

Primera Parte

**Nociones Básicas del  
MIP en Arroz**

# Capítulo 1

## Producción de Arroz en América Latina: Area Sembrada y Costos

Alberto Pantoja, Alvaro Ramírez y Luis Roberto Sanint

### Arroz en el Mundo

El arroz es el principal alimento de una tercera parte de la población mundial, es decir, de aproximadamente 2000 millones de personas.

#### Importancia

Obviamente, el cultivo de este cereal, *Oryza sativa* (L.), tiene enorme importancia económica.

En América Latina y el Caribe se siembran cerca de 6.7 millones de hectáreas de arroz.

En América Latina, los principales productores son —en ese orden— Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Cuadro 1-1).

En la región andina del continente, el arroz, principal fuente de proteína después de la de origen animal, se ha convertido en las últimas décadas en un producto básico de la canasta familiar. Es notable que este cultivo, que no es originario de la región, haya adquirido en ella tanta importancia.

Ahora bien, a pesar del reciente crecimiento del sector arrocero latinoamericano, se necesita más arroz para alimentar la población de la región.

La demanda de arroz, por tanto, se ha incrementado y el esfuerzo por aumentar la producción de este cereal, optimizando sus métodos de cultivo, es cada día más urgente.

#### Pérdidas por plagas

El término plaga, como se explica más adelante, comprende los artrópodos dañinos (principalmente insectos), los patógenos causantes de enfermedades y las malezas que afectan el rendimiento del arroz.

A nivel mundial, las plagas del arroz destruyen el 35% de la producción. Estas pérdidas se distribuyen así:

- 12% por los insectos dañinos,
- 10% por las malezas,
- 12% por los patógenos, y
- 1% por los vertebrados que se alimentan del grano.

En América Latina, el manejo de estas plagas es una de las principales limitantes de la producción arrocera.

En arroz irrigado, por ejemplo, el manejo de las tres primeras representa en la región el 33% de los costos de producción, fracción que llega al 35% en Colombia (Cuadro 1-2). Ese costo se reparte así: en el control de insectos dañinos 6%, en el de malezas 23% y en el de enfermedades 3.8%.

#### Alternativas de control

El principal método de manejo de estas plagas ha sido la aplicación de productos agroquímicos.

Ahora bien, el alto costo de los plaguicidas ha incrementado los costos de producción del cultivo. Además, el uso frecuente de estos productos ha intensificado la resistencia de las plagas, ha contaminado el ambiente y los productos del campo, y ha causado envenenamientos y efectos adversos en otros organismos.

En consecuencia, tanto los cultivadores como los investigadores han buscado métodos alternos, que sean además sostenibles, para el manejo de las plagas de este cultivo.

Cuadro 1-1. Área cultivada con arroz en América Latina en 1995.

Región o país	Área total (000 ha)	Área (%) en sistema de cultivo:		
		Irrigado	De tierras bajas inundables	De secano ondulado
<b>América del Sur</b>				
Argentina	189	100	0	0
Bolivia	132	1	4	95
Brasil	4382	30	9	61
Chile	34	100	0	0
Colombia	408	67	27	6
Ecuador	368	54	34	12
Paraguay	25	90	10	0
Perú	195	95	5	0
Uruguay	134	100	0	0
Venezuela	156	95	5	0
<b>América Central</b>				
Costa Rica	40	37	51	12
El Salvador	12	51	49	20
Guatemala	19	89	14	11
Honduras	14	17	27	56
México	90	47	32	21
Nicaragua	62	53	23	24
Panamá	90	5	25	70
<b>Región del Caribe</b>				
Barbados	(0.2)	(100)	0	0
Belice	(1)	33	57	10
Cuba	55	100	0	0
Guyana	130	71	26	3
Haití	45	75	0	25
Jamaica	0.2	100	0	0
Rep. Dominicana	85	97	0	3
Surinam	60	92	8	0
Trinidad y Tobago	2.5	38	62	0

FUENTE: FAO, 1995.

Cuadro 1-2. Costos de producción de arroz en América Latina en 1993.

Renglón	Costo unitario (US\$/ha paddy) <sup>a</sup>	Como fracción del costo total (%)
Agua para riego	16	1.3
Semilla	183	15.3
Fertilizantes	492	41.1
Herbicidas <sup>b</sup>	276	23.1
Insecticidas <sup>b</sup>	72	6.0
Fungicidas <sup>b</sup>	45	3.8
Mano de obra	25	2.1
Preparación del suelo	87	7.3
<b>Total</b>	<b>1196</b>	<b>100</b>

a. Basado en estimaciones del CIAT, 1995; (paddy = arroz cáscara).

b. Basado en costos de aplicación con bomba de mochila.

## Manual de Manejo Integrado

El presente manual contiene los principios generales y algunos procedimientos prácticos del manejo integrado de plagas (MIP) del arroz en América Latina.

Los ejemplos han sido tomados principalmente de los cultivos de Colombia, Venezuela, Brasil y el Caribe; no obstante, los principios de manejo aquí expuestos pueden aplicarse en otros países.

### MIP y costos bajos

En síntesis, el propósito principal del manual es presentar los conceptos básicos del manejo integrado de las plagas del arroz y ofrecer alternativas al control químico de esas plagas.

Unos y otras redundarán, además, en el uso racional de los productos agroquímicos y en la reducción de los costos de producción del cultivo.

## Plaga

Este término se refiere a un organismo que está en un lugar donde, según el criterio humano, no se desea su presencia. El concepto de plaga es antropocéntrico, es decir, es un producto de la cultura humana.

En el medio agrícola, **plaga** es cualquier organismo que perturbe o afecte el desarrollo y el crecimiento de un cultivo. Son plagas, por ejemplo, las malezas que compiten con el cultivo y los microorganismos y artrópodos que lo atacan. Estos grupos de plagas comprenden diversos organismos. Las enfermedades, por ejemplo, pueden ser causadas por hongos, bacterias, virus u otros microorganismos. Los artrópodos plaga pueden ser insectos o acarinos.

Tradicionalmente, el término 'plaga' ha designado solamente los insectos y ácaros que atacan los cultivos; en este manual tiene un sentido más amplio.

## Extensión del MIP

El MIP es específico de cada sistema de cultivo; sin embargo, los conceptos presentados —y las metodologías con que se estiman las poblaciones de plagas, el daño causado por éstas y las pérdidas de rendimiento— pueden

emplearse, en general, en diversas zonas geográficas.

Los umbrales de acción, en cambio, varían según la localización geográfica, la variedad de arroz y el costo de los plaguicidas. Por tal razón, los que aquí se ofrecen deberán tomarse como guías de manejo y no como valores fijos.

## Contenido del manual

El Capítulo 2 describe los agroecosistemas en que se cultiva el arroz en América Latina. Relacionándolas con este medio, el manual estudia luego las tres áreas básicas del manejo de plagas: manejo de artrópodos, manejo de malezas y manejo de enfermedades.

En cada área, un capítulo cubre los aspectos teóricos del MIP y otro los aspectos relacionados con la práctica de este manejo. Por eso se dividió el manual en dos partes: una define los principios y la otra describe sus aplicaciones.

## Referencias

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1995. FAO production yearbook. Roma, Italia.

IRRI (International Rice Research Institute). 1993. IRRI rice almanac. Laguna, Los Baños, Filipinas.

Sanint, L. R. 1992. New rice technologies for Latin America: Social benefits, past reminiscences and issues for the future. En: Trends in CIAT commodities. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 1-37.

# Capítulo 2

## Agroecosistemas en que se Cultiva Arroz

Albert Fischer

En América Latina, el arroz se cultiva con métodos diversos y en muchos ambientes. Por consiguiente, los problemas causados por plagas, malezas y enfermedades, y el manejo que se les puede dar, difieren según el agroecosistema.

En un sistema de cultivo, el agua (su disponibilidad y control) y el método de siembra son variables muy importantes. Consideraremos entonces, para facilitar la discusión del tema, el papel que desempeñan estas variables en dos sistemas: el arroz irrigado y el de secano (pluvial o de temporal). De cada uno de ellos se presentarán los métodos más comunes de siembra.

### Arroz Irrigado

Del total de 6.7 millones<sup>1</sup> de hectáreas de arroz sembradas en América Latina, el 54% (3.66 millones de hectáreas) corresponde a arroz irrigado.

Si comparamos este sistema con el de secano, observamos que, aunque ocupa un área similar a la de éste, genera el 81% de la producción arroceras de la región.

Cuatro métodos de siembra predominan en el sistema irrigado:

- Arroz trasplantado en suelo fangueado o batido.
- Siembra directa con semilla pregerminada.
- Siembra en agua (o sea, en suelo inundado).
- Siembra directa sobre suelo seco.

1. Las cifras sobre área y producción fueron proporcionadas en 1994 por Alvaro Ramírez, Economista Agrícola, Programa de Arroz, CIAT, y actualizadas en 1996 en el Proyecto IP-4 de Arroz.

### Método 1: Arroz trasplantado en suelo fangueado o batido

En este método de siembra se trasplantan plántulas de 20 a 30 días, que han emergido en camas de siembra.

El trasplante se hace en suelo inundado que ha sido fangueado o batido con alguno de los siguientes implementos: azadón rotatorio ('rotovator'), ruedas de paletas, rastras y ciertos tipos de aparejos de discos. El suelo queda así totalmente desmenuzado y forma un lodo líquido en la superficie.

El terreno se nivela después del fangueo, estando aún inundado. Un suelo bien nivelado es aquél que adquiere un desnivel mínimo que permite el drenaje de los lotes o parcelas. Esta nivelación es esencial para manejar fácilmente la lámina de agua con que se hacen el riego y la inundación permanente del terreno.

Generalmente se trasplantan tres plántulas por sitio, dejando entre sitios una distancia de 10 a 25 cm.

Si el cultivo es denso (sitios próximos), compete mejor con las malezas pero puede estar más expuesto al vuelco (acame) de las plantas y a la incidencia de enfermedades.

### Método 2: Siembra directa con semilla pregerminada

Este método es menos costoso y se ha difundido más que el de trasplante.

El suelo puede prepararse bajo inundación (fangueo) o en seco. El suelo seco se nivela con rastra u otro implemento; más tarde se inunda el terreno. La preparación en seco asegura un buen piso para la maquinaria con que se hagan la siembra y otras labores. Permite, además, el

manejo de las malezas acuáticas porque altera el ambiente en que ellas crecen.

La siembra directa exige una buena nivelación del suelo, por la siguiente razón: en el trópico hay que drenar completamente el suelo de un lote que ha sido inundado, antes de sembrar arroz en él; no puede quedar en el suelo agua estancada. En esos charcos de agua, la semilla de arroz no germinaría. En ellos, en efecto, la alta temperatura tropical estimula el crecimiento microbiano, y estos microorganismos agotan pronto el oxígeno requerido para el desarrollo de la semilla de arroz.

Ahora bien, estos charcos o 'parches' de agua se convierten, al secarse, en espacios dentro del cultivo donde no crecen plantas de arroz sino malezas. Para compensar por esa pérdida en la población de arroz, el agricultor suele aumentar la cantidad de semilla que siembra.

Se siembra **semilla pregerminada**, que se obtiene así: la semilla, contenida en sacos, se sumerge en agua durante 24 horas y luego se incuba durante 48 horas.

Una semilla habrá pregerminado cuando su **radícula** haya emergido apenas unos milímetros. Esta semilla pregerminada se siembra a voleo.

Los agricultores suelen emplear una densidad de siembra alta (más de 100 kg/ha de semilla), por varias razones:

- compensar por las plantas ausentes en los parches que han dejado los charcos de agua o la siembra irregular a voleo;
- competir mejor con las malezas;
- reducir la incidencia de plagas hidrofílicas como hidrelia (*Hydrellia* sp.) y el gorgojo de la raíz.

Si se emplea esta táctica, es importante conocer la respuesta del cultivar a la densidad de siembra. Cuando esta densidad es alta, en algunos cultivares tiende a mantenerse alto el rendimiento, aunque en otros se reduce mucho. Además, una alta densidad de siembra puede acarrear el **acame** (volcamiento) de las plantas y propiciar las enfermedades que las atacan.

### Método 3: Siembra en agua (suelo inundado)

En esta modalidad, a diferencia del método anterior, se siembra la semilla en la lámina de agua y se espera que germine allí; las plántulas emergen luego a través de la lámina.

La germinación bajo agua es posible si en la región la temperatura no es elevada; por ejemplo, en la zona templada de Chile, de California o del Mediterráneo.

En el trópico, el agua de inundación puede alcanzar una temperatura de 30 °C (a veces más), condición en que el oxígeno disuelto en el agua es insuficiente para sostener el crecimiento de las plantas de arroz. Hay cultivares de arroz, sin embargo, que poseen la capacidad fisiológica de crecer en condiciones anaeróbicas.

Cuando se hace la siembra en agua, el cultivo se mantiene inundado durante su emergencia. Esta inundación impide el establecimiento de muchas malezas en un momento del ciclo del arroz en que éste es muy vulnerable a la competencia. Las malezas acuáticas, sin embargo, podrían necesitar un control adicional.

### Método 4: Siembra directa sobre suelo seco

Este método, muy difundido en América Latina, tiene dos variantes:

- Con nivelación buena. El suelo está bien nivelado y el riego se hace inundando el terreno con una lámina de agua.
- Con nivelación limitada. Hay deficiencias en la nivelación del terreno (diques en contorno) o ésta no se practica. En este caso se aplica un riego intermitente, del cual hay dos modalidades: el riego "corrido" y el de "mojes" periódicos.
  - El riego "corrido" se aplica cuando la pendiente del terreno es mayor que 5% y hay dificultades para nivelarlo. El agua corre por gravedad desde las partes altas del campo. Esta modalidad puede crear problemas de erosión y de lixiviación de agroquímicos hacia los cauces de agua.
  - El riego "por mojes" es muy frecuente en Colombia y se aplica en dos situaciones: cuando no hay suficiente agua para el riego de inundación permanente; y cuando la lámina de agua sólo puede establecerse tardíamente (unos 45 días después de la siembra) a causa de la nivelación imperfecta.

Siempre que haya deficiencias en la nivelación, la inundación profunda sólo podrá establecerse cuando el arroz sembrado en las partes bajas del terreno tenga altura suficiente y no quede cubierto por el agua cuando ésta inunde las partes más altas.

La siembra se hace en suelo seco, a voleo o con sembradora que abra surcos separados 17 cm entre sí.

En la siembra a voleo se suelen usar implementos muy pesados para cubrir la semilla, práctica que puede reducir el porcentaje de emergencia de plántulas.

La siembra mecanizada (en hileras), aunque exige un terreno bien nivelado, permite que la emergencia de las plantas sea muy uniforme.

*Permite también detectar precozmente la presencia de plantas de arroz rojo en la entrefila, para eliminarlas luego con la escarda mecánica.*

Para contrarrestar la competencia de las malezas y la baja germinación de la semilla, los cultivadores tienden a emplear una densidad de siembra elevada, es decir, más de 150 kg/ha de semilla.

## Arroz Pluvial o de Secano

En América Latina se cultivan 3.1 millones de hectáreas, aproximadamente, con arroz de secano, que representan el 19% de toda el área arroceras de la región. El 90% de este arroz se encuentra en Brasil; el resto se reparte entre América Central, Colombia, Ecuador y Venezuela. Aunque sembrado en mayor área que el arroz de riego, el de secano sólo representa el 40% de la producción arroceras de la región.

El agua que requiere el cultivo proviene enteramente de la lluvia; no habiendo, por tanto, fangueo ni lámina de agua para suprimir las malezas, éstas suelen causar serios problemas al productor.

Las malezas emergen con el cultivo y de ellas nacen generaciones sucesivas durante el ciclo de crecimiento del arroz.

Siendo el agua una limitante en el sistema de secano, la competencia de las plantas por este recurso se inicia temprano. El desarrollo inicial de este arroz es, por ello, más lento que el del arroz irrigado en que se emplea semilla pregerminada.

El arroz de secano se siembra desde los suelos ácidos, de baja fertilidad y bien drenados de las sabanas, hasta las tierras bajas, anegables y fértiles de las 'várzeas' de Brasil.

En muchas de estas regiones, la disponibilidad de agua es variable, y el cultivo puede quedar expuesto a periodos más o menos largos de estrés hídrico.

Se conocen, por ello, dos variantes o métodos principales de este sistema:

- Arroz pluvial (de secano) en tierras bajas.
- Arroz pluvial (de secano) en tierras altas bien drenadas que tengan baja fertilidad (BF) o riesgos de sequía (RS).

### Método 1: Arroz pluvial (de secano) en tierras bajas

Al comienzo de la época de lluvias se siembra semilla seca, a voleo o en surcos, sobre suelo seco.

La densidad de siembra supera generalmente los 100 kg/ha de semilla porque así se contrarresta la competencia de las malezas y se compensa por los vacíos que haya dejado una siembra irregular en la población de plantas.

Los cultivos sembrados en tierras bajas podrían inundarse con la lluvia o sufrir los efectos de una napa freática muy próxima a sus raíces. No se nivela el terreno.

### Método 2: Arroz pluvial (de secano) en tierras altas bien drenadas que tengan BF o RS

En esta variante del sistema de secano, la precipitación es un poco errática.

En estas tierras, que son de baja fertilidad (**BF**) y presentan riesgos de sequía (**RS**), los suelos sufren con frecuencia problemas de acidez, alta saturación de aluminio, y deficiencias de hierro, zinc, calcio y magnesio.

Si los suelos son Oxisoles o Ultisoles, habrá frecuentemente deficiencia de fósforo. En suelos de textura gruesa y expuestos a una pluviosidad alta, puede faltar el potasio. Por consiguiente, el germoplasma que se siembre en estos suelos debe estar adaptado a esas condiciones.

Esta variante del sistema presenta varias modalidades de manejo, desde el que practica el campesino migratorio que tumba y quema la selva en los márgenes del bosque tropical para sembrar arroz, hasta el que se aplica en las grandes extensiones mecanizadas de las sabanas y del Cerrado de Brasil.

Cuando el sistema está mecanizado, la arada profunda —que entierra residuos y semillas de malezas— y los pases superficiales de rastra que la siguen, sirven para reducir las poblaciones de malezas antes de la siembra.

La siembra puede hacerse a voleo o en surcos. Puesto que el ambiente limita mucho este sistema, la densidad de siembra es menor que en el arroz irrigado (alrededor de 80 kg/ha de semilla). El espaciamento entre los surcos varía de 15 a 30 cm. En la siembra a voleo, la densidad de siembra es un poco mayor.

Se eligen para este sistema cultivares competitivos, de raíces profundas y de estatura y macollamiento intermedios. Si es necesario, se seleccionan los que toleren el estrés hídrico y la acidez del suelo.

## **Conclusión**

La nivelación del terreno, la fuente y el control del agua, y el método de siembra configuran agroecosistemas muy específicos que se diferencian entre sí.

Cada agroecosistema del arroz presenta problemas y oportunidades particulares en relación con las plagas que lo caracterizan. El manejo integrado de plagas (MIP) debe reconocer esas oportunidades y aprovecharlas para lograr el objetivo siguiente:

El ambiente en que se desarrolla el arroz debe ser tan favorable para el cultivo y tan nocivo y perjudicial para las plagas como sea posible.

Las oportunidades de hacer un manejo sostenible de las plagas del arroz y de reducir, por tanto, el uso de pesticidas se hallan en el buen manejo de las características agronómicas que forman parte del agroecosistema en que se cultiva el arroz. Por consiguiente, el MIP debe considerarse como un aspecto del manejo agronómico del cultivo.

En los capítulos siguientes se discuten en detalle los efectos que tienen, en el manejo de las plagas, los diferentes métodos de siembra y de manejo del agua.



# Capítulo 3

## Manejo Integrado de Artrópodos Plaga

Alberto Pantoja

### Introducción

El **concepto** de manejo integrado de plagas (MIP) ha recibido varias definiciones.

- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define el **MIP** como un sistema que, para combatir las plagas de los cultivos, emplea técnicas adecuadas y muy compatibles que **mantienen la población de esas plagas por debajo del nivel en que causarían un perjuicio económico inaceptable para el agricultor.**

El sistema debe tener en cuenta tanto el ambiente relacionado con las especies consideradas plaga como la dinámica de

población de éstas (FAO, 1967). El término plaga se aplica aquí a la clase Insecta y a la subclase Acarina, cuyas diferencias básicas se ilustran en la Figura 3-1 comparando la morfología de las clases Insecta y Arachnida.

- Bottrell (1979) añade un componente ecológico a la definición cuando afirma que MIP es **la selección, integración e implementación de un manejo de plagas basado en consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas predecibles.**
- Andrews (1989) incluye ocho conceptos centrales en la definición del MIP. El manejo integrado de plagas se funda así en la interrelación de los siguientes elementos:
  - el agroecosistema,
  - la biología y ecología de los organismos,

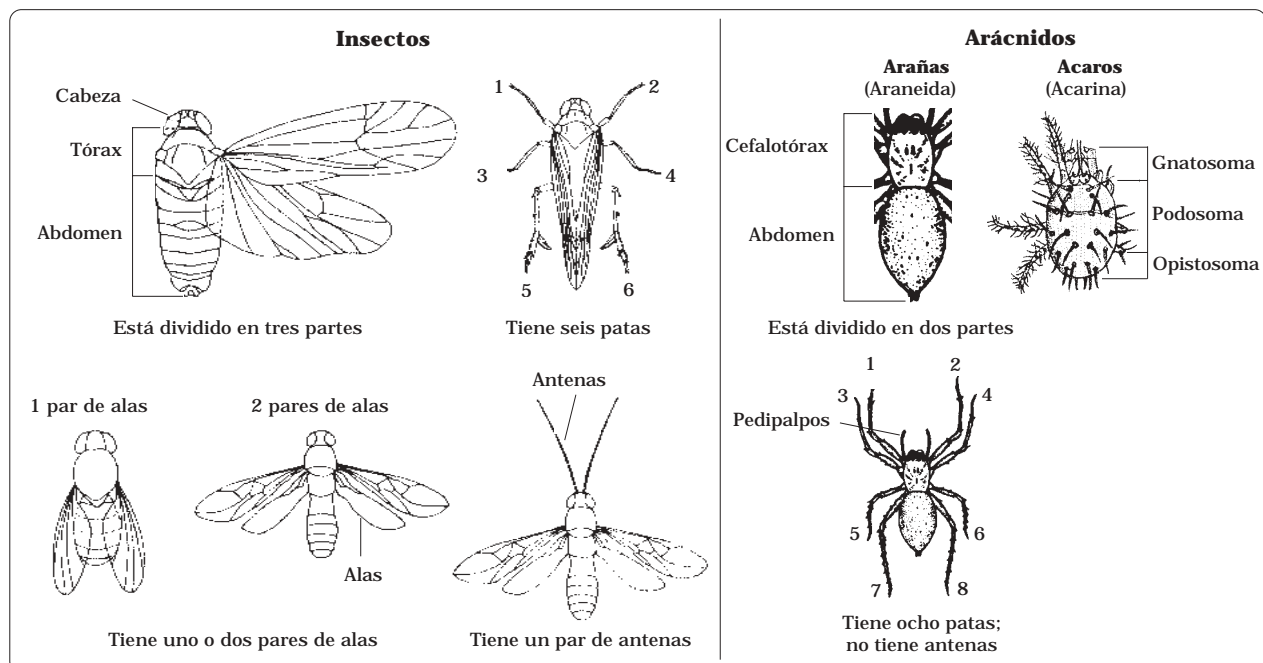


Figura 3-1. Características generales de los insectos y de los arácnidos.

- el muestreo y el uso de umbrales críticos,
- la integración de disciplinas,
- el control natural,
- el cultivo,
- el empleo de técnicas compatibles,
- los efectos secundarios del uso de la fitoprotección.

El MIP pretende optimizar la producción agrícola y, al mismo tiempo, asegurar dos beneficios importantes:

- la sostenibilidad del sistema o productividad a largo plazo, y
- la protección del medio ambiente, del hombre y de los enemigos naturales de las plagas.

El concepto de **nivel de daño económico** implica una tolerancia de determinadas poblaciones de artrópodos (insectos y ácaros) y de ciertos niveles de daño del cultivo, que no alcanzan a afectar negativamente el desempeño económico de ese cultivo (Walker 1987a; 1987b).

