

IICA
F30
11
no. 17



inifap
PRODUCE

1^{er}
Simposium
Internacional
de
ARROZ

Memorias

Curso:

Fundamentos y Tecnologías
para la Producción de Arroz

17

SEPTIEMBRE DE 1998

00006828

**SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y DESARROLLO
RURAL**

SECRETARIO

Ing. Romárico Arroyo Marroquín

SUBSECRETARIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

M.V.Z. Francisco Gurría Treviño

SUBSECRETARIO DE DESARROLLO RURAL

Ing. José Antonio Mendoza Zazueta

SUBSECRETARIO DE PLANEACION

Lic. Andréa Casco Flores

DELEGADO ESTATAL

Ing. Carlos Sedano Rodríguez

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRICOLAS Y PECUARIAS**

DIRECTOR EN JEFE

Ing. Jorge Kondo López

DIRECTOR GENERAL DE COORDINACION Y DESARROLLO

Ing. Manuel de Jesús García López

DIRECTOR DIVISION AGRICOLA

Dr. Rodrigo Avelaño Salazar

DIRECTOR DIVISION PECUARIA

Dr. Heriberto Román Ponce

DIRECTOR DIVISION FORESTAL

Dr. Carlos Rodríguez Franco

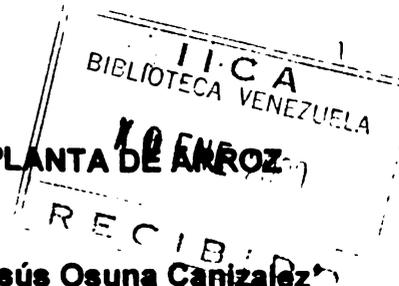
DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACION

Lic. David Vega Osorio

DIRECTOR DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES REGION CENTRO

Dr. Raúl G. Obando Rodríguez

MORFOLOGIA Y ETAPAS DE DESARROLLO DE LA PLANTA DE ARROZ



Felipe de Jesús Osuna Canizález*

Introducción. En términos generales al arroz cultivado se le considera como un pasto anual semiacuático. Algunos investigadores le llaman el "zacate milagroso" por la tremenda importancia que tiene en la alimentación humana y en la economía de los países menos desarrollados de Asia, Africa y América Latina. Podemos entonces considerarlo como un zacate domesticado por el hombre que guarda similitudes con zacates no domesticados.

Es importante conocer la morfología de la planta de arroz en las diversas etapas de su desarrollo, así como poder identificar con certeza dichas etapas, ya que los requerimientos nutrimentales, hídricos y climáticos varían a medida que la planta desarrolla. En consecuencia, el manejo del agua, las dosis y épocas de aplicación de fertilizante, los nutrimentos aplicados, etc. dependerán del estado de desarrollo de la planta.

Por otro lado, el conocimiento de las características morfológicas es necesario en estudios de mejoramiento genético; son requeridos también para la descripción varietal, ya que uno de los requisitos para la liberación de variedades es el de contar con información detallada de los descriptores morfológicos propuestos por organismos como la UPOV (1997); incluso pueden servir para diferenciar a las plantas de arroz con las de algunos pastos de los géneros *Echinochloa* y *Leptochloa*, los cuales en la etapa de plántula presentan sólo algunas diferencias morfológicas sutiles con las plántulas de arroz.

Ciclo de vida y etapas de desarrollo. Las plantas de las variedades cultivadas de arroz completan su ciclo de vida en períodos que van de 3 a 7 meses. Las variedades que alcanzan su maduración en tres meses son consideradas como muy precoces, mientras que aquellas que lo hacen en 7 meses, como es el caso de Morelos A-92 en ciertas condiciones, se consideran muy tardías.

Independientemente de la duración del ciclo, las plantas de arroz pasan por dos etapas secuenciales durante su crecimiento y desarrollo: la etapa vegetativa y la etapa reproductiva. La etapa reproductiva a su vez se divide en las etapas pre-floración y post-floración, conocida esta última como etapa de maduración. El rendimiento potencial de grano se define primariamente en la etapa de pre-floración, pero el rendimiento real finalmente alcanzado se define en la etapa de maduración. Por esta razón, desde el punto de vista agronómico se considera

* Investigador Titular del Programa de Arroz en el Campo Experimental Zacatepec. SAGAR. INIFAP. CIR-Centro.

conveniente dividir el ciclo de vida de la planta de arroz en tres etapas: Vegetativa, Reproductiva y de Maduración.

Etapa vegetativa. Inicia con la germinación de la semilla y termina cuando inicia la formación del primordio panicular. Se caracteriza esencialmente por el amacollamiento activo, el incremento gradual en altura y la emergencia de hojas en intervalos regulares. El amacollamiento (formación de tallos) inicia cuando el tallo principal desarrolla la 5ª. o 6ª. hoja, no antes ni después, ya que existe una sincronización entre la formación de hojas y la formación de tallos como se verá más adelante.

El amacollamiento activo sigue hasta alcanzar un máximo número de tallos, después de lo cual se presenta una reducción en el número de tallos hasta alcanzar un valor constante (Figs. 1 y 2). Algunos de los tallos que sobreviven no llegan a formar una panícula, por lo que son llamados tallos improductivos. En la actualidad, los fitomejoradores del IRRI involucrados en el proyecto de formación de los llamados "super arroces", ponen mucho énfasis en la obtención de variedades con un 100% de tallos productivos (Khush, 1994); sin embargo, algunos investigadores señalan que en las variedades de arroz de temporal es deseable que se tengan algunos tallos improductivos para compensar la eventual pérdida de tallos productivos en condiciones desfavorables (IRRI, 1998).

A la etapa vegetativa se le divide en etapa vegetativa básica y etapa vegetativa retardada o sensible al fotoperiodo. La primera es insensible a la duración del día y termina una vez que la planta puede iniciar la formación del primordio panicular, al presentarse días corto. La etapa vegetativa retardada tiene una duración variable y es la responsable por las diferencias en la duración del ciclo de vida de las variedades fotosensitivas. El ciclo total de desarrollo de Morelos A-92, por ejemplo puede variar de 160 días , en fechas tardías de siembra, a 210 días en fechas tempranas. Termina una vez que las condiciones de duración del día, o más propiamente de la noche, disparan el proceso de formación del primordio panicular. En algunos experimentos en condiciones controladas, se ha logrado mantener la duración de la etapa vegetativa en arroz hasta por un periodo de 12 años. (Vergara y Chang, 1985).

Etapa reproductiva. Esta etapa inicia con la formación del primordio panicular, lo cual generalmente ocurre muy próximo en tiempo al momento de máximo amacollamiento, unos días antes o unos días después. Por lo regular, en las variedades sensibles al fotoperíodo el inicio del primordio panicular se presenta días después del máximo amacollamiento, al término de la fase vegetativa retardada o sensible al fotoperiodo (Vergara y Chang, 1985). La etapa reproductiva se caracteriza por la elongación de los tallos, por la reducción en el número de tallos, por la emergencia de la hoja bandera, por el embuche, por la excerción o emergencia de la panícula y por la floración.

En la mayoría de las variedades, la excreción de la panícula ocurre alrededor de 30 días después del inicio del primordio panicular. En general, la emergencia de la panícula de las diferentes plantas en un campo tarda entre 10 y 14 días, ya que existen diferencias entre tallos de una misma planta y entre plantas dentro del mismo campo. En algunas variedades como Morelos A-92, la excreción de las panículas tarda de 20 a 25 días, lo cual provoca que la maduración final sea muy desuniforme. En cambio, la mayoría de las variedades de la subespecie Japónica tienen como característica una rápida excreción de las panículas, lo cual se refleja en una maduración muy uniforme. Esto tiene una implicación de tipo práctico, ya que en las variedades que completan en corto tiempo la emergencia de las panículas, el grado de madurez de los granos a la cosecha es muy uniforme, lo cual da lugar a mayor recuperación de granos pulidos enteros durante su procesamiento industrial.

A la fase de emergencia de panículas se le conoce también como antesis o floración, ya que esta última ocurre desde el momento mismo en que la panícula emerge, o cuando mucho al día siguiente (Yoshida, 1981). Desde el punto de vista agronómico, y por convención, se considera que la planta se encuentra en la etapa de floración cuando el 50% de las panículas han emergido. En una espiguilla individual, se le conoce como antesis o floración a la serie de eventos que ocurren entre la apertura y el cierre de dicha espiguilla. Al inicio de la antesis, la lema y la palea se abren de la porción del ápice, luego los filamentos se elongan y las anteras emergen de la lema y la palea, después de lo cual las lemas y las paleas se cierran dejando fuera a las anteras.

La dehiscencia de las anteras, con la consecuente liberación de los granos de polen, se da justamente antes o al momento de apertura de la lema y la palea. En consecuencia, muchos granos de polen caen sobre el estigma, razón por la cual el porcentaje de polinización cruzada en arroz es generalmente menor a 1. Los granos de polen son viables por solamente alrededor de 5 minutos después de emerger de la antera, mientras que el estigma puede ser fertilizado durante un periodo de 3 a 7 días.

Etapa de maduración. La fase de maduración sigue a la fertilización de espiguillas (antesis o floración). Agronómicamente se considera que esta etapa se extiende desde la floración hasta el momento en que el grano alcanza su máximo peso. Su duración en los trópicos es más o menos constante, alrededor de 30 días. En las zonas templadas puede durar hasta 65 días. En términos prácticos se le subdivide en las etapas de grano lechoso, masoso, sazón y maduro. Esta fase se caracteriza por la senescencia de las hojas y por el crecimiento del grano, manifestado este por el aumento en tamaño y peso, y por sus cambios de color.

En la Figura 1 se muestran esquemáticamente el ciclo de vida y los eventos más importantes en cada etapa de desarrollo de una variedad tropical con ciclo de 120

días (IRRI, 1998). Las etapas de desarrollo descritas arriba son básicamente las mismas en los sistemas de trasplante y siembra directa. Las diferencias en la duración del ciclo total de vida en una variedad determinada se deben básicamente a la duración de la etapa vegetativa retardada o sensible al fotoperíodo, como ocurre con las variedades Morelos que son altamente fotosensitivas, ya que la duración de las etapas reproductiva y de maduración no varían considerablemente en una condición determinada.

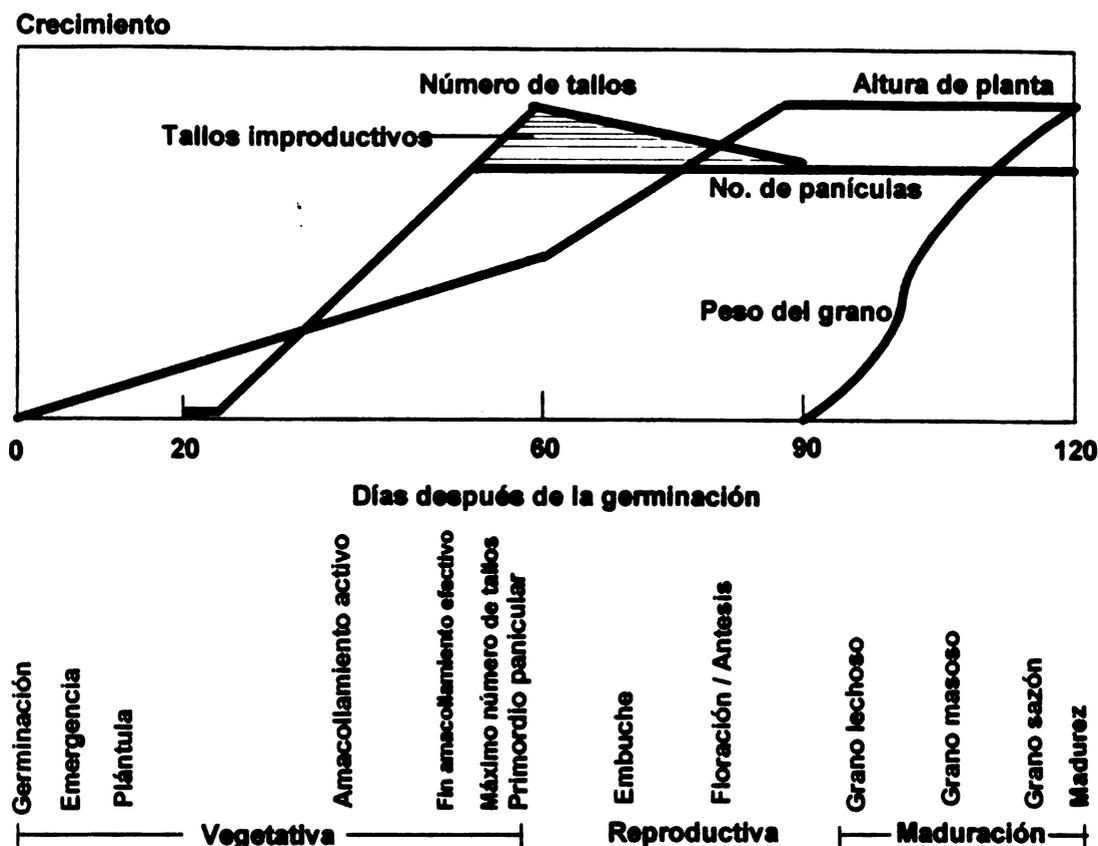


Fig. 1. Ciclo de vida de una variedad de 120 días en condiciones tropicales bajo el sistema de trasplante.

Además de la duración del día, la temperatura, o bien la combinación de duración del día y temperatura (fototermoperiodismo), pueden afectar la duración del ciclo de vida de una variedad dada. Tal es el caso de Humaya A-92, la cual cuando se cultiva en Sinaloa en el ciclo Primavera-Verano alcanza la madurez en alrededor de 150 días, mientras que al ser cultivada en Otoño-Invierno tarda de 180 a 200 días de siembra a cosecha. Esto tiene efectos importantes en la producción de grano, ya que el rendimiento medio de Humaya A-92 en Primavera-Verano es de 5 ton/ha, mientras que en Otoño-Invierno es de 10.5 ton/ha (ASERCA, 1998).

Cuando se compara la dinámica del crecimiento y las etapas del desarrollo de una variedad determinada sembrada directamente y por trasplante, se presentan algunas diferencias como el hecho de que bajo siembra directa el inicio del amacollamiento es más temprano que en trasplante, debido a la ausencia de lo que se conoce como "shock" del trasplante. Esto da lugar también a que, por lo general, el ciclo total de vida de una misma variedad en trasplante sea aproximadamente una semana más largo que en siembra directa. La producción de tallos por planta en siembra directa es de sólo 2 a 5, mientras que en trasplante la misma variedad puede producir de 8 a 20 o más tallos; sin embargo, datos de Morelos A-92, bajo condiciones estándar de manejo, muestran que el número total de tallos o panículas por hectárea en trasplante es de alrededor de 3 millones, mientras que bajo siembra directa regularmente fluctúa alrededor de 3.5 millones, es decir, en siembra directa se tienen menos tallos por planta, pero dado que hay muchas más plantas por hectárea, finalmente se tienen más tallos por unidad de área.

En las páginas siguientes se abordarán algunos aspectos morfológicos y del crecimiento y desarrollo de los órganos y estructuras de la semilla y de la planta de arroz.

Semilla. El ciclo de vida de la planta de arroz inicia con la siembra de la semilla y termina con la recolección del fruto o grano. En términos amplios, el grano y la semilla de arroz forman una unidad. En sentido estricto, el fruto del arroz es una cariopsis (arroz moreno o integral) en la que la semilla se halla fusionada con la pared (pericarpio) del ovario maduro (De Datta, 1981). El grano, comúnmente llamado semilla, consiste en el fruto y su amazón o cubierta (IRRI, 1998). La cubierta del grano está formada por la lema y la palea, y por sus estructuras asociadas, tales como las lemas estériles, el raquis o raquilla, y la arista si es que existe. En los arroces Japónica, además de los componentes anteriores, la cubierta incluye también a las glumas rudimentarias y probablemente una porción del pedicelo (Yoshida, 1981) (Fig. 2). La lema es de mayor tamaño que la palea, posee 5 nervios longitudinales que se extienden de la base hacia el ápice, y cubre alrededor de dos tercios del área superficial del arroz moreno. La palea presenta únicamente tres nervios longitudinales (Chang y Bárdenas, 1965) e invariablemente se localiza al lado opuesto del embrión.

