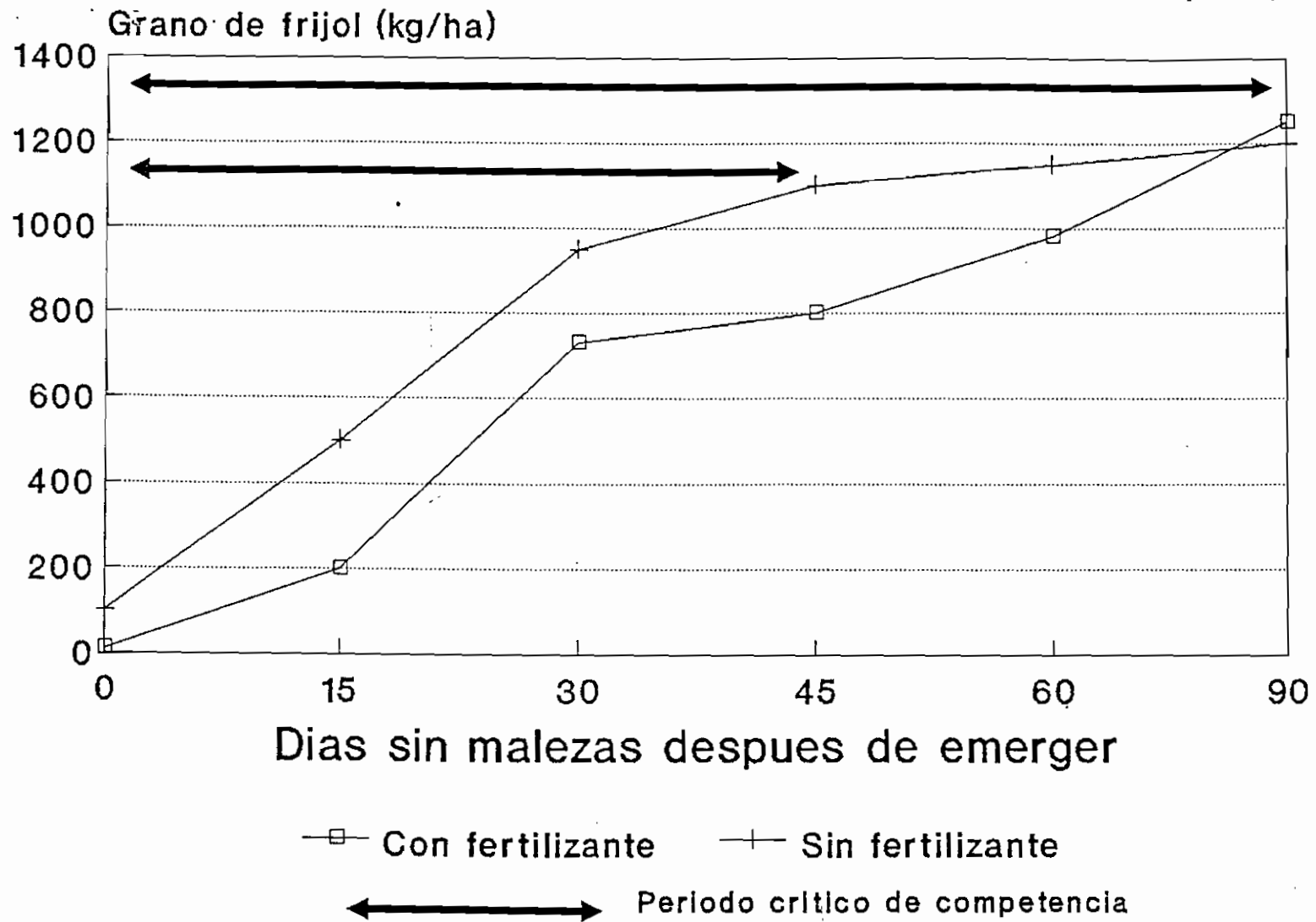
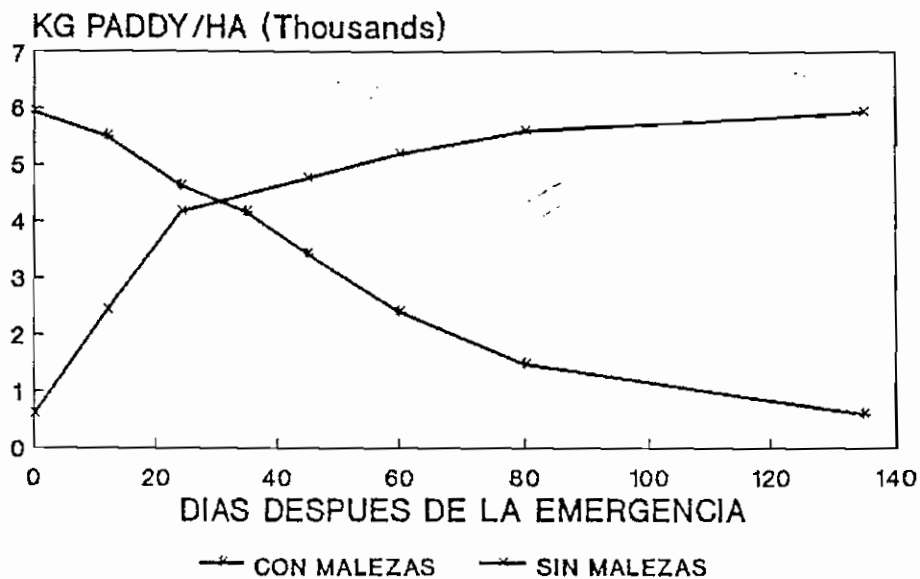
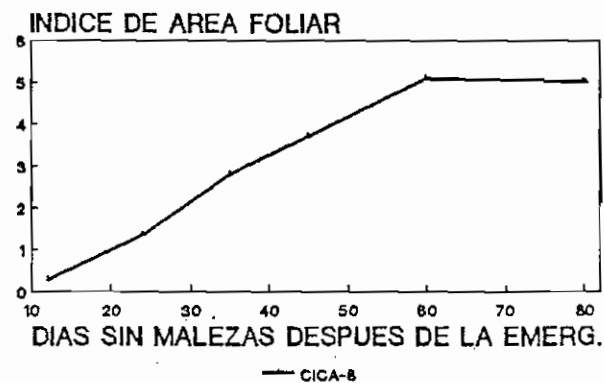