Se obtiene la rentabilidad máxima de un cultivo, a corto y a largo plazo, si se cumplen dos condiciones:

- se aplican ciertas prácticas de manejo cuando sean racionalmente necesarias;
- se supervisa con regularidad el cultivo para prever un ataque dañino de una plaga.

Así pues, el MIP se puede considerar una inversión en asistencia técnica del cultivo, que optimiza la relación entre los insumos empleados y el rendimiento obtenido (ingreso bruto).

*En otras palabras, el MIP es una inversión agrícola que obtiene el máximo ingreso neto causando el mínimo efecto adverso en el medio ecológico.*

## Interacción Cultivo-Plaga

Pocos estudios han cuantificado las pérdidas causadas por las enfermedades, los artrópodos plaga y las malezas al cultivo del arroz en América Latina. Por ejemplo, el efecto que ejerce en el cultivo la competencia de las malezas no ha sido bien entendido todavía. Tal vez, las dos primeras (enfermedades y artrópodos) están mejor documentadas que la tercera. Ahora bien, el manejo adecuado de un cultivo se basa en el conocimiento de la relación que existe entre él y las plagas que lo atacan.

El ciclo biológico de un artrópodo está asociado generalmente con el estado de desarrollo de las plantas en que él vive.

El daño que cause la plaga dependerá de las siguientes condiciones:

- tipo de aparato bucal del artrópodo (masticador o chupador);
- densidad de población del artrópodo;
- estado de desarrollo del artrópodo; y
- crecimiento que haya alcanzado la planta atacada.

Para facilitar la discusión del tema, usaremos el sistema de Fernández et al. (1985) que divide el ciclo del arroz en tres fases de crecimiento y diez etapas de desarrollo (Figura 3-2).

- Durante la fase vegetativa, la planta almacena energía para desarrollar su potencial reproductivo.
- La aparición del primordio, que dará origen a la panícula, marca el comienzo de la fase reproductiva. En ésta, la planta concentra sus recursos en el desarrollo de los órganos reproductivos (la panícula).
- La maduración o tercera fase va desde la formación del grano (etapa lechosa) hasta la cosecha.

La capacidad de un cultivo para tolerar el daño causado por las enfermedades, los artrópodos (insectos y ácaros) y la competencia de las malezas varía según la fase de crecimiento en que se hallen las plantas.

En su fase de desarrollo vegetativo, la planta manifiesta la más alta tolerancia al daño causado por las plagas y la mayor capacidad de recuperación de los efectos de ese daño.

En las etapas de establecimiento del cultivo y de reproducción, la planta presenta dos características opuestas:

- es más susceptible a las plagas;
- es menos tolerante del estrés causado por el proceso de recuperación de los daños sufridos.

## Aspectos biológicos y presencia de artrópodos

Numerosos y variados artrópodos se encuentran en los campos de arroz. Ahora bien, la especie de artrópodo más numerosa en un cultivo no es necesariamente la plaga más importante.

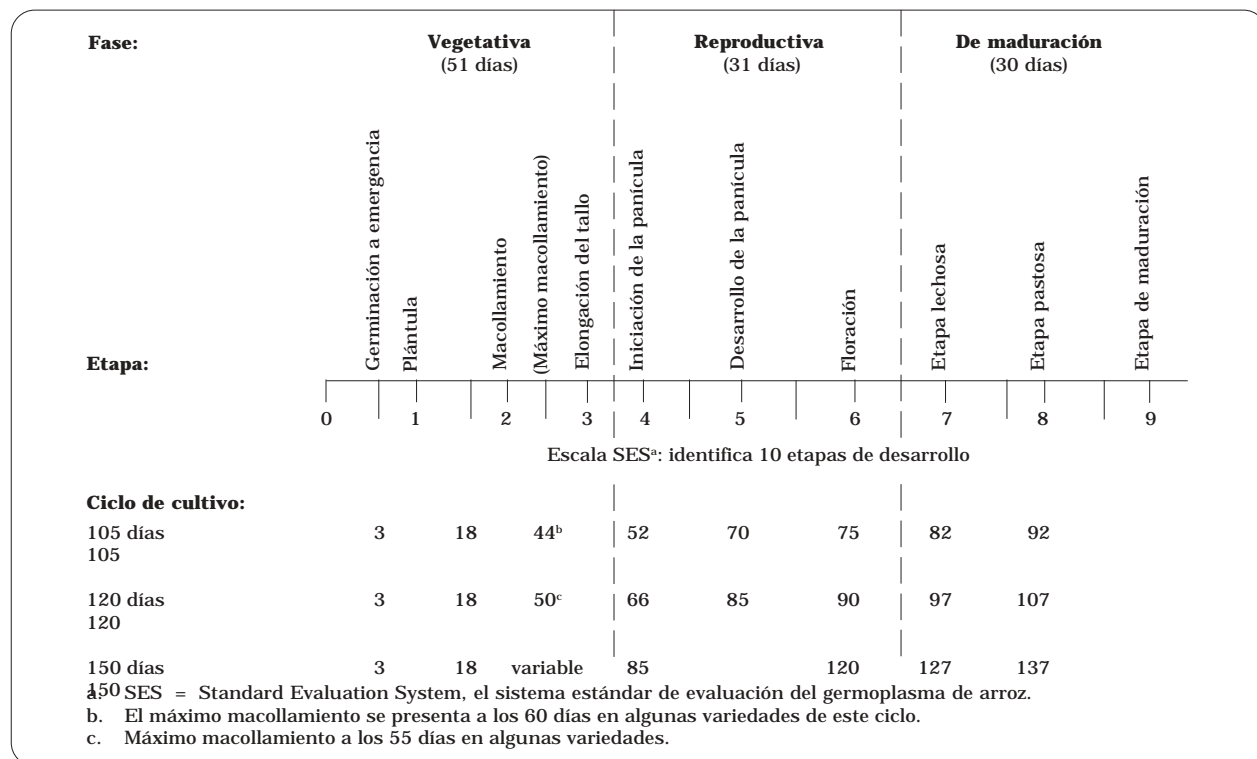


Figura 3-2. Etapas de crecimiento de la planta de arroz.

Es preciso identificar taxonómicamente el artrópodo plaga (género y especie), conocer su biología y su desarrollo, estudiar su dinámica poblacional y descubrir sus enemigos naturales. Con estos conocimientos es posible determinar el daño potencial que causaría ese artrópodo al cultivo y formular, en consecuencia, un programa de manejo de la plaga.

En esta sección del capítulo se analizan algunos conceptos básicos sobre la biología de los artrópodos, que tienen importancia en el diseño de un programa de manejo integrado de plagas.

La presencia de una plaga en el cultivo —y su persistencia en él— puede ser casual, crónica o aguda:

- La plaga es **casual** cuando se halla en estado de emigración o migración.
- La plaga es **crónica** cuando está presente todo el año en el cultivo. Sin embargo, su población es baja —razón por la cual se considera normal— durante las fases de crecimiento del cultivo. Aunque las plagas crónicas afectan el rendimiento, su control no resulta, en general, económico.

Ejemplos de este tipo de plagas son *Hortensia* spp. y *Draeculacephala* spp., comúnmente conocidas como loritos verdes. Arciniegas y

Pantoja (1993) estudiaron sus hospederos alternos en el Valle del Cauca, Colombia (Cuadro 3-1).

- La plaga **aguda** es la que causa **epifitias** (o epidemias), es decir, los artrópodos aparecen en gran número en determinados

Cuadro 3-1. Hospederos alternos (señalados con una X) de *Draeculacephala soluta* y *Hortensia similis*, en el Valle del Cauca, Colombia.

Hospedero (especie)	<i>D. soluta</i>	<i>H. similis</i>
<b>Gramineae</b>		
<i>Paspalum</i> sp.	X	
<i>Digitaria sanguinalis</i>	X	X
<i>Eragrostis</i> sp.	X	X
<i>Panicum maximum</i>	X	
<i>Cynodon dactylon</i>	X	X
<i>Leersia hexandra</i>	X	X
<i>Ischaemum rugosum</i>	X	
<i>Echinochloa crus-galli</i>	X	X
<b>Cyperaceae</b>		
<i>Killingia brevifolia</i>	X	
<i>Fymbristilis littoralis</i>	X	X
<i>F. annua</i>	X	X
<i>Cyperus niger</i>	X	X
<i>C. difformis</i>	X	X

años o épocas de un año; en los demás, normalmente, su densidad es baja.

*Tagosodes orizicolus* (Muir) [= *Sogatodes oryzicola*], el vector del virus de la hoja blanca del arroz (VHBA), es un ejemplo de plaga aguda.

Las epidemias de piricularia (añublo del arroz), así como las epifitias debidas a virus o artrópodos, son también efecto de plagas agudas.

Las epifitias que causan los artrópodos están asociadas, generalmente, con los siguientes factores:

- cambios climáticos (en las lluvias o en la temperatura);
- desastres naturales;
- desequilibrios ecológicos —debidos, por ejemplo, a la aplicación inadecuada de un plaguicida.

Estos fenómenos afectan los enemigos naturales de la plaga o su habitat —o ambos factores.

## Metamorfosis

El tipo de desarrollo del artrópodo, es decir, su metamorfosis, es de gran importancia para un programa de manejo de plagas.

Se conocen dos patrones básicos de metamorfosis: la gradual —en la que hay huevos,

ninfas y adultos— y la completa, cuyas etapas son huevo, larva, pupa y adulto (Figura 3-3).

- En la **metamorfosis gradual**, las ninfas y los adultos tienen forma similar, el aparato bucal es igual en ambos y se alimentan de las mismas partes de la planta (Figura 3-3,A).

Los adultos se distinguen de las ninfas porque tienen alas desarrolladas y funcionales. Las ninfas poseen alas rudimentarias y pequeñas, que están en desarrollo; además, son de menor tamaño que los adultos.

- En la **metamorfosis completa** hay cuatro estados o etapas de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 3-3,B).

A diferencia de la metamorfosis gradual, en la completa cada estado de desarrollo del artrópodo tiene morfología distinta. Además, los tres últimos estados se alimentan de sustratos diferentes:

- Las larvas son fitófagas.
- Los adultos pueden ser fitófagos, como los coleópteros; pueden también alimentarse del néctar de las flores y llevar una vida más libre, como los lepidópteros.
- Las pupas no se alimentan y carecen de medios de locomoción.

Cuando se estudia el plan de muestreo de una plaga o el manejo integrado de ésta, es muy importante conocer el patrón de metamorfosis de un artrópodo, por varias razones:

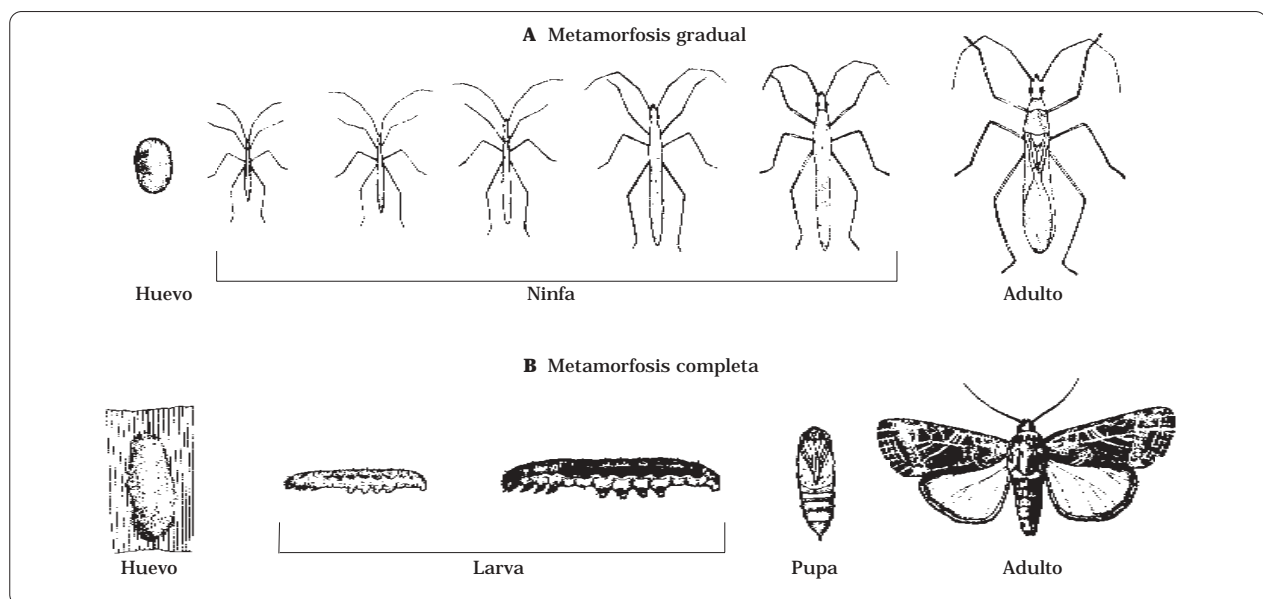


Figura 3-3. Tipos de metamorfosis en los insectos. (A) Metamorfosis gradual o incompleta, con huevo, ninfa y adulto. (B) Metamorfosis completa, con huevo, larva, pupa y adulto.

- Los artrópodos adultos y los inmaduros que están sujetos a metamorfosis gradual pueden ser muestreados simultáneamente. Por lo demás, unos y otros se controlan de igual forma cuando se les aplican plaguicidas.
- Los artrópodos de metamorfosis completa, en cambio, tienen diferente medio de locomoción en cada etapa de su desarrollo y, en consecuencia, adultos, larvas y pupas deberán ser muestreados de manera diferente.
- En muchas ocasiones serían necesarias dos aplicaciones para controlar un artrópodo de metamorfosis completa, ya que adulto, larva y pupa se encuentran, generalmente, en lugares diferentes y se alimentan de sustratos distintos y de modo diverso. En cambio, una sola aplicación de plaguicida controlaría tanto los adultos como las ninfas de un artrópodo de metamorfosis gradual.

### **Daño causado al cultivo**

El manejo de una plaga se basa en métodos cuantitativos que determinan la relación existente entre el artrópodo, el daño causado por éste y el costo que exige su control.

Las decisiones que se toman en el manejo de una plaga se apoyan en criterios como la densidad de la plaga o la estimación del daño causado. Es entonces importante conocer la forma en que los artrópodos causan daño a la planta de arroz. Este daño puede ser directo o indirecto.

- El **daño directo** consiste en que la plaga se alimenta de la parte de la planta que deseamos utilizar para el consumo o la industria. Ejemplos de tales plagas son los siguientes:
  - *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), que se alimenta de la panícula y reduce, por tanto, el rendimiento.
  - Las chinches de la panícula (*Oebalus* spp. y *Mormidea* spp.), que se alimentan del grano.
  - Los barrenadores del tallo (*Diatraea* spp.), cuyas larvas pueden destruir el tallo de la planta e impedir la emergencia de la panícula.
- El **daño indirecto** ocurre cuando el artrópodo, al alimentarse de la planta, no causa un efecto inmediato y directo en la parte de la planta que se consume o comercializa y, por ende, en el rendimiento del cultivo.

- Tal es el caso de sogata [*Tagosodes orizicolus* (Muir)] que, aunque hace un daño directo a las hojas con su aparato bucal succionador, actúa principalmente como vector del virus de la hoja blanca del arroz (VHBA). El efecto en el rendimiento es indirecto con respecto al daño mecánico.
- Otro caso es la defoliación que causa *S. frugiperda* en las plántulas: este daño afectará más tarde (indirectamente) el rendimiento del cultivo si muchas plántulas mueren o su desarrollo se retarda.

Los artrópodos que causan daño al cultivo pueden provenir de sitios diferentes:

- Están presentes en el suelo en el momento de la siembra, como *Euteola* spp.
- Migran al predio cultivado, como *Oebalus* spp. y *Mormidea* spp.
- Aparecen en el cultivo como larvas que provienen de una oviposición de los adultos, como ocurre con *S. frugiperda* y *Diatraea* spp.
- Se multiplican en el predio y lo habitan durante varias generaciones, como hacen sogata, algunos ácaros y varias especies de *Oebalus*.

*El origen de la plaga en el campo puede determinarse haciendo muestreos secuenciales de ella y manteniendo un registro de su presencia y abundancia.*

## **Dinámica Poblacional y Muestreo de las Plagas del Arroz**

La densidad de toda población tiene un rango de variación en el que hay un límite máximo y otro mínimo.

La densidad máxima está determinada por la cantidad de alimento disponible, por la acción reguladora de los enemigos naturales y por las condiciones climáticas.

### **Dinámica**

El sistema agrícola de monocultivo, en el que se produce el arroz, no limita la densidad poblacional máxima de un artrópodo plaga. Por el contrario, el monocultivo promueve el desarrollo rápido de plagas porque les suministra continuamente un alimento abundante que está disperso en grandes extensiones.

Con el paso del tiempo, una población de artrópodos varía en densidad y magnitud. La fluctuación poblacional de los artrópodos fitófagos y de sus enemigos naturales mide el riesgo que corre el agricultor de que una plaga sobrepase el umbral de acción.

El MIP procura entonces fortalecer los factores de regulación de la plaga que existan en el campo, con el fin de reducir el riesgo antes mencionado.

Por consiguiente, las decisiones que se tomen en el manejo de plagas, sobre todo las relacionadas con aplicaciones de insecticidas, deben basarse en los siguientes aspectos de la plaga:

- densidad poblacional,
- presencia y densidad de sus enemigos naturales,
- potencial de daño,
- costo de su control, y
- edad de las plantas de arroz.

Una inspección del campo es la única forma de establecer la densidad de la plaga y la de sus enemigos naturales. El método de muestreo que se emplee en ella debe ser rápido, confiable y eficiente en la recolección tanto de la plaga como de sus enemigos naturales.

En ocasiones, el artrópodo causa el daño y después emigra a otro campo o pasa a un estado de desarrollo (como la pupa), que no es dañino.

En tales casos, las plantas dañadas sólo indican que los artrópodos pudieron estar presentes en el área; no indican que aún estén en ella al momento del muestreo o que puedan causar más daño al cultivo. Por lo tanto, la decisión de hacer un control debe ir acompañada por dos prácticas de control:

- la inspección y el conteo de la plaga;
- la estimación del potencial de daño que manifieste la plaga (respecto a un cultivo dado) en el momento de la inspección.

## Muestreo

En el cultivo del arroz se han aplicado varios métodos de muestreo de sus plagas y de los enemigos naturales de éstas.

Para discutir detalladamente estos métodos, se recomienda a Reissig et al. (1985) y a Shepard y Ferrer (1987).

**Clasificación.** Por conveniencia, los métodos de muestreo se agruparon en este capítulo en

métodos absolutos, métodos relativos e índices poblacionales.

- Los **métodos absolutos** estiman la densidad de los artrópodos por unidad de área. En ellos se contabilizan todos los organismos de ese tipo que se hallen en un área de dimensiones conocidas. Generalmente, los métodos absolutos consumen mucho tiempo para la obtención de una muestra y, además, son intensivos.

Los usan los investigadores para calibrar otros métodos de muestreo o como parámetros para medir o comparar varios métodos entre sí. Rara vez son empleados por técnicos de campo o por agricultores.

- Los **métodos relativos** sirven para determinar primero la densidad de la plaga en áreas pequeñas del arrozal y estimar luego su población en todo el arrozal.

Estos métodos son selectivos, es decir, no están hechos para recolectar todas las especies de artrópodos en el área estudiada. Su precisión depende de los patrones de dispersión y movimiento de la plaga. No requieren tanto tiempo ni esfuerzo por muestra como los métodos absolutos.

Por su rapidez y sencillez, los métodos relativos de muestreo son populares entre técnicos y agricultores y se emplean comúnmente en los programas de MIP.

- Los **índices poblacionales** se emplean para estimar la densidad de la plaga; se basan en el número —o el porcentaje— ya sea de plantas enteras o de partes de la planta afectadas o dañadas por la plaga. Ejemplos de este tipo de muestreo son:

- El recuento de “corazones muertos” (medulas de tallo —o partes interiores de otros órganos— que estén muertas), de panículas blancas y de tallitos trozados.
- El porcentaje de defoliación de las plantas.

Aunque son indicadores de daño y de la posible presencia de alguna plaga, estos métodos **no** deben emplearse para tomar decisiones en el manejo de esa plaga. Sólo si están relacionados con el recuento o la determinación de los estados de desarrollo de la plaga, podrían estos métodos contribuir a esas decisiones.

**Muestreo secuencial.** En este método, de uso más general, el número de muestras depende de la densidad global de los artrópodos.

El tamaño y el número de las muestras que se tomen estarán determinados por la precisión

deseada en el experimento y por los recursos (personal, tiempo y equipo) de que se disponga. Como regla general, a mayor número de muestras, mayor precisión.

El muestreo secuencial fue propuesto por Wald (1945), como una manera de dividir las poblaciones de artrópodos en tres categorías: de alta, de mediana y de baja densidad.

El método permite determinar si es suficiente una táctica de control basada en pocas muestras.

Para hacer un muestreo secuencial se necesita información sobre tres aspectos:

- el grado de riesgo que se corre con la plaga;
- la dispersión espacial de la plaga;
- el umbral de acción de ésta.

Además, es preciso conocer la distribución binomial de la plaga. Lamentablemente, poco se han estudiado estos parámetros en las plagas de mayor importancia para el arroz en América Latina y el Caribe.

*Por ello, los umbrales de acción se expresan como el número de artrópodos recogidos por pase de red entomológica o por unidad de área.*

**Técnica de muestreo.** La distribución de los artrópodos que atacan el arroz depende de patrones de comportamiento propios de su naturaleza. Puede estar afectada, además, por la presencia de malezas en el campo y en áreas aledañas, así como por la cercanía de cultivos de otras especies o de arroz en otra etapa de crecimiento.

Se recomienda, por tanto, un muestreo en que se hagan 100 pases de red en un recorrido del lote ('transecto') en diagonal (Figura 3-4).

Un **pase de red** se define como el barrido que hace la red entomológica en la dirección en que se toma la muestra y describiendo un ángulo de aproximadamente 180° frente a quien la mueve. Después de cada pase de la red entomológica (jama), el 'muestreador' da un paso adelante. Los 100 pases recomendados pueden distribuirse en cinco sitios o áreas, es decir, en cada uno de éstos se hacen 20 pases.

Cuando se toman varias muestras en diferentes áreas del arrozal, es posible contar los artrópodos rápidamente en la jama —después de cierto número de pases— sin que sea necesario transferir las muestras a bolsas plásticas.

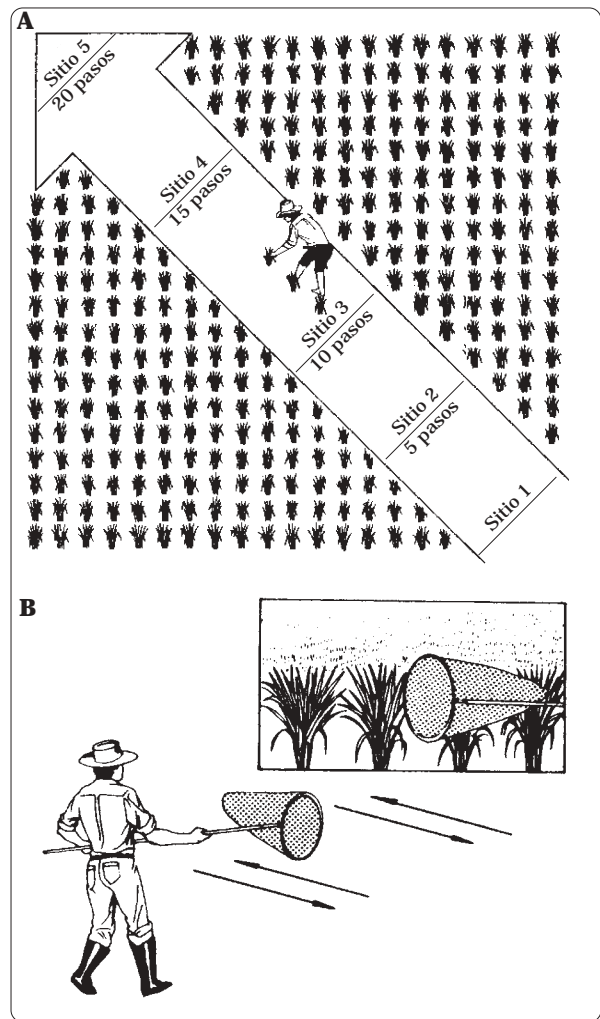


Figura 3-4. Muestreo de artrópodos en cultivos de arroz. (A) Se hace siguiendo una diagonal (o "transecto" diagonal) en el arrozal; en ella se hacen 20 pases de red en cinco sitios. (B) El barrido que hace la red recolectora en una dirección (izquierda o derecha) se considera un pase; la red pasa a la altura del follaje o de las panículas, según el caso. Un pase cubre un ángulo de 180°, aproximadamente, frente al cuerpo de quien toma las muestras.