El arroz moreno o integral (cariopsis), está compuesto principalmente por el embrión y el endospermo. La superficie del arroz moreno contiene capas muy finas que cubren al embrión y al endospermo (Fig. 3), como son el pericarpio y el tegumento. Este último es propiamente la cubierta de la semilla.

El endospermo está constituido básicamente por una o más capas de aleurona y por lo que se conoce como la porción almidonosa del mismo, la cual está formada por células de parénquima de pared muy delgada, usualmente elongadas

radialmente y con un alto contenido de gránulos de almidón y algunos cuerpos de proteínas (Juliano, 1972).

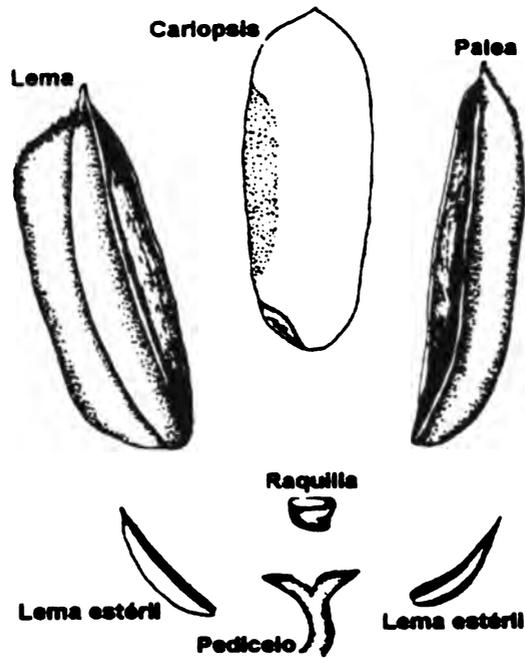


Fig. 2. Partes que componen a un grano de arroz

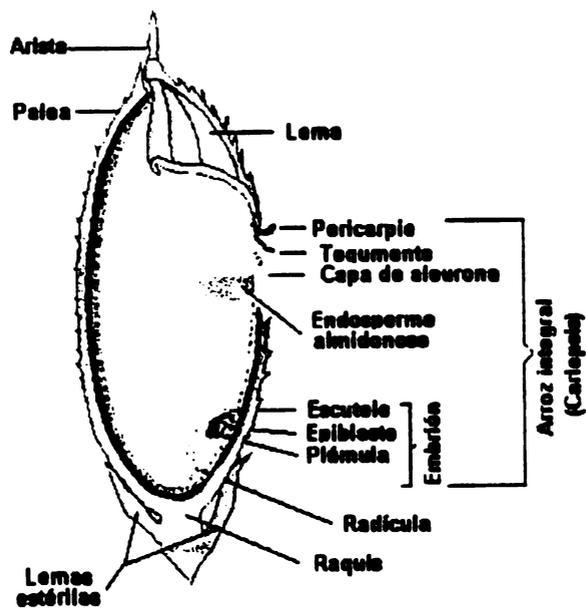


Fig. 3. Corte transversal de un grano de arroz

El embrión o germen es muy pequeño y se localiza en la región ventral de la cariopsis. Está compuesto por las hojas embrionarias (plúmula) y la raíz primaria embrionaria (radícula), los cuales se hallan unidos por el mesocótilo. La plúmula está encerrada en una cubierta protectora de forma cilíndrica. El coleoptilo y la radícula se halla protegidos por una masa de tejido suave llamado coleorriza. La parte externa del embrión se halla cubierta por la capa de aleurona. El coleoptilo está rodeado por el escutelo y el epiblasto (Juliano, 1972).

El peso del grano varía ampliamente entre diferentes variedades y puede ser de 10 a 45 mg por grano al 0% de humedad (IRRI, 1998). En México, las variedades Morelos A-92 y Morelos A-98 tienen el grano de mayor tamaño y peso con 41 mg en promedio al 14% de humedad. El grano de la variedad Humaya A-92 pesa en promedio 25 mg al 14% de humedad, y el de la variedad Animas A-98 es de 24.8 mg, con la misma proporción de humedad. En términos generales, la cascarilla y estructuras asociadas ocupan alrededor de 20% del peso total del grano. Por lo anterior, comúnmente se utiliza 0.8 como factor de conversión del peso de arroz palay a peso de arroz moreno y el factor 1.25 para convertir el peso de arroz moreno a peso de arroz palay.

Después de la siembra de la semilla, en suelo húmedo o en agua, ocurre la germinación. Esta se manifiesta en su mero inicio cuando aparece el ápice blanco del coleoptilo, o de la coleorriza, a la altura del embrión, después de atravesar a la lema alrededor del nervio central. En condiciones de aerobiosis, emerge primero la coleorriza y a través de ella la raíz seminal, pero en condiciones anaeróbicas, saturación de agua, emerge primero el coleoptilo y una vez que este alcanza la zona aireada, emergen la coleorriza y la raíz seminal.

Plántula. Después de la germinación, se considera que la plántula emerge una vez que su ápice o punta sobresale de la superficie del suelo húmedo o del agua. Cuando la semilla se siembra a mucha profundidad, se desarrolla una estructura llamada mesocótilo, el cual empuja hacia arriba al coleoptilo. Después que el coleoptilo emerge, se divide y desarrolla la hoja primaria (Fig. 4).

La hoja primaria aparentemente no tiene lámina y crece alrededor de 2 cm solamente (Fig. 4). La segunda hoja tiene una lámina bien desarrollada y empieza a emerger antes de que la hoja primaria complete su elongación. La tercera hoja y las subsecuentes también emergen antes de que la hoja precedente elongue completamente.

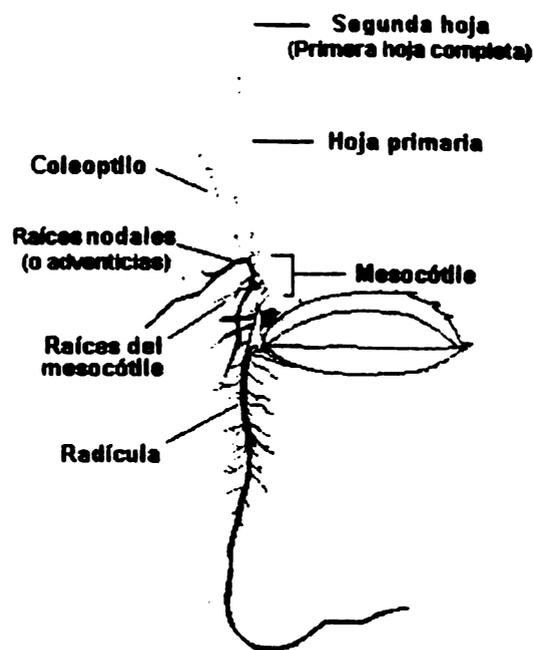


Fig. 4. Plántula de arroz recientemente emergida

Dado que la hoja primaria aparentemente no tiene lámina, algunas veces se le llama "profilo" u hoja incompleta. El crecimiento inicial de la plántula depende casi completamente de la reserva del endospermo, la cual dura aproximadamente tres semanas. Esto se refleja en los suelos de la zona baja arrocera de Morelos en donde las primeras tres semanas después de la emergencia las plántulas presentan un color verde normal, después de lo cual, si no se realizan aplicaciones preventivas de Fe, es común observar los primeros síntomas de clorosis.

La etapa de plántula finaliza cuando emerge la 5ª. hoja en el tallo principal, ya que en ese momento aparece, en el eje de la segunda hoja, la primera hoja del primer tallo primario, es decir, inicia el amacollamiento.

Planta: Desarrollo vegetativo. Existe una sincronización entre la formación y el crecimiento de las hojas de diferentes tallos así como entre la emergencia de las hojas y la formación de los tallos. En términos generales, después de la emergencia de la 5ª. hoja en un tallo x , aparece la primera hoja del nuevo tallo en el eje de la segunda hoja de dicho tallo. La secuencia está dada por $n-3$, en donde n es el número de la hoja del tallo de que se trate. De esta manera, suponiendo una planta en la que emerge la hoja No. 13 del tallo principal, deberá haber en esa planta 40 tallos: 9 primarios, 21 secundarios y 10 terciarios (Yoshida, 1981). Sin embargo, en la práctica esto no siempre ocurre así, ya que

algunas yemas de los tallos no desarrollan, permanecen dormantes. Además, varios factores como la competencia entre plantas, el nivel de radiación solar y otros factores, afectan la formación de tallos.

En la Figura 5 pueden verse las partes que componen a una planta de arroz en la etapa vegetativa. Los tallos están formados por nudos y entrenudos. Generalmente el número de nudos es de 13 a 16, pero solamente en los cuatro o cinco nudos superiores se da la elongación de los entrenudos, que es lo que finalmente determina la altura del tallo y finalmente de la planta. Si bien los tallos se aprecian visualmente como un solo conjunto en la planta, en etapas avanzadas son independientes, ya que cada tallo produce sus propias raíces.

Las hojas están compuestas por la lámina y la vaina. Al punto de unión de la lámina y la vaina se llama comúnmente "collar" y en él se localizan un par de pequeñas estructuras en forma de antenas llamadas aurículas. En algunos pastos de los géneros *Echinochloa* y *Leptochloa*, la ausencia de estos apéndices es prácticamente lo único que permite diferenciarlos de plantas de arroz en etapas tempranas del desarrollo. Por encima de las aurículas se localiza otro pequeño apéndice, muy delgado y de forma variable, llamado lígula.

La planta de arroz desarrolla una radícula o raíz seminal (fig. 5), raíces del mesocótilo y raíces nodales o adventicias (Yoshida, 1981). La radícula es funcional sólo en la etapa de plántula, mientras que las raíces del mesocótilo desarrollan sólo en ciertas condiciones como cuando se siembra muy profundo o mediante tratamiento químico a la semilla. De esta manera, el sistema radical del arroz se compone básicamente de raíces nodales. Cada nudo produce normalmente de 5 a 25 raíces. Las raíces que se forman directamente de los nudos son llamadas primarias, las cuales dan lugar a raíces secundarias y así consecutivamente. Una característica importante de las raíces maduras del arroz es la presencia de grandes espacios de aire, como tubos vacíos, los cuales se hallan conectados con espacios similares del tallo y las hojas (llamados aerénquima), lo que constituye un eficiente conducto para la difusión de aire (O_2) de la parte aérea de la planta hacia la raíz, muy importante sobre todo en condiciones de suelo saturado con poco o nada de oxígeno en el rizoplaneo.

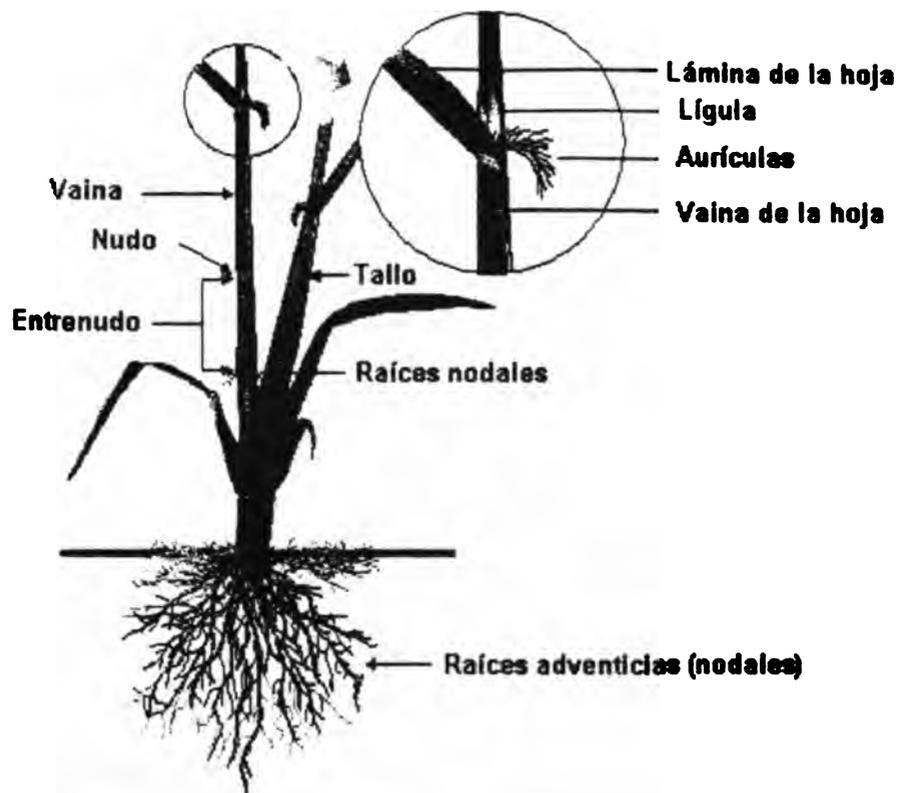


Fig. 5. Organos vegetativos y partes de una planta de arroz.

Como anteriormente se indicó, la planta llega al máximo amacollamiento muy cerca en tiempo al inicio de la formación del primordio panicular, es decir, al inicio de la etapa reproductiva, en la que aparecen nuevos órganos como se verá enseguida.

Planta: Organos reproductivos y maduración. En términos prácticos se considera que la formación de la panícula se inicia cuando esta alcanza alrededor de 1 mm de largo y puede verse a simple vista o mediante una lupa (IRRI, 1998). La detección oportuna del inicio de la panícula es muy importante, ya que en los trópicos es el indicador para realizar la última aplicación de fertilizante nitrogenado. Aplicaciones más tempranas, en relación al inicio del primordio panicular, pueden provocar la formación de un alto número de nuevos tallos que generalmente son improductivos, o que producen panículas extemporáneamente. Cuando la última aplicación de nitrógeno se realiza muy tarde puede provocar infertilidad de las espiguillas, o bien, reducir la eficiencia en el uso del nitrógeno.

Los órganos reproductivos o florales de la planta de arroz están compuestos por una inflorescencia determinada llamada panícula, y por la unidad básica de esta: la espiguilla (Chang y Bárdenas, 1965).

El desarrollo y crecimiento de la panícula inicia con la diferenciación del nudo panicular y finaliza cuando el polen madura completamente. La panícula desarrolla sobre el último entrenudo del tallo, y el grado en que este emerge por encima de la vaina de la hoja bandera es lo que determina lo que se conoce como excreción de la panícula. El nudo casi sólido ubicado entre el entrenudo superior y el eje de la panícula, es propiamente la base de la panícula (Fig. 6). La base de la panícula, llamada también nudo panicular o cuello de la panícula, se usa como punto de referencia para la medición de la altura de la planta o del tallo, y de la longitud de la panícula.

El eje panicular es el eje principal que se extiende de la base de la panícula al ápice. El eje panicular es hueco y continuo, excepto en los puntos de unión de las ramificaciones. Existe una diversidad muy amplia en cuanto a la longitud, forma, número de ramificaciones, peso y densidad de la panícula entre diferentes variedades.