Figura 11. Efecto de la fertilización (100 N, 60 P) sobre el rendimiento y el período crítico durante el cual el frijol debió estar libre de malezas después de emerger para evitar reducciones significativas de rendimiento (Fischer, Vach. 1980).

PERIODO CRITICO DE COMPETENCIA CICA-8



INDICE DE AREA FOLIAR SIN MALEZAS 1989 & 1990



MALEZAS A LA COSECHA DEL ARROZ 1989 & 1990

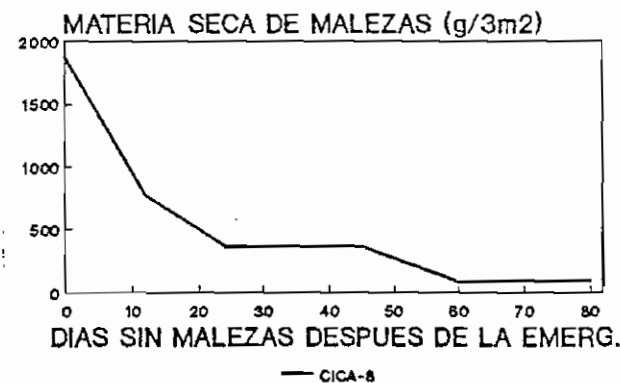
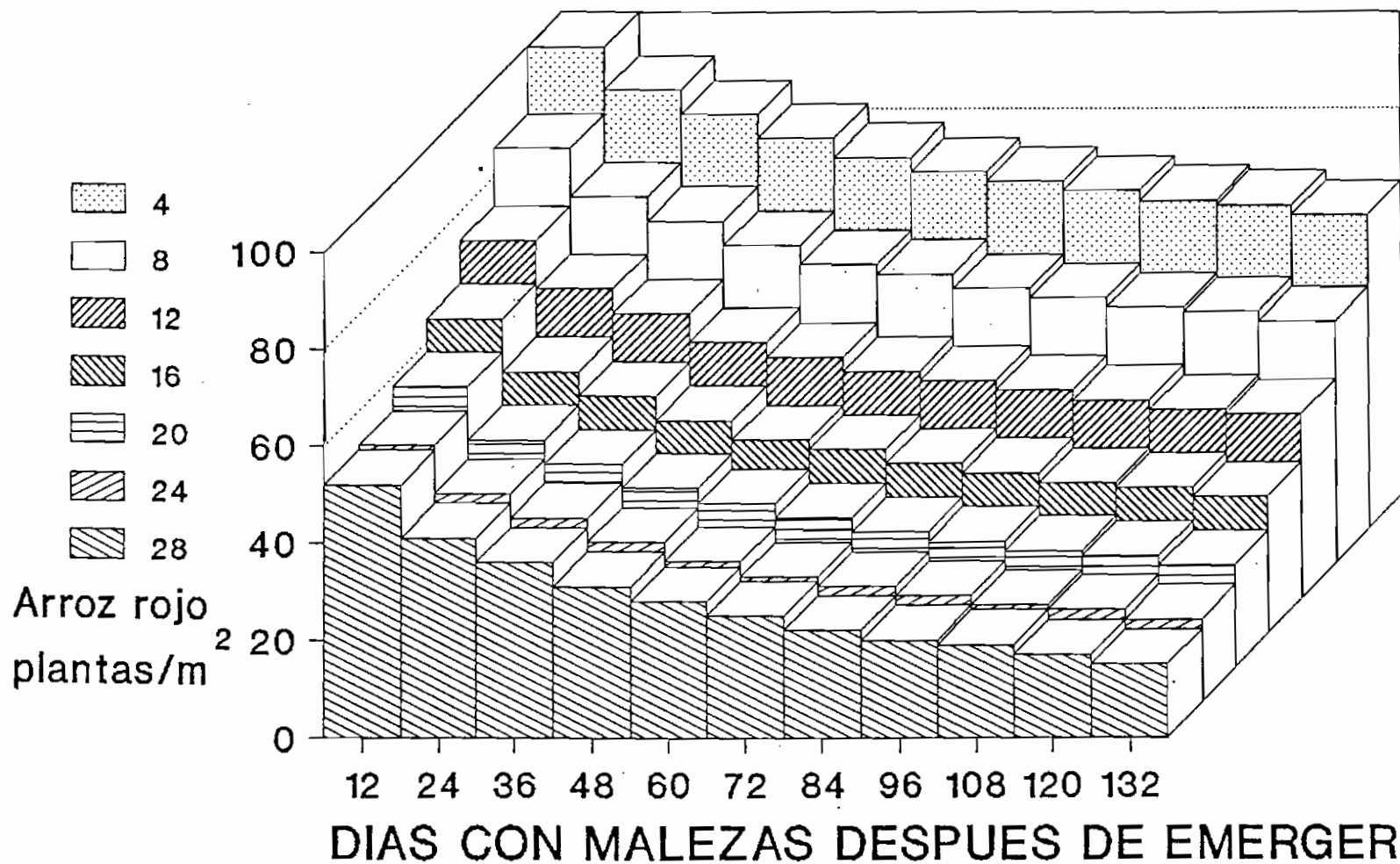