El número de artrópodos recolectados en los 100 pases de jama es tan grande que su conteo y manipulación serían difíciles.

## Procedimientos para Implementar el MIP

Para manejar plagas en forma eficiente, es necesario disponer de varias técnicas adecuadas de manejo; una sola no bastaría.

Las técnicas del MIP deberán además incorporarse a la actividad general de la finca y al manejo integrado del cultivo (MIC).

### Prácticas de cultivo

El uso de dos o más prácticas a la vez forma parte de un manejo integrado, método que muchos agricultores, sin saberlo realmente, aplican a las plagas del arroz.

El aumento en la densidad de siembra y el manejo adecuado del agua, por ejemplo, afectan la incidencia de artrópodos, enfermedades y malezas en un campo de arroz. La experiencia ha enseñado al agricultor a manejar esos dos factores para optimizar la productividad de sus siembras, es decir, a aplicar sin proponérselo los métodos MIP y MIC.

Es, por tanto, necesario que los agricultores adquieran conciencia de las prácticas de manejo del cultivo que están empleando, porque con ellas podrán explotar mejor los recursos disponibles para el ejercicio adecuado del MIP. Sólo así se logrará que la agricultura sea eficiente y sostenible.

### Fases del MIP

A nivel del campo, el MIP está compuesto por tres fases lógicas: el muestreo, la toma de decisiones y la acción.

**Muestreo.** En un campo de arroz se pueden encontrar más de 100 especies de artrópodos. Es obvia, por tanto, la importancia de la fase de muestreo en el desarrollo del MIP.

La identificación taxonómica de todas estas especies podría convertirse en una labor difícil y engorrosa. Por fortuna, sólo es necesario identificar algunos de los organismos presentes en cada muestra. Es muy importante poder distinguir entre artrópodos plaga y enemigos naturales de éstos.

Las épocas de muestreo —es decir, de evaluación de la incidencia de las plagas— se deben establecer teniendo en cuenta dos situaciones:

- el riesgo de ataque de artrópodos dañinos, y
- la fase de crecimiento de las plantas (ver Figura 3-2).

El método de muestreo debe ser de fácil manejo, económico, rápido y preciso. Los métodos de muestreo fueron comentados con anterioridad (p. 16).

**Decisiones.** La decisión de aplicar medidas correctivas o curativas para el control de una plaga es de suma importancia en el MIP.

El agricultor o el técnico deberá hacer lo siguiente antes de tomar una decisión:

- Estudiar bien la información disponible sobre la plaga: el daño que causa, sus enemigos naturales, y la relación entre el costo del control y la retribución económica del cultivo.
- Comparar los resultados de la evaluación de campo (obtenidos del muestreo) con los niveles críticos conocidos.

Esta comparación permite ver el riesgo que corre el cultivo frente al ataque de una plaga, y conduce a una decisión respecto a ese riesgo.

Hay un punto de referencia para tomar estas decisiones en el MIP y en el MIC: el umbral de acción.

- El **nivel de daño económico** (NDE) se define como la densidad mínima de una plaga a la cual ésta causaría una reducción del rendimiento igual al costo que tendría su control (Figura 3-5).

Cuando se sobrepasa el NDE, la plaga ha llegado a tal nivel que el valor del producto agrícola no compensa el gasto que se haría en el control químico de la plaga. Se invertiría en este control más dinero del que se recupera con la producción del cultivo y el agricultor sufriría, por tanto, una pérdida económica.

Cuando se presenta esta situación, **no** se recomienda aplicar medidas correctivas de tipo químico.

- El **umbral de acción** (UA) es la densidad de población de la plaga a la cual se deben tomar medidas correctivas para evitar que esa población llegue al NDE (Figura 3-5).

Si esa densidad de población sobrepasa el nivel crítico del UA, existe el riesgo de que la plaga cause pérdidas económicas al agricultor.

**Acción.** El agricultor —o quien practique el MIP— ejecutará una acción contra la plaga una vez haya inspeccionado el campo y decidido que es conveniente controlarla.

Cuando la plaga ha sobrepasado el UA, se requieren medidas, ya sea correctivas o curativas, para evitar que la plaga cause pérdidas económicas.



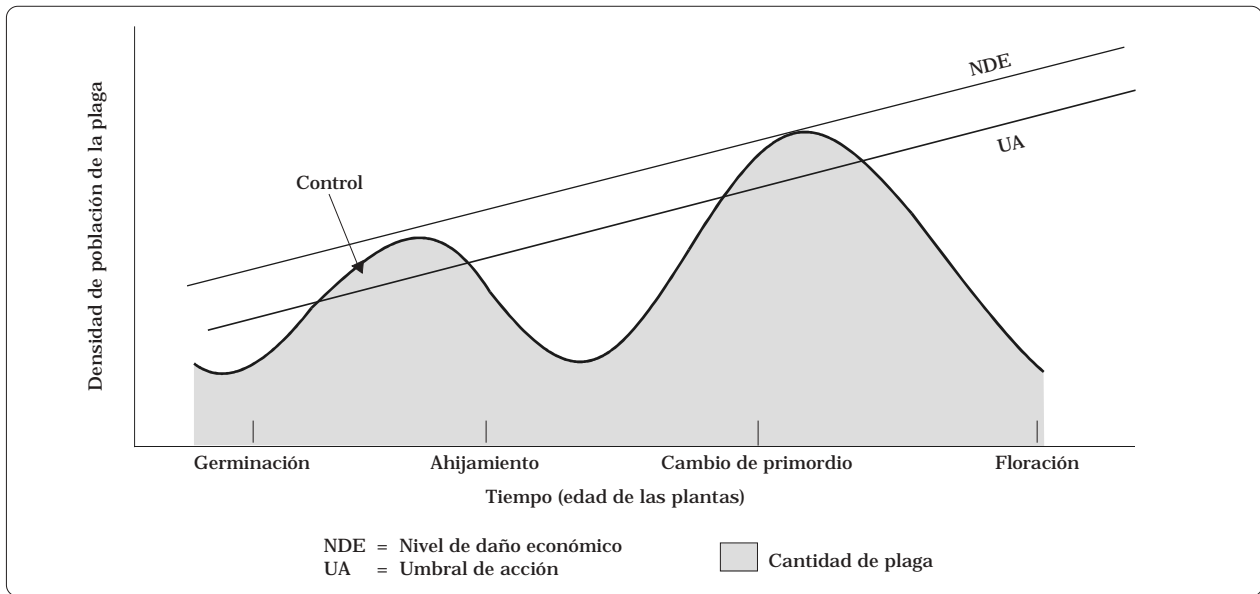


Figura 3-5. Ejemplo hipotético del cambio de umbral de acción según la edad de la planta.

La elección de la acción más adecuada para solucionar el problema sanitario del cultivo dependerá de factores como la capacidad económica del agricultor y las técnicas disponibles para el manejo de la plaga.

*El MIP acude a todas las técnicas que permitan mantener una plaga por debajo del UA, y valora en ellas los factores económicos, ecológicos y toxicológicos. En ocasiones, no ejecutar “ninguna acción” es la alternativa que elegirá el practicante del MIP para manejar una plaga.*

Hay dos métodos de control para evitar, en general, que las plagas causen un daño económico al cultivo: el control preventivo y el control curativo.

Son medidas preventivas las siguientes:

- el empleo de variedades resistentes,
- el manejo de los enemigos naturales de las plagas,
- la aplicación de prácticas agronómicas estratégicas y
- el control legislativo (cuarentenas, aislamiento de regiones).

Si estas medidas fallan, y la plaga se acerca al UA, se recurre entonces a medidas curativas, de las cuales la principal es el control químico.

## Medidas curativas

**Control químico.** La aplicación de plaguicidas contra artrópodos dañinos, enfermedades y malezas es, probablemente, el método de control de plagas más conocido y usado por los agricultores.

La popularidad del control químico deriva principalmente de los siguientes aspectos:

- facilidad de uso,
- selectividad del objetivo,
- efecto independiente de la densidad de la plaga,
- acción rápida,
- efectos residuales de aparición tardía,
- compatibilidad con otras prácticas de manejo del cultivo.

Aunque el control químico se emplea con frecuencia, muchos de sus usuarios no poseen la información mínima requerida para manejarlo y desconocen sus desventajas.

Los efectos adversos más conocidos de los plaguicidas son los siguientes:

- desarrollo de plagas resistentes a los productos plaguicidas,
- resurgencia de las plagas,
- efectos no deseados en los enemigos naturales de las plagas y en los animales silvestres,

- contaminación ambiental, intoxicaciones.

Además, su acción es de corta duración y poco estable; por consiguiente, se requieren varias aplicaciones durante el ciclo de cultivo. Ahora bien, este control adicional aumenta los costos de producción y la contaminación del ambiente.

Estos efectos adversos de los agroquímicos han hecho necesaria la regulación de su uso para garantizar dos beneficios importantes:

- la seguridad del usuario y del consumidor, y
- la integridad del medio ambiente.

*Reunir información adicional sobre el efecto del plaguicida en la plaga y en los enemigos naturales de ésta es de primordial importancia para el agricultor que decida aplicar un producto químico.*

Cada plaguicida actúa sobre un rango definido de especies de artrópodos y puede afectar, por tanto, a insectos y ácaros de la fauna benéfica. Puede causar también toxicidad en el hombre y en los animales domésticos. Por consiguiente, se deben emplear insecticidas, formulaciones de éstos y métodos de aplicación que reduzcan el riesgo de intoxicación y de contaminación ambiental a un nivel mínimo.

Por su residualidad (o persistencia), un agroquímico puede actuar de dos modos:

- contamina el producto agrícola aprovechable (los granos de arroz);
- causa efectos negativos en los artrópodos benéficos y la resurgencia de los dañinos.

La **resurgencia** es una situación en que la población de una plaga aumenta después de haber recibido aplicaciones de algún plaguicida (Figura 3-6).

La resurgencia resulta de la interacción de dos factores:

- la eliminación de los artrópodos benéficos, y
- el efecto que causa el producto químico en la fisiología de la planta o del artrópodo —o en ambas.

Es conocido, por ejemplo, el riesgo que tienen ciertos insecticidas de ocasionar una resurgencia de sogata, a pesar de que se observa un control aceptable de la plaga a los pocos días de aplicado el producto.

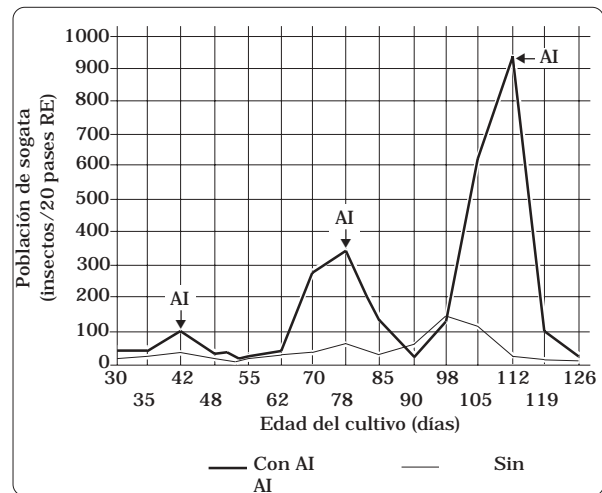


Figura 3-6. Resurgencia de sogata en un cultivo de arroz por efecto de la aplicación de un insecticida. Esta aplicación afecta el equilibrio ecológico del cultivo y 'resurge' entonces la población de insectos hasta niveles mayores que antes de la aplicación. RE = red entomológica; AI = aplicación de insecticida.

**Control del cultivo.** Hay prácticas de cultivo (o prácticas "culturales") que influyen, directa o indirectamente, en el desarrollo de los artrópodos (sean ellos fitófagos o benéficos), en el establecimiento de las malezas y en la aparición de enfermedades. Son prácticas fáciles de implantar, de bajo costo y aun compatibles con otras prácticas agronómicas.

Es difícil cuantificar, sin embargo, el efecto que haría una práctica de cultivo en la aparición y el desarrollo de determinada plaga. Podría controlar un insecto dañino y propiciar, al mismo tiempo, tanto la aparición de otro —o de plagas secundarias— como la incidencia de malezas y enfermedades (Pantoja et al., 1992b). Puede además influir negativamente en el rendimiento del cultivo.

Los efectos no predecibles son la principal desventaja de este método de control de plagas. Un caso típico es el manejo del minador de la hoja del arroz (*Hydrellia wirthii* Koritkowsky): se controla con el drenaje del campo, que reduce la supervivencia de las larvas pero puede aumentar la incidencia de las malezas (Pantoja et al., 1993f; Pantoja y Salazar, 1993d; Salazar et al., 1993).

La preparación del suelo, el manejo del cultivo (fertilización, uso del agua, control de malezas y enfermedades) y la rotación de cultivos afectan las poblaciones de artrópodos y de organismos benéficos (Pantoja et al., 1991; Pantoja et al., 1992a; 1992b).

A continuación se describe el control que ejercen algunas prácticas agronómicas del cultivo del arroz sobre determinadas plagas.

- La **preparación del suelo** para nivelar el terreno puede influir en la destrucción (o en la aparición) de las plagas del suelo —por ejemplo, coleópteros que se alimentan de las raíces del arroz. Es además esencial para el buen manejo del agua, el cual afecta, a su vez, a otras plagas.
- La ineficiencia en el **manejo del agua** suscita la aparición del minador de la hoja (*Hydrellia* sp.), del gorgojo acuático (*Lissorhoptrus* sp.) y de muchas malezas, e influye además en la incidencia de estas plagas.
- La inadecuada **densidad de siembra** y la mala distribución de la semilla contribuyen a la incidencia de plagas hidrofílicas, como el gorgojo acuático e *Hydrellia* sp. Los adultos de estas dos especies prefieren ovipositar en campos donde la lámina de agua es visible. Ahora bien, cuando aumenta la densidad de siembra se reduce la visibilidad de la lámina de agua y, en consecuencia, desciende la incidencia de *Hydrellia wirthi* (Pantoja et al., 1993f).

Las altas densidades de siembra, por su parte, reducen la aparición de malezas, pero favorecen la incidencia del añublo (piricularia) si el cultivo crece en un área de alta humedad relativa.

- La **fertilización** también afecta la incidencia de artrópodos, malezas y enfermedades. Una fertilización alta en nitrógeno favorece la aparición de saltahojas (*Draeculacephala* spp. y *Hortensia* spp.) y de larvas de lepidópteros (Figura 3-7); también propicia la incidencia del añublo (piricularia).

Por otro lado, las aplicaciones de fósforo y potasio (Figuras 3-8 y 3-9) no favorecen la aparición de los saltahojas y de *S. frugiperda* (Pantoja et al., 1985; 1986a).

- El **control de malezas** en época temprana es efectivo para reducir la incidencia de chinches en el campo. La aparición rápida de estas chinches se debe, en parte, a la presencia de las malezas en el arrozal o en sus alrededores.
- La práctica del **trasplante del arroz** afecta las plagas de diverso modo:
  - En primer lugar, las plántulas están mejor protegidas en el semillero durante su establecimiento, o sea, en la etapa del desarrollo inicial del cultivo.

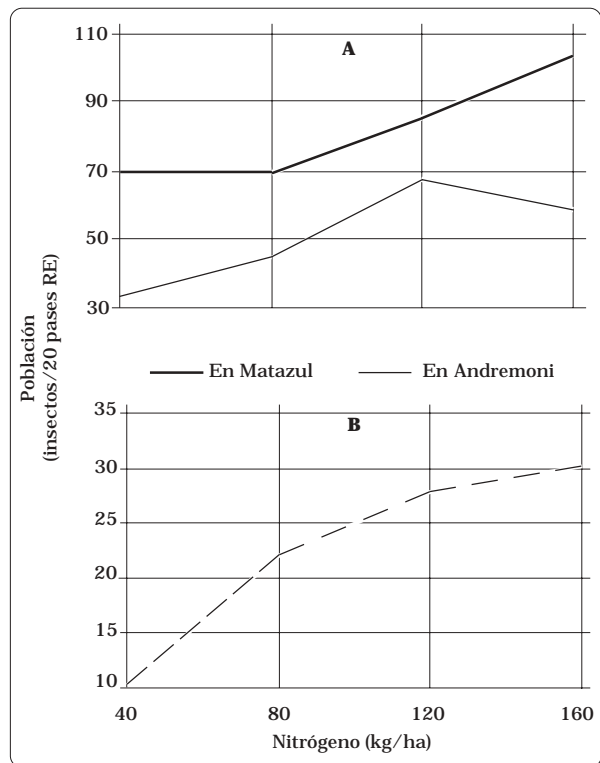


Figura 3-7. Relación entre la fertilización nitrogenada del suelo y la población de dos plagas del arroz de secano. Colombia, 1990. (A) *Hortensia similis*. (B) *Spodoptera frugiperda*. RE = red entomológica.

- En segundo lugar, el trasplante reduce el período de exposición de la planta en el campo.
- En tercer lugar, el daño mecánico que generalmente sufren las plántulas durante el trasplante manual las hace menos atractivas a los artrópodos que buscan sitios para ovipositar o alimentarse.

Sin embargo, estas lesiones mecánicas podrían aumentar la incidencia de las enfermedades de la raíz. Es bien sabido que las heridas o perforaciones que hace un artrópodo facilitan el ingreso de patógenos en la planta.

- La **sincronización de la siembra** del arroz con un período de alta precipitación pluvial es necesaria en el estado Guárico, Venezuela, porque en ese período la población de sogata es baja (Figura 3-10). El cultivo sembrado durante épocas de escasa precipitación es atacado por altas poblaciones de sogata.

Este ajuste de las siembras a los períodos críticos de precipitación disminuye el riesgo de pérdidas de rendimiento, evita algunas aplicaciones de agroquímicos y hace más

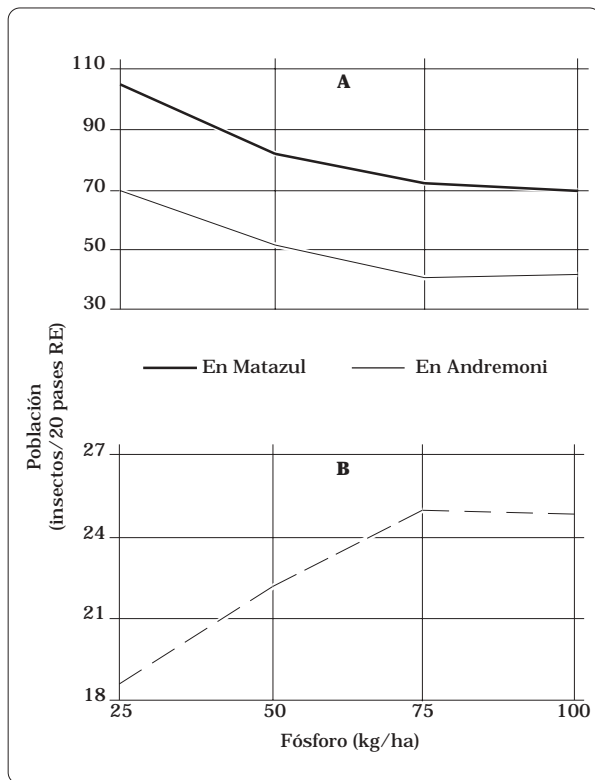


Figura 3-8. Relación entre la aplicación de fertilizante fosforado al suelo y la población de dos plagas del arroz de secano. Colombia, 1990. (A) *Hortensia similis*. (B) *Spodoptera frugiperda*. RE = red entomológica.

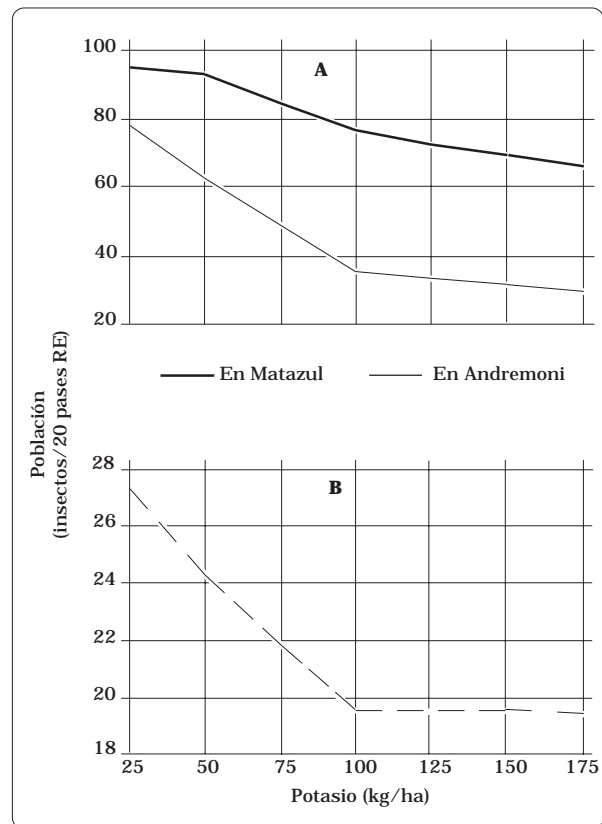


Figura 3-9. Relación entre la aplicación de fertilizante de potasio al suelo y la población de dos plagas de arroz. Colombia, 1990. (A) *Hortensia similis*. (B) *Spodoptera frugiperda*. RE = red entomológica.

eficiente el uso del agua porque aprovecha las lluvias.

- Sembrar **variedades de ciclo corto** o de maduración temprana es una práctica que le evita al cultivo varias generaciones de una plaga. Estas generaciones podrían desarrollarse si el cultivo fuera de maduración tardía.

Una variedad de ciclo vegetativo corto permite manejar efectivamente plagas cuyo ciclo de vida también es corto, como *Hydrellia wirthi*.

- La **rotación de cultivos** es, sin duda, una práctica eficaz para controlar artrópodos, malezas y enfermedades. Desafortunadamente, la mayor parte de la tierra dedicada en América Latina al arroz, en especial al irrigado, no se usa para otros cultivos.

Conviene, por tanto, recomendar enfáticamente al agricultor que, donde sea posible, haga rotación del arroz con leguminosas u otros cultivos de hoja ancha.

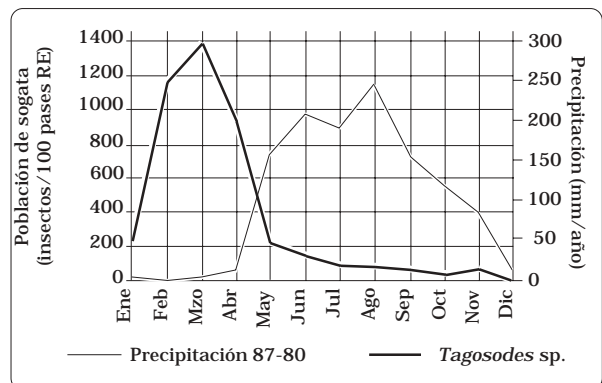


Figura 3-10. Dinámica de población de sogata (*Tagosodes orizicolus*) en el estado Guárico, Venezuela, 1987-1989. RE = red entomológica.

En estos cultivos se perturba el desarrollo de las plagas de una gramínea como el arroz.

**Balance económico.** El agricultor —o el practicante del MIP— debe conocer el balance

económico que arroja el empleo de diferentes prácticas agronómicas en su cultivo.