La espiguilla nace sobre el pedicelo, el cual morfológicamente es un pedúnculo (Chang y Bárdenas, 1965). El ápice del pedicelo por debajo de las lemas estériles se expande formando una especie de lóbulo de tamaño, forma y margen variable. Algunos investigadores considera a esta estructura como un par de flores no desarrolladas, de tal manera que son llamadas glumas rudimentarias. La espiguilla consiste de un pequeño eje llamado raquis o raquilla sobre el cual se ubica una florecilla individual en la parte axial de un par de brácteas. El par de brácteas que se localiza en la parte inferior del raquis son siempre estériles, de ahí que se les llame lemas estériles (Fig. 7). Las brácteas superiores, o glumas florales, son la lema y la palea. Al conjunto formado por la lema, la palea y la flor que estas encierran forman lo que se conoce como flósculo.

La flor está constituida por los estambres, el pistilo y los lodículos (Yoshida, 1981). Los seis estambres están compuestos por las anteras divididas en dos celdas, y por el filamento. El pistilo contiene un óvulo. El estilo es corto y sobre él se localiza el estigma plumoso y bifurcado. Los lodículos se localizan en la base del ovario. Durante la antesis, los lodículos se vuelven turgentes y provocan la separación de la lema y la palea, permitiendo a los estambres elongados emerger al exterior del flósculo. Una vez liberados los granos de polen la lema y la palea se cierran de nuevo, dejando fuera a los estambres. La antesis se ha completado.

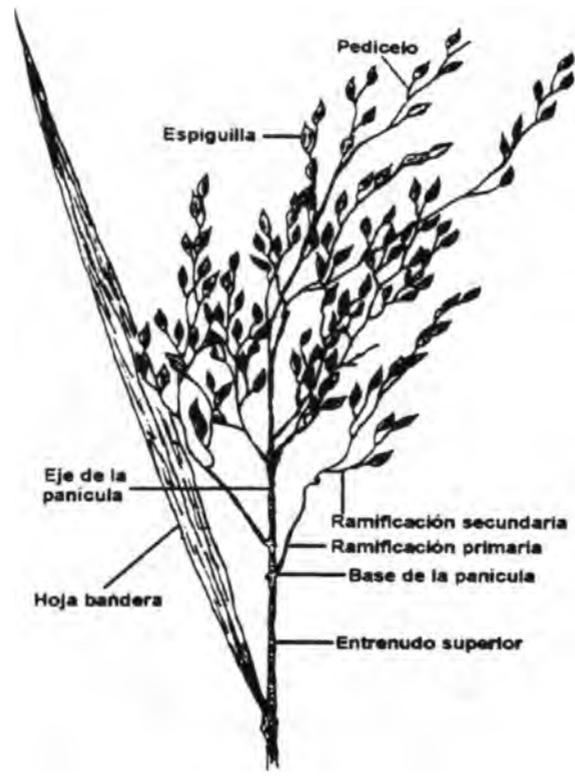


Fig. 6. Partes que componen a la panícula

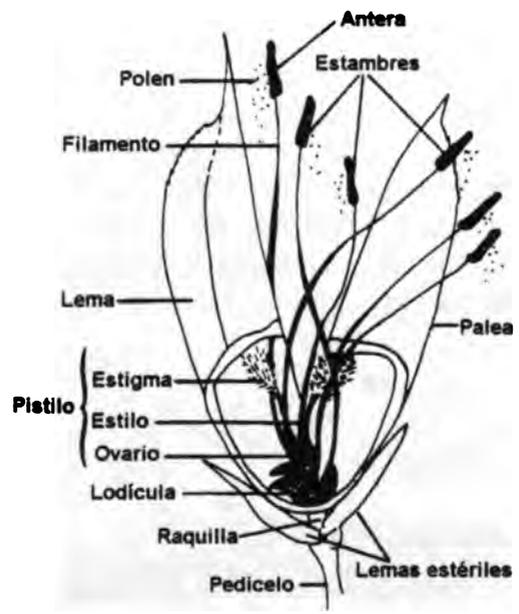


Fig. 7. Partes de una espiguilla

Después de la polinización, inicia la etapa de crecimiento y desarrollo del grano. Al inicio los granos son verdes y a medida que maduran su color vira a tonalidades amarillo-pajizo en la mayor parte de los casos, aunque existen diferencias en coloración entre diferentes variedades. La madurez óptima para la cosecha del grano se considera que es aquella cuando el contenido de humedad del grano se reduce a alrededor del 22%.

Como se comentó anteriormente, en el arroz el grano y la semilla forman una unidad básica, si bien botánicamente son dos cosas diferentes y bien definidas; de esta manera, la segunda parte de este escrito, que inició con la semilla, termina con la cosecha del grano, o de la semilla, según se le vea.

Literatura citada.

ASERCA, 1998. Principales indicadores del cultivo de arroz en los últimos diez ciclos agrícolas en el DDR-Culiacán. (sin publicar) 1p.

Chang, T.T. y E.A. Bárdenas. 1965. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. IRRI. Boletín Técnico No. 4. Los Baños, Filipinas.

De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & sons. Singapur. Pp. 146-172.

IRRI, 1998. The Plant and How It Grows. [Www.riceweb.org/irri](http://www.riceweb.org/irri)

Juliano, B.O. 1972. The rice caryopsis and its composition. pp. 16-74 *In*: D.F. Houston, editor: Rice Chemistry and Technology. American Assoc. Cereal Chemists, Inc. Minnesota, USA.

Khush, S.K. 1994. Increasing the genetic potential of rice: Prospects and approaches. IX Conf. Internacional de Arroz para América Latina y El Caribe. Goiania, Brasil. 12 p.

UPOV (International Union for the Protection of New Varieties). 1997. Rice (*Oryza sativa* L.). Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability. TG/16/4. Génova, Italia.

Vergara, B.S. y T.T. Chang. 1985. The flowering response of the rice plant to photoperiod. IRRI. Los Baños, Filipinas. 4ª. Edición. 61 p.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. IRRI. Los Baños, Filipinas. 269 p.

FACTORES DE CLIMA Y SU EFECTO EN LA PRODUCCION DE ARROZ

Felipe de Jesús Osuna Canizalez*

Introducción. El arroz es originario de algún lugar del Sudeste de Asia aún no conocido con certeza. Después de su domesticación, a lo largo de los siglos fue llevado a prácticamente todos los continentes y, dada su gran adaptabilidad, en la actualidad se le cultiva en latitudes tan extremas como 53° N en el Noreste de China y a 35° S en New South Wales , Australia. Se produce arroz al nivel del mar en muchos países alrededor del mundo, y en altitudes de hasta 2,621 m sobre el nivel del mar (msnm), en el valle de Jumla, Nepal, en las faldas del Himalaya (De Datta, 1981). En cuanto al régimen hídrico, se le cultiva en lugares donde la precipitación anual es menor de 100 mm, como en el oasis Al Hasa en Arabia Saudita, o bien en la costa de Arakan, en Mianmar, donde la precipitación media en el periodo de desarrollo del cultivo es de 5,100 mm, así como en terrenos inundables en donde el nivel del agua puede superar los 3 m.

En México el arroz se cultiva desde el Noroeste, en los Mochis, Sinaloa, y Noreste, en e distrito de riego de Las Animas, en Tamaulipas, hasta el Sureste del país, en Chiapas. La mayor parte del arroz cultivado en el Norte y el Centro, se cultiva en condiciones de riego, bajo siembra directa o trasplante, mientras que la mayoría del arroz que se cultiva en el Sur es de temporal y siembra directa. La altitud de los sitios en los que se produce el arroz en nuestro país van de unos cuantos metros en muchos de los estados productores, hasta 1,400 msnm en Malinalco, estado de México, pasando por altitudes de 800 msnm en Guerrero, y de 900 a 1,300 msnm en Morelos.

Por tradición, al cultivo de arroz se le asocia con lugares muy húmedos, incluso con terrenos inundados; sin embargo, el hecho de que en la actualidad se cultiven alrededor de 17.3 millones de ha de temporal, cerca del 12% del total mundial (IRRI, 1993) habla de lo equivocado de esta concepción. En nuestro país, cerca del 50% de las alrededor de 85,000 ha cultivadas en la actualidad se localizan en áreas temporales.

En un primer nivel, el rendimiento de arroz está en función de complejas interacciones entre el genotipo cultivado y su ambiente, natural o modificado mediante prácticas de manejo. En lo que se refiere al ambiente en general, los factores de clima juegan un papel decisivo en la producción de arroz. La mayoría de los investigadores coinciden en que la temperatura y la radiación solar son los dos factores de clima más importantes; algunos más señalan que una alta disponibilidad de agua es el requisito más crítico (Vargas, 1985). Dada su

* Investigador Titular del Programa de Arroz en el Campo Experimental Zacatepec. SAGAR. INIFAP-CIR-Centro.

importancia, en las páginas siguientes se analizarán los tres elementos por separado.

Temperatura. La temperatura afecta tanto al crecimiento como al desarrollo del arroz. Dado que en muchas ocasiones se utilizan los dos términos como sinónimos, cabe destacar que en este caso al crecimiento se le considera como una medida cuantitativa, es decir, como cambios en tamaño (altura, área, peso o volumen), mientras que al desarrollo se le considera en términos cuantitativos y cualitativos, es decir a los cambios en tamaño y en nivel de especialización.

Anteriormente, y aún ahora, en los libros tradicionales que hablaban de arroz, era común encontrar información acerca de temperaturas óptimas generales para la planta. Esta generalización no es válida, ya que la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de una variedad determinada, está en función de la zona agroecológica para la que fue formada. De esta manera, las variedades tipo Japónica liberadas en Hokkaido, Japón, las cuales están adaptadas para su cultivo a temperaturas muy bajas, tienen requerimientos de temperatura óptima muy por debajo de las variedades tipo Indica que se cultivan en nuestro país, por señalar un ejemplo sencillo. Por esta razón, cuando se les cultiva en Zacatepec, la mayoría de las variedades japonesas aceleran tanto su desarrollo que completan su ciclo pocas semanas después de ser trasplantadas, produciendo sólo pequeñas cantidades de follaje y grano.

La temperatura afecta a la planta de arroz al menos en dos maneras. Primero, se tienen temperaturas críticas bajas o altas que son las que definen en primera instancia los lugares en donde la planta puede completar su ciclo de vida. Segundo, dentro del intervalo de temperaturas críticas baja y alta, la temperatura influye en la tasa de desarrollo de las hojas y de las panículas, y de la tasa de maduración, determinando con ello la duración del crecimiento de una variedad determinada bajo cierto ambiente (Yoshida, 1976).

El tiempo de desarrollo del arroz hasta la etapa de floración está determinado por la temperatura, la duración del día, y la sensibilidad de la planta a los dos factores. Después de la floración, la temperatura es el factor dominante que afecta la duración de la etapa de maduración.

La duración de la etapa de maduración es alrededor de 30 días en los trópicos y de 65 días en las zonas templadas. Algunos autores señalan que esta diferencia se debe a las menores temperaturas prevalentes en las zonas templadas durante la última fase de desarrollo del cultivo (De Datta, 1981; Yoshida, 1976, 1978). A este hecho se le atribuye también el mayor potencial de rendimiento por ciclo al arroz en las zonas templadas, comparado con las zonas cálidas tropicales. Dentro de las áreas tropicales, el arroz cultivado a mayor altitud tiende a ser más productivo que en las áreas bajas (Yoshida, 1978). Esto se observa claramente en nuestro país, ya que las zonas arroceras de mayor rendimiento medio se

En relación a la temperatura crítica alta, el arroz es más susceptible durante la etapa de floración (Satake y Yoshida, 1978) en primer lugar, y en segundo lugar alrededor de 9 días antes de la floración (Yoshida *et al*, 1981). La esterilidad de espiguillas puede ser inducida por la ocurrencia de temperaturas diurnas superiores a 35°C, durante más de 1 hora. La esterilidad puede atribuirse a la perturbación en la dispersión del polen y a las fallas en su germinación, no a la inactivación del pistilo.

La formación de arroces híbridos de dos líneas se basa en la utilización de líneas, llamadas TGMS (esterilidad masculina dependiente de la temperatura), en las cuales las temperaturas entre 23 y 29°C provocan la esterilidad masculina de la flor, facilitando la hibridación del progenitor macho. El problema es que las temperaturas por abajo de 23°C o por arriba de 29°C revierten el proceso, es decir, puede ocurrir la autopolinización (Hernández, 1998; comunicación personal).

Efecto de la temperatura sobre el crecimiento y el rendimiento. Dentro del intervalo de temperaturas altas y bajas, la temperatura afecta el crecimiento y el rendimiento de grano por su efecto en el amacollamiento, en la formación de espiguillas, y en la maduración. Usualmente hay una temperatura óptima para diferentes procesos fisiológicos, lo cual está influenciado por la variedad.

En este sentido, Yoshida (1973) encontró que la tasa de crecimiento de la planta de arroz (variedades Indica) aumentó linealmente con la temperatura dentro del intervalo de 22 a 31°C.

Durante la etapa inicial de crecimiento, de 20 a 35 días después de la siembra, la temperatura afectó sólo levemente el amacollamiento y la tasa relativa de crecimiento, excepto a la temperatura más baja (22°C).

En el mismo estudio se encontró que el efecto de la temperatura sobre el amacollamiento está regulado por la radiación solar incidente. A temperaturas altas se aumentó la tasa de emergencia de las hojas y se tuvo un mayor número de tallos, pero cuando la radiación solar se redujo, algunas de las yemas no desarrollaron en tallos por la falta de carbohidratos.

Se encontró también que durante la fase reproductiva de la planta, el número de espiguillas por planta se incrementó cuando la temperatura disminuyó, lo cual va de acuerdo con lo señalado atrás (ver Cuadro 1).

En general, las variedades de tipo Indica están mejor adaptadas a las altas temperaturas en la etapa de maduración, mientras que las variedades de tipo Japónica requieren bajas temperaturas para una mejor maduración.

localizan en la región central, donde el arroz se cultiva en alturas superiores a 1,000 msnm, y las variedades tienen un ciclo muy largo de desarrollo. La alta radiación solar incidente es otro factor que interacciona positivamente con las bajas temperaturas, pero este factor se abordará más adelante.

Resultados de diversos estudios muestran que la temperatura óptima para el arroz decrece a medida que la etapa de desarrollo avanza de la fase vegetativa a la reproductiva. En una extensiva revisión bibliográfica, Yoshida (1978) sustentó lo anterior, tal como puede apreciarse en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Respuesta de la planta de arroz a la temperatura en diferentes etapas del desarrollo

Etapa de desarrollo	Temperatura crítica (°C)		
	Baja	Alta	Optima
Germinación	16-19	45	18-40
Emergencia y Establecimiento	12-35	35	25-30
Enraizamiento	16	35	25-28
Elongación de hojas	7-12	45	31
Amacollamiento	9-16	33	25-31
Inicio del primordio panicular	15		
Diferenciación de la panícula	15-20	30	
Antesis (floración)	22	35-36	30-33
Maduración	12-18	>30	20-29

Las diferencias tan marcadas para algunas de las temperaturas reportadas puede deberse al hecho de que los ensayos se realizaron con diferentes variedades, tanto en áreas tropicales como templadas. No obstante, la tendencia señalada atrás se aprecia con claridad.

Temperaturas críticas. La temperatura crítica baja normalmente es menor de 20°C y la crítica alta mayor de 30°C; sin embargo, estos valores varían dependiendo de la variedad, de la duración de la temperatura crítica, de los cambios diarios, y del estado fisiológico de la planta (Yoshida, 1981). Por lo anterior, no es posible hablar de una única temperatura crítica, ya sea baja o alta (ver Cuadro 1).

Probablemente la etapa más susceptible a temperatura crítica baja sea la de división reductiva de las células del grano de polen, la cual se presenta alrededor de 9 días antes de floración. La temperatura baja tanto en el día como en la noche aumenta la esterilidad de las espiguillas, y una temperatura media diaria menor a 20°C puede inducir esterilidad.