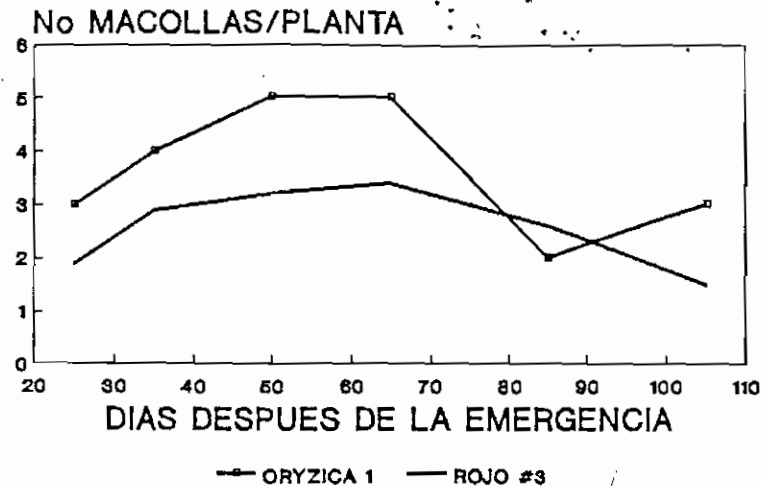
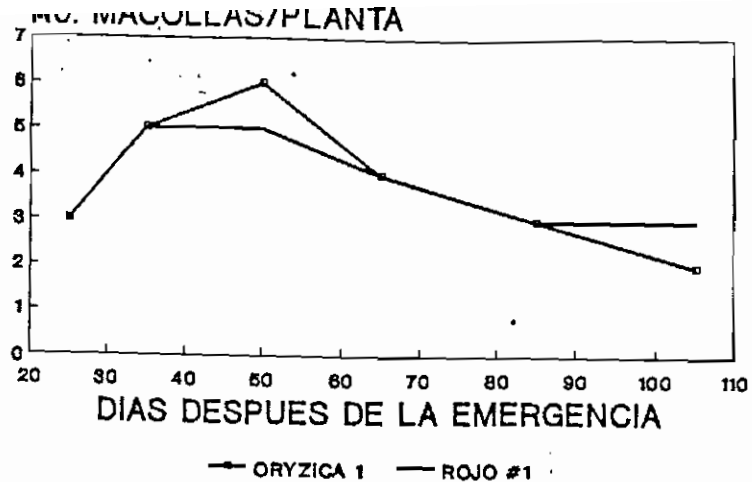
Figura 12. Rendimiento de arroz irrigado creciendo con (*) o sin (x) malezas durante diversos períodos después de la emergencia, y área foliar de arroz y biomasa de malezas a la cosecha del arroz cuando este creció sin malezas durante diversos períodos posteriores a la emergencia (Fischer, CIAT 1990).

RENDIMIENTO (% DEL TESTIGO S.M.)

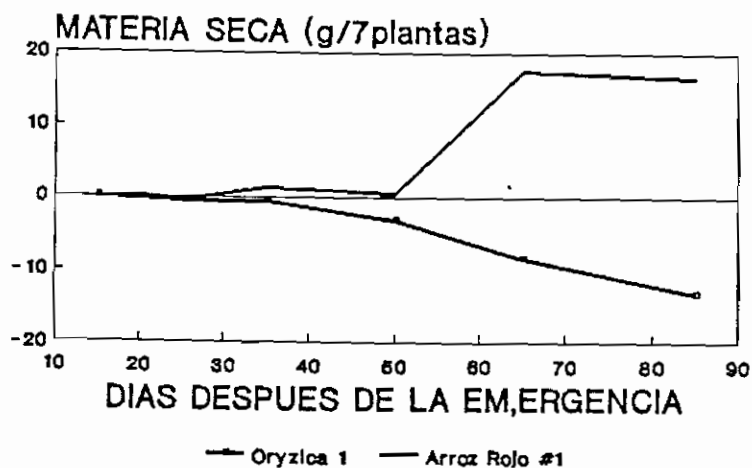


$$Y=169-4.73D+0.08D^2-16.66\ln(P+1), R^2=0.86$$

Figura 13. Superficie de respuesta de los rendimientos de arroz irrigado compitiendo con distintas densidades de arroz rojo durante diversos intervalos posteriores a la emergencia (Fischer, CIAT 1991).