El manejo eficiente del agua, por ejemplo, puede controlar algunos insectos acuáticos. Sin embargo, el costo del agua y del bombeo de ésta a las parcelas de arroz podría ser alto; el drenaje del campo, por su parte, reduciría la eficiencia del control de malezas.

Hay que considerar, por ello, los beneficios tanto económicos como ecológicos de una táctica agronómica para el control de plagas.

## Medidas preventivas

**Varietades resistentes.** Las variedades resistentes son parte integral de un programa de MIP. Las ventajas que tienen las plantas resistentes al ataque de artrópodos han sido reconocidas desde hace mucho tiempo.

Por ello, los agricultores seleccionan —cuando pueden hacerlo— variedades tradicionales que se desempeñan bien en determinadas zonas.

Actualmente, los principales países productores de arroz de la región tienen programas de mejoramiento varietal respecto a la resistencia a artrópodos y enfermedades o están en contacto con programas nacionales que proveen material genético mejorado.

Desde la década de los 60, el CIAT suministra a los países de la región materiales de alta calidad y muy buen rendimiento que tienen resistencia al añublo (piricularia), al virus de la hoja blanca y al daño mecánico que causa la plaga sogata.

Las ventajas de emplear variedades resistentes son las siguientes:

- no aumentan los costos de producción;
- requieren menor cantidad de agroquímicos;
- su resistencia no depende del nivel que tenga la población de la plaga, es decir, controlan el daño que causen tanto niveles altos como bajos de la plaga y durante toda la temporada de cultivo;
- son compatibles con otras tácticas de manejo.

El uso de variedades resistentes es particularmente importante cuando las plagas son persistentes y cuando el sistema de producción de arroz es de baja rentabilidad. En este último caso, el pequeño agricultor no puede adquirir insumos para controlar plagas o suele carecer de conocimientos para hacer un manejo efectivo de éstas.

Según Smith (1989), la **resistencia** es el conjunto de caracteres genéticos heredables que permiten a un cultivar sufrir menor daño de parte de una plaga que otro cultivar susceptible a ésta. La resistencia es, por tanto, relativa a otro cultivar susceptible.

Se conocen tres tipos o mecanismos funcionales de resistencia a los artrópodos: antixenosis, antibiosis y tolerancia.

1. **Antixenosis.** El término (del griego “opuesto a lo foráneo”) indica ausencia de preferencia (por parte del artrópodo).

La antixenosis se define como el conjunto de características de una planta que la hacen menos expuesta al ataque de una plaga que otra planta desprovista de esas características. La antixenosis es básicamente una reacción del artrópodo frente a caracteres de la planta que lo disuaden de usarla como hospedante.

Si el artrópodo no tiene otra alternativa para alimentarse, atacará esa variedad, ya que el mecanismo implicado en esta reacción es de falta de preferencia o de preferencia débil.

2. **Antibiosis.** Este tipo de resistencia consiste en el efecto negativo ejercido por una planta en la biología del artrópodo que se hospeda en ella.

Este efecto puede ser **leve** o **fatal** para el artrópodo, es decir, puede consistir en una reducción de su fecundidad, en trastornos fisiológicos o en la muerte.

La antibiosis presiona al artrópodo, afectando su biología, a abandonar la variedad hospedante o a adaptarse a ella por mutación genética. En este último caso se presenta una quiebra de la resistencia.

Si comparamos la antixenosis con la antibiosis, en ésta hay mayor probabilidad de que el artrópodo se adapte a la variedad y venza la resistencia de ésta.

3. **Tolerancia.** Es la habilidad de una planta para soportar el daño que le causan ciertos artrópodos. Si una planta susceptible fuera atacada por esos artrópodos, el daño sería mucho mayor o podría conducir a la pérdida de la planta.

El mecanismo es una reacción de compensación de la planta al daño causado por el artrópodo. La planta tolerante no presiona al artrópodo a vencer la oposición que éste encuentra en ella. Prefiere, en cambio, convivir con el enemigo (tolerarlo) y neutralizar, en parte, el daño recibido.

Las variedades resistentes tienen tres ventajas principales:

- la resistencia está genéticamente incorporada en ellas;
- hacen el cultivo menos dependiente de los agroquímicos;
- son compatibles con otras tácticas de manejo de plagas como el control biológico, el control mediante prácticas de cultivo y el empleo de agroquímicos.

Las variedades resistentes tienen una limitación: se requiere mucho tiempo para dotarlas —además de resistencia— de características agronómicas deseables.

Afortunadamente, el cultivo del arroz es atendido por centros internacionales de investigación, como IRRI, WARDA<sup>2</sup> y CIAT, donde se identifican y desarrollan cultivares resistentes. El primero trabaja para Asia, el segundo para África y el tercero para las Américas.

Actualmente, el CIAT tiene en América Latina dos programas muy vigorosos de identificación de resistencia:

- Uno incorpora resistencia al daño mecánico causado por *Tagosodes orizicolus*, vector del virus de la hoja blanca del arroz (VHBA).
- Otro incorpora resistencia al añublo o piricularia.

El productor de arroz debe entender que toda variedad resistente puede sufrir daño de una plaga. Este daño depende de la densidad de la plaga y del tipo de resistencia de la variedad. Es necesario, por tanto, hacer monitoreos frecuentes en los campos cultivados.

La resistencia de una variedad debe complementarse, a veces, con otras tácticas de manejo, principalmente cuando la plaga sobrepasa su nivel crítico.

El productor de arroz debe tener también en mente que las plagas pueden vencer la resistencia de una variedad desarrollando biotipos. Estos provienen del uso frecuente de variedades dotadas de antibiosis y de la exposición prolongada del artrópodo a una misma variedad, a un mismo agroquímico o a ambos.

2. IRRI = International Rice Research Institute, Filipinas;  
WARDA = West Africa Rice Development Association, Côte d'Ivoire.

**Control biológico.** Todo organismo o población está sujeto a una regulación natural. El control natural se ejerce generalmente a través de dos tipos de factores:

- factores abióticos, como la temperatura, la humedad relativa, la lluvia y el tipo de suelo;
- factores bióticos, como los enemigos naturales de una plaga.

En esta sección daremos más importancia a los factores bióticos; los abióticos se discutirán al tratar el manejo agronómico del cultivo.

La acción controladora de los enemigos naturales sobre la plaga es de gran importancia en el MIP. La efectividad de un enemigo natural se mide por su capacidad reguladora de la plaga.

Por ejemplo, en Norte de Santander, Colombia, hay arrozales no asperjados con plaguicidas (ver Figura 6-12,B, Capítulo 6) donde el insecto sogata es controlado en un 70% por parasitoides (Arias et al., 1993).

Varios factores regulan la efectividad (o eficacia) del control natural. Si la densidad de la plaga es alta, por ejemplo, el enemigo natural suele ser más efectivo. DeBach (1977) presenta varios ejemplos del efecto ejercido por los enemigos naturales en los artrópodos fitófagos.

La mayoría de los controladores biológicos de las plagas agrícolas pueden agruparse en tres órdenes: Hymenoptera, Diptera y Nematoda. A estos grupos taxonómicos pertenecen también algunas plagas y, cuando éstas se controlan con agroquímicos, el control afecta también la supervivencia de sus enemigos naturales.

Por consiguiente, es importante elegir insecticidas selectivos cuyo efecto sea fuerte en la plaga y leve en los enemigos naturales de ésta.

La caracterización general de los agentes del control biológico es un requisito para el desarrollo del manejo integrado de plagas.

Los enemigos naturales de los artrópodos se agrupan en tres categorías: predadores, parasitoides y patógenos.

1. **Predadores.** Los predadores (o depredadores) pertenecen a varios órdenes de insectos, a otras categorías de artrópodos o a los vertebrados.

Los predadores consumen varias presas hasta completar su ciclo de vida y, por lo regular, son **polífagos** o “generalistas”, es decir, no se especializan en el consumo de un solo tipo de plaga.

Por esta ausencia de especificidad, los predadores no se consideran un control efectivo de las plagas agrícolas.

En general, los predadores tienen —si se los compara con su presa— un ciclo de vida largo y una multiplicación lenta. Aunque se encuentran en el mismo ecosistema en que habita su presa, su desarrollo hasta la etapa adulta no depende de la presencia de ésta. Además, su efectividad como reguladores de poblaciones de artrópodos fitófagos depende de su capacidad para localizar la presa.

Las arañas, algunas especies de ácaros y varios órdenes de insectos (Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera, Odonata) son predadores de plagas agrícolas bien conocidos.

En los arrozales de Colombia y Asia, por ejemplo, las arañas son predadores muy útiles (Bastidas, 1992; Bastidas et al., 1993; Reissig et al., 1985).

**2. Parasitoides.** Son una clase especial de parásitos. A diferencia de los predadores, los parasitoides atacan sólo una presa, en cuyo interior se hospedan para completar allí su ciclo de vida (endoparásitos).

Un parásito puede hacer esta operación sin necesidad de matar su presa, mientras que un parasitoide necesita destruirla.

Generalmente, los parasitoides son específicos de su hospedante, es decir, sólo atacan una especie o familia taxonómica de artrópodos. La especificidad de los parasitoides —o sea, su búsqueda de un hospedante específico— y su sincronización con el ciclo de vida del hospedante los convierte en reguladores de plagas más eficientes que los predadores.

Los parasitoides pueden atacar huevos, larvas, pupas o adultos de la plaga. Por tanto, antes de aplicar un agroquímico, es muy conveniente conocer las características de los individuos parasitados.

En Colombia, los huevos de la novia del arroz (*Rupela albinella*) son atacados por parasitoides. Aunque la densidad de huevos (y de adultos) de esta plaga sea alta en el campo, hasta el 96% de estos huevos pueden ser atacados y destruidos por parasitoides. Gracias a este alto parasitismo, la novia del arroz es un insecto de menor importancia económica en el país.

*Si se hace una inspección de estas posturas para saber si son víctimas del parasitismo, se pueden evitar aplicaciones innecesarias de plaguicidas (Pantoja y Matta, 1993b).*

En la categoría parasitoide hay himenópteros, dípteros y nematodos. Algunos himenópteros son ectoparásitos, es decir, se desarrollan sobre el hospedante.

Para adquirir más información sobre parásitos y parasitoides se recomienda consultar a Andrews y Quesada (1989) y a Reissig et al. (1985).

**3. Patógenos.** Como ocurre con otros organismos animales, los artrópodos son atacados por bacterias, virus, hongos y otros agentes patógenos.

La efectividad de un patógeno depende de su movilidad en el agua, en el viento o por medio de parásitos, predadores u otros vectores. En general, la movilidad y la eficacia de los controladores biológicos en el campo es variable. Hay, sin embargo, excepciones porque cada organismo emplea estrategias diferentes para sobrevivir.

Los patógenos causan grandes **epizootias** cuando la densidad de la plaga es alta. Sin embargo, su capacidad para regular de manera estable una plaga es, en general, baja.

Los hongos y los virus son muy útiles en el control biológico porque sus efectos, además de notorios, son drásticos. Por el contrario, las infecciones bacterianas que sufren los artrópodos son, por lo regular, de lento desarrollo porque las bacterias que causan esas epizootias tienen menor movilidad que los hongos o los virus.

Cada organismo benéfico cumple una función ecológica en el campo.

Ahora bien, estos organismos, así como su interacción con otros del entorno, pueden ser afectados por las prácticas de manejo del cultivo —como la siembra directa o el trasplante, el sistema con riego o el de secano— o por el control de plagas.

Conviene investigar, en un programa MIP, la forma en que estas prácticas y este control influyen en los microorganismos benéficos. Este sería el cuarto elemento del manejo de estos microorganismos. Los otros tres son su identidad taxonómica, la densidad de su población y el efecto regulador que ejercen en las plagas.

Se sabe poco sobre la regulación natural a que están sujetas las principales plagas del arroz en América Latina. Además, se desconoce la interrelación de los controladores biológicos así como su efectividad (o su eficacia) cuando se emplean junto con otras prácticas de manejo de plagas.

A pesar de estas limitaciones, la importancia de los enemigos naturales en un programa de MIP es indiscutible.

**Control mecánico y físico.** Este tipo de control comprende los siguientes procedimientos agronómicos:

- destrucción o remoción de material vegetal infestado y de socas;
- establecimiento de barreras físicas (agua, trampas, tela metálica);
- control de la humedad relativa, la temperatura y otros factores abióticos.

Los métodos físico-químicos se emplean más en el manejo de plagas de granos y productos almacenados que en el control de las plagas de campo. Los métodos mecánicos y físicos, por su parte, son los más eficaces en el manejo de las malezas (Howell y Andrews, 1989). Se recomienda al lector el Capítulo 4 de esta obra (Manejo Integrado de Malezas del Arroz) para estudiar este aspecto más detalladamente.

El control mecánico y físico ha sido empleado en diversos cultivos a través de la historia. Contribuye a eliminar las malezas y retarda el desarrollo de enfermedades y artrópodos que permanezcan en la soca del cultivo. En efecto, al destruir los residuos de la cosecha anterior, se remueve la fuente de inóculo de dichas plagas.

Sin embargo, pocos productores de arroz reconocen que esta práctica agronómica sea de importancia en el MIP.

La destrucción de la soca y de los residuos de tallos dejados por la cosecha del arroz es muy efectiva para eliminar las pupas y larvas de los barrenadores del tallo. Los tallos pueden esparcirse en el campo para exponer los artrópodos que albergan en su interior.

La quema de la soca ayuda a eliminar plagas. No obstante, causa efectos ambientales adversos y el control que hace en la población de la plaga es bajo.

La incorporación de la soca con el arado deja sin albergue a muchas plagas y ayuda a destruir las malezas. No obstante, esta incorporación podría aumentar el inóculo de los agentes

patogénicos. En el Capítulo 5 de esta obra (Manejo Integrado de Enfermedades del Arroz) se estudia más detalladamente este aspecto.

**Control legislativo.** El objetivo principal de las medidas de control legislativo —o control legal— es doble:

- evitar la introducción de plagas de otros países;
- retardar la dispersión de una plaga más allá del área en que ésta ya fue introducida.

Existen **disposiciones legales** que coordinan el manejo regional de las plagas y que supervisan (y además garantizan) la calidad de los reguladores biológicos o de los enemigos naturales de los artrópodos —o de unos y otros.

El Ministerio de Agricultura y las organizaciones estatales tienen el encargo de administrar este tipo de manejo de plagas. Su aplicación no está en manos del agricultor.

Las **cuarentenas** y los **programas de erradicación** son tal vez los procedimientos legales más conocidos de esta categoría.

*Los practicantes del MIP deben estar alerta a toda introducción de material vegetativo o animal en un país o en determinada región sin los debidos permisos, ya que plagas no deseadas podrían introducirse junto con ese material.*

**Control etológico.** El conocimiento del comportamiento de las plagas puede usarse para manejarlas, y este tipo de control se denomina etológico (*ethos* = hábito, costumbre).

La **comunicación química** que se establece entre artrópodos y plantas, y entre los artrópodos plaga y sus enemigos naturales, es ya conocida, aunque no se comprende bien todavía. Por esta razón, se usa poco en el manejo de plagas.

Se conocen, por ejemplo, compuestos químicos que le permiten a un artrópodo encontrar la planta hospedante.

El conocimiento de la interacción artrópodo-planta ha permitido la identificación de variedades resistentes de especies cultivables —y su pronta adopción por los agricultores— así como el desarrollo de feromonas sintéticas.

Las **feromonas** se usan frecuentemente en la agricultura para atraer artrópodos con el fin de tomar muestras de ellos o de combatirlos.



Los programas de MIP emplean las feromonas para comprobar la presencia de ciertos insectos. El objetivo final es hacerles seguimiento y monitoría o interrumpir sus apareamientos (Minks, 1977).

Las feromonas podrían usarse con más intensidad en los programas de MIP. Desafortunadamente, la comprensión de los factores y mecanismos de comunicación química entre plantas, artrópodos y enemigos naturales es muy limitada y, por tanto, no podría hacerse un uso eficiente de esa comunicación en el campo. No obstante, el potencial de esta área de investigación es considerable.

El IIRI trabaja actualmente en la identificación de plantas de arroz cuyas características químicas atraigan más fuertemente que antes a los enemigos naturales de las plagas de este cereal. Estos trabajos están todavía en un nivel experimental y no se ha iniciado su aplicación en el campo.

**Control autocida.** La autodestrucción de plagas, es decir, la eliminación de artrópodos por artrópodos de su propia especie (= auto-cida), es un método de control empleado en áreas agrícolas, aunque con ciertas limitaciones.

La técnica más usada es la liberación de insectos estériles, de la cual hay dos ejemplos de reconocido éxito:

- el gusano barrenador de las heridas [*Cochliomyia hominivorax* (Coq.)], y
- la mosca del Mediterráneo [*Ceratitits capitata* (Wied)].

Los reportes indican que esta técnica —cuyo uso tiene limitaciones y debe cumplir ciertos requisitos— no ha sido aplicada aún en un cultivo de arroz. Para mayor información sobre el tema, se sugiere leer a Knippling (1960; 1979).

## Integración del Agroecosistema con el Manejo de Plagas

El arroz puede cultivarse en diversos sistemas (de secano, irrigado, en siembra directa, por trasplante), los cuales determinan el tipo de plaga que atacaría el cultivo, así como la incidencia y otros efectos de la plaga.

En la **primera parte** de este manual se presentan ejemplos del efecto que causan las prácticas de cultivo en las plagas. Se definen también en esta parte los **agroecosistemas** en

que más comúnmente se cultiva el arroz en América Latina (ver Capítulo 2 de esta obra).

En la **segunda parte** de este manual (Capítulos 6, 7 y 8), el lector encontrará mayor información sobre el efecto de ciertas prácticas en las plagas y sobre la relación de éstas con los agroecosistemas mencionados.

En esa parte se describen varios aspectos clave del manejo de las principales plagas del arroz en América Latina.

## Referencias

- Andrews, K. L. 1989. Introducción a los conceptos de manejo integrado de plagas. En: Andrews, K. L. y Quesada, J. R. (eds.). Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. p. 3-20.
- Andrews, K. L. y Quesada, J. R. (eds.). 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Apple, J. L. y Smith, R. J. (eds.). 1976. Integrated pest management. Plenum Press, Nueva York.
- Arciniegas, I. C. y Pantoja, A. 1993. Hospederos alternos de *Draeculacephala soluta* Gibson y *Hortensia similis* Walker (Homoptera:Cicadellidae) en el arroz del Valle del Cauca, Colombia. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 26:34-35.
- Arias, M.; Vivas, M.; Cuevas, A.; y Pantoja, A. 1993. Parasitacion of *Tagosodes orizicolus* and *Tagosodes cubanus* in northeastern Colombian ricefields. Int. Rice Res. Newsl. 18(2):32.
- Bastidas, H. 1992. Aracnofauna en el Valle del Cauca en algodonero (*Gossypum hirsutum*) y arroz (*Oryza sativa*): Reconocimiento, incidencia, consumo y efectos de los insecticidas. Tesis (Ing. Agrón.). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Bastidas, H.; Pantoja, A.; Zuluaga, I.; y Murillo, A. 1993. Colombian ricefields spiders. Int. Rice Res. Newsl. 18(2):32-33.
- Bottrell, D. R. 1979. Integrated pest management. Council on Environmental Quality, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 120 p.
- Daza, E. y Pantoja, A. 1993. Hospederos alternos de *Oebalus ornatus*, *Mormidea pictiventris* y *Mormidea maculata*: Implicaciones en el manejo integrado de plagas. Turrialba 42:408-410.
- DeBach, P. 1977. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Mundi-Prensa, Madrid.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1967. Informe de la primera reunión del cuadro de expertos de la FAO en lucha integrada contra plagas. Roma, Italia.

- Fernández, F.; Vergara, B. S.; Yapit, N.; y García, O. 1985. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. En: Tascón, E. y García, E. (eds.). Arroz: Investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). p. 83-102.
- Flint, M. L. y Van Den Bosch, R. (eds.). 1981. Introduction to integrated pest management. Plenum Press, Nueva York. 240 p.
- Franqui, R. A.; Pantoja, A.; y Medina, S. 1988. Host plants of pentatomids affecting rice fields in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. R. 72:365-369.
- Gaunt, R. E. 1987. Measurements of insect pest populations and injury. En: Teng, P. S. (ed.). Crop loss assesment and pest management. APS Press, Minnesota, E. U. p. 19-29.
- Howell, H. N. y Andrews, K. L. 1989. Utilización de métodos físicos y mecánicos. En: Andrews, K. L. y Quesada, J. R. (eds.). Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. p. 255-260.
- Ives, P. M. y Moon, R. D. 1987. Sampling theory and protocol for insects. En: Teng, P. S. (ed.). Crop loss assesment and pest management. APS Press, Minnesota, E. U. p. 49-75.
- Knipling, E. F. 1960. Use of insects for their own destruction. J. Econ. Entomol. 53:415-420.
- Knipling, E. F. 1979. The basic principles of insect population suppression and management. USDA Agriculture Handbook no. 512. 659 p.
- Leslie, A. R. y Cuperus, G. W. (eds.). 1993. Successful implementation of integrated pest management for agricultural crops. Lewis Publishers, Boca Ratón, FL, E. U. 193 p.
- Minks, A. K. 1977. Trapping with behavior-modifying chemicals: Feasibility and limitations. En: Shorey, H. H. y McKelvy, J. J. (eds.). Chemical control of insect behavior. John Wiley & Sons, Nueva York. p. 385-394.
- Pantoja, A. 1991a. Estudios sobre biología, daño y resistencia varietal a *Spodoptera frugiperda* en arroz. En: Armenta, J. L. y Castillo, M. (eds.). Red de Mejoramiento de Arroz para el Caribe; Informe de la mesa redonda sobre protección vegetal. Santa Clara, Cuba.
- Pantoja, A. 1991b. Muestreo de artrópodos en arroz. Taller para capacitadores de arroz en Ecuador. Guayaquil, Ecuador.
- Pantoja, A. 1992. *Hydrellia wirthi* Korytkowski damage to rice in Colombia. Int. Rice Res. Newsl. 17(6):30.
- Pantoja, A.; Smith, C. M.; y Robinson, J. F. 1985. Natural control agents affecting *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) infesting rice in Puerto Rico. Fla. Entomol. 68:488-490.
- Pantoja, A.; Smith, C. M.; y Robinson, J. F. 1986a. Effects of the fall armyworm (Lepidoptera:Noctuidae) on rice yields. J. Econ. Entomol. 79:1324-1329.
- Pantoja, A.; Smith, C. M.; y Robinson, J. F. 1986b. Evaluation of rice germplasm for resistance to the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 79:1319-1323.
- Pantoja, A.; Smith, C. M.; y Robinson, J. F. 1986c. Fall armyworm oviposition and egg distribution on rice. J. Agric. Entomol. 3:114-119.
- Pantoja, A.; Smith, C. M.; y Robinson, J. F. 1987. Development of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), strains from Louisiana and Puerto Rico. Environ. Entomol. 16:116-119.
- Pantoja, A. y Medina Gaud, S. 1988. *Lissorhoptrus isthmicus* Kuschel (Coleoptera:Curculionidae): A new rice pest for Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. R. 72:333.
- Pantoja, A.; Franqui, R.; y Medina, S. 1989a. Homoptera-Auchenorrhyncha from rice fields in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. R. 73:395-396.
- Pantoja, A.; Franqui, R.; y Medina, S. 1989b. Natural enemies and alternate hosts of *Marasmia trapezalis* (Guenée) affecting rice in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. R. 73:397-398.
- Pantoja A.; García, C.; y Velásquez, J. G. 1991. Influencia de prácticas agronómicas en la incidencia y manejo de insectos. En: Armenta, J. L. y Castillo, M. (eds.). Red de Mejoramiento de Arroz para el Caribe; Informe de la mesa redonda sobre protección vegetal. Santa Clara, Cuba. p. 39-48.
- Pantoja, A. y Fuxa, J. R. 1992. Prevalence of biotic agents in fall armyworm infesting rice in Puerto Rico. Folia Entomol. Mex. 84:79-84.
- Pantoja, A.; García, C.; y Mejía, O. 1992a. Prácticas agronómicas como alternativa al control químico de *Acromyrmex landolti* Forel en el establecimiento de arroz. En: Cuevas, F. (ed.). Arroz en América Latina: Mejoramiento, manejo y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Rice Research Institute (IRRI), Cali, Colombia. p. 273-274.
- Pantoja, A.; García, C.; Ospina, Y.; y Mejía, O. 1992b. Efecto de la preparación del suelo sobre la densidad de *Acromyrmex landolti* y el daño que causa en el establecimiento de arroz de sabana. Misc. Soc. Colombiana Entomol. 24:42-56.
- Pantoja, A.; Daza, E.; y Duque, M. C. 1992c. Efecto de *Oebalus ornatus* (Sailer) y *Oebalus insularis* (Stal) (Hemiptera:Pentatomidae) sobre el arroz: Una comparación entre especies. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 26:31-33.
- Pantoja, A. y Hernández, M. P. 1993a. *Sogatodes* o *Tagosodes*: Sinonimia y evaluación de daño mecánico. Arroz (Colombia) 42:30-31.