Temperatura del agua vs temperatura del aire. La temperatura del agua es importante sobre todo en el arroz de riego con inundación permanente a diferentes láminas de agua. El principio básico que determina cuál temperatura, si la del aire o la del agua, afecta más al crecimiento, está relacionado con la posición de los puntos de crecimiento.

En estas condiciones, hasta el inicio del primordio panicular los puntos de crecimiento de las hojas, los tallos y las panículas se encuentran bajo el agua, por lo que la temperatura de esta afecta su crecimiento y desarrollo. La elongación de la hoja y el aumento en altura son afectados tanto por la temperatura del agua como por la del aire, debido presumiblemente a que son completados en la parte aérea.

A medida que la panícula en crecimiento sobresale del nivel del agua, alrededor del estado de división reductiva y posteriormente, el efecto de la temperatura del agua es menor, hasta que eventualmente la temperatura del aire domina y es la que controla el crecimiento de la panícula y la maduración (Tsunoda y Matsushima, 1962) En etapas tempranas del crecimiento, la temperatura del agua afecta al rendimiento por su efecto sobre el número de panículas por planta, el número de espiguillas por panícula y el porcentaje de granos maduros. En etapas tardías, la temperatura del aire afecta al rendimiento de grano por su efecto en el porcentaje de espiguillas infértiles y en el porcentaje de granos maduros.

Los efectos de la temperatura del agua están determinados tanto por su magnitud como por la altura de la lámina libre de agua. En la mayoría de condiciones, la temperatura del agua es mayor que la temperatura del aire, y al aumentar el espesor de la lámina se extiende el tiempo durante el cual la temperatura del agua controla el crecimiento de la panícula. De esta manera, cuando la temperatura del aire cae por debajo del nivel crítico, se puede recurrir a incrementar el espesor de la lámina libre de agua hasta 15-20 cm durante la etapa de división reductiva, previo a la floración, para proteger a la planta contra la esterilidad de espiguillas causada por la baja temperatura del aire (Nishiyama, 1969, mencionado por Yoshida, 1981).

Radiación solar. Según Venkateswarlu y Vísperas (1987) a la agricultura se le puede definir como la explotación de la radiación solar con la ayuda del agua y los nutrimentos. La mayor parte de la energía radiante del sol tiene longitudes de onda entre 0.3 y 3.0 micrones, pero en el proceso fotosintético sólo se utiliza el espectro comprendido entre 0.4 y 0.7 micrones (del azul al rojo), lo que se conoce comúnmente como Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA). Alrededor del 50% de la radiación solar total, tanto en zonas tropicales como templadas, cae dentro de la RFA (Monteith, 1972).

La variación de la duración del día durante el año en un lugar determinado está en función de la latitud en que se ubica. A la altura del Ecuador, prácticamente no existen variaciones en la duración del día a lo largo del año, pero a medida que uno se aleja a mayores latitudes, se establecen diferencias muy grandes en la duración del día en las diferentes estaciones del año, de tal manera que durante el Verano se tienen días muy largos y en el Invierno días muy cortos.

Radiación solar y rendimiento. A nivel mundial, los países con los mayores rendimientos medios de arroz reciben los niveles más altos de radiación solar. Estos países se ubican en zonas templadas y se caracterizan porque durante el periodo de crecimiento del arroz presentan días muy largos y soleados, como es el caso de Australia, Italia, España, Egipto y Estados Unidos (California). Australia, con un rendimiento medio a nivel nacional de 8.2 ton/ha (en un área de 89,000 ha en 1994), posee el rendimiento medio más elevado en el mundo (IRRI, 1994).

En el Cuadro 2 pueden apreciarse los valores de radiación solar incidente en diferentes localidades del mundo ubicadas a diferentes latitudes, incluyendo la localidad de Zacatepec como referencia.

Cuadro 2. Radiación solar (cal/cm² por día) en diferentes localidades.

LOCALIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Griffit, Australia	700	670	520	380	260	250	240	340	460	560	720	710
Milano, Italia	62	133	220	366	493	499	515	430	325	188	84	47
Los Baños, Filip.	336	432	479	568	500	442	402	373	379	363	317	295
Davis, USA	158	256	402	528	636	702	690	611	498	348	216	148
Zacatepec, Méx.	431	487	544	552	546	518	543	538	496	482	445	408

En la mayoría de los países del Sudeste Asiático, como Filipinas, producen arroz durante todo el año. Su clima monzónico se caracteriza por una gran cantidad de días lluviosos o nublados durante la estación húmeda o de lluvias. Durante la llamada estación seca se tienen un número considerablemente menor de días nublados o con lluvia y por lo tanto los niveles de radiación solar son más altos que en la estación húmeda. Los rendimientos en la estación seca son de 30 a 60% más altos que en la estación húmeda (Venkateswarlu y Vísperas, 1987).

En México, el estado de Morelos es el que históricamente posee el mayor nivel de rendimiento medio. En buena medida esto se debe a los altos niveles de radiación solar incidente durante el desarrollo del cultivo, especialmente durante la etapa reproductiva, en la que alta radiación solar es una condición para la obtención de altos rendimientos, como se verá más adelante. Lo anterior se debe a que la cantidad de días nublados es mínima, ya que generalmente llueve por la noche. De esta manera, la radiación solar media mensual en Zacatepec, por

ejemplo, es muy cercana a las 600 cal/cm² por día durante los meses de julio y agosto (Cuadro 2) cuando el cultivo de arroz se encuentra en la etapa reproductiva. Esto combinado con temperaturas descendentes, incluso frescas durante la noche pero sin llegar a valores críticos bajos, permiten que las variedades expresen todo su potencial de rendimiento. En la mayoría de los estados arroceros del Norte y del Sur, ubicados cerca de las costas, a muy baja altitud, los niveles de radiación solar durante la etapa reproductiva fluctúan alrededor de 450 a 500 cal/cm² por día

Radiación solar y etapas de desarrollo. El efecto de la radiación solar sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz depende de la etapa de desarrollo. Estudios en ambientes controlados han permitido definir los requerimientos de radiación solar, por así llamarle, en las diferentes etapas de vida de la planta de arroz. El sombreado durante la etapa vegetativa afecta sólo ligeramente al rendimiento de grano y sus componentes. Durante la etapa reproductiva, el sombreado reduce significativamente el número de espiguillas. Sombreado durante la etapa de maduración se reduce considerablemente el rendimiento de grano debido a la reducción del porcentaje de grano lleno (Yoshida, 1981). En la Figura 1 se puede ver con claridad el efecto de la radiación solar en las diferentes etapas de desarrollo de IR747B2-6, una variedad Indica (Yoshida y Parao, 1976).

¡Error! No hay tópico especificado.

Fig. 1. Efecto de la radiación solar en diferentes etapas de desarrollo sobre el rendimiento de grano.

Interacciones entre la temperatura y la radiación solar. Si el abastecimiento de agua es adecuado, la temperatura y la radiación solar parecen ser los factores predominantes que afectan al rendimiento (Yoshida, 1976). No debe perderse de vista, sin embargo, que los efectos positivos de estos dos importantes factores de clima se manifestarán sólo cuando se cultiva una buena variedad, a la que se aplica un manejo agronómico adecuado, y se controlan oportunamente las plagas y las enfermedades.

Las diferencias en el rendimiento de grano entre las estaciones seca y húmeda de los países tropicales se manifiesta con claridad sólo cuando el índice de área foliar es mayor a 5 o cuando el rendimiento de grano supera las 5 ton/ha (Yoshida, 1976).

Para entender mejor el efecto combinado de la temperatura y de la radiación solar sobre el rendimiento de grano, se anota la siguiente ecuación, que universalmente se acepta puede expresar el rendimiento del cultivo de arroz.

$$\text{Rend. (ton/ha)} = \text{No. granos/m}^2 * \text{peso de mil granos} * \% \text{ de grano lleno} * 10^{-5}$$

El número de espiguillas o granos por m² se determina antes de la floración. El peso de grano y el porcentaje de grano lleno se determinan durante el periodo que va desde el momento justamente previo a la floración hasta la maduración (Yoshida, 1976).

Debido a lo anterior, en muchos estudios se ha encontrado que las condiciones de temperatura y radiación solar durante la etapa reproductiva, explican en buena medida las variaciones en rendimiento de un mismo genotipo en diferentes fechas de siembra o trasplante, o entre diferentes localidades. De la misma manera, se han desarrollado gran cantidad de ecuaciones con las que se pretende predecir los rendimientos usando como variables tanto a la temperatura como a la radiación solar, solas o en combinación (Evans y De Datta, 1979; Yoshida, 1976; Yoshida, 1987; Osuna, 1996).

En las condiciones de Zacatepec, Morelos, Osuna (1996), mediante análisis de regresión, encontró que la radiación solar (Rs) y la temperatura mínima media (tmm) durante el periodo que va de los 20 días previos a la floración hasta floración (ecuación de abajo), así como el de floración hasta 20 días después, explicaron en mayor medida las diferencias en rendimiento de grano de Morelos A-92 y de la línea experimental CAEZ-401 trasplantadas en 5 diferentes fechas. La ecuación de mayor ajuste, con una R² = 0.85 fue la siguiente:

$$\text{Rend. (kg/ha)} = 91660 + 980(Rs) - 78858(tmm) + 1496(tmm^2) - 16751(Rs * tmm)$$

En Morelos A-92 se tuvo una marcada reducción del rendimiento a medida que se trasplantó más tarde, mientras que en la Línea la reducción se dio sobre todo en las dos fechas más tardías. Los componentes del rendimiento número de granos llenos por panícula y el peso del grano fueron los más afectados por los trasplantes tardíos en ambos genotipos.

En la Figura 2 se muestran gráficamente los resultados de un estudio bajo condiciones controladas, de Yoshida y Parao (1976), en los que se puede apreciar con claridad el efecto combinado de la temperatura y la radiación solar sobre lo que ellos llamaron la productividad climática de la Línea IR747B2-6.

¡Error! No hay tópico especificado.

Fig. 2. Efecto de la temperatura y la radiación solar durante los 20 días previos a floración sobre el rendimiento de grano.

El agua y el arroz. Atrás se mencionó que si se cuenta con un abastecimiento suficiente de agua, la temperatura y la radiación solar determinan en buena medida el rendimiento de grano; sin embargo, en condiciones de temporal, si las temperaturas varían dentro del intervalo crítico, la lluvia es probablemente el factor que más limita al rendimiento del arroz (Yoshida, 1981).

A nivel mundial se cultivan 80 millones de hectáreas de arroz en condiciones de riego, el 54% del área arrocera, en las que se produce el 75% del total de grano. Se cultivan también alrededor de 17.3 millones de hectáreas de arroz de temporal, 12% del total cultivado, y contribuye con el 4% de la producción total de grano.

En los países asiáticos se produce poco más del 90% del arroz mundial. En las áreas de riego de estos países predomina la inundación del terreno durante prácticamente todo el ciclo del cultivo. Por ello, cuando hablan de lámina de agua se refieren casi siempre a la profundidad de la lámina de agua libre sobre el terreno, la cual generalmente es mayor a 10 cm. En México, la escasa disponibilidad de agua no permite manejar el agua de esa manera, por lo que los estudios sobre riego en el arroz se enfocan a reducir la lámina de agua utilizada (Osuna *et al*, 1997; Osuna, 1998; Manjarrez y Bueno, 1992; Pacheco, 1994).

Requerimientos de agua del arroz. Para ejemplificar los requerimientos de agua del cultivo de arroz, en el Cuadro 3 se presentan los datos de 43 localidades arroceras en China, Japón, Corea, Filipinas, Vietnam, Tailandia, y Bangladesh (Kung, 1971).

Cuadro 3. Requerimientos de agua del arroz de riego.

Para establecimiento y manejo	
Almácigo	40 mm
Preparación del terreno	200 mm
Riego del cultivo	1,000
Total	1,240 mm
Por pérdidas de agua	
Transpiración	1.5-9.8 mm/día
Evaporación	1.0-6.2 mm/día
Percolación	0.2-15.6 mm/día
Intervalo de pérdida total/día	5.6-20.4 mm/día

Para el establecimiento y manejo del cultivo se requieren un total de 1240 mm. La misma cantidad se obtiene si se considera que el cultivo tiene un ciclo de 5 meses, que el requerimiento mensual de agua es de 20 mm, y que la preparación del terreno demanda 20 mm de agua.

Las pérdidas de agua por percolación son las más variables de todas. El total de pérdida de agua varió de 5.6 a 20.4 mm/día, pero los valores de pérdida de agua más comúnmente observados varían de 6 a 10 mm/día. De esta manera, se requieren en promedio de 180 a 300 cm de agua por mes para tener un cultivo en razonables condiciones (Yoshida, 1981).

Efecto del déficit hídrico en el arroz. El déficit o estrés hídrico en cualquier etapa del desarrollo de la planta puede reducir el rendimiento del arroz. Los síntomas más comunes del déficit hídrico son el enrollamiento de las hojas, su acorchamiento, reducción del amacollamiento, achaparramiento, retraso en la floración, y el llenado incompleto del grano.

La planta de arroz es más susceptible al déficit hídrico, en el intervalo de la etapa de división reductiva a la emergencia de la panícula. Tres días de sequía 11 y 3 días antes de la emergencia de las panículas reduce significativamente el rendimiento debido al alto porcentaje de esterilidad de espiguillas (Yoshida, 1981). Una vez que la esterilidad se presenta, no hay manera de que la planta pueda compensar el menor número de espiguillas infértiles. Por otro lado, el déficit hídrico durante la etapa vegetativa puede reducir la altura, el número de tallos y el área foliar, pero el rendimiento final no se verá afectado por el retraso en el crecimiento si se abastece agua a tiempo para que la planta se recupere antes de floración.

Escasez de agua en México. La escasez de agua para el cultivo de arroz en nuestro país es probablemente el factor limitante más importante en las zonas de riego. El estado de Sonora fue durante varios años en la primera mitad de este siglo, el principal productor de arroz en nuestro país. Debido a la escasez de agua, en los años 50's dejó de cultivarse por completo. Posteriormente, Sinaloa se convirtió en el principal productor de arroz de riego, llegando a cultivarse hasta 110,523 ha en 1985. Debido a una aguda escasez de agua, en el ciclo Primavera-Verano de 1996 no se cultivó una sola hectárea de arroz y en los últimos años se han cultivado menos de 4,000 ha a nivel estatal. En Morelos llegaron a cultivarse hasta 12,000 ha en algunos años de la década de los 60's. Debido al problema de escasez de agua, combinado con el de altos costos de producción, la superficie se redujo paulatinamente hasta estabilizarse alrededor de 3,500 ha en los últimos 5 años.

Lo anterior nos obliga a reforzar los esfuerzos para enfrentar de manera integral el problema de falta de agua. Desde el punto de vista de la investigación, el Campo Experimental Zacatepec ha contribuido con la formación de variedades de ciclo más corto, al pasar de genotipos con 250 días de ciclo de desarrollo en los 50's, a variedades que completan su ciclo en un periodo de 180 días en promedio.

Desde el punto de vista del manejo agronómico, los estudios sobre manejo del agua han permitido generar una tecnología de trasplante o siembra directa en surcos, que permite reducir entre 60 y 70% la lámina requerida sin afectar al rendimiento de las variedades Morelos (Osuna *et al*, 1997; Osuna, 1998); sin embargo, la solución del problema requiere la implementación de medidas globales que ataquen el problema de fondo consistente en la deforestación de las áreas montañosas que abastecen de agua para la recarga de los manantiales en el estado, y mantienen el aforo de los escurrimientos superficiales de los

diferentes ríos que surcan el estado. Deben continuarse también las obras de construcción de plantas tratadoras de aguas negras de origen urbano e industrial, que empezaron a construirse en 1994 y que por alguna razón quedaron inconclusas.

Literatura citada

De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons. Singapur. Pp. 146-172.