Alteracion del crecimiento
Oryzica 1 vs Arroz Rojo #1



Alteracion del crecimiento
Oryzica 1 vs Arroz Rojo #3

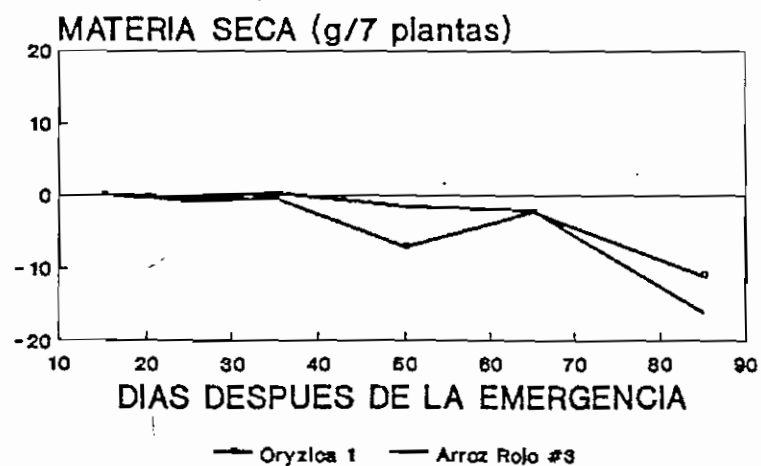


Figura 14. Macollaje y crecimiento relativo de arroz "Oryzica 1" y dos biotipos de arroz rojo creciendo en competencia (Fischer, CIAT 1991).