- Pantoja, A. y Matta, J. 1993b. *Rupela albinella* (Lepidoptera:Pyralidae) oviposition behavior and egg distribution on rice plants. *J. Agric. Sci.* 28(3):249-253.
- Pantoja, A. y Salazar, A. 1993c. *Hydrellia wirthi* Korytkowsky: A new rice pest in Colombia. *Int. Rice Res. Newsl.* 18(2):32.
- Pantoja, A. y Salazar, A. 1993d. Ovipositional preference of the rice leaf miner, *Hydrellia wirthi* Korytkowski (Diptera:Ephydriidae), on selected rice varieties. *Trop. Agric.* 70:378-379.
- Pantoja, A. y Salazar, A. 1993e. The role of cultural practices in the incidence and management of *Hydrellia wirthi* Korytkowski in Colombian rice fields. En: Armenta, J. (ed.). Caribbean IPM monitoring and workshop. Memorias del taller reunido en Guyana y Trinidad & Tobago, octubre 1991. Caribbean Rice International Network (CRIN), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Port of Spain, Trinidad & Tobago. p. 57-62.
- Pantoja, A.; Salazar, A.; Mejía, O. I.; Velásquez, J. G.; y Duque, M. C. 1993f. Cultural practices to manage the rice leaf miner, *Hydrellia wirthi* Korytkowski (Diptera:Ephydriidae) in Colombia. *J. Econ. Entomol.* 86(6):1820-1823.
- Pantoja, A.; Zeigler, R.; y Correa, F. 1993g. Screening rice germplasm for *Tagosodes orizicolus* resistance and detecting the percentage of vectors. En: Armenta, J. (ed.). Caribbean IPM monitoring and workshop. Memorias del taller reunido en Guyana y Trinidad & Tobago, octubre 1991. Caribbean Rice International Network (CRIN), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Port of Spain, Trinidad & Tobago. p. 53-57.
- Reissig, W. H.; Heinrichs, E. A.; Litsinger, J. A.; Moody, K.; Fiedler, L.; Mew, T. W.; y Barrion, A. T. 1985. Illustrated guide to integrated pest management in rice in tropical Asia. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas.
- Salazar, A.; Pantoja, A.; y Duque, M. C. 1993. Aspectos biológicos del minador de la hoja del arroz en el Valle del Cauca. *Arroz (Colombia)* 42:38-40.
- Shepard, B.M. y Ferrer, M. E. 1987. Sampling insects in rice. En: International workshop on crop loss assesment to improve pest management in rice and rice-based farming systems in south and southeast Asia. Memorias. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas.
- Sill, W. H. Jr. 1982. Plant protection: An integrated interdisciplinary approach. Iowa State University Press, Ames, Iowa, E. U. 297 p.
- Simmons, A. M.; Rogers, C. E.; Buckmire, K. U.; Gray, B.; Mankman, K. D.; Pantoja, A.; Raulston, J. R.; y Waddill, V. H. 1991. Seasonal chronology of *Noctuidonema*, an ectoparasitic nematode of adult moths, in Tropical America. *Fla. Entomol.* 74:311-319.
- Smith, C. M. 1989. Plant resistance to insects: A fundamental approach. John Wiley & Sons, Nueva York.
- Wald, A. 1945. Sequential tests of statistical hypotesis. *Annals of Math. & Stat.* 16:117-186.
- Walker, P. T. 1987a. Methods of studyng the relationship between different insect population levels, damage and yield in experiments and surveys. En: Teng, P. S. (ed.). Crop loss assesment and pest management. APS Press, Minnesota, E. U. p. 97-104.
- Walker, P. T. 1987b. Quantifying the relationship between insect populations, damage, yield and economic thresholds. En: Teng, P. S. (ed.). Crop loss assesment and pest management. APS Press, Minnesota, E. U. p. 114-125.
- Zadoks, J. C. 1987. Rationale of crop loss assesment for improving pest management and crop protection. En: Teng, P. S. (ed.). Crop loss assesment and pest management. APS Press, Minnesota, E. U. p. 1-15.
- Zeigler, R. S.; Pantoja, A.; Duque, M. C.; y Weber, G. 1993. Characteristics of resistance in rice to the Rice Hoja Blanca Virus and its vector, *Tagosodes orizicolus* (Muir). *Ann. Appl. Biol.* 124:429-440.

# Capítulo 4

## Manejo Integrado de Malezas del Arroz

Albert Fischer

### Importancia de las Malezas en el Cultivo del Arroz

Llamamos malezas o malas hierbas a las plantas que crecen donde no son deseadas. Son, por tanto, malezas las especies vegetales que afectan la estética de un parque, la navegabilidad de un río, la calidad de la dieta del ganado o la productividad de los cultivos.

Por consiguiente, el hombre —no la naturaleza— es quien define las malezas.

#### **Daños causados al cultivo por las malezas**

La presencia de las malezas en un cultivo de arroz causa daños directos e indirectos.

**Daños directos.** Son los que resultan de la interferencia de la maleza con el desarrollo del arroz. La interferencia comprende las distintas interacciones negativas que surgen entre las plantas, tales como competencia, alelopatía o parasitismo.

Esta interferencia reduce el crecimiento de las plantas y su rendimiento de grano, y llega a causar hasta la pérdida total de un cultivo (Fischer et al., 1993a).

Se estima que, a nivel mundial, las pérdidas de arroz cáscara debidas a la interferencia de aquellas malezas que escapan a las prácticas de control ascienden a un 10% de la producción (Ampong-Nyarko y De Datta, 1991), es decir, a unos 46 millones de toneladas de grano al año.

Esta pérdida varía, naturalmente, de un país a otro, pero la cifra indica claramente la necesidad de incrementar la eficiencia de las prácticas de manejo de las malezas.

**Daños indirectos.** Las malezas encarecen la producción del grano de arroz y deterioran su calidad, reducen el valor de los predios y son hospedantes alternos de diversas plagas. Consideremos más específicamente estos daños.

**1. Las malezas elevan los costos de producción.** A nivel mundial, el costo del control de malezas en el cultivo del arroz asciende a un 5% de la producción, es decir, a unos US\$3500 millones al año (Ampong-Nyarko y De Datta, 1991).

Si sumamos las pérdidas por interferencia de las malezas y los costos de su control, la producción anual de arroz en el mundo se reduce en un 15%.

En América Latina, el costo del control de malezas equivale a un 22% de la producción (Fischer, 1991; Fischer y Ramírez, 1993b). Este control, junto con los gastos de fertilización y cosecha, representan el rubro más costoso de la producción de arroz.

**2. Las malezas hospedan plagas.** Las malas hierbas pueden hospedar organismos fitófagos y agentes patógenos.

Por ejemplo, en Venezuela, *Leptochloa* sp. es hospedero de *Spodoptera frugiperda*, mientras que *Luziola* sp. hospeda al gorgojo acuático (*Lissorhoptus* spp.) y *Echinochloa colona* puede albergar al virus de la hoja blanca y a uno de sus vectores, *Tagosodes orizicolus*. Esta última maleza también hospeda al hongo *Pyricularia oryzae* (Páez et al., 1992).

Estos ejemplos indican la conveniencia de mantener libres de malezas no sólo el cultivo sino también los diques (caballones), 'bordos' y canales. De este modo se eliminan los hospederos alternos de las plagas y se evita así la continua presencia de éstas en el cultivo.

**3. Las malezas afectan la cosecha y reducen la calidad del grano.** Hay especies de malezas que favorecen el acame (volcamiento) de las plantas de arroz maduras, lo que dificulta y encarece la labor de cosecha. Tal es el caso de *Sesbania exaltata*, *Sphenochlea zeylanica*, *Ludwigia* spp. y *Aeschynomene* spp.

Las malezas que están presentes a la cosecha del arroz en estado vegetativo (*Ipomoea* spp.) incrementan la humedad del grano almacenado.

Semillas de malezas como *Ischaemum rugosum* y arroz rojo (una variante rústica del arroz) pueden contaminar el grano cosechado disminuyendo su valor.

El arroz rojo es rechazado en el comercio por el color de su pericarpio. Este arroz contamina el grano blanco y reduce su calidad. Para eliminarlo, es preciso someter los granos recolectados a un proceso de molinería más intenso que eleva los costos y el porcentaje de granos partidos.

Costosos equipos neumáticos de detección colorimétrica permiten eliminar los granos de arroz rojo en la molienda, pero su uso incrementaría los costos de procesamiento del grano.

**4. Las malezas imponen costos sociales al agricultor.** Se estima que los campesinos de escasos recursos del mundo destinan casi el 60% de su tiempo a desyerbar sus cultivos.

Esta actividad representa un alto costo humano e impide al campesino cultivar una mayor extensión de tierra.

La escasez de mano de obra en el campo y su costo elevado conducen al uso frecuente de herbicidas. Los efectos de estos productos en el medio ambiente no han sido aún cuantificados adecuadamente en América Latina.

El monocultivo repetido de arroz propicia la abundancia de malezas, situación que reduce el valor de la tierra. Tal es el caso de malezas como el arroz rojo y *Rottboellia cochinchinensis*. Cuando ya es imposible manejarlas, obligan al agricultor a abandonar terrenos infestados por ellas, los cuales, por esa razón, han perdido valor.

**5. Las malezas acuáticas se extienden.** Estas malezas se convierten en un problema principalmente donde hay un monocultivo continuo de arroz irrigado. Dificultan el flujo

del agua en los canales y causan pérdidas de agua porque con ellas aumenta la superficie total de evapotranspiración.

Ejemplos de tales malezas son los siguientes: *Sagittaria guyanensis*, *Eichhornia crassipes*, *Echinochloa polystachya*, *Luziola subintegra*, *Heteranthera limosa* y *H. reniformis*.

## Interferencia entre las Malezas y el Arroz

La interferencia, como se explicó al principio del capítulo, es el conjunto de interacciones negativas que se establecen entre las plantas de una comunidad. Estas interacciones son, principalmente, competitivas, alelopáticas o de parasitismo.

Muchas veces es difícil distinguir el tipo de interacción predominante y, por ello, se utiliza el término global de interferencia. La interferencia puede surgir entre plantas de la misma especie (intraespecífica) o de diferente especie (interespecífica).

Se dice que existe **competencia** entre las plantas de una comunidad cuando la demanda colectiva por uno o más de los recursos que requiere el crecimiento de las plantas sobrepasa la oferta que hace de ellos el medio ambiente.

La **alelopatía** es el efecto negativo ejercido en una planta por las sustancias tóxicas liberadas por otras plantas, las cuales interfieren así en el crecimiento de la primera.

Se han comprobado propiedades alelopáticas en algunas variedades de arroz. CICA 4, por ejemplo, ejerce efectos inhibitorios sobre *Heteranthera limosa* (Dilday, 1990).

En este capítulo daremos mayor énfasis a las interacciones competitivas, uno de los aspectos más estudiados, quizás, de la interferencia, y en el cual se concentran, en buena parte, las estrategias no químicas del control de malezas.

## Competencia entre plantas

La competencia que hacen las malezas al arroz reduce el crecimiento y el rendimiento de este cultivo. Los factores que regulan la expresión de esa competencia son los siguientes:

**Temperatura y luminosidad.** Las plantas de tipo fotosintético C-4 —como el maíz o las malezas del género *Echinochloa*— se caracterizan por su elevada eficiencia fotosintética en

condiciones de alta luminosidad y a temperaturas tropicales.

Pueden ser, probablemente, más competitivas que las de tipo C-3, como el arroz. En las especies C-3, la fotosíntesis está adaptada a temperaturas y luminosidades menos intensas.

**Otros factores abióticos.** La fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua influyen en la competencia malezas/cultivo.

Frecuentemente, un cultivo infestado de malezas rinde menos cuando es fertilizado, porque las malezas suelen ser más eficientes en el uso de esos nutrientes que muchos cultivos.

Un resultado similar puede obtenerse del cultivo en sistemas en que haya abundante pluviosidad e inadecuado control de malezas.

**Densidad de plantas.** La competencia ejercida por una especie —ya sea el arroz o la maleza— es mayor a medida que aumentan su densidad (número de plantas/m<sup>2</sup>) y la duración de la situación de competencia.

Todo hábitat tiene una capacidad limitada para sostener vida vegetal. Si se incrementa en un cultivo la densidad de plantas, el tamaño de éstas se reducirá (efecto de plasticidad) a causa de la competencia mutua (competencia intraespecífica).

Llegará un momento en que la competencia sea máxima y las nuevas plantas que intenten establecerse no prosperen.

Por lo tanto, las primeras plantas que logren colonizar un área tendrán una ventaja competitiva sobre las plantas que lleguen más tarde.

En consecuencia, las malezas que consigan establecerse en las primeras etapas del ciclo de crecimiento del cultivo tendrán mejores oportunidades para competir con el arroz.

Cuanto más tarde emerjan las malezas con respecto a las plantas del cultivo, menor será su competitividad. La razón es que el cultivo, que está más desarrollado, puede inhibir mejor el crecimiento de esas malezas.

Las malezas tardías, por su parte, perjudican la calidad de las cosechas.

**Otros factores bióticos.** La composición botánica de la población de malezas también afecta la competencia que éstas le hacen al cultivo.

Hay además diferencias apreciables en competitividad entre variedades de arroz. En general, las variedades de ciclo de crecimiento largo toleran mejor la competencia de las malezas. Esta área del mejoramiento varietal recibe actualmente mucha atención.

El carácter alelopático de algunos cultivares es también objeto de estudio a nivel internacional.

Se trabaja, asimismo, en aprovechar la capacidad que tienen las plántulas de ciertos cultivares de crecer bajo el agua y emerger de ella bien desarrolladas. Esta característica permitirá que, en terrenos nivelados donde se disponga de agua suficiente, el arrozal se mantenga inundado desde la siembra, a fin de evitar el establecimiento de malezas en las primeras semanas del cultivo.

No sería necesario, por tanto, drenar el lote después de la siembra ni aplicar herbicidas durante la fase de establecimiento del cultivo.

**Factores de manejo.** Dos factores son muy importantes:

1. **Siembra de la semilla.** La distribución de la semilla de arroz en la siembra influye en la competencia entre plantas:

Cuando las semillas se distribuyen a voleo sobre el terreno, de manera que queden aproximadamente equidistantes, el cultivo tiende a resistir la competencia de las malezas mejor que cuando se hace la siembra en hileras distanciadas. Sin embargo, las siembras a voleo no suelen quedar uniformes, en especial cuando la cobertura (o tapado) de las semillas con suelo es dispareja, es decir, unas quedan muy enterradas, otras quedan descubiertas. En ambos casos, la emergencia de las plántulas de arroz será irregular y quedarán espacios donde el arroz se mostrará vulnerable a la competencia de las malezas.

El cubrimiento uniforme de la semilla permite la emergencia uniforme de las plántulas de arroz. Estas aprovechan entonces la ventaja competitiva derivada de la distribución equidistante entre plantas.

2. **Fertilización.** Se cree con frecuencia que, si se fertiliza un cultivo enmalezado, éste puede aminorar la competencia que hacen las malezas por los nutrientes. Desafortunadamente, esta práctica suele estimular también el crecimiento de las malezas y empeora, por ello, la situación.

En general, las malezas son muy eficientes para tomar nutrientes y tienden a beneficiarse más que el arroz de una fertilización adicional (Fischer, 1991). El resultado de esta operación sería un incremento de la competencia, en detrimento del arroz.

*Para que esto no ocurra, la primera fertilización suele retrasarse hasta que las plantas de arroz estén bien establecidas. De este modo no se estimula el crecimiento de las malezas en esta etapa crítica.*

Por lo demás, los requerimientos nutricionales del arroz al inicio de su crecimiento son bajos.

### Competencia por luz, agua y nutrientes

Las plantas compiten esencialmente por luz, agua y nutrientes. La clave para desarrollar una pauta de manejo de malezas es identificar los recursos por los cuales esas plantas compiten.

**Competencia por luz.** Esta competencia prevalece en el arroz irrigado y bien fertilizado.

El efecto de la sombra en un cultivo de arroz es particularmente nocivo en dos etapas del cultivo:

- durante el establecimiento de las plántulas;
- en el período comprendido entre los 10 días que anteceden a la floración y los 20 que la siguen.

Si el sombreado ocurre dentro de este último período, aumentaría la esterilidad (Ampong-Nyarko y De Datta, 1991).

Después de la floración, el arroz sintetiza la mayor parte de los carbohidratos del grano. Si el sombreado afecta el tercio superior del follaje de las plantas durante esta etapa crítica, el efecto en el rendimiento sería negativo.

Cuatro características morfológicas son relevantes en la competencia del arroz por la luz:

- altura de la planta,
- área foliar,
- posición de las hojas, y
- número de macollas.

Su interrelación regula la cantidad de luz interceptada por las plantas de arroz, en detrimento de la que recibirían las malezas.

Las variedades altas de abundante follaje —que son tradicionales— suelen ser más competitivas que las variedades modernas semienanas, de follaje erecto. Sin embargo, tienden a rendir menos que éstas y pueden sufrir acame cuando el campo está muy enmalezado.

Una de las razones de que *Rottboellia cochinchinensis* compita tan bien con el arroz es su rápido crecimiento inicial, que le permite sobrepasar tempranamente al arroz en altura.

Las variedades de hojas anchas y decumbentes son más competitivas que las de hojas angostas y erectas. No obstante, el abundante crecimiento foliar suele ocasionar un alto grado de autosombreamiento y elevadas tasas respiratorias que limitan la productividad de estas plantas.

Una forma práctica de evaluar la competitividad de una variedad de arroz para riego es observando la cobertura de follaje que presenta: si deja pasar poca luz hacia el suelo a través del follaje, no permitirá que emerjan muchas malezas, es decir, será una variedad competitiva.

El mejoramiento genético del arroz ha producido, a lo largo de los años, tipos modernos de alto rendimiento, de porte semienano y de poco macollamiento. Estas características han reducido, en cierto modo, la competitividad del arroz frente a las malezas.

El reto actual es obtener variedades de arroz que sean competitivas y conserven, a la vez, su alto potencial de rendimiento. Las perspectivas son alentadoras puesto que se han identificado ya variedades modernas tropicales de alta productividad y que son, a la vez, muy competitivas con las malezas. Una de ellas es la bien conocida CICA 8.

**Competencia por agua.** La competencia por agua (en el cultivo de secano) y también la competencia por nutrientes pueden ocurrir antes que la competencia por luz. En cambio, la competencia por luz, en ausencia de otra limitante, sólo comienza cuando el desarrollo de las plantas ha llegado al punto en que se hacen sombra unas a otras.

La deficiencia de agua afecta más sensiblemente al arroz durante la floración que en otras etapas del desarrollo. Los síntomas de esta deficiencia son los siguientes:

- enrollamiento de las hojas,
- reducción del crecimiento,
- retraso en la floración, y
- esterilidad de las espiguillas.

Durante una sequía se reduce la expansión foliar, se cierran los estomas por pérdida de turgidez y, en consecuencia, la actividad fotosintética decae.

La distribución de las raíces del arroz y de las malezas en el perfil del suelo es decisiva en la competencia por agua. En general, las plantas cuyas raíces son profundas o pueden elongarse como respuesta a un estrés hídrico son más eficientes para extraer agua a medida que el suelo se seca y la capa de agua freática desciende.

*Echinochloa colona*, por ejemplo, tiene un desarrollo radical tan extenso —en todo el perfil del suelo— que puede superar con creces el del arroz.

Existen claras diferencias genéticas en el arroz respecto a su tolerancia de la sequía, las cuales —en buena medida— se relacionan con las características de la raíz.

En climas cálidos, las malezas de tipo C-4, como *E. colona*, tienen un requerimiento más bajo de agua y toleran mejor la sequía que muchas especies de tipo C-3, como el arroz. Estas diferencias tienden a reducirse en las condiciones climáticas de la zona templada.

**Competencia por nutrientes.** El arroz debe extraer cantidades considerables de nutrientes del suelo para su crecimiento. Según Ampong-Nyarko y De Datta (1991), la producción de una tonelada de arroz requiere 16, 3 y 17 kg/ha de N, P y K, respectivamente.

La competencia por nutrientes es similar a la competencia por agua, especialmente si se trata de los nutrientes que tienen movilidad en el suelo (en cuya solución se difunden) como el amonio, los nitratos y otras sales.

Puesto que el nitrógeno es un nutriente móvil, las plantas compiten por él en el suelo, aunque sus raíces no se traslapen (es decir, casi siempre).

En cambio, si un nutriente tiene poca movilidad en el suelo —como el fósforo ( $P_2O_5$ ), cuyo radio de difusión es de pocos milímetros— las raíces lo absorben sólo cuando entran directamente en contacto con él.

Por consiguiente, la competencia por los elementos de poca movilidad en el suelo sólo se establecerá cuando las raíces del arroz y de las malezas hayan crecido lo suficiente como para encontrarse en íntimo contacto.

La aplicación de un fertilizante fosforado en bandas a lo largo de las hileras del cultivo es una forma de suministrar selectivamente fósforo al cultivo y no a la maleza, dada la movilidad reducida de este nutriente. Las malezas, que inicialmente crecen en la entrefila, tendrán sus raíces más alejadas del fertilizante que las del cultivo.

Es de esperar, por tanto, que en las etapas iniciales de crecimiento del arroz la competencia por nutrientes móviles y por agua (cultivo de secano) sea más intensa que la competencia por fósforo.

Las raíces del cultivo tienen un papel importante en la competencia por los nutrientes. Es conveniente que las raíces sean profundas, y que el enraizamiento sea abundante y uniforme en todo el perfil del suelo.

En condiciones de baja fertilidad, la densidad de enraizamiento ( $cm_{raiz}/cm^3_{suelo}$ ) y la finura de las raíces correlacionan bien con el crecimiento rápido y el alto rendimiento del arroz.

Una reducción en el crecimiento del arroz, acompañada de un incremento de la relación  $peso_{raiz}/peso_{parte\ aérea}$  suelen ser síntomas de competencia por nutrientes.

## Estrategias: control o manejo

Conocidos ya los factores que influyen en el resultado de la competencia entre el arroz y las malezas, y los recursos ambientales —básicamente, luz, agua y nutrientes— que son objeto de esa competencia, es fácil entender la siguiente proposición:

La lucha contra las malezas no se limita a su control por medios físicos, químicos, preventivos o de otra índole, porque también existen múltiples recursos para manejarlas.

El manejo es un concepto que implica integración, es decir, busca la combinación de prácticas que impidan la invasión, la propagación y la competencia de las malezas, y que favorezcan el crecimiento y la competitividad del arroz en detrimento de éstas.



Un buen manejo reduce los costos de producción y racionaliza el uso de insumos externos, como los herbicidas.

Los herbicidas son una herramienta irremplazable en numerosas situaciones, pero suelen ser costosos (Fischer y Ramírez, 1993a). Además, si su uso no es “racional”, puede tener consecuencias adversas para la salud y el medio ambiente.

Deben usarse, por tanto, en forma estratégica, es decir, integrados con otras prácticas de manejo de las malezas.

## Manejo de las Malezas según el Agroecosistema

Como se explicó en el Capítulo 2, el arroz se cultiva en América Latina de diversas formas y en distintos ambientes.

Los problemas que plantean los insectos dañinos, las malezas y las enfermedades —y las opciones para su manejo— difieren en los diversos agroecosistemas.