Evans, L.T. y S.K. De Datta. 1979. The relation between irradiance and grain yield of irrigated rice in the tropics, as influenced by cultivar, genotype, nitrogen fertilizar application and month of planting. Field Crops Res. 2:1-17.

IRRI, 1993. IRRI Rice Almanac. Los Baños, Laguna, Filipinas. 142 p.

IRRI, 1994. IRRI Rice Facts. Hoja desplegable. Los Baños, Filipinas.

IRRI, 1987. Weather and Rice. Los Baños, Filipinas. 319 p.

Kung, P. 1971. Irrigation agronomy in monsoon Asia. FAO. Roma, Italia.

Manjarrez, J.R. y O.B. Barraza. 1992. Manejo del agua en arroz de riego por siembra directa en el Noroeste de México. Memoria, VIII Conf. Int. del Arroz para América Latina y El Caribe. p. 239 Villahermosa, Tab.

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

Murata, Y. Y S. Matsushima. 1975. Rice. In: L.T. Evans. Editor. Crop Physiology. Cambridge University Press. pp.73-99.

Osuna, C.F.J. 1996. Effect of solar radiation and temperature on rice yields in different planting dates. IRRN 21:2-3. Pp-75-76.

Osuna ,C.F.J., P. Pacheco y O. Uroza. 1997. Trasplante de arroz en surcos y riegos de auxilio. Memorias X Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y El Caribe. Acarigua, Venezuela.

Osuna, C.F.J. 1998. Siembra directa de arroz en surcos y riegos de auxilio. Memoria, I Reunión Internacional del Arroz. La Habana, Cuba. P. 211.

- Pacheco, H.P. 1994. Comparación de los métodos de riego por surcos y por melgas y alternativas de diseño en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis Maestría en Ciencias. CP. Montecillo, Méx.
- Satake, T. y S. Yoshida. 1978. High temperature induced sterility in indica rices at flowering. Jap. J. Crop Sci. 47:6-17.
- Tsunoda, K. y S. Matsushima. 1962. Analysis of yield-determining process and its application to yield prediction and culture improvement of lowland rice. LXII. Effects of irrigation water temperatures under different water depths on the growth, grain yield and yield components of rice. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 31:19-22.
- Vargas, J.P. 1985. El arroz y su medio ambiente. *In: Arroz: Investigación y Producción*. CIAT. Cali, Colombia. pp.19-35.
- Venkateswarlu, B. y R.M. Vísperas. 1987. Solar radiation and rice productivity. IRPS No. 129. IRRI.
- Vergara, B.S. y T.T. Chang. 1985. The flowering response of the rice plant to photoperiod. IRRI. Los Baños, Filipinas. 4ª. Edición. 61 p.
- Yoshida, S. 1976. Rice. *In: P. de T. Alvim y T.T. Kozlowski*. Eds. *Ecophysiology of Tropical Crops*. Pp. 57-87.
- Yoshida, S. 1978. Tropical climate and its influence on rice. IRPS No. 20. IRRI.
- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. IRRI. Los Baños, Filipinas. 269 p.
- Yoshida, S. T. Satake y D.S Mackill. 1981. High temperature stress in rice. IRRI Research Paper Series No. 67. IRRI. Los Baños, Filipinas. 15 p.
- Yoshida, S. 1973. Effects of temperature on growth of the rice plant (*Oryza sativa*) in a controlled environment.. SoilSci. Plant Nutr. 19:229-310.
- Yoshida, S. y F.T. Parao. 1976. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. *In: Climate and Rice*. Pp. 471-494. IRRI. Los Baños, Filipinas.

MANEJO AGRONÓMICO PARA ALTOS RENDIMIENTOS EN EL CULTIVO DE ARROZ

Felipe de Jesús Osuna Canizalez*

Introducción. En todo proceso de producción agrícola se pretende siempre obtener el máximo rendimiento "económico" de las especies cultivadas, lo cual debería hacerse sin descuidar aspectos ambientales o de sostenibilidad, es decir, sin comprometer la posibilidad de seguir produciendo a futuro.

Podemos decir que existen cuatro factores fundamentales que determinan el nivel de rendimiento de los cultivos agrícolas: Genotipo, clima, suelo y manejo agronómico. Estos factores no actúan independientemente, sino que interactúan de manera dinámica. Otros factores bióticos importantes como las malezas, las plagas y las enfermedades, pueden enfrentarse mediante un manejo agronómico adecuado, o bien, a través de la incorporación de genes de resistencia o tolerancia mediante el mejoramiento genético

En una primera instancia el clima determina no sólo el nivel de rendimiento, sino dónde y cuándo puede cultivarse una especie determinada. En las zonas templadas, el arroz se cultiva sólo una vez al año, mientras que en la mayoría de las zonas tropicales del mundo se cultiva arroz durante todo el año. El rendimiento de grano por ciclo en las zonas arroceras templadas por regla general es mayor que en las zonas tropicales. Esto se explica por la mayor duración de las etapas reproductiva y de maduración, aunado a las condiciones más favorables de radiación solar y temperatura en las zonas templadas.

Pero existen otros elementos importantes. En muchas zonas arroceras tropicales predominan suelos altamente degradados debido a los elevados niveles de precipitación. Tal es el caso de los suelos ferralíticos rojos, los cuales tienen bajos niveles de productividad *per se*. Este es un ejemplo de una clara asociación suelo-clima.

El potencial intrínseco de rendimiento del genotipo que se cultive es también determinante del nivel de rendimiento final que puede obtenerse. Las variedades tradicionales de arroz cultivadas en Morelos hasta los años 50's rendían en promedio 4 ton/ha. El rendimiento medio estatal se incrementó hasta 6 ton/ha con Morelos A-70, rendimiento récord para una variedad con tipo de planta tradicional, la cual se cultivó durante más de tres décadas. Con la incorporación de genes de semienanismo, el rendimiento medio se incrementó a 8.6 ton/ha con Morelos A-88 primero y más recientemente con Morelos A-92. A nivel experimental, bajo un

* Investigador Titular del Programa de Arroz en el Campo Experimental Zacatepec. SAGAR. INIFAP-CIR-Centro.

nivel óptimo de manejo agronómico, Morelos A-92 rinde de 4 a 5 ton más de grano/ha que la tradicional Morelos A-70.

Pero el sólo hecho de utilizar una variedad con alto potencial de rendimiento, no es garantía de que este se logre. Se requiere una combinación adecuada de buen manejo agronómico y condiciones favorables de clima. En Morelos se reportan rendimientos a nivel comercial de hasta 16 ton/ha; sin embargo muchos productores andan en el nivel de 7 y 8 ton/ha, lo cual lleva a un rendimiento medio de 8.6 ton/ha. Bajo condiciones similares de buen manejo agronómico, los mayores rendimientos se obtienen invariablemente en las zonas donde se trasplanta temprano, generalmente en la zona alta (>1,000 msnm). En estas condiciones se alarga la etapa vegetativa de Morelos A-92, lo cual posibilita una mayor acumulación de reservas que son aprovechadas posteriormente en las importantes etapas reproductiva y de maduración, las cuales coinciden con los meses de mayor radiación solar en el año, junio-agosto, y fuera ya del periodo de altas temperaturas.

Las ventajas de las siembras tempranas de arroz en Morelos han sido documentadas para todas las variedades liberadas por el Campo Experimental Zacatepec (Barletti, 1956; Cordero, 1990, Osuna, 1996). Desafortunadamente, la reducción en los niveles de agua disponible no permiten la generalización de las siembras o trasplantes tempranos.

Otro ejemplo relacionado a lo anterior es el caso, mencionado con anterioridad (Osuna, 1998), de la variedad Humaya A-92 en Sinaloa. En las siembras de Primavera-Verano se obtienen en promedio 5 ton de grano/ha, mientras que en Otoño-Invierno se alcanza un rendimiento medio de 10.5 ton/ha, debido básicamente al alargamiento de su ciclo y a las mejores condiciones de clima que prevalecen durante las etapas reproductiva y de maduración.

De cualquier manera, aún si se cultiva una variedad con alto potencial de rendimiento, en un buen suelo y bajo condiciones favorables de clima, el rendimiento potencial no se expresará a menos que se realice un manejo agronómico adecuado. El manejo agronómico en este escrito considera no sólo a las actividades propias del manejo en campo del cultivo, sino a todo el sistema productivo, de tal manera que se engloba desde la selección del genotipo más adecuado y de la fecha de establecimiento en la que se tendrán mejores condiciones climáticas, hasta el momento de la cosecha.

Búsqueda del manejo agronómico óptimo. Obviamente no existe un catálogo general de recomendaciones óptimas de manejo para todas las condiciones en que se cultiva arroz. Tan sólo en nuestro país el arroz se cultiva al menos en tres sistemas muy diferentes entre sí, tales como la siembra directa en condiciones de riego en el Centro-Norte, Noroeste y Noreste; la siembra por trasplante bajo riego principalmente en la zona Centro; así como la siembra directa en condiciones de

temporal en el Sureste. Incluso se tiene un cuarto sistema emergente que es el de siembra directa en temporal con riegos de auxilio, practicado sobre todo en Tabasco y Campeche. En cada condición las recomendaciones específicas de manejo agronómico para altos rendimientos serán diferentes, pero existen principios básicos que son aplicables a cualquier situación y son los que se abordan a continuación.

Tomando en cuenta elementos básicos y resultados de ensayos de laboratorio, campo e invernadero, los investigadores arroceros del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), generan recomendaciones de manejo agronómico para cada condición particular, por lo que se sugiere seguir dichas recomendaciones. No obstante lo anterior, en las líneas siguientes se trazarán los aspectos genéricos más importantes del manejo agronómico en arroz y de sus componentes asociados, en la búsqueda de maximizar los rendimientos.

Genotipo. La selección del genotipo debe realizarse tomando en cuenta las recomendaciones de INIFAP, toda vez que los genotipos recomendados, ya sea variedades formadas y liberadas por INIFAP o introducidas, son previamente evaluados bajo condiciones diversas buscando estabilidad de los rendimiento, es decir, que tengan rendimientos aceptables bajo las diferentes condiciones de clima y suelo para las que se recomiendan. En la actualidad se cultivan a nivel comercial alrededor de 12 variedades de arroz, todas formadas y liberadas por INIFAP, excepto Milagro Filipino, la cual fue formada y liberada en 1966 por el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI).

Los programas de mejoramiento genético de arroz del INIFAP trabajan de manera permanente buscando genotipos que superen a los actualmente cultivados en una o más características como pueden ser el mayor rendimiento de grano en campo o en la industria, mayor resistencia a plagas y enfermedades, o mayor adaptación a nuevos sistemas de establecimiento, entre otros.

El nuevo programa de formación de arroces híbridos se plantea como meta para el año 2,000, o los primeros del siglo XXI, liberar lo que sería el primer híbrido mexicano de arroz en la historia, el cual obviamente deberá poseer características superiores a las variedades "convencionales".

Algunas personas todavía piensan que con la simple introducción de materiales, que en otros países tienen un buen rendimiento y características favorables de planta y grano, se pueden obtener nuevos genotipos. La realidad es otra, ya que la obtención de una variedad, y mayormente la de un híbrido, con características superiores es un proceso largo y complicado, que requiere de personal especializado y muchos años de esfuerzo.

Fecha de establecimiento. La selección de la mejor fecha de establecimiento es una decisión muy importante, pero no siempre es posible establecer en la fecha más adecuada, sobre todo en condiciones de temporal, en donde el inicio de las lluvias es el factor determinante. Incluso en condiciones de riego, en ocasiones no es posible establecer en las mejores fechas debido a la escasez de agua. Para ilustrar el efecto de la fecha de establecimiento se presentan gráficamente los resultados de un experimento en Morelos, en el que se evaluó el efecto sobre el rendimiento de 4 fechas de trasplante en tres variedades (Fig. 1).

¡Error! No hay tópico especificado.

Fig. 1. Efecto de la fecha de trasplante sobre el rendimiento de grano de tres variedades de arroz. Cuautla, Mor. 1990.

Para el caso particular de Morelos A-92, Osuna (1996) encontró que los mayores niveles de radiación global durante los 20 días previos y 20 días posteriores a la floración explicaban en gran medida los más altos rendimientos de grano obtenidos en las fechas tempranas.

Otro ejemplo que ilustra claramente el efecto de la fecha, o incluso el ciclo, de establecimiento es el de Humaya A-92, variedad formada por el MC José de Jesús Wong Pérez, la cual en el Valle de Culiacán, Sinaloa, en el ciclo Primavera-Verano presenta un rendimiento medio de 5 ton/ha, mientras que cuando se cultiva en el ciclo Otoño-Invierno alcanza un rendimiento de 10.5 ton/ha.

Densidad de siembra. En siembra directa las densidades recomendadas fluctúan ente 110 y 150 kg de semilla/ha. En la práctica común muchos productores utilizan densidades de siembra que superan los 200 kg de semilla/ha, lo cual no se justifica cuando se utiliza semilla de buena calidad con más del 85% de germinación, como es el requisito de la semilla certificada. Desafortunadamente todavía sigue siendo común el uso de grano como semilla, lo cual, entre otras cosas, tiene las siguientes desventajas: en muchos casos da lugar a bajas densidades de población por los bajos porcentajes de germinación; se dispersa con facilidad el "arroz rojo", una de las principales malezas del arroz cultivado; se pierde la pureza genética de la variedad original y con ello las características propias de la misma. Todo esto ocurrió con la variedad Milagro Filipino, la cual se cultiva en México desde principios de los años 70's, al grado de que en la actualidad existen diversos ecotipos de esta variedad, los cuales difieren en muchas características del genotipo original.

En este sistema es importante que la germinación y el crecimiento inicial del arroz se den a tasas altas para que pueda competir ventajosamente con la maleza. Por esta razón debe evaluarse la conveniencia de aplicar a la semilla algunos tratamientos que le permitan mejorar su establecimiento inicial. Tal es el

caso de las aplicaciones de ácido giberélico, el cual se ha reportado que incrementa tanto la velocidad de germinación como la tasa inicial de crecimiento. Su aplicación es relativamente sencilla y podría llevarse a cabo al momento de que la empresa productora de la semilla realiza los tratamientos convencionales de fungicida, insecticida y colorante.

En el caso de trasplante, las densidades de población son más fáciles de controlar debido a que se trasplanta manualmente. Por regla general, las variedades modernas, como Morelos A-92), con genes de semienanismo incorporados, requieren poblaciones mayores para expresar adecuadamente su potencial de rendimiento (Osuna *et al*, 1994) en comparación con las variedades tradicionales, como Morelos A-70, debido a que aquellas tienen tallos más compactos, hojas más erectas y menor altura, lo que les permite aprovechar mejor la radiación solar aún a mayores densidades.

Control de malezas. Si no se controlan oportunamente, las malezas pueden provocar pérdidas totales de rendimiento. Se estima que la competencia de malezas ocasiona pérdidas de 10% de la producción mundial de arroz (De Datta, 1980, citado por Smith, 1983), es decir, unos 52 millones de toneladas de arroz palay. Tradicionalmente se señala que las malezas compiten con las plantas cultivadas por espacio, luz y nutrimentos. Mucho tiempo se pensó que la competencia era meramente física, pero estudios recientes prueban que los efectos alelopáticos de las hierbas sobre el arroz, juegan un papel primordial en la magnitud de la competencia. De hecho una de las líneas más importantes de investigación en el área de control de malezas del arroz está relacionada con la búsqueda de genotipos de arroz con potencial alelopático (IRRI, 1998) para usarlos como progenitores, o para transferir directamente el gen o genes involucrados en ese carácter, en variedades comerciales, de tal manera que mediante la producción y liberación de estas sustancias por las raíces, puedan las variedades cultivadas eliminar a las malezas que compiten con ellas.