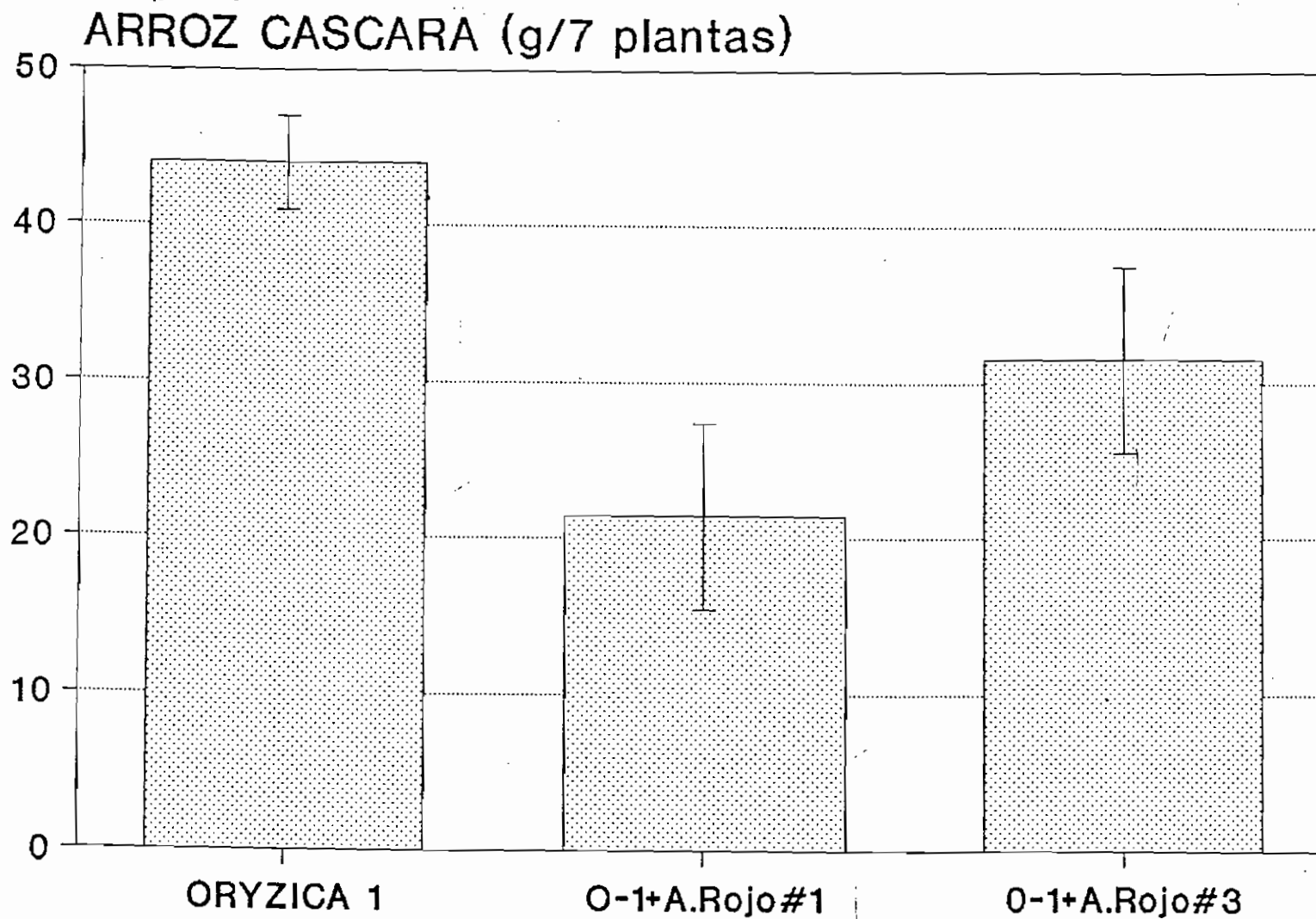


Figura 15. Producción de semilla de arroz "Oryzica 1" en monocultivo y en competencia con dos biotipos de arroz rojo. Las barras verticales indican desviaciones estándar de las medidas (Fischer, CIAT 1991).

Tabla 1. Competencia de *Echinochloa crus-galli* y *Amaranthus powellii* con alfalfa sembrada en dos épocas.

	Materia seca cosechada		
	Muestreo en Octubre		Mayo
	Alfalfa	Malezas	Alfalfa
	----- (kg/ha) -----		
Siembra de Agosto:			
Alfalfa sin malezas	1510a	0	6730a
Alfalfa + ECHCG	80c	3770a	2020c
Alfalfa + AMAPO	160b	3380a	3940b
Siembra de Setiembre:			
Alfalfa sin malezas	59a	- *	4700a
Alfalfa + ECHG	60a	-	4600a
Alfalfa + AMAPO	57a	-	4050a

* Malezas que aun no han emergido

Tabla 2. Pérdidas de rendimiento por competencia de arroz rojo y los márgenes brutos correspondientes al control químico y manual de esta maleza (Fischer, Ramírez y Sanint, CIAT 1992).

Perdida de Rendimiento Umbral de *
 Rendimiento rendimiento infestacion

Toneladas/ha	%	arroz rojo plantas/m ²
< 3	6	2-3
3 - 6	4-3	1-2
> 6	2	< 1

*Densidad de a.rojo donde el margen bruto es igual para control quimico y manual.

Tabla 3. Efecto del nivel de producción sobre la densidad de arroz rojo para la cual el control químico y manual resultan económicamente equivalentes (Fischer, Ramírez y Sanint, CIAT 1992).

Margen bruto		
Perdida de rendimiento	Manual	Quimico
(%)	---- (\$/ha) ----	
10	970	1060
8	1000	1060
5	1028	1060
3	1060	1060
0	1090	1060

Tabla 4. Efecto del salario rural sobre la densidad de arroz rojo para la cual el control químico y manual resultan económicamente equivalentes (Fischer, Ramírez y Sanint, CIAT 1992).

Pérdida de Umbral de *
Salario rendimiento infestación

\$/hr	%	arroz rojo plantas/m ²
0.76	3	< 1
0.50	4	1-2
0.25	6	2-3

*Densidad de a.rojo donde el margen bruto es igual para control químico y manual.