En cada agroecosistema, el agua (su disponibilidad y control) y el método de siembra son variables relevantes que afectan la relación entre las malezas y el arroz.

En el Capítulo 2 hemos agrupado los agroecosistemas del arroz en dos categorías principales —con riego y de secano— según la fuente de donde proviene el agua. La fuente del agua, como veremos, afecta sustancialmente la interacción arroz/malezas.

De ambos sistemas, con riego y de secano, se discutieron sus diversos métodos de siembra. Estudiaremos ahora las implicaciones que tienen, para el manejo de las malezas, tanto los métodos de siembra como el manejo del agua.

### En sistemas con riego

Dos factores primordiales deben tenerse en cuenta en el sistema de arroz con riego: la nivelación del terreno y el manejo del agua de riego.

Si el terreno ha sido bien nivelado, es posible establecer una lámina de agua de inundación permanente que impida el crecimiento de gran parte de las malezas.

El arroz con riego tiene aquí una clara ventaja sobre el sistema de secano, en el cual es más difícil controlar las malezas. Debe disponerse de agua suficiente para mantener el cultivo inundado durante la mayor parte de su ciclo de crecimiento.

**Con trasplante del arroz.** En este sistema, el uso continuo de la siembra por trasplante conduce, con el tiempo, a un incremento de malezas acuáticas.

El manejo de las malezas debe comenzar en las camas de siembra, para evitar así el trasplante accidental de aquellas malezas que, en estado de plántula, se asemejan al arroz (como *Echinochloa* spp.).

Los componentes relevantes del manejo de malezas en este sistema son los siguientes:

1. **Lámina de agua.** La lámina debe tener, al menos, 5 cm de profundidad para que pueda inhibir, al crear en las parcelas un ambiente anaeróbico, la emergencia y el desarrollo de las malezas.

Si no se hizo una nivelación adecuada, aparecerán malezas en los parches en que el suelo, por estar más elevado, queda al descubierto.

En este ambiente pueden prosperar, entre otras, las malezas acuáticas y semiacuáticas, sobre todo si se practica el monocultivo del arroz.

2. **Malezas.** Entre las especies de malezas<sup>3</sup> que prosperan en este sistema están las siguientes:

*Echinochloa crus-galli*, *E. colona*, *Cyperus difformis*, *C. iria* y las de ambiente acuático como *Fimbristylis miliacea*, *Heteranthera limosa*, *H. reniformis* y *Limnocharis flava*.

3. **Preparación del suelo mediante fanguero.** El fanguero o batido (ver Capítulo 2) desarraiga malezas, entierra sus residuos y semillas, y crea un ambiente anaeróbico en que esas semillas no pueden germinar.

El fanguero, seguido por el establecimiento de una lámina de agua (González, 1985), ha sido una práctica muy importante en el manejo de malezas nocivas, como el arroz rojo (*Oryza sativa*).

3. Las ilustraciones de las malezas mencionadas en este capítulo aparecen al final de la primera parte del Capítulo 7 (Malezas Específicas y Guía de Manejo).

No obstante, el fangueo no ha tenido mucha difusión por las siguientes razones:

- Es una práctica **costosa** que, además, deteriora la maquinaria: en efecto, la inundación con lámina de agua permanente exige una nivelación adecuada del terreno y un buen manejo del agua.
- Los suelos fangueados se **compactan** y su uso se limita porque su drenaje se empobrece; es difícil, por tanto, hacer en ellos rotación con otros cultivos.
- Las **malezas acuáticas** proliferan bajo inundación: la siembra continua en suelo fangueado y la inundación frecuente favorecen, en efecto, su germinación y crecimiento.

**4. Trasplante.** Esta práctica permite obtener el máximo provecho del fangueo, es decir, de las condiciones de anaerobiosis.

El trasplante le da al arroz una ventaja en crecimiento sobre las malezas y, por lo tanto, en competitividad. Con esta práctica se reduce el número de malezas que suelen establecerse una vez inundado el campo.

El trasplante es, a menudo, el último recurso del agricultor que desea cultivar arroz en un lote altamente infestado con arroz rojo.

Después del trasplante, el cultivo debe permanecer sin malezas durante 6 semanas, por lo menos (Ampong-Nyarko y De Datta, 1991). Para lograrlo, las prácticas corrientes son la desyerba manual, la desyerba mecanizada (cultivo en hileras rectas) y la aplicación de herbicidas.

Los herbicidas deben aplicarse en las primeras semanas del ciclo de cultivo.

*Apenas lo permita el estado de desarrollo del arroz, se debe establecer en los lotes tratados una lámina de agua permanente (Figura 4-1).*

**5. Fertilización.** En este sistema, el fertilizante debe aplicarse en parcelas previamente desyerbadas para no abonar las malezas en crecimiento.

Las malezas abonadas fortalecerían así su competitividad y tendrían aún más ventajas sobre el arroz (Fischer, 1991), como se indicó antes.

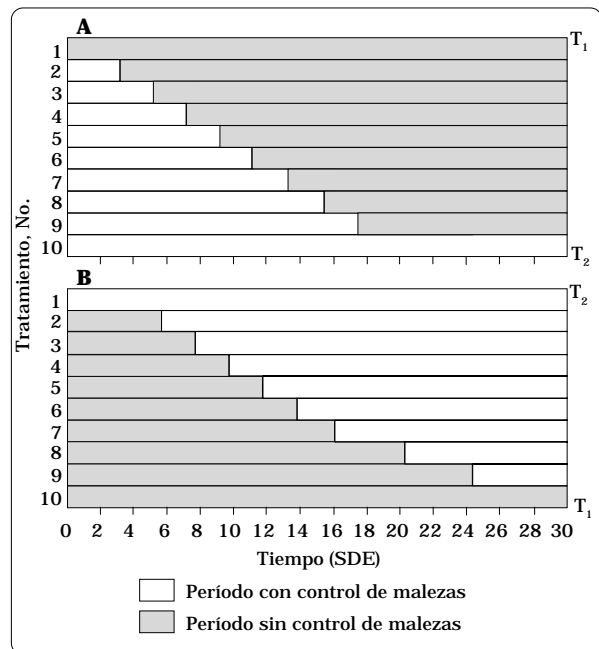


Figura 4-1. Representación gráfica de los tiempos en que se aplicaron tratamientos para determinar el período crítico de competencia entre las malezas y el cultivo. (A) Controlando malezas en primeras semanas. (B) Permitiendo malezas en primeras semanas. Hay dos testigos: sin malezas (T<sub>1</sub>) y enmalezamiento total (T<sub>2</sub>). SDE = semanas después de la emergencia del arroz.

### Con siembra de la semilla directamente en el suelo

En esta variante del sistema con riego, el suelo puede prepararse de dos modos: con fangueo (o con diversos grados de batido) o en seco.

#### Siembra directa en suelo saturado.

Después de batido el suelo, el lote inundado se drena para sembrar la semilla; este drenaje es especialmente importante en regiones tropicales. Con frecuencia, la siembra se hace con semilla pregerminada.

El drenaje del lote permite el establecimiento de las plántulas de arroz, ya que les evita la anaerobiosis que trae consigo la inundación en las condiciones del trópico.

Más tarde, cuando el arroz tenga unos 20 cm de altura, se establece una lámina de agua que proporcione la inundación permanente.

En este método de siembra directa transcurre más tiempo desde el establecimiento del cultivo hasta que el terreno pueda ser inundado permanentemente. Por consiguiente, el problema de las malezas es aquí mayor que en el método del trasplante.

Los componentes de esta variante del sistema de riego, que intervienen en el manejo de las malezas, son los siguientes:

- **Terreno e inundación.** Si el terreno no ha sido nivelado apropiadamente, habrá partes del lote que sobresalgan por encima de la lámina de inundación. En estos parches, las condiciones aeróbicas favorecerán la germinación y la emergencia de las malezas.

Por consiguiente, es requisito esencial de esta variante del sistema con riego la sistematización —cuyo resultado es la nivelación del terreno— para poder establecer una lámina uniforme de agua que inhiba el desarrollo de las malezas.

- **Malezas.** Las malezas que suelen predominar en esta variante del sistema son, entre otras, las siguientes:

*Heteranthera limosa*, *H. reniformis*, *Limnocharis flava*, *Ludwigia* spp., *Oryza sativa* (arroz rojo), *Echinochloa colona*, *E. crus-galli*, *Ischaemum rugosum*, *Cyperus iria*, *C. esculentus*, *C. difformis*, *Fimbristylis annua*, *F. littoralis*, *Luziola subintegra*, *L. brasiliana*, *Leptochloa filiformis*, *L. scabra*, *Eleocharis* spp., *Sagittaria guyanensis*, *Aeschynomene* sp., *Sesbania exaltata* y *Sphenochlea zeylanica*.

Las especies semiacuáticas y acuáticas de malezas prosperan en el monocultivo continuo de arroz.

- **Manejo.** Dos prácticas agronómicas contribuyen al buen manejo de las malezas en este método de cultivo:
  - La pregerminación (ver Capítulo 2) proporciona al arroz —aunque en menor grado que el trasplante— ventajas en crecimiento y competitividad frente a las malezas.
  - La siembra directa en suelo saturado (dos condiciones del medio anaeróbico) impide la germinación de muchas malezas, en la etapa crítica del establecimiento del arroz.

La lámina de agua debe instalarse (inundación permanente) tan pronto como el desarrollo del arroz lo permita. Entretanto (y

desde la siembra) las malezas deben controlarse.

*Es esencial que esta lámina permanezca en el lote unos 80 días después de la siembra para impedir el establecimiento de malezas de emergencia tardía durante el ciclo de crecimiento del arroz.*

Pasado ese tiempo (80 días), el follaje de las plantas de arroz dará el sombreado uniforme que inhibe el desarrollo de nuevas malezas.

En la práctica, es difícil, generalmente, mantener el suelo en completa saturación antes de implantar la lámina de agua. Esta dificultad estriba en las deficiencias que tiene tanto el abastecimiento de agua como la nivelación de los suelos.

Por ello, malezas como el arroz rojo o especies adaptadas a lugares húmedos (*Cyperus* spp., *Fimbristylis* spp., *Luziola* spp. y otras) pueden convertirse en un problema para el productor arrocero.

- **Fertilización.** Los cultivares modernos de arroz de alto rendimiento requieren elevadas dosis de nutrientes, especialmente de nitrógeno.

¡IMPORTANTE! El control de malezas debe preceder a la adición de cantidades sustanciales de fertilizante. De lo contrario, las malezas alcanzarían a competir fuertemente con el cultivo, como se explicó antes.

Algunos agricultores prefieren retrasar la primera fertilización hasta que, una vez bien establecidas las plantas de arroz, pueda instalarse una lámina de agua permanente.

**Siembra directa en suelo seco.** En esta otra variante del sistema con riego no se practican el fangueo ni la siembra de semilla pregerminada.

No existirán, por tanto, condiciones anaeróbicas en el suelo durante la siembra del arroz que impidan la germinación de las malezas.

Las plántulas de arroz (que emergen en suelo seco) tampoco podrán aventajar en crecimiento a las malezas. En consecuencia, el problema que plantean las malezas es mayor aquí que en el método de siembra con semilla pregerminada.

Los componentes de este método que intervienen en el manejo de las malezas son los siguientes:

- **Terreno, siembra e inundación.** Un gran número de productores de arroz de América Latina y el Caribe preparan el suelo seco y siembran —generalmente a voleo— en un suelo no irrigado. Con frecuencia, el suelo de la cama de siembra queda con terrones.

En los terrones se alojan semillas de malezas; allí se protegen de los herbicidas preemergentes y evaden (por la imposibilidad de germinar) el control mecánico o manual (laboreo, desyerbas) o de otro tipo. Es necesario, por tanto, deshacer los terrones para exponer la semilla de las malezas al control.

Se suele emplear una rastra de discos relativamente pesada para incorporar al suelo la semilla de arroz recién sembrada. En esta operación, buena parte de la semilla queda enterrada a demasiada profundidad y no germina.

Las plantas que emergen lo hacen en forma dispar, dejando en el cultivo muchos “huecos” donde no crece el arroz. En esos “huecos”, las malezas proliferan porque allí no encuentran la competencia del arroz.

Para contrarrestar este efecto (y por otras razones), los agricultores aumentan mucho la densidad de siembra: hasta 250 kg/ha. Elevan así la probabilidad de que la ubicación de las semillas favorezca su germinación.

Los problemas antes mencionados se evitarían si se hiciera una prolija preparación del suelo y la semilla se incorporara luego al suelo cuidadosamente.

Una solución es la siembra mecanizada en líneas —en un suelo bien preparado— para lograr dos objetivos:

- emergencia uniforme del arroz (y menos “huecos” con malezas), lo que mejora la competitividad del cultivo;
- detección fácil del arroz rojo y eliminación de esta maleza haciendo escardas en las entrefilas.

- **Malezas.** Las malezas predominantes son similares a las que aparecen cuando se siembra semilla pregerminada, aunque quizás la presencia de las especies acuáticas es menor. Entre las especies más citadas figuran las siguientes:

*Oryza sativa* (arroz rojo), *Echinochloa crus-galli*, *E. colona*, *Sesbania exaltata*, *Paspalum pilosum*, *Digitaria sanguinalis*,

*Rottboellia cochinchinensis*, *Eleusine indica*, *Leptochloa scabra*, *Phaseolus latyroides*, *Stenotaphrum secundatum*, *Cyperus rotundus*, *C. iria*, *C. ferax*, *Fimbristylis annua*, *Murdannia nudiflora*, *Commelina diffusa*, *Ipomoea* spp., *Eclipta alba* y *Cassia tora*.

- **Manejo.** Consideremos tres aspectos importantes y hagamos, al final, una síntesis de ellos.

1. **Opciones comunes.** En este método se hace un riego, denominado primer “moje”, para estimular la germinación del arroz. Pues bien, este “moje” crea un ambiente húmedo y aeróbico que favorece también la germinación de las malezas.

Es muy conveniente iniciar el laboreo del suelo con bastante anticipación a la siembra del arroz. La razón es que las semillas de muchas malezas que presentan dormencia tendrán tiempo suficiente para germinar, quedando así expuestas al control.

Como se dijo del método anterior (siembra directa en suelo saturado), sin nivelación adecuada y sin buen control del agua no podrá establecerse una lámina de riego que inunde permanentemente el terreno a partir de la cuarta semana, aproximadamente, después de la siembra: esta inundación controlará las malezas.

En ambos métodos, si la nivelación y el manejo del agua son deficientes, el terreno presentará partes altas (poco húmedas) y partes bajas (bastante húmedas). En unas y otras, el grado de desarrollo tanto del arroz como de las malezas será diferente, y esta diferencia tiene dos consecuencias:

- Dificulta el uso oportuno y selectivo de los herbicidas, especialmente si se hacen aplicaciones aéreas.
- Puede retrasar la cosecha del arroz si la maduración y el secado del grano obtenido en las partes altas difieren de las del grano producido en las partes bajas.

Así pues, las opciones que tendrá el agricultor para controlar las malezas, en esta variante del sistema de riego, son las siguientes:

- sembrar semilla pura,
- hacer desyerbas manuales,
- pasar la escarda mecánica (si la siembra se hizo en hileras),
- aplicar herbicidas.

Dado el alto valor de la pérdidas de rendimiento del arroz por la competencia de las malezas, el empleo de herbicidas, aunque es una opción costosa, se considera marginalmente rentable.

Muchos productores de arroz hacen hasta cuatro aplicaciones de herbicidas durante el ciclo de crecimiento del cultivo. Esta práctica es costosa y, además, muy objetable respecto a la conservación del medio ambiente.

Una forma muy popular de aplicar esta opción es la “quema” química, que consta de tres pasos:

- irrigar el terreno una vez preparado el suelo y antes de la siembra, a fin de estimular la emergencia de las malezas;
- aplicar luego a éstas un herbicida total;
- sembrar finalmente el arroz.

La siembra ideal se haría con sembradora de surcos, para que la remoción de suelo sea mínima y no estimule la germinación de nuevas malezas.

En Colombia, el uso repetido de propanil en el método del riego corrido ha contribuido a la proliferación de biotipos de *Echinochloa colona* resistentes a ese herbicida (Fischer et al., 1993b). Ahora bien, la aplicación de otros productos que controlen los biotipos resistentes de esa maleza puede ser aún más costosa que la del propanil.

La rotación del arroz con otros cultivos (ver Capítulo 6) ha sido también una opción muy útil en el manejo de malezas en esta variante del sistema con riego, especialmente en campos altamente infestados con arroz rojo.

**2. Problemas frecuentes.** En muchas zonas arroceras latinoamericanas, las dificultades del manejo de las malezas en el método de siembra directa (sistema de riego) se presentan en cascada:

- Primero, la adecuación de la tierra (nivelación, principalmente) y el control del agua de riego (abundancia, sistemas de conducción) son deficientes y no permiten instalar una lámina de agua (permanente, de profundidad uniforme).

Alternativa: riego intermitente (por “mojes”) o riego por gravedad (riego “corrido”), desde la cabecera de los lotes hasta la parte baja de ellos.

- Segundo, este riego favorece el establecimiento de generaciones sucesivas de malezas durante el ciclo del cultivo, es decir, crea un serio problema de malezas.

Respuesta del productor: emplear alta densidad de siembra (250 kg/ha y a veces más). La solución es válida y, además, disminuye el gasto que se haría en herbicidas.

- Tercero, la densidad alta, de una parte, propicia el acame de las plantas y una mayor incidencia de plagas (insectos y enfermedades); de la otra, es incapaz de detener la invasión de malezas cuando las plantas de arroz están pequeñas.
- Cuarto, sobreviene entonces el período crítico de competencia del arroz —agudizado a veces por un suelo de drenaje fuerte— y las malezas, ya desarrolladas, amenazan seriamente el rendimiento y la calidad del arroz.

Respuesta del productor: hacer 2 y hasta 3 (a veces más) aplicaciones de herbicidas. El efecto negativo de esta práctica es doble: uno en el bolsillo del agricultor y otro, posiblemente, en el ambiente.

- Quinto, el riego “corrido” que se ha hecho hasta ahora ha arrastrado cantidades considerables de fertilizantes, de plaguicidas y de herbicidas hacia los cauces de agua.

Resultado: más pérdidas para el agricultor y un costo social alto por contaminación.

Conclusión: las prácticas anteriores —junto con el uso excesivo de herbicidas— podrán normalizarse solamente si se optimiza el manejo de la irrigación.

En muchos casos, lo que el agricultor ahorraría en herbicidas, una vez instalada la lámina de agua, le permitiría costear la adecuación de tierras con la que obtendrá la inundación óptima y, con ésta, un control eficaz de las malezas.

**3. Alternativa de manejo.** Si la optimización de la lámina de riego (primera alternativa) no es viable a corto o mediano plazo, y si el riego intermitente (segunda alternativa) consume agua en exceso y se encarece, el productor arrocerero elegirá la siguiente alternativa, que implica dos decisiones clave:

- Primera, control estratégico del agua en función de su costo, es decir: no se

mantiene el cultivo inundado, pero se riega según la prioridad que tenga la etapa crítica del desarrollo de las plantas;

- Segunda, se establece un manejo de malezas que sustituya el que hubiera hecho la inundación (ya suprimida) y que conste de las siguientes prácticas:
  - Elegir una variedad o cultivar de arroz muy competitiva. Preferirla, aunque su potencial de rendimiento no sea el mejor.
  - Anticipar el laboreo del suelo a la fecha de siembra para controlar las malezas que emerjan (y reducir así la población de malezas que emergerían con el arroz).
  - Ensayar la labranza cero para minimizar la remoción de suelo, la consiguiente emergencia de malezas y la posterior producción de semilla de éstas. Esta práctica ha tenido mucho éxito en el sur de Brasil para manejar el arroz rojo.
  - Hacer una “quema” con herbicida total (ojalá traslocable) de malezas de difícil control, antes de la siembra del arroz. Esta práctica se justifica cuando han aparecido especies bienales o perennes o que no puedan controlarse selectivamente estando dentro del cultivo del arroz.
  - Sembrar semilla pura, o sea, libre de semillas de malezas.
  - Emplear una densidad de siembra competitiva.
  - Hacer una siembra prolija (evitando “huecos” en la población de plantas de arroz).
  - Remover semillas de malezas del agua de riego (instalando mallas a la entrada de los canales).
  - Usar estratégicamente los herbicidas, es decir: la aspersión será de óptima calidad; la aplicación se hará en el momento óptimo (o sea, en el estado de desarrollo de la maleza más susceptible al herbicida); el herbicida se escogerá según una estimación a priori de las pérdidas económicas (en rendimiento y calidad del grano) que el control químico evitaría (ver más adelante Manejo Integrado de Malezas).
  - Hacer rotación de cultivos cuando se cumplen los criterios siguientes: la rotación es agrónomicamente posible; hay

infestación fuerte de arroz rojo o de malezas de difícil control (*Murdania nudiflora*, *Luziola* spp.); o es proporcionalmente alto, en la población de malezas, el número de biotipos resistentes a los herbicidas selectivos del arroz; las pérdidas (rendimiento y calidad del grano) que causarían las malezas al arroz —si éste se plantara de nuevo— serían tan altas, que justifican la siembra de un segundo cultivo de menor rentabilidad.

4. **Manejo integral en síntesis.** Hay seis componentes relevantes de la siembra directa en el sistema de arroz irrigado que pueden integrarse para manejar bien las malezas:

- La **semilla pura** sembrada uniformemente.
- La **anaerobiosis** en el campo, que resulta de dos prácticas:
  - el fangueo, que satura el suelo con agua e inhibe así la germinación de muchas semillas de malezas;
  - la lámina de agua permanente que, dadas dos condiciones (nivelación del suelo y suministro constante de agua), impide la emergencia y el establecimiento de muchas malezas.
- La **pregerminación**, que da al arroz una ventaja en crecimiento sobre las malezas.
- La **competitividad del cultivar** o variedad de arroz, que se basa en el rápido y completo cubrimiento del terreno por el follaje, obteniendo así dos cosas:
  - suprimir el desarrollo de las malezas;
  - acortar el período crítico de la competencia arroz-malezas.
- La **rotación de cultivos** que, siendo factible tanto desde el punto de vista agronómico como del económico, proporciona dos herramientas al manejo de las malezas:
  - modifica el hábitat propio de las malezas asociadas con el arroz;
  - permite aplicar a esas malezas herbicidas diferentes de los antes aplicados (selectivos para el arroz) y, por ello, más eficaces contra ellas.
- Los **herbicidas**, cuyo uso racional se basa en la calidad de las aplicaciones.

## En sistemas pluviales o de secano

En estos sistemas, el arroz se abastece del agua de lluvia y no hay, en general, un estricto control del agua.

Pueden ocurrir, por lo tanto, períodos de anegamiento del terreno (en las tierras bajas), así como períodos con déficit de humedad.

**Arroz pluvial de tierras bajas.** El manejo de las malezas en esta variante del sistema considera los siguientes componentes:

1. **Malezas.** Las siguientes especies son representativas de esta modalidad del sistema:

*Echinochloa crus-galli*, *Ischaemum rugosum*, *Leptochloa scabra*, *Cyperus difformis* y *Fimbristylis miliacea*.

Cuando ocurran períodos de anegamiento del campo, las especies semiacuáticas serán las favorecidas.

2. **Manejo.** Las desyerbas manuales, químicas o mecánicas (si se sembró en hileras) deben hacerse en las primeras semanas del ciclo vegetativo del arroz, porque la competencia temprana de las malezas es nociva para el cultivo.

La acción de los herbicidas en un suelo seco es deficiente e irregular. Por consiguiente, si se aplica un herbicida preemergente, el suelo debe estar húmedo o debe haber certeza, al menos, de que lloverá poco después de aplicado el producto.

Sucesivas generaciones de malezas emergen durante el ciclo de cultivo. Por lo tanto, una desyerba o una sola aplicación de herbicida no suele ser suficiente para evitar pérdidas de rendimiento.

Una siembra prolija, a profundidad óptima y con distribución uniforme de la semilla, garantiza una buena población de arroz. Estas operaciones aseguran que el follaje del cultivo se “cierre” pronto, dando sombra al suelo e inhibiendo de este modo la emergencia de nuevas malezas.