El problema de malezas es mucho mayor en siembra directa que en trasplante, debido a que en trasplante las plantas de arroz llevan una ventaja en el desarrollo por sobre las malezas; además, el arroz recién trasplantado tolera condiciones de inundación, lo cual no puede hacerse en un terreno recién sembrado. Cuando hay suficiente agua disponible puede inundarse el terreno por periodos determinados de tiempo inmediatamente después del trasplante para evitar la germinación de malezas o controlar las ya presentes. Las condiciones de reducción del suelo, derivadas de periodos largos de inundación, son una forma efectiva de control de zacates y de coquillo (*Cyperus rotundus*), los cuales en condiciones aeróbicas pueden constituirse en las malezas más importantes. Algunos investigadores proponen incluso al manejo del agua de riego como el componente principal en las estrategias de control de malezas en siembra directa bajo riego (Cruz, 1998). Desde luego que estas estrategias no son válidas en arroz de siembra directa bajo condiciones de temporal, en donde el problema de

malezas combinado con el de sequía y presencia de enfermedades, vuelven al arroz de temporal altamente vulnerable.

El control químico de malezas en arroz data de los años 40's. Los primeros productos utilizados, a base del ácido 2,4-D, para el control de hoja ancha, y a base de Propanil, para el control de hierbas de hoja angosta, siguen siendo de los principales todavía en nuestros días; sin embargo, debido al uso del Propanil durante tanto tiempo, algunos zacates, especialmente del género *Echinochloa* presentan resistencia a Propanil, lo cual constituye un grave problema ya que dos especies de este pasto, *E. crus-galli* y *E. colona* son consideradas como las 3ª y 4ª "peores" malezas a nivel mundial (Holm, 1969, citado por Matsunaka, 1983). En la Memorias de las conferencias magistrales del Simposium Internacional de Arroz, puede encontrarse un importante trabajo con información actualizada sobre este tema (Valverde, 1998).

En el capítulo siguiente el Dr. Esqueda abordará con mayor amplitud y profundidad el tema de las malezas en el cultivo de arroz. En este apartado se consideró conveniente incluirlo debido a la gran importancia que tiene en la búsqueda de altos rendimientos en arroz.

Fertilización. La planta de arroz requiere de 16 elementos esenciales, o nutrimentos (Arnon y Stout, 1939), al igual que las demás plantas, cultivadas o no. Los elementos en cuestión son: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo), Boro (B), y Cloro (Cl).

Nitrógeno. El nitrógeno es por mucho el nutrimento que regularmente limita los rendimientos. Su alta dinámica en el suelo puede generar pérdidas por lavado de nitratos a estratos profundos del suelo, causando incluso contaminación de acuíferos, o mediante la volatilización de compuestos nitrogenados gaseosos (NH_3 , NO) que también constituyen una fuente de contaminación ambiental ya que están considerados dentro de los gases de invernadero.

En la literatura se reporta que, en promedio, para producir 1 tonelada de arroz palay la planta requiere absorber, 20 kg de nitrógeno, 4 kg de fósforo y 32 kg de potasio (Yoshida, 1983). En las condiciones de Morelos, datos de un ensayo con Morelos A-88 indican que en esta variedad se absorbieron 18.5 kg de nitrógeno por tonelada de grano producida (Osuna, 1991).

La dosis a aplicar de nitrógeno, y de los demás nutrimentos, depende de tres factores fundamentales: la demanda de la planta, el aporte natural del suelo (y del agua de riego), y la eficiencia del fertilizante utilizado.

Si consideramos como constantes al aporte de nitrógeno del suelo y a la eficiencia del fertilizante nitrogenado, entonces la cantidad de nitrógeno que se

debe aplicar dependerá de la demanda de la planta. Por lo tanto, a mayor potencial de rendimiento mayor será la demanda de nitrógeno y de los demás nutrimentos.

Lo anterior se ilustra con los casos de extracción de nitrógeno de Morelos A-70 y Morelos A-92, la primera una variedad tradicional con menor potencial de rendimiento que Morelos A-92, y por lo tanto con una menor extracción de nitrógeno (Fig. 2). Esto se refleja en estudios de respuesta a dosis crecientes de nitrógeno (Fig. 3), en donde se encontró que Morelos A-70 responde a dosis hasta 120 kg de N/ha, mientras que en Morelos A-92 se observa respuesta hasta 180 kg de N/ha.

Existen en el mercado diferentes fertilizantes nitrogenados, pero la Urea (46% N) y el Sulfato de amonio (20.5% N) son los más utilizados. Se estima que más del 75% del arroz cultivado en Asia se fertiliza con Urea (De Datta y Buresh, 1989). En Morelos se hicieron comparaciones de la eficiencia agronómica de la urea y el sulfato de amonio y no se encontraron diferencias importantes (Osuna, 1991). Por esta razón se recomienda el uso de la Urea ya que resulta más barata por unidad de nitrógeno que el sulfato de amonio y el costo del transporte y su manejo se reducen también por su mayor concentración de nitrógeno.

¡Error! No hay tópico especificado.

Fig. 2. Acumulación de nitrógeno en diferentes partes de la planta en dos variedades de arroz de trasplante. Zacatepec, Mor. 1996.

¡Error! No hay tópico especificado.

Fig. 3. Respuesta de dos variedades de arroz de trasplante a diferentes dosis de nitrógeno. Panchimalco, Mor. 1992.

La aplicación fraccionada de nitrógeno es otra práctica muy importante ya que debido a sus posibilidades de pérdida una vez aplicado al suelo, y a la dinámica de la demanda de la planta, por lo general se recomienda fraccionar la dosis total en dos aplicaciones: poco antes o al inicio del amacollamiento y al inicio de la etapa reproductiva (Osuna, 1998); cuando la variedad cultivada es de ciclo muy largo o el suelo es ligero, hasta 3 aplicaciones son recomendables (Prasad y De Datta, 1979). En términos generales en la primera aplicación se sugiere aplicar 2/3 de la dosis total (Osuna, 1996; IRRI, 1989) y el resto se recomienda aplicarlo en la segunda fracción, generalmente al inicio del primordio panicular o unos cuantos días después.

En Louisiana (1989) sugieren aplicar una pequeña fracción de nitrógeno a la siembra, posteriormente, antes del entable permanente de agua aplicar del 60 al 70% de la dosis total, y finalmente al inicio de la panícula aplicar el 20 ó 30%

restante de nitrógeno. En Japón se recomienda la aplicación del N hasta en 5 fracciones (Mukaigawara, 1993), incluyendo hasta 3 aplicaciones en la etapa reproductiva. Estudios en Zacatepec mostraron que en las variedades Morelos no se justifica aplicar el nitrógeno en más de dos fracciones. Esto puede explicarse por el hecho de que en Japón, la duración de la etapa de maduración puede extenderse hasta por 65 días, comparado con una duración de aproximadamente 30 días en el caso de nuestras variedades (Osuna, 1998).

Fósforo y Potasio. En lo que se refiere al fósforo y el potasio, los requerimientos de la planta de arroz son menores en comparación con el nitrógeno. Una revisión de las dosis de fertilizante recomendadas para arroz en diversas partes del mundo, corrobora lo anterior (Louisiana, 1987; IRRI, Arkansas). La excepción que confirma la regla se presenta en los suelos derivados de cenizas volcánicas, en los que se presentan altas tasas de fijación de fósforo y por lo general se requiere aplicar dosis muy altas de este nutrimento.

En cuanto a su oportunidad de aplicación, por lo regular se sugiere adicionarlos junto con la primera fracción de nitrógeno, es decir, al inicio del amacollamiento.

Otros nutrimentos. En relación a otros nutrimentos, sólo en condiciones muy particulares se recomienda su aplicación. Por ejemplo, en la zona baja arroceras de Morelos predominan suelos "calichosos", con altas concentraciones de bicarbonatos y valores de pH de 7.9 a 8. En estas condiciones es común que se presenten síntomas de clorosis por deficiencia de Hierro, razón por la que se sugiere aplicar sulfato ferroso al follaje en concentraciones de 3%.

En el Valle de Culiacán se presentan condiciones de suelo similares a las de Morelos. Se recomienda hacer aspersiones de sulfato ferroso al follaje en concentraciones de 3%, o bien, acidificar el suelo mediante la aplicación de 500 kg de azufre agrícola/ha si el pH es alrededor de 7.5, o de 1 ton/ha si el pH es igual o mayor de 8 (Armenta *et al*, 1984). Con estas medidas se resuelve el problema indirectamente, mediante la reducción del pH del suelo. Dado que en estos casos no se trata de una deficiencia absoluta, ya que el micronutrimento está presente en el suelo, sólo que en formas no aprovechables, lo que se recomienda es la formación de variedades que tengan la capacidad de tomar al nutrimento aún en esas condiciones.

En algunos lugares en donde se cultiva arroz en suelos alcalinos, se reportan deficiencias de Zinc (Univ. Estatal de Louisiana, 1987; Univ. de Arkansas, 1985; De Datta, 1981). De Datta (1981) menciona que después del nitrógeno y el fósforo, la deficiencia de zinc es la que mayormente limita los rendimientos. Lo mismo se reporta en las zonas arroceras del Este de los Estados Unidos. En la zona central de Arkansas, en arroz de siembra directa, se sugieren aplicaciones de 1.1 a 11 kg de Zinc/ha, mientras que en Louisiana sugieren de 4.5 a 9 kg de zinc/ha. En arroz de trasplante se ha encontrado buena respuesta mediante la

inmersión, previo al trasplante, de las raíces o de toda la plántula, en suspensiones de 1 a 2% de ZnO, o bien mediante aplicaciones al suelo de 10 y hasta 100 kg de zinc/ha durante la preparación del terreno.

Control de plagas y enfermedades. El adecuado control de plagas y enfermedades es otro requisito importante para poder obtener altos rendimientos. En nuestro país, dado que la producción de arroz no se realiza de manera tan intensiva ni data de tanto tiempo atrás como ocurre por ejemplo en los países del Sudeste de Asia, los problemas de plagas y enfermedades no son tan severos. Como referencia consúltese el trabajo de Pinnschmidt *et al*, (1994), quienes reportan datos de un sondeo realizado en Vietnam y Tailandia, en el que encontraron los siguientes problemas de tipo biótico: Alta presencia y severidad de "panícula sucia" e infestación de malezas, niveles notables de escaldado de la hoja, mancha café, rayado rojizo de las hojas, pudrición radical, añublo o pudrición de la vaina, daños por enrollador de la hoja y presencia de "panículas blancas" por ataque de barrenadores, además de decoloraciones, sobre todo en panículas, causadas por insectos chupadores, tallos dañados por ataque de ratas y otras plagas, así como daños en los almácigos debido al ataque de trips y/o grillos. Esta problemática de carácter biótico se complica todavía más al combinarse con una serie de factores adversos de suelo y clima.

El México el problema de enfermedades en el arroz es más severo en condiciones de temporal. Para esas condiciones, la búsqueda de los llamados genotipos RHS, resistentes al déficit hídrico y a las enfermedades, es fundamental. En arroz de temporal, al igual que en arroz de riego, la enfermedad conocida como "quema del arroz", causada por el hongo *Magnaporthe grisea*, conocido antes como *Pyricularia oryzae*, es la más importante. Afortunadamente la mayoría de las variedades de arroz recientemente liberadas en México presentan diversos grados de resistencia a este patógeno.

Rendimiento potencial máximo del arroz. Durante mucho tiempo se ha tratado de establecer hasta dónde puede llegar el rendimiento de grano del arroz. El rendimiento máximo reportado en la literatura es de 13.2 ton/ha en Japón y de 17.8 ton/ha en la India (Yoshida, 1983). En Morelos se han obtenido hasta 16 ton/ha.

Utilizando modelos de simulación, se han calculado rendimientos potenciales máximos de hasta 27 ton/ha en regiones templadas y de 18.5 ton/ha en condiciones tropicales, asumiendo en ambos casos que la radiación solar incidente en el periodo de llenado del grano es de 600 cal/cm² por día y que la eficiencia fotosintética es de 3.5% (IRRI, 1977), un valor que implica niveles muy altos de eficiencia. Con niveles de 500 cal/cm² por día, y los mismos valores de eficiencia fotosintética, los rendimientos máximos estimados son de 22 ton/ha en zonas templadas y de 15.5 ton/ha en zonas tropicales.

La fórmula utilizada para las estimaciones de rendimiento máximo se deriva de la misma que se emplea para estimar la eficiencia fotosintética (Yoshida, 1981). La ecuación es la siguiente:

$$\text{Rend. Máximo}^1 = \frac{E\mu \times T \times \bar{S}}{K} \times 10^4 \times \frac{10^4}{10^6} \times \frac{1}{0.8} \times \frac{1}{0.86}$$

¹Ton/ha al 14% de humedad, en donde:

$E\mu$ = Eficiencia fotosintética

T = número de días del periodo efectivo de llenado del grano

\bar{S} = Radiación solar incidente diaria (cal/cm² por día)

K = calor de combustión (cal/g)

** Las cantidades que siguen se usan para ajustar el peso, el área, la relación cascarilla/cariopsis y el contenido de humedad.

En las condiciones de Zacatepec, Morelos, se tienen niveles de radiación solar incidente de 543 cal/cm² por día en julio a 482 cal/cm² por día en octubre, periodo en el que se presenta el periodo efectivo de llenado del grano en la mayoría de las siembras. Considerando una radiación solar incidente promedio de 500 cal/cm², un periodo de llenado efectivo del grano de 30 días, y una eficiencia fotosintética de 3.5%, el rendimiento máximo de Morelos A-92 en Zacatepec sería alrededor de 19 ton/ha.