Cuanto más pronto se “cierre” el cultivo, más corto será el período crítico de competencia con las malezas (ver más adelante).

Se deben evitar las siembras a voleo, porque no son uniformes, y las siembras en que la semilla de arroz quede mal tapada en el suelo. Las malezas crecerán en los espacios que

quedan libres entre las plantas de una población irregular de arroz.

En esos espacios no cayó semilla de arroz o quedó muy enterrada y no pudo emerger.

Los cultivares de arroz que se siembren según esta modalidad del sistema de secano deben ser competitivos.

En este sistema, la competencia arroz/malezas se centra principalmente en la luz. Es deseable, por tanto, que las primeras hojas (u hojas “bajeras”) del cultivar de arroz elegido sean decumbentes para que den un buen sombreado al suelo.

El cultivar debe tener, además, un sistema radical capaz de extraer agua y nutrientes en condiciones limitativas.

La fertilización debe programarse para evitar la proliferación de malezas. La eficiencia de las malezas en la obtención y uso de los nutrientes es notable, como se explicó antes. Puede ocurrir que, de dos cultivos enmalezados, rinda menos el que fue fertilizado y más el que no lo fue (Fischer, 1991).

La rotación de cultivos siempre es útil para manejar malezas, en especial las que son difíciles de controlar en forma selectiva. El grado de drenaje de los suelos determina, en realidad, los cultivos que pueden intervenir en la rotación.

**Arroz de secano en tierras bien drenadas con BF o RS.** En tierras bien drenadas de baja fertilidad (BF) o con riesgo de sequía (RS), las malezas suelen ser un problema muy serio. La competencia por agua, luz y nutrientes se inicia temprano, porque esos recursos no son muy disponibles en este tipo de ambiente.

Las malezas pueden aparecer en tandas sucesivas durante la época de crecimiento del cultivo. El agricultor se ve obligado a hacer desyerbas repetidas.

Si el ambiente es tropical, las malezas de tipo fotosintético C-4, como *Echinochloa* spp., pueden hallarse en ventaja sobre el arroz (una especie C-3). La razón es que en ese ambiente se presentan, por lo regular, períodos de estrés hídrico en los que suelen competir mejor las plantas C-4.

1. **Malezas.** Además de *Echinochloa colona*, algunas de las especies más comunes en este sistema son:

*Rottboellia cochinchinensis*, *Ischaemum rugosum*, *Digitaria sanguinalis*, *Cyperus rotundus*, *Leptochloa* spp., *Cyperus iria*, *Murdannia nudiflora* y *Eclipta alba*.

2. **Manejo.** Se recomiendan las siguientes prácticas:

- Sembrar semilla libre de malezas.
- Las labores de presiembra son esenciales para reducir la presión de las malezas al comienzo del cultivo.
- La siembra uniforme y la emergencia rápida —las plantas provienen de semillas ubicadas a igual profundidad en el suelo— darán por resultado una población de arroz uniforme que sea capaz de:
  - desarrollar rápidamente su follaje;
  - sombrear con sus hojas a las malezas;
  - suprimir el crecimiento de éstas por competencia.
- El cultivo debe ser desyerbado desde la siembra hasta que el follaje del arroz, bien desarrollado, logre cubrir el suelo, inhibiendo así el establecimiento de sucesivas generaciones de malezas. Este momento señala el final del período crítico de competencia (ver más adelante).

Si la siembra se hizo en surcos, es posible hacer escardas mecánicas con tractor. Además, como se dijo antes, es imprescindible desyerbar antes de aplicar un fertilizante para no estimular la competencia de las malezas, sobre todo en las etapas iniciales del cultivo.

- La rotación de cultivos (con sorgo, maíz o soya) es, en general, factible (en suelos bien drenados) y muy recomendable. No sólo permite manejar las malezas sino que ayuda también a conservar los recursos naturales.

## Manejo Integrado de Malezas

La combinación de prácticas agronómicas (curativas y preventivas) que reduzcan la población de malezas a un nivel en que éstas no causen perjuicios económicos (umbral de daño económico) al cultivo es el concepto central en el manejo integrado y sostenible de las malezas.

Tal integración de prácticas permite la diversificación del control de malezas, aspecto

que es fundamental en el manejo de un sistema sostenible.

El empleo continuado, durante meses o años, de una sola práctica de control tiende a desestabilizar un agroecosistema. Tres ejemplos aclaran esta idea:

- Las aplicaciones repetidas de un mismo herbicida pueden favorecer la proliferación de biotipos resistentes a él en especies de malezas que siempre habían sido fácilmente controlables con ese mismo producto.
- El uso continuado del fanguero, aunque permite manejar malezas en cultivos de arroz irrigado, propicia también el deterioro de las condiciones físicas del suelo e incrementa la incidencia de malezas acuáticas.
- El monocultivo intensivo del arroz irrigado en Asia ha ocasionado el estancamiento, o el decrecimiento, de los rendimientos del cultivo.

La integración de prácticas agronómicas es un factor estabilizador en el manejo de las malezas, a condición de que sea eficiente, compatible con el medio ambiente y económica.

## Criterios y experimentos

La integración de prácticas de manejo de malezas (control biológico, preventivo, agronómico, físico o químico) plantea algunos interrogantes clave que intentaremos responder en las secciones siguientes:

1. **Período crítico de competencia.** Para describirlo, se responden dos preguntas:

- ¿En qué momento, durante el ciclo del arroz, hay que iniciar la desyerba?
- ¿Cuánto tiempo es necesario mantener el cultivo desyerbado para evitar pérdidas de rendimiento y de calidad?

El período crítico de competencia puede establecerse mediante un experimento relativamente sencillo (Figura 4-1) que contiene dos series de tratamientos, a saber:

**Serie A.** El cultivo permanece desyerbado, después de su emergencia, durante períodos cada vez más largos. Al final de cada período se permite el desarrollo libre de malezas hasta que termine el ciclo del arroz.

**Serie B.** El cultivo se mantiene enmalezado, después de su emergencia, durante períodos cada vez más largos. Al final de cada período



se desyerban las parcelas y se mantienen así hasta que termine el ciclo del arroz.

Un tratamiento individual consta de una parcela de arroz en que hay desyerba y luego malezas (serie A) o malezas y luego desyerba (serie B).

Todos los tratamientos se cosechan (20 en este caso) y con el peso del arroz cosechado en cada uno se trazan dos curvas: una para la serie A y otra para la serie B (Figura 4-2,A).

Un experimento similar se realizó en el CIAT (en Cali, Colombia) en un lote de arroz irrigado con riego "corrido" (Fischer et al., 1993a). Puesto que faltaba una lámina de agua que inundara permanentemente el campo, generaciones sucesivas de malezas emergieron durante el ciclo de cultivo.

Puede hacerse el experimento con una infestación artificial de malezas (por siembra) que asegure la presencia de poblaciones altas, realmente competitivas para el arroz. Es posible, no obstante, obtener buena

información con la infestación natural de las malezas representativas del agroecosistema que se estudia.

Los resultados de este experimento particular (Figura 4-2,A) indican lo siguiente:

- para evitar pérdidas de rendimiento por competencia, el cultivo debería estar desyerbado desde su emergencia;
- la desyerba debería continuar hasta los 75 u 80 días después de la emergencia;
- en el caso presente, el período crítico de competencia se extendía desde la emergencia del arroz hasta los 75 u 80 días después de la emergencia.

¡IMPORTANTE! En este experimento, la desyerba puede suspenderse desde los 60 días de emergido el arroz ya que éste ha alcanzado, en ese punto, su máxima área foliar.

Se ha "cerrado", por tanto, el follaje sobre el suelo, privando de luz a todas las malezas que

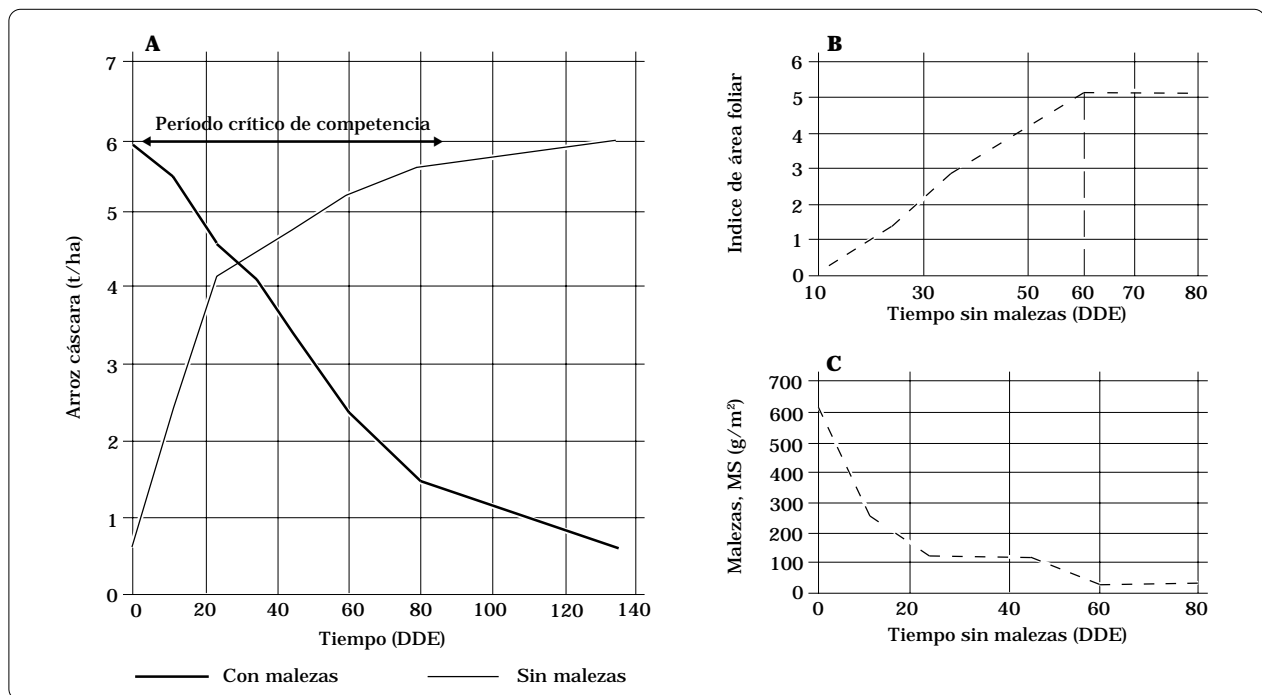


Figura 4-2. (A) Período crítico de competencia entre una población de malezas y un cultivo de arroz, en dos situaciones: primera (curva —), el arroz crece enyerbado (desde su emergencia) durante períodos sucesivamente más largos, al final de los cuales se desyerba para mantenerlo sin malezas hasta la cosecha; segunda (curva —), el arroz crece sin malezas durante períodos iguales a los anteriores, al final de los cuales se permite que crezcan las malezas (éstas aparecerán, por tanto, en cada parcela al cosechar el arroz). (B) Índice de área foliar de un cultivo de arroz que se mantuvo siempre libre de malezas. (C) Malezas recolectadas a la cosecha del arroz en los tratamientos de la curva (ver (A), arriba). DDE = días después de la emergencia. MS = materia seca.

FUENTE: Lozano y Millán, 1993.

emerjan desde ese momento (Figuras 4-2,B y 4-2,C).

2. **Tácticas de manejo.** Establecido ya el período crítico, se estudia el enfoque táctico del manejo con prácticas como las siguientes:

- El laboreo anterior a la siembra es esencial para reducir la infestación temprana de malezas. Se halló, en efecto, que la competencia de las malezas se inicia pronto en el ciclo de cultivo y que el rendimiento se reduce (Figura 4-2,A), aun con períodos muy breves de infestación inicial.
- Si se aplican herbicidas, se justificaría una aplicación en pre-emergencia; la razón es la misma: competencia temprana de las malezas.
- Se debe anticipar el “cierre” del follaje sobre el suelo tanto como sea posible, con el fin de reducir los costos del control de malezas; las prácticas más usadas son:
  - emplear variedades más competitivas, de follaje más denso;
  - incrementar la densidad de siembra.

Conviene recordar que una densidad de siembra muy alta favorece la incidencia de plagas y el acame (o volcamiento) de las plantas.

Para acortar el período crítico de competencia con arroz-malezas, hay que ejecutar bien dos prácticas fundamentales:

- nivelación correcta del terreno;
- lámina de agua que inunde permanentemente el campo y controle las malezas.

### Umbrales de infestación

El estudio de estos umbrales supone una respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué niveles de infestación causan perjuicio económico?
- ¿Cuándo emergen las malezas que más daño causan al arroz?

El criterio del período crítico de competencia, que acabamos de describir, tiene una limitación: funciona para una sola densidad de las malezas que se manejan.

Ahora bien, en la producción comercial de arroz, muchas malezas compiten con el cultivo, es decir, las pérdidas de rendimiento del arroz dependen, en realidad, de un nivel de infestación de malezas.

La primera pregunta (“¿Qué niveles de...”) podrá entonces responderse si podemos predecir las pérdidas de rendimiento (físico o económico) del cultivo, así:

- se hace una evaluación de campo de la población mixta de malezas, es decir, de la mezcla de diversas especies presentes a distintas densidades;
- se evalúa en esa población la densidad (plantas/m<sup>2</sup>) o la presión competitiva de la infestación mixta.

1. **Presión competitiva.** ¿Cómo describir o estimar adecuadamente la presión competitiva de una mezcla de malezas?

En primer lugar, conviene recordar que tanto las especies de malezas como —en cada especie— las plantas de distinta edad y tamaño difieren en competitividad.

Además, al hacer el conteo de las malezas (densidad), se asigna a cada planta igual valor sin tener en cuenta las diferencias en competitividad. Por lo tanto, no es apropiado estimar la presión competitiva de una infestación mixta empleando solamente los datos de densidad de malezas.

En segundo lugar, la presión competitiva de una infestación mixta puede estimarse (según estudios hechos en el CIAT) mediante los tres parámetros siguientes:

Área foliar relativa (AFR), definida así:

$$AFR = AF_{\text{malezas}} / AF_{\text{malezas + cultivo}}$$

Biomasa relativa (BR), definida así:

$$BR = B_{\text{malezas}} / B_{\text{malezas + cultivo}}$$

Cobertura relativa (CR), expresada así:

$$CR = C_{\text{malezas}} / C_{\text{malezas + cultivo}}$$

Este último se obtiene por apreciación visual y, aunque es un criterio subjetivo —válido para cada evaluador— es también un criterio práctico que reduce mucho el error de muestreo.

Estos parámetros relativos tienen la ventaja de estar íntimamente relacionados con la forma en que las plantas se reparten los

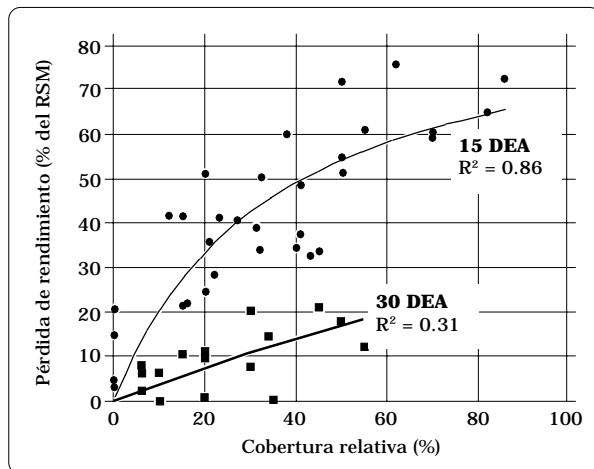


Figura 4-3. Pérdidas de rendimiento del arroz —expresadas como porcentaje del rendimiento obtenido sin malezas, RSM— a diversos niveles de infestación de malezas (varias especies). Las malezas emergieron en dos épocas: 15 y 30 días después de la emergencia del arroz (DEA). La infestación se estimó visualmente según la cobertura relativa. Los niveles de infestación se ajustaron al modelo hipérbólico (ver texto).  
FUENTE: Cousens, 1985.

recursos por los que compiten. El AFR y la CR son particularmente útiles en arroz irrigado porque, en este sistema, las malezas y el cultivo compiten principalmente por luz (Kropff y Spitters, 1990).

Finalmente, se establece una relación entre los niveles de infestación —expresados mediante alguno de los tres parámetros relativos antes descritos— y las pérdidas de rendimiento del cultivo de arroz debidas a esos niveles.

Para hallar esa relación, se monta un experimento de campo y de él se deriva una función de pérdida de rendimiento.

Procedimiento: En un lote donde el arroz comience a emerger, se marcan parcelas de tamaño conveniente (tantas como sea posible) sobre parches homogéneos, pero que tengan distintos niveles de infestación espontánea de malezas.

- El rango de infestación debe ser amplio.
- Se evalúa el nivel de infestación de malezas —empleando alguno de los parámetros relativos— 15 a 20 días después de la emergencia del cultivo.

- Se cosecha el arroz (al final del ciclo de cultivo).
- Se obtiene la **función de pérdida** ajustando, mediante regresión matemática, los niveles de infestación con las pérdidas de rendimiento.

En la Figura 4-3 se presenta una función de pérdida cuando hubo una emergencia temprana de las malezas —o sea, en los primeros 15 días después de emergido el arroz— y otra función cuando la emergencia de las malezas fue tardía —del día 30 después de emergido el arroz en adelante. En esta figura, los niveles de infestación se expresan por medio de la CR.

Hay modelos más sencillos para estimar las pérdidas de rendimiento, tales como las funciones logarítmicas, las funciones inversas y otras.

La hipérbola rectangular de la Figura 4-3 es muy realista, es decir, describe bien los efectos de la competencia, tanto a niveles muy bajos como muy altos. Este modelo hipérbólico corresponde a la siguiente expresión:

$$Y = \frac{i + X}{1 + (i \cdot X/a)}$$

donde: Y = pérdida de rendimiento

X = nivel de infestación

i, a = asintotas para niveles de infestación bajos y altos, respectivamente.

2. **Uso de los datos.** ¿Cómo aplicar ahora la información hasta aquí reunida?

Dado un nivel de infestación en el campo, se consulta la función de pérdida estimada experimentalmente para derivar de ella las siguientes acciones:

- Predecir el nivel —y el valor monetario— de las pérdidas de rendimiento por competencia de las malezas.
- Comparar este valor con el costo de diversas alternativas de manejo de las malezas.
- Seleccionar, según esos datos, la alternativa económicamente más conveniente.
- Decidir si es necesario controlar las malezas de emergencia tardía (ver Figura 4-3).

Cuadro 4-1. Análisis de la conveniencia económica de dos métodos de control de malezas (químico y manual), cuando las malezas han emergido 30 días después del arroz.

Parámetros del control	Método de control		
	Químico		Manual
	Caso 1	Caso 2	
Rendimiento óptimo (sin malezas) que se espera del arroz (kg/ha)	3500	5600	5600
Nivel de infestación <sup>a</sup> (equivalente planta/m <sup>2</sup> )	27	16	23
Pérdida de rendimiento predicha según función de pérdida (%)	7.0	4.5	6.3
Pérdidas en dinero (US\$/ha)	45	45	63
Margen bruto <sup>b</sup>	0	0	0

- a. En este caso, la carga competitiva de la infestación de malezas se expresa como la suma de las densidades ponderadas de las especies de malezas presentes en una infestación mixta; la ponderación consiste en multiplicar la densidad de cada especie por un coeficiente proporcional a su competitividad.
- b. Es la diferencia entre el valor monetario del rendimiento cuya pérdida se evitó y el costo de la alternativa de control —o de manejo— de las malezas empleada para evitar esa pérdida.

FUENTE: Fischer, 1993b.

Cuando una infestación de malezas no presenta la severidad considerada suficiente (en términos económicos) para que su control se haga necesario, este control no se justifica. Se dice entonces que la infestación está por debajo del umbral económico.

Sin embargo, estas pocas malezas que no se controlan producirán semillas y éstas causarán, a largo plazo, dos efectos:

- elevarán el nivel de infestación natural del campo;
- aumentarán, en consecuencia, los costos futuros del manejo de las malezas.

¡IMPORTANTE! Cuando el manejo de las malezas se base en la predicción de pérdidas, es necesario considerar detenidamente sus efectos:

- A largo plazo, por ejemplo, el enriquecimiento de la reserva de semilla de malezas en el suelo.
- En plazos más cortos, los siguientes efectos: las malezas no controladas afectan la sanidad de un cultivo (hospedan plagas), la calidad del grano de arroz, las operaciones de cosecha y el almacenamiento del grano.

En ocasiones, por tanto, se justifica el control de una infestación leve, aunque el método de predicción señale que el valor de ese control supera el de las pérdidas de rendimiento causadas por dicha infestación.

**3. Comparación de controles.** El Cuadro 4-1 compara las ventajas económicas de hacer un control químico o una desyerba manual a una infestación mixta de malezas. Los procedimientos experimentales son semejantes a los ya descritos (estimación de función de pérdida). Consideremos tres casos:

**Caso 1.** Cuando el rendimiento del arroz sin malezas se estima en 3500 kg/ha, el control químico se justifica si la infestación de malezas adquiere una carga competitiva total (CCT) igual o mayor que 27 eq.pl./m<sup>2</sup> (eq.pl. = equivalente planta)<sup>4</sup>.

Cuando la presión de la infestación alcanza una CCT mayor que 27 eq.pl./m<sup>2</sup>, el margen bruto (en la relación beneficio/costo) se volverá positivo.

**Caso 2.** Cuando el rendimiento potencial sin malezas se estima en un valor mayor (5600 kg/ha), el control químico se justifica a partir de una infestación de malezas menor que la anterior ( $\geq 16$  eq.pl./m<sup>2</sup>).

4. El equivalente planta (o fitoequivalente) es la suma de las densidades ponderadas de las especies presentes en una infestación mixta de malezas. La ponderación consiste en multiplicar la densidad de cada especie de maleza por un coeficiente proporcional a su competitividad. Este método se diferencia de otros que también expresan la presión competitiva de una mezcla de malezas.

En esta infestación, el margen bruto es positivo.

**Caso 3.** Dado el mismo rendimiento potencial (5600 kg/ha), la desyerba manual se justificaría —es decir, el beneficio sería mayor que el costo de la desyerba— cuando la infestación alcance una CCT mayor que 23 eq.pl./m<sup>2</sup>.

## Conclusiones

Los métodos que comparan los costos y beneficios del control de malezas permiten al productor de arroz elegir opciones de control para incorporarlas en un programa racional de manejo integrado de malezas.

En la sección anterior comparamos el control químico con el control manual. Se puede estudiar, del mismo modo, la conveniencia económica de hacer una rotación de cultivos, de sembrar semilla certificada, de intensificar la labranza mecánica o de elegir cualquier otra alternativa.

La condición es que se conozca el costo de la alternativa y el valor de la pérdida de rendimiento de arroz que su empleo evitaría. El objetivo es que el manejo de las malezas sea económico y, a la vez, diversificado y sostenible.

Los estudios de competencia entre las malezas y el arroz ayudan en la toma de decisiones; en ésta, la preocupación principal son las pérdidas que se estiman para un ciclo de cultivo, como en el ejemplo presentado.

No obstante, debemos preocuparnos también por los efectos a largo plazo, como el que resulta de no controlar malezas de densidad muy baja cuyo control sea económicamente injustificable.

Las malezas no controladas producirán semillas que enriquecerán la reserva de semilla de esas especies en el suelo.

Los efectos de esta situación pueden evitarse si se justifica el control de las malezas a un nivel de infestación menor que el usualmente recomendado por la función de pérdida correspondiente.

Esto significa hacer descender el umbral de decisión, es decir, el nivel en que los beneficios superan los costos del control.

El criterio económico permite seleccionar opciones de manejo de malezas, entre las cuales

tienen relevancia las que son compatibles con el ambiente y con la salud humana.

La competencia entre malezas y cultivos está fuertemente influida por las características del agroecosistema. Por tal razón, no es aconsejable extrapolar resultados a sistemas diferentes. Además, los estudios de competencia se deben repetir en más de un ciclo agrícola, con el fin de elevar su confiabilidad y conocer los factores ambientales que los modifican.

## Bibliografía

- Ampong-Nyarko, K. y De Datta, S. K. 1991. A handbook for weed control in rice. International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Filipinas.
- Coble, H. D. 1986. Development and implementation of economic thresholds for soybean. En: Frisbie, R. E. y Adkisson, P. L. (eds.). CIPM: Integrated pest management on major agricultural systems. Texas A&M University, College Station, Texas, E. U. p. 295-307.
- Cousens, R. 1985. A simple model relating yield loss to weed density. *Ann. Appl. Biol.* 107:239-252.
- Dilday, R. H.; Nastasi, P.; y Smith Jr., R. J. 1990. Screening for allelopathic activity of rice to aquatic weeds. Twenty-third Rice Technical Working Group. Memorias. Biloxi, Mississippi, E. U. p. 20-21.
- EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina). 1992. Arroz irrigado: recomendações técnicas de pesquisa para o Sul do Brasil. Florianópolis, Brasil. p. 11-12.
- Fischer, A. J. 1991. Manejo integrado de malezas: Implicaciones ambientales, predicción de pérdidas, agronomía y plagas. En: Armenta, J. L. y Castillo, M. (eds.). Mesa redonda sobre protección vegetal. Caribbean Rice International Network (CRIN), Santa Clara, Cuba. 107 p.
- Fischer, A. J.; Ramírez, A.; y Sanint, L. R. 1993a. Yield loss prediction for integrated weed management in direct seeded rice. *Int. J. Pest Manage.* 39(2):175-180.
- Fischer, A. J. y Ramírez, A. 1993b. Mixed-weed infestations: Prediction of losses for economic weed management in rice. *Int. J. Pest Manage.* 39(3):354-357.
- Fischer, A. J.; Granados, E.; y Trujillo, D. 1993b. Propanil resistance in populations of jungle-rice (*Echinochloa colona*) in Colombian rice fields. *Weed Sci.* 41:201-206.

- García, E.; Castro, J. H.; Montealegre, F. A.; Salive, A.; y Rivera, B. 1992. Manejo integrado de las malezas en el cultivo del arroz en Colombia. Unidad de Aprendizaje No. 1. Serie Capacitación en Tecnología de Producción de Arroz producida por CIAT/BID/ICA/FEDEARROZ/Universidad del Tolima. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p.v.
- González, J. 1985. Manejo de las malezas en los arrozales. En: Tascón, E. y García, E. (comps., eds.). Arroz: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Cali, Colombia. p. 445-458.
- Herrera, H.; Cevallos, B.; Zapata, R.; Maldonado, A.; Pino, P.; y Guerra, L. 1991. Principios básicos para el manejo integrado de las malezas del arroz en Ecuador. Unidad de Aprendizaje No. 2. Serie Capacitación en Tecnología de Producción de Arroz producida por CIAT/INIAP/PROTECA/PNAR. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. v.
- Kropff, M. J. y Spitters, C. J. T. 1990. A single model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of weeds. *Weed Res.* 31:97-105.
- Lozano, J. y Millán, J. G. 1993. Período crítico de competencia entre dos variedades de arroz (*Oryza sativa*), Oryzica 1 y CICA 8. Tesis (Ing. Agrón.). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia en Palmira. 151 p. (Multicopiada.)
- Montealegre, F. y Vargas, J. P. 1992. Manejo y caracterización del arroz rojo en Colombia. En: Cuevas-Pérez, F. (ed.). Arroz en América Latina: Mejoramiento, manejo y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Rice Research Institute (IRRI), Cali, Colombia. p. 127-147.
- Moody, K.; Lubigan, R. T.; Munroe, C. E.; y Paller, E. C. 1984. Major weeds of the Philippines. *Weed Science Society of the Philippines*, Los Baños, Filipinas. 328 p.
- Páez, O.; Medina, D. J.; Guerra, J. G.; y Martínez, W. E. 1992. Las malezas y su manejo en el cultivo del arroz en Venezuela. Unidad de Aprendizaje No. 3. Serie Capacitación en Tecnología de Producción de Arroz producida por CIAT/FONAIAP/APROSCELLO/APROSCCELLAC/UNELLEZ. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. v.
- Powell-Anderson, W. 1983. *Weed-Science*. West Publishing Co., Nueva York. 655 p.
- Wilkerson, G. G.; Modena, S. A.; y Coble, H. D. 1991. HERB: Decision model for postemergence weed control in soybean. *Agron. J.* 83:413-417.

# Capítulo 5

## Manejo Integrado de Enfermedades del Arroz

*Fernando Correa*

### Introducción

Las enfermedades son una de las principales limitantes de la productividad del arroz y una causa de la inestabilidad del rendimiento de ese cereal en muchas áreas productoras.

Las variedades de arroz de alto rendimiento se siembran en monocultivo y requieren, además, fertilización con alto contenido de nitrógeno.

Estas dos prácticas agronómicas, principalmente, incrementaron la incidencia y la severidad de enfermedades del arroz que han causado grandes epifitias en los últimos 20 años.

### Manejo de las Enfermedades en el MIP

Los dos métodos más empleados para manejar las enfermedades del arroz han sido los siguientes:

- desarrollo de variedades resistentes al patógeno,
- control químico.

Ahora bien, los costos de producción del arroz han crecido, el comportamiento de las variedades frente a las principales enfermedades ha demostrado ser inestable en repetidas experiencias, y se ha desarrollado una conciencia de conservación del ambiente. Estos hechos han conducido, gradualmente, a la aparición de estrategias de manejo del cultivo más eficientes.

El enfoque lógico de un manejo integrado de enfermedades (MIP) se basa en la comprensión total de las relaciones funcionales que ligan los componentes agroecológicos (suelo, agua, semilla, manejo, etc.). Estos componentes, por su parte, están interconectados y su acción mutua determina el rendimiento del cultivo.

Este enfoque exige que se conozcan tanto la dinámica de poblaciones como la interacción entre los patógenos, el cultivo y el agroecosistema.

Se requiere, por tanto, del esfuerzo coordinado de investigadores de diversas disciplinas para desarrollar un método MIP en un agroecosistema determinado.

### Interacción Cultivo-Patógeno

El desarrollo de un programa para el manejo de las enfermedades de un cultivo se basa, en gran medida, en el conocimiento general adquirido sobre las interacciones entre la planta, el patógeno y el ambiente.

Una vez establecido el programa, el manejo óptimo de una enfermedad dependerá de que se tomen decisiones apropiadas, es decir, que sean viables, tanto en el aspecto biológico como en el económico, y suficientemente precisas, para evitar pérdidas económicas y contaminación excesiva.

### Agroecosistema, factores abióticos y prácticas

Son muchos los componentes de un agroecosistema. Mencionemos, por ejemplo, los cultivos, el clima, los factores edáficos, las plagas y el agricultor.

Los cambios que experimenten los componentes se reflejarán en la comunidad conformada por ellos en el sistema.

El agroecosistema se divide, a su vez, en varios sistemas; por ejemplo, el sistema agrícola y el patosistema. Pese a que están separados por límites claros, estos sistemas interactúan y evolucionan hacia el desarrollo del agroecosistema y, por ende, se afectan mutuamente.

Las formas modernas de cultivo, ya sea la extensiva o intensiva, contribuyen con frecuencia a que el equilibrio biológico del agroecosistema se deteriore.

La función del fitoprotector consiste, por ello, en mantener un estado de equilibrio en el agroecosistema, cuyo dinamismo interno contribuya a optimizar la producción de cultivos.

En muchos agroecosistemas, el desequilibrio inducido por el hombre favorece el desarrollo de epifitias.

Una **epifitia** es un aumento en la intensidad y en el grado de difusión de una enfermedad, en un cultivo y dentro de una región.

La presencia de las epifitias y de los fenómenos que las acompañan dieron origen a la epidemiología. Esta área de la ciencia estudia el desarrollo y la diseminación de las enfermedades, y los factores que afectan estos dos procesos.

**Factores físicos.** Estos son factores abióticos que están estrechamente relacionados con los bióticos y tienen mucha importancia en el manejo de las enfermedades.

La humedad, la temperatura, la aireación, la luz, el pH del suelo y los componentes de la nutrición vegetal son factores fisicoquímicos, que se suelen modificar para dirigir su efecto potencial hacia el óptimo rendimiento de los cultivos.

Una dosis alta de nitrógeno, por ejemplo, puede aumentar el rendimiento de una variedad resistente a piricularia, pero causaría un daño grave en una variedad susceptible a esa enfermedad.

La alteración de la fecha de siembra es una manera de evitar el contacto entre el cultivo y el patógeno.

La quema de los residuos de cosecha y la termoterapia (tratamiento de calor) que se da a la semilla son ejemplos del uso directo o de la modificación de la temperatura para controlar patógenos.

La humedad del suelo y la humedad relativa cumplen una función importante tanto en el desarrollo como en el control de muchos patógenos que habitan en el suelo y en el aire.

El agua que cubre la superficie de las hojas es esencial para la germinación, la penetración en los tejidos y la esporulación o multiplicación posterior de muchos hongos y bacterias que son patogénicos para las plantas de arroz.

**Prácticas agronómicas.** El mantenimiento de una lámina de agua en las parcelas del arroz irrigado puede controlar hongos presentes en el suelo y reducir considerablemente la incidencia de una enfermedad.

Si se eleva, por ejemplo, el nivel de la lámina de agua, se limita el desarrollo de la piricularia de la hoja (en una variedad de riego). En condiciones de secano, en cambio, la enfermedad ataca más fuertemente esa misma variedad u otra diferente.

Las distancias de siembra amplias que se establecen, generalmente, cuando se practica el trasplante, ayudan a disminuir la incidencia de piricularia de la hoja, o cualquier otra enfermedad. Al aumentar la distancia de siembra se consigue modificar, supuestamente, ciertos factores microclimáticos desfavorables al patógeno.

Si la densidad de siembra es alta, las hojas se mantienen húmedas durante largos periodos de tiempo, lo que favorece la aparición de enfermedades foliares. Estas densidades altas son comunes en los sistemas de siembra directa.

Las aplicaciones de nitrógeno amoniacal favorecen la incidencia del añublo de la vaina y de la piricularia de la hoja. Las de nitrógeno en forma de nitrato, en cambio, favorecen en menor incidencia.

La ausencia de elementos como el potasio, el manganeso, el silicio y el magnesio en la savia de las plantas de arroz disminuye el potencial de oxidorreducción de la savia. Este fenómeno está asociado con una alta susceptibilidad del arroz a la helmintosporiosis y otras enfermedades.

Además, se sabe ya que los factores fisicoquímicos que afectan la fisiología de las plantas de arroz las predisponen para contraer tanto estas enfermedades como el manchado del grano.

La **rotación de cultivos** es una práctica que reduce la actividad, la patogénesis y la supervivencia de los hongos del suelo, de los nematodos y de otros patógenos. Ahora bien, para determinar el efecto de una rotación de cultivos, tal como el observado en la asociación pastos-arroz y en la incidencia de cercópodos de los pastos, hay que considerar dos puntos importantes:

- primero, el tipo de patógeno que esté en el suelo y su rango de hospedantes;
- segundo, el tipo de insectos de la zona de cultivo y sus hospedantes alternos.



## Evaluación de Enfermedades en un Cultivo de Arroz

Para tomar decisiones en el manejo de enfermedades, es esencial estimar las pérdidas de rendimiento del cultivo afectado. El estimativo debe ser preciso para que permita la ejecución de acciones de control adecuadas.

Se logra esa precisión con un muestreo eficiente, es decir, que reúna información sobre los siguientes aspectos:

- métodos de evaluación de pérdidas del cultivo;
- métodos de detección y estimación de enfermedades;
- efectos del ambiente en el patógeno;
- hospedantes alternos y vectores;
- estudios de seguimiento ambiental y biológico;
- relaciones de la enfermedad considerada con otras enfermedades u otras plagas de artrópodos.

### Umbrales de decisión

Los datos recogidos indicarán el grado de intensidad o gravedad del ataque del patógeno.

Esta intensidad permite establecer umbrales de decisión para el fitoprotector, es decir, estados de la enfermedad en que es necesario tomar una decisión para controlarla.

**Umbral de alerta.** Este umbral —llamado también umbral de detección— es aquel nivel de incidencia o severidad —o de ambos caracteres— de una enfermedad, que conduce a un estado de alerta como preparación para la acción.

El control de ciertas enfermedades, como la piricularia de la panícula, se inicia antes de detectar su presencia en el cultivo.

Las decisiones sobre este tipo de control se basan en los parámetros fenológicos, ambientales o de tiempo que propician el desarrollo de la enfermedad en las variedades de arroz susceptibles a ella.

**Umbral de acción.** Conocido también como umbral de decisión de aplicar un control, es el estado de la enfermedad en el cual se deben tomar medidas de control para reducir la tasa de progreso de la enfermedad. Haciendo esto, se evita que la enfermedad llegue al umbral de daño antes de la cosecha.

En cultivares de arroz de susceptibilidad alta o moderada a la piricularia de la hoja —y bajo condiciones ambientales que favorezcan continuamente el desarrollo de la enfermedad— el umbral de acción se presenta cuando el 5% del área foliar ha sido afectada por el patógeno en el tiempo comprendido entre la etapa de plántula y la de máximo macollamiento.

Este nivel es producto de la experiencia de los fitopatólogos del CIAT.

**Umbral de daño económico.** Denominado también umbral de pérdida económica por efecto de las enfermedades, se define como el nivel de incidencia o de severidad de una enfermedad en el cual ésta comienza a afectar adversamente el rendimiento del cultivo o la calidad del grano —o ambos parámetros.

El umbral de daño económico está condicionado también por varios factores bióticos y, principalmente, por un factor económico: la relación entre el costo del control de la enfermedad y el precio del arroz producido.

### Características de los umbrales

El establecimiento y la aplicación de estos umbrales o niveles de decisión para el manejo y control de las enfermedades dependen también de tres aspectos:

- el ingreso del agricultor,
- la rentabilidad del cultivo, y
- algunas dificultades de orden fitopatológico.

En realidad, los umbrales son válidos sólo dentro de períodos específicos de desarrollo del cultivo. Ejemplos de esta limitación son:

- El control químico de piricularia del cuello no es económico si el muestreo se hizo 10 días después de la emergencia de las panículas.
- El umbral no es válido si el tiempo que media entre la decisión de controlar una enfermedad en el cultivo y la época de cosecha y venta del producto es largo. Este intervalo de tiempo puede afectar la relación entre el costo del control y la retribución obtenida por un buen rendimiento en ausencia de la enfermedad.

La relación costo/retribución, aunque se ignora con frecuencia, es de gran importancia cuando se toman decisiones para controlar una enfermedad.

Otro factor importante en estas decisiones es el destino que se dará al grano. Si se desea obtener grano de alta calidad, el umbral considerado para el control es diferente del que

se adoptaría cuando el mercado no sanciona la baja calidad del grano.

## Muestreo en el campo

Hay varios aspectos básicos del muestreo de enfermedades en el campo que son comunes al muestreo de insectos plaga.

En términos generales, la medida de una enfermedad es la cuantificación del daño que ésta cause al cultivo. Esta cuantificación puede ser visual o puede hacerse con ayuda de instrumentos.

La estimación visual, auxiliada por un diagrama del área foliar afectada o del tipo de lesión causada, es el método principal para medir tres parámetros de una enfermedad: su incidencia, su intensidad y su severidad.

- La **incidencia** se define como el porcentaje de unidades (plantas infectadas en el número total de unidades estimadas).
- La **intensidad**, por su parte, se mide por el área de tejido vegetal de una unidad de muestreo (hoja, planta) afectada por la enfermedad. Se define, por tanto, como el porcentaje de área afectada (área foliar o de la panícula) respecto al área total (de la hoja, de la planta).
- La **severidad** de una enfermedad es la intensidad con que esa enfermedad afecta toda la población de plantas de un cultivo.

La severidad se expresa, generalmente, como la media de las intensidades medidas en las unidades muestreadas en la población.

La técnica de muestreo para estimar enfermedades en el campo depende, principalmente, de dos factores:

- el objetivo asignado al cultivo (investigación o producción comercial);
- los recursos disponibles (personal, área cultivada, costo del muestreo).
- Para evaluar enfermedades de las plantas, especialmente las que se desarrollan a partir de un área pequeña (un foco) o las que forman un gradiente, se emplea generalmente el muestreo al azar estratificado. En éste, la parcela se divide en varias subparcelas de igual tamaño; en cada subparcela se toma al azar una muestra sencilla cuyo tamaño ya ha sido establecido.

Un ejemplo es el muestreo en etapas. En este método se escogen al azar varios "transectos" o hileras de muestreo, y en cada transecto se

evalúa el mismo número de unidades de muestreo.

El muestreo de enfermedades sirve al investigador o al cultivador de arroz para lograr los siguientes objetivos:

- asignar prioridades de investigación;
- predecir la producción de un cultivo o las posibles pérdidas de éste;
- estudiar el comportamiento de las variedades frente a ciertas enfermedades;
- determinar el efecto de los tratamientos agroquímicos dados al cultivo;
- cuantificar el efecto de los fertilizantes aplicados durante el desarrollo de la enfermedad;
- identificar las fuentes de resistencia a la enfermedad.

El efecto principal del muestreo es, sin embargo, la decisión que se tome de controlar la enfermedad partiendo de la predicción, cualitativa y cuantitativa, de la severidad de la enfermedad. Esta predicción, derivada del mismo muestreo, se expresa en términos de pérdidas del cultivo.

## Medición del daño

**Parámetros.** Son aspectos cuantificables que sirven para medir el efecto de una enfermedad y varían según la naturaleza de ésta. Los más usados son los siguientes:

- número de lesiones;
- tamaño de las lesiones;
- porcentaje de área de tejido afectado;
- número y porcentaje de plantas afectadas; y
- número y porcentaje de panículas afectadas.

Con menor frecuencia se emplean los dos siguientes:

- la curva de progreso de la enfermedad;
- la tasa de infección.

El primer parámetro —tomado en forma vertical, como se hace con el añublo de la vaina— se usa con más frecuencia que el área afectada por la enfermedad (tercero en la lista) porque este último es difícil de medir.

La medición de enfermedades ha progresado considerablemente desde la aparición de las técnicas de sensores remotos, ya que éstas reducen el sesgo y el error introducidos por el observador.

Los sensores remotos se basan en la cantidad o en la intensidad de la radiación electromagnética del objeto, tomada ésta como parámetro de medición.

La medición del daño depende del tamaño de la muestra y del método o procedimiento de muestreo.

**Unidad de muestreo.** Es la entidad vegetal sobre la cual se hace la medición de una característica —ya sea porcentaje de hojas afectadas o número de lesiones— de la enfermedad en cuestión.

La unidad de muestreo puede ser, por tanto, una hoja, una panícula, una macolla, una planta o un grupo de plantas.

**Tamaño de la muestra.** Depende de la variabilidad de la característica que se desea medir y del nivel de precisión que se requiera para estimarla.

En general, una enfermedad no se distribuye uniformemente en la planta o en el cultivo. Si la distribución o incidencia de una enfermedad es baja, se debe tomar un número alto de muestras. Si se desea tener mayor precisión sobre el efecto de una enfermedad, se deben tomar más muestras que cuando ese nivel de precisión es bajo.

Gómez y Gómez (1984) proponen varios métodos para determinar el tamaño apropiado de la muestra.

**Diseño experimental.** Es la forma en que se seleccionan las unidades de muestreo, es decir, es el patrón de muestreo sobre el terreno.

## Dinámica Poblacional

Existen estrategias de manejo que reducen el impacto de las enfermedades. Impiden, en otras palabras, que el daño causado por una enfermedad deprima significativamente la ganancia o el rendimiento esperados del cultivo (Cuadro 5-1).

La tasa de desarrollo de una enfermedad ( $r$ ) durante el período de crecimiento se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \left[ \log_e \left( \frac{x_2}{1 - x_2} \right) - \log_e \left( \frac{x_1}{1 - x_1} \right) \right]$$

donde:

$t_2$  = tiempo final

$t_1$  = tiempo inicial

$x_2$  = severidad de la enfermedad en  $t_2$  (%)

$x_1$  = severidad de la enfermedad en  $t_1$  (%)

La ecuación indica que el desarrollo de la enfermedad en un tiempo determinado está corregido por el porcentaje de tejido sano durante el mismo tiempo.

Las medidas de control procuran reducir, ya sea el inóculo de la enfermedad —es decir, el desarrollo inicial de ésta— o la tasa de desarrollo de la misma.

El efecto que estos métodos generales de control de enfermedades ejercen en los parámetros epidemiológicos y en la dinámica poblacional de los patógenos puede observarse en el Cuadro 5-1.

La tasa de desarrollo de una enfermedad causada por un hongo (o tasa de infección) depende de cuatro factores, que están relacionados con el cultivo:

- Eficiencia de la infección. Este factor se mide en términos de la fracción proporcional de esporas que, habiendo caído en tejido sano, germinan, penetran el tejido y comienzan a colonizarlo para formar nuevas lesiones.
- Período de latencia. Representa el tiempo que tarda una nueva lesión hasta empezar a esporular.
- Intensidad de la esporulación. Este factor, que se mide en las lesiones nuevas, representa el vigor y la cantidad de las esporas producidas.
- Período de esporulación. Es el tiempo durante el cual una lesión produce esporas.

La tasa de infección varía según los hospedantes, el patógeno y los cambios ambientales que se presenten.

Hay dos factores importantes de la dinámica poblacional de una enfermedad, a saber:

- La capacidad de supervivencia saprofítica del inóculo en los residuos de plantas del cultivo anterior.
- La aptitud que tienen los aislamientos de competir con otros de diferente agresividad.

Ahora bien, los cuatro factores antes descritos permiten la manifestación de esta aptitud en diferentes condiciones ambientales.

Cuadro 5-1. Efectos que ejercen las estrategias generales de control de enfermedades en dos parámetros epidemiológicos.

Estrategia o método	Ejerce efecto principal en: <sup>a</sup>	
<b>A. Evadir el patógeno</b>		
1. Elección de la región geográfica	$X_o$	r
2. Elección del sitio de siembra en un área local	$X_o$	r
3. Elección de la fecha de siembra	$X_o$	r
4. Elección del sistema de producción	$X_o$	r
5. Empleo de semilla libre de enfermedades	$X_o$	
6. Modificación de prácticas de cultivo		r
<b>B. Excluir el patógeno</b>		
1. Tratamiento de las semillas	$X_o$	
2. Inspección y certificación	$X_o$	
3. Cuarentena	$X_o$	
4. Control de insectos vectores	$X_o$	r
<b>C. Reducir la población de patógenos</b>		
1. Control biológico de patógenos	$X_o$	
2. Rotación de cultivos	$X_o$	
3. Remoción y destrucción de plantas susceptibles o de partes de plantas infectadas		
a. Raleo	$X_o$	
b. Eliminación de hospederos alternos (malezas u otros)	$X_o$	
c. Sanidad vegetal	$X_o$	
4. Tratamiento térmico o químico a la semilla	$X_o$	
5. Tratamiento al suelo	$X_o$	
<b>D. Proteger la planta</b>		
1. Aplicación de protectores químicos en previsión de la enfermedad	$X_o$	
2. Control de insectos vectores		r
3. Modificación de la nutrición de las plantas		r
<b>E. Usar la resistencia del hospedero</b>		
1. Mejoramiento genético para lograr resistencia		
a. Resistencia del tipo "ausencia de infección"	$X_o$	
b. Resistencia del tipo "desarrollo lento de piricularia"	$X_o$	r
c. Resistencia que combina las indicadas en a y b	$X_o$	r
d. Resistencia de la población		r
2. Resistencia inducida por quimioterapia		r
3. Resistencia inducida por algunos nutrientes		r
<b>F. Aplicar terapia a la semilla enferma</b>		
1. Tratamiento con calor	$X_o$	

a.  $X_o$  = estado de la enfermedad al comienzo del cultivo (el "efecto" sería una reducción); r = tasa de desarrollo de la enfermedad durante el período de crecimiento del cultivo (el "efecto" sería también una disminución).

## Referencia

Gómez, Kwanchai A. y Gómez, A. A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2a. ed. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas. 680 p.