En un estudio de regionalización del cultivo de arroz en Morelos, Ornelas (1992) aplicó el método propuesto por la FAO (1978), modificado por García (1988), con el cual estimó, en áreas con buena productividad, clasificadas como Muy Aptas, rendimientos máximos potenciales de 17.1 ton/ha y en áreas de mediana productividad (Aptas) un rendimiento potencial máximo de 14.2 ton/ha. Los rendimientos máximos se estimaron suponiendo ausencia de limitantes edáficas, tomando en cuenta sólo los regímenes de temperatura y radiación solar. La fórmula global con la que se estiman los rendimientos máximos es la siguiente:

$$\text{REAA} = \text{BN} \times \text{IC}$$

En la que, REAA = Rendimiento aprovechable máximo sin restricciones

BN = Producción de biomasa neta

IC = Índice de cosecha

Literatura citada

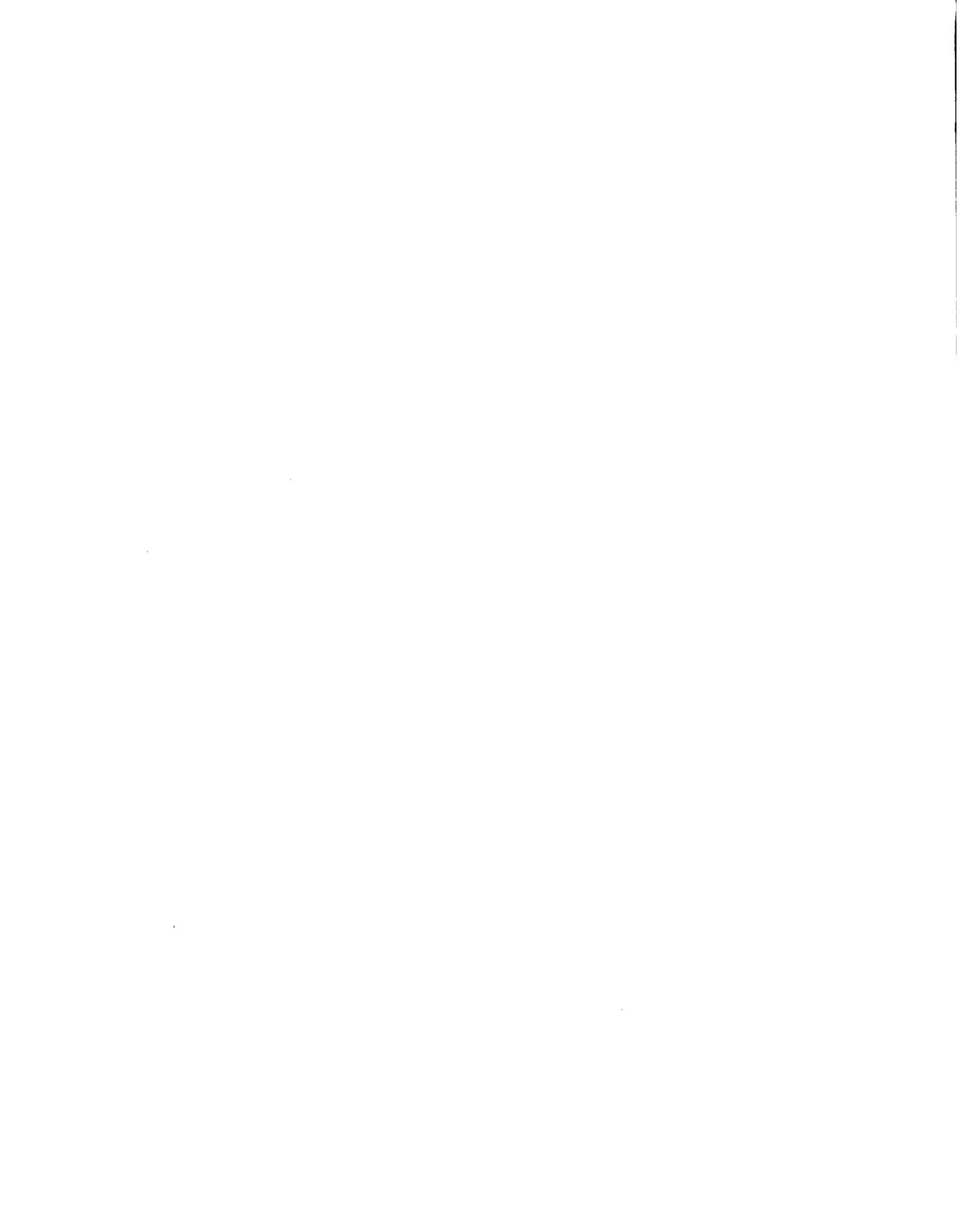
- Armenta, S.J.L., R. Castañeda, R. Leyva, S. Medina, O. Bueno, y J.J. Wong, 1984. Cómo cultivar arroz en los valles de Culiacán y San Lorenzo. Folleto para productores No. 16. Campo Exp. Valle Culiacán. SAGAR. INIFAP. 19 p.
- Arnon, D.I. y P.R. Stout. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Phys.* 14:371-375.
- Barletti, T.E. 1956. Jojutla Mejorado, una nueva variedad de arroz para el Estado de Morelos. Folleto de Divulgación. Campo Experimental Zacatepec. SAG. IIA. 41 p.
- Cordero, P.J. 1990. Efecto de la fecha de trasplante sobre el rendimiento de las variedades Morelos A-70, Morelos A-83 y Morelos A-88. Campo Experimental Zacatepec (sin publicar).
- Cruz, E.F. 1998. Tecnología de cultivo del arroz sin aplicación de herbicida. Memorias de la I Reunión Internacional de Arroz. La Habana, Cuba. pp. 209-210.
- De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons. Singapur. pp. 146-172.
- De Datta, S.K. y R.J. Buresh, 1989. Integrated nitrogen management in irrigated rice. *Adv. Soil Science.* 10:143-169.
- Fassbender, W.H. 1980. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José, Costa Rica. 398 p.
- IRRI, 1998. Allelopathic Abstracts. www.riceweb.org (mayo).
- IRRI, 1989. The second international trial on integrated use of inorganic and organic nitrogen fertilizers in irrigated lowland rice. Los Baños, Filipinas.
- IRRI, 1977. Annual report for 1996. Los Baños, Filipinas.
- Louisiana State University, 1987. Rice Production Handbook. LSU-Agricultural Center. Louisiana, USA. 63 p.

- Matsunaka, S. 1983. Evolution of rice weed control practices and research: World perspective. *In: Weed control in rice*. IRRI. Los Baños, Filipinas. pp. 5-17.
- Mukaigawara, M. 1993. Mejoramiento de la fertilización del cultivo de arroz en el estado de Morelos. Folleto técnico #12. Campo Experimental Zacatepec. SARH, INIFAP-JICA. 33 p.
- Ornelas, R.F. 1992. Informe 1991 del Programa de Agroclimatología, Proyecto de Regionalización Agrícola. Campo Experimental Zacatepec. SAGAR. INIFAP. 62 p.
- Osuna, C.F.J., A. Turrent, y R. Moreno. 1994. Respuesta de la nueva variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) Morelos A-92 a la densidad de población, a la fertilización y a la fecha de trasplante en condiciones de riego, en dos localidades del estado de Morelos. *TERRA* 12(2):225-239.
- Osuna, C.F.J. 1991. Informe 1990 de actividades de investigación, Area de Agronomía del Programa de Arroz. Campo Experimental Zacatepec. SAGAR, INIFAP. 53 p.
- Osuna, C.F.J. 1998. Morfología y etapas de desarrollo de la planta de arroz. *In: Fundamentos y tecnologías para la producción de arroz*. Memorias del Curso. Campo Experimental Zacatepec. SAGAR, INIFAP. pp. 1-13.
- Osuna, C.F.J. 1996. Effect of solar radiation and temperature on rice yields in different planting dates. *IRRN* 21(2-3):75-76.
- Osuna, C.F.J. 1997. Tecnología para cultivar arroz de trasplante en surcos con riegos de auxilio en el estado de Morelos. Folleto para productores No. 23. Campo Experimental Zacatepec. SAGAR, INIFAP. 10 p.
- Pinnschmidt, H.O., N.D. Long, T. Duc, P. Mekwatanakarn, T.T. Viet, L.D. Don, P.S. Teng, y A. Doberman. 1994. Relationship between soil properties, crop and pest management practices, pest intensity, and crop performance in rainfed lowland rice. *IRRN* 19(2):23-25.
- Prasad, R. y S.K. De Datta, 1979. Increasing fertilizer nitrogen efficiency in wetland rice. *In: Nitrogen and Rice*. pp 465-483. Los Baños, Filipinas.
- Smith, J.R. 1983. Weeds of major importance in rice and yield losses due to weed competition. *In: Weed Control in Rice*. IRRI-IWSS. Los Baños, Filipinas. pp.19-36.

Universidad de Arkansas, 1985. Rice Production in Arkansas. Circular 476 (Revisada). Servicio Cooperativo de Extensión. 51 p.

Yoshida, S. 1983. Rice *In*: Potential productivity of field crops under different environments. IRRI. Los Baños, Filipinas. pp. 103-127.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. IRRI. Los Baños, Filipinas. 269 p.



LAS MALEZAS Y SU CONTROL EN EL CULTIVO DE ARROZ

Valentín A. Esqueda Esquivel*

Introducción. Las plagas, las enfermedades y las malezas son los principales organismos que afectan el desarrollo de los cultivos. Las plagas y enfermedades ocasionan un daño directo, el cual es generalmente mas notorio que el causado por las malezas, ya que éstas (a excepción de ciertas plantas parásitas) afectan a los cultivos de una manera indirecta, compitiendo por los elementos indispensables para su desarrollo. En un principio los efectos de esta competencia se manifiestan en forma relativamente lenta en los cultivos, sin embargo, si se permite a las malezas competir por un período prolongado con éstos, pueden ocasionar una drástica reducción en su rendimiento, e incluso la pérdida total de la cosecha.

En México, el arroz se desarrolla en regiones de clima tropical y subtropical, en donde las altas temperaturas y precipitaciones pluviales favorecen el desarrollo acelerado de las plantas, lo que se refleja en una fuerte competencia de las malezas, por lo que el control de éstas es la actividad que más impacto tiene en la producción de este cultivo.

Las malezas del arroz. Debido a que en nuestro país el arroz se siembra tanto en condiciones de riego (trasplante y siembra directa) como de temporal, y a las diferencias que existen en las distintas áreas arroceras en cuanto a las características físico-químicas del suelo, precipitación pluvial y prácticas de cultivo, existe una gran diversidad de especies de malezas que se pueden encontrar infestando los arrozales. Mientras que en las siembras de riego prevalecen especies adaptadas a condiciones de alta humedad, en las siembras de temporal, es posible encontrar especies de malezas comunes en cultivos como maíz y frijol. Por lo general, en el arroz se presenta una dominancia de malezas de las familias Gramineae y Cyperaceae, aunque también pueden ser importantes especies de otras familias, tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas.

Existen decenas de especies de malezas que han sido reportadas infestando a los arrozales en México, de las cuales, las más importantes son: zacate de agua o pinto [*Echinochloa colona* (L.) Link], zacate moco de pavo (*Echinochloa crusgalli*), arroz rojo (*Oryza sativa* L.), zacate carricillo o kanchín (*Panicum fasciculatum* Sw.), pelillo (*Cyperus iria* L.), zacate cola de zorra [*Leptochloa filiformis* (Lam.) Beauv.], navajuelas (*Scleria* spp.), coquillo (*Cyperus rotundus* L.), tripa de pollo o empanadita (*Commelina diffusa* Burm.), hierbas del clavo o clavillos (*Ludwigia* spp.), pelillo [*Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl], pantanillo o lengua de gallo

* Investigador Titular del Programa de Malezas en el Campo Experimental Cotaxtla. SAGAR. INIFAP. CIR-Golfo Centro.

[*Caperonia palustris* (L.) St.Hil], zacate Johnson, [*Sorghum halepense* (L.) Pers.], cucharilla [*Heteranthera limosa* (Sw.) Wild.], hierba prieta (*Eclipta alba*) y correhuelas (*Ipomoea* spp.).

Generalmente en un típico terreno arrocero se presentan entre cinco y diez diferentes especies de malezas, siendo entre una y tres las especies dominantes. Las densidades de población de malezas más comunes varían entre 5 y 10 millones de plantas por hectárea, aunque se han llegado a cuantificar poblaciones de más de 20 millones de plantas por hectárea.

Daños ocasionados por las malezas al arroz. Si las malezas no son controladas oportuna y eficientemente, aprovechan el agua de las lluvias o del riego, absorben los nutrientes naturales del suelo, así como los proporcionados al cultivo por los agricultores e interceptan la luz solar, todo lo cual afecta negativamente al arroz, ya que reduce su vigor y grado de amacollamiento, las espigas son de menor tamaño y con muchos granos vanos, por lo que los rendimientos son bajos y en ocasiones se pierde por completo la cosecha. Algunas especies de malezas son hospederas de plagas y enfermedades que pueden afectar al cultivo; como ejemplo se tiene al zacate de agua (*E. colona*) cuyos granos se forman antes que los del arroz y sirven de alimento a la chinche café (*Oebalus insularis*) durante el período en que la panícula del arroz no ha emergido. Asimismo, las malezas de mayor tamaño que el arroz o de hábito trepador pueden acamar o cubrir al cultivo, con lo que se provocan pudriciones de los granos y se dificulta la cosecha, elevando los costos de producción. Además, muchas especies de malezas maduran al mismo tiempo que el arroz, por lo que sus semillas son cosechadas junto con el cultivo contaminándolo. Esto es especialmente importante en el caso del arroz rojo (*O. sativa*), ya que sus semillas no pueden separarse con facilidad de las del arroz comercial, lo que reduce la calidad y el precio de la cosecha.

Periodo crítico de competencia malezas-arroz. Normalmente, el arroz puede tolerar la presencia de malezas entre 10 y 15 días después de la emergencia o el trasplante, sin ver afectado su desarrollo y rendimiento. Asimismo, dependiendo principalmente de la densidad de población y especies de malezas y del ciclo de vida del cultivo, por lo general, un período inicial de 30 a 50 días sin malezas es suficiente para obtener el máximo rendimiento del cultivo. La información anterior es importante al momento de decidir el tipo de herbicidas a utilizar, ya que si se aplica un herbicida preemergente, éste deberá ofrecer un control residual de malezas por un período igual o mayor al indicado; por otra parte, la primera aplicación de los herbicidas postemergentes deberá llevarse a cabo dentro del período en que el cultivo puede tolerar la presencia de las malezas.

Control de malezas en arroz. Las prácticas que reducen o evitan la competencia de la maleza son: a) uso de semilla de arroz libre de semillas o partes vegetativas de malezas, b) buena preparación del suelo, c) siembra de variedades de arroz adaptadas a la región, d) empleo de una densidad de siembra adecuada, e) aplicación del fertilizante cuando no haya malezas en el terreno, f) control eficiente de plagas y enfermedades, g) rotación de cultivos, h) deshierbes manuales, i) deshierbes mecánicos y j) aplicación de herbicidas.

Control manual. Se utiliza para eliminar los arroces rojos cuando están presentes en siembras en desarrollo de arroz comercial. Esta práctica debe efectuarse una vez que puedan distinguirse los diferentes tipos de arroces rojos, antes de que sus semillas maduren y caigan al terreno. El control manual del arroz rojo es particularmente importante en terrenos dedicados a la producción de semilla certificada de arroz.

Control físico. En las siembras de arroz de riego, en que es posible el manejo del agua, se ha observado que al mantener estables láminas de agua de diferentes profundidades, la población de malezas disminuye conforme aumenta la profundidad de la lámina.

Control químico. Por su efectividad y facilidad de aplicación, el uso de productos químicos es el método más utilizado para el control de la maleza en el cultivo del arroz. El control químico, está basado en el empleo de herbicidas selectivos, que son sustancias que modifican o inhiben los procesos fisiológicos de las plantas susceptibles, ocasionándoles trastornos como clorosis, necrosis, inhibición del crecimiento y eventualmente la muerte. A nivel mundial existen por lo menos 40 productos químicos que pueden utilizarse en arroz; a las dosis y estado de desarrollo del arroz recomendados, estos herbicidas no causan toxicidad al arroz, o bien ésta es mínima o tolerada por el cultivo y no afecta el rendimiento del grano. En México los herbicidas más conocidos y/o utilizados para el control de las malezas en el arroz son: paraquat y glifosato en pre-siembra, oxadiazón y pendimetalina en preemergencia y propanil, 2,4-D, bentazón y fenoxaprop-etil en post-emergencia. En la actualidad se encuentran avanzados los trámites para el registro del clomazone, un nuevo herbicida de aplicación preemergente.

Herbicidas selectivos para el cultivo de arroz

Herbicidas preemergentes. En siembras directas de temporal o riego, estos herbicidas se aplican después de la siembra del arroz, pero antes de la emergencia tanto del cultivo como de las malezas, mientras que en siembras de trasplante se aplican después de éste, pero antes de la emergencia de las malezas. Requieren de una buena preparación del terreno y la mayoría de ellos deben aplicarse sobre terreno con bastante humedad, aunque sin llegar a encharcamientos, por lo que si el arroz se siembra en seco, la aplicación debe aplazarse hasta después que el terreno se haya humedecido a causa de las

lluvias o del riego. Si la humedad inicial es escasa, aunque suficiente para la emergencia del arroz y/o las malezas, es preferible combatir la maleza con herbicidas de aplicación postemergente. Los herbicidas preemergentes actúan mejor en terrenos que mantienen una humedad constante y su efectividad se reduce cuando se presentan períodos de sequía o el terreno es disturbado después de su aplicación.

Oxadiazón. Es un herbicida con baja solubilidad en agua y fuertemente adsorbido por los coloides del suelo, lo cual lo hace un producto de alta residualidad en el terreno. Afecta los brotes jóvenes cuando estos crecen a través de la capa de suelo aplicada. Bajo condiciones óptimas, puede controlar las principales especies de malezas anuales, mientras que escapan a su control las especies perennes. También puede controlar plántulas de malezas que apenas hayan desarrollado sus dos primeras hojas. Sin embargo, el arroz es muy sensible a las aplicaciones postemergentes, y aunque normalmente se recupera entre las dos y tres semanas después de la aplicación, es preferible evitar su uso en postemergencia. Normalmente se recomienda la aplicación de 1 kg i.a./ha.

Pendimetalina. Este herbicida se aplica en preemergencia o postemergencia muy temprana (malezas con un desarrollo entre una y dos hojas) y es altamente selectivo al arroz. Controla gramíneas anuales y algunas especies de hoja ancha, pero no tiene efecto sobre ciperáceas anuales o perennes. Actúa inhibiendo la división y elongación celular directamente en la raíz, e indirectamente en el tallo. No tiene efecto en la germinación de las semillas de malezas, pudiendo estas germinar o incluso emerger, siendo eliminadas posteriormente. Se requiere que exista buena humedad en el terreno al momento de su aplicación o que se espere lluvia en los tres a cuatro días posteriores a ésta. El contacto del herbicida con la semilla de arroz ocasiona fitotoxicidad al cultivo. En condiciones de sequía el control se ve disminuído pues las malezas no absorben suficiente herbicida durante su germinación. Se recomienda a una dosis de 1.5 kg de i.a./ha. Puede mezclarse con propanil y 2,4-D.

Clomazone. Es un herbicida que puede ser utilizado en preemergencia al arroz. Otros cultivos con tolerancia al clomazone son: soya, chícharo, chile, tabaco, algodón, frijol, papa y caña de azúcar. Controla principalmente gramíneas anuales, y su acción es más limitada con las malezas de hoja ancha y ciperáceas. Clomazone actúa como un inhibidor en la formación de pigmentos, por lo que las especies susceptibles presentan un follaje blanco, que en poco tiempo se necrosa, ocurriendo la muerte de ellas. Es absorbido por las raíces y los brotes tiernos, pero no por el follaje, por lo que si plantas bien establecidas son aplicadas, pueden presentar algunos síntomas característicos de este herbicida, pero no es común que las plantas mueran. En arroz puede producir un "blanqueamiento" del follaje, pero éste desaparece entre los 15 y 30 días después de la aplicación y no afecta el rendimiento de grano. Puede actuar con menos humedad y tiene un período de control residual más largo que el de los

otros herbicidas preemergentes. Puede aplicarse en postemergencia temprana en mezcla con propanil y/o 2,4-D. Generalmente una aplicación de la mezcla de propanil + clomazone proporciona un control de malezas semejante al que se obtiene con dos aplicaciones de propanil. Se recomienda a la dosis de 0.72 a 0.96 kg i.a./ha.

Herbicidas postemergentes. Estos herbicidas se aplican después de la emergencia tanto del arroz como de las malezas, y pueden ser clasificados como herbicidas de contacto (los cuales no tienen una translocación apreciable dentro de las plantas y solamente afectan el follaje que es cubierto por la aplicación) y herbicidas sistémicos (los cuales se translocan del sitio de aplicación a otros tejidos de las plantas). Existen herbicidas como el 2,4-D que son utilizados como herbicidas postemergentes, pero que también tienen alguna actividad en preemergencia.

Propanil. Es un herbicida que actúa bloqueando la fotosíntesis en las plantas susceptibles. Su principal efecto herbicida es contra las gramíneas anuales, aunque puede controlar algunas malezas de hoja ancha. Solamente controla malezas emergidas y no tiene efecto residual.

Debido a su poca translocación en las plantas, es necesario tener un buen cubrimiento de las malezas que se quieren controlar. Requiere un período sin lluvia de unas seis horas después de la aplicación. El uso de un surfactante aumenta grandemente la efectividad del propanil, ya que el herbicida se distribuye mejor sobre la superficie de las hojas de las malezas, lo cual ayuda a su absorción, además el herbicida puede resistir mejor ser lavado del follaje por lluvia. Los mejores controles se tienen cuando los zacates están en la etapa de dos a tres hojas, lo cual generalmente ocurre entre los primeros diez días de la emergencia. Si se permite que los zacates desarrollen un gran tamaño antes de aplicar el propanil, el follaje de los mas altos puede impedir que el herbicida llegue a los de menor tamaño, los cuales escapan al control.

Se recomienda aplicar este herbicida cuando el terreno presente buena humedad y las malezas estén creciendo vigorosamente. Cuando el propanil se aplica a plantas que se encuentran creciendo bajo condiciones de sequía su efectividad se ve reducida, ya que la absorción por el follaje se reduce considerablemente.

El propanil no debe utilizarse al mismo tiempo o en épocas cercanas a la aplicación de insecticidas carbamatos (carbaril, carbofurán) u organofosforados (malatión, paratión), ya que esto ocasiona una severa toxicidad al arroz, que puede llegar a causar la muerte del cultivo. Los insecticidas piretroides pueden aplicarse junto con el propanil sin afectar al arroz.

La dosis que se recomienda está directamente relacionada con el estado de desarrollo de los zacates al momento de la aplicación. Con un desarrollo de hasta tres hojas, es suficiente aplicar 2.16 kg de i.a./ha. Para zacates de entre cuatro y

cinco hojas requiere de 2.88 kg de i.a./ha. En condiciones de siembra directa de temporal o riego, generalmente es necesario realizar dos aplicaciones durante el ciclo.

Debido a que el propanil es más activo en el control de zacates, por lo general se aplica en mezcla con 2,4-D, que controla una amplia gama de especies de malezas de hoja ancha y debido a que es un herbicida sistémico, puede utilizarse para el control de malezas perennes como *C. rotundus*.

Propanil-molinate. Es un producto formulado de fábrica, que combina las características del propanil con las del molinate, un herbicida tiocarbamato de efecto residual y altamente selectivo al arroz que tiene efecto sobre gramíneas y ciperáceas anuales. Esta mezcla se aplica en postemergencia temprana, con lo cual la maleza emergida es controlada por el propanil, mientras que el molinate que es depositado en la superficie del terreno tiene acción sobre malezas no emergidas. El producto comercial contiene el equivalente a 360 g de propanil y 360 g de molinate. Debe aplicarse en dosis de 6 lt/ha de material comercial cuando la mayoría de las malezas (especialmente los zacates) estén entre 2 y 3 cm de altura. Aplicaciones con zacates de mayor tamaño resultan en menor control de los mismos, aun aumentando la dosis aplicada. Puede ser necesario realizar una segunda aplicación de propanil para controlar malezas que no hayan sido controladas con la primera aplicación. Como contiene propanil, deben tenerse las precauciones indicadas anteriormente con los insecticidas organofosforados y/o carbamatos.

2,4-D. Es un herbicida translocable por lo cual puede ser utilizado para el control de especies de malezas perennes. La aplicación del 2,4-D causa un desbalance de las hormonas de crecimiento haciendo que los tejidos se desarrollen diferencialmente, originando torcimientos, curvamiento de los tallos y hojas. También es frecuente el desarrollo de raíces adventicias en los nudos, oscurecimiento del follaje y modificación en la forma de las hojas. Su selectividad a las gramíneas, depende de las dosis recomendadas y el estado de desarrollo de éstas. En arroz se recomienda evitar su aplicación en los primeros días de desarrollo, o cuando las plantas se encuentran en estado de embuche. Un síntoma característico de toxicidad de 2,4-D al arroz es la aparición de hojas "acebolladas". La mayoría de los cultivos de plantas dicotiledóneas (frijol, chile, tomate, sandía, papaya, etc.) son altamente sensibles al 2,4-D, por lo que deben extremarse las precauciones o evitar su aplicación en arrozales colindantes con este tipo de cultivos. Las altas temperaturas aumentan la volatilidad del 2,4-D. La dosis de ingrediente activo que se recomienda varía de 0.24 a 0.72 kg/ha. En arroz generalmente se aplica una sola vez mezclado con propanil en la primera aplicación de éste.

Bentazón. Es un herbicida que se utiliza para el control de malezas anuales de hoja ancha y ciperáceas anuales y perennes y tiene buena selectividad al arroz.

Actúa como un inhibidor de la fotosíntesis y no tiene efecto residual. Debe aplicarse cuando las malezas tengan un desarrollo de dos a seis hojas. Debido a su nula volatilidad, puede ser una opción para el control de las malezas de hoja ancha en arrozales que tienen en sus cercanías cultivos susceptibles al 2,4-D y en los que las aplicaciones de herbicidas se efectúan por medio de aviones. Su espectro de control de malezas es más reducido que el del 2,4-D, siendo deficiente para el control de algunas especies de quelites (*Amaranthus* spp.) y de hierbas lechosas o "golondrinas" (*Euphorbia* spp.). Dependiendo de las especies de malezas que se quieran controlar, se recomienda en dosis desde 0.72 a 0.96 kg i.a./ha.

Fenoxaprop-etil. Es un herbicida de aplicación postemergente con acción sistémica, que es utilizado para el control de zacates anuales y perennes en una gran variedad de cultivos de hoja ancha, así como en trigo y arroz. Actúa inhibiendo la síntesis de ácidos grasos en el tejido meristemático de las malezas gramíneas. El crecimiento de las plantas tratadas se detiene, pero los síntomas de toxicidad comienzan a observarse entre los cuatro y 10 días de la aplicación y la muerte ocurre entre las dos y cuatro semanas. Es más eficiente cuando se aplica a zacates de 8 a 15 cm de altura, aunque para el control del zacate Johnson se requiere que las plantas tengan entre 25 y 40 cm de altura. El arroz es dañado si el fenoxaprop-etil se aplica cuando el cultivo es menor de cuatro hojas. La aplicación conjunta del fenoxaprop-etil con herbicidas fenóxidos como el 2,4-D es antagónica, resultando en una reducción significativa en el control de los zacates. La dosis que se recomienda es de 0.12 a 0.18 kg i.a./ha, dependiendo del estado de desarrollo de los zacates.

Herbicidas no selectivos. Este tipo de herbicidas afecta tanto al cultivo como a las malezas, por lo que su uso está restringido a aquellas condiciones en que se tiene la presencia de la maleza, pero el cultivo aun no se ha sembrado o no ha emergido.

Paraquat. Es un herbicida no translocable, de acción rápida cuando se aplica en condiciones de alta radiación solar. Es exclusivamente aplicado en postemergencia y se inactiva al contacto con el suelo. Por esta razón puede ser utilizado inmediatamente antes de sembrar o después de la siembra, pero antes de la emergencia. Solamente tiene efecto sobre el follaje en que es asperjado directamente, por lo que para un control total de las malezas es necesario tener un cubrimiento uniforme de ellas. Tiene una mayor efectividad cuando es aplicado a malezas anuales que están creciendo activamente y con alturas de hasta 20 cm. Puede tener algún efecto sobre la parte aérea de las malezas perennes, pero no sobre las estructuras de reproducción vegetativa. Debido a su alta adsorción por los coloides del suelo, debe mezclarse con agua limpia cuando se aplique. Se recomienda de 0.2 a 0.4 kg i.a./ha, dependiendo del tamaño de la maleza.

Glifosato. Es un herbicida sistémico, el cual puede translocarse del sitio inicial de aplicación hacia otras estructuras de la planta como tubérculos, rizomas y estolones. Por esta razón es utilizado para el control de malezas perennes, aunque también controla eficientemente malezas anuales. Su modo de acción es el bloqueo de la formación de aminoácidos aromáticos, los cuales son utilizados para la fabricación de proteínas, enzimas, etc.

A diferencia del paraquat, para el control de malezas perennes (como el zacate Johnson) con glifosato, es necesario que éstas tengan una altura de entre 40 y 50 cm, pues de esta manera, más herbicida es retenido por el follaje y absorbido y por lo tanto más herbicida es translocado hacia los órganos de reproducción vegetativa. El glifosato debe aplicarse antes de la formación de la panícula, pues entonces la mayoría del herbicida es dirigido hacia los rizomas. Cuando la panícula está en formación la mayoría de los nutrientes se dirigen hacia la parte superior, llevando consigo al herbicida por lo que la parte subterránea es menos afectada.

Al igual que el paraquat, el glifosato es fuertemente adsorbido por los coloides del suelo, requiere agua limpia para su aplicación y solamente afecta plantas emergidas.

Su acción es más lenta que la del paraquat y los primeros síntomas aparecen como un amarillamiento del follaje entre los cinco y siete días después de aplicado. Su dosis recomendada varía de 1.44 a 2.4 kg i.a./ha.

Control del arroz rojo. El arroz rojo, por ser un subtipo del arroz comercial, no puede ser controlado por los herbicidas que se utilizan normalmente para el control de malezas. Esta maleza compite con el arroz comercial, y reduce fuertemente los rendimientos. Normalmente es de ciclo precoz y sus semillas se desprenden con facilidad, por lo que su infestación aumenta cada ciclo. Para su control se recomiendan las siguientes medidas: a) sembrar semilla certificada, b) limpiar la maquinaria que ha sido utilizada en terrenos infestados con esta especie, c) eliminar manualmente las plantas diferentes a la variedad comercial, d) regar antes de sembrar o trasplantar, dejar que emerjan las malezas y eliminarlas con un paso de rastra o la aplicación de paraquat y e) rotación de cultivos por dos o tres ciclos.

Se ha investigado la posibilidad de utilizar herbicidas no selectivos al arroz (como el alaclor) tratando la semilla del arroz comercial con protectantes (como el anhídrido naftálico), pero hasta la fecha los resultados no han sido completamente satisfactorios en condiciones de campo. También se han desarrollado mediante la ingeniería genética, variedades de arroz con un gene que les confiere resistencia al glufosinato, un herbicida no selectivo. Sin embargo, al utilizar estas variedades a escala comercial, se corre el riesgo de transmitir la resistencia al glufosinato a los arces rojos.

Causas por las que un herbicida no actua como se espera

1. Aplicación de herbicidas con fecha de caducidad vencida.
2. Aplicación de dosis mas altas o bajas de las recomendadas debido a deficiente calibración del equipo de aspersión.
3. Asentamiento del herbicida en el fondo del tanque de aspersión por falta de agitación.
4. Aplicación de caldos de aspersión preparados uno o mas días antes de la aplicación.
5. Presencia en el terreno de especies de malezas que son naturalmente tolerantes al herbicida aplicado.
6. Aparición de biotipos de malezas que han desarrollado resistencia a un determinado herbicida o grupo de herbicidas.
7. Lixiviación del herbicida por excesiva precipitación pluvial.
8. Lavado del herbicida del follaje por precipitación pluvial.
9. Aplicación del herbicida en épocas en que la maleza es menos susceptible al herbicida.
10. Arrastre del herbicida por el viento.
11. Disturbio del terreno después de aplicaciones preemergentes.
12. Mezcla del herbicida con otro agroquímico con el que tiene incompatibilidad.

Literatura citada

- Almeyda León, I. H.. 1991. Integración de métodos para el control de maleza en arroz de temporal en Campeche. p. 82. En: Memorias XII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Acapulco, Gro. 6 al 8 de noviembre de 1991.
- Drees, B. M. (Compilador) 1996. 1996 Rice Production Guidelines. Texas Agricultural Extension Service. Texas A & M University System. 63 p.
- Esqueda Esquivel, V. A. 1986. Efecto de la dosis y época de aplicación de propanil + 2,4-D amina en el control de la maleza y rendimiento del arroz de temporal. p. 391-397. En: Memorias VIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Maleza. Guadalajara, Jal. México 5 al 8 de noviembre de 1986.
- Esqueda Esquivel, V. A. 1990. La maleza y su control en arroz de temporal en México. Series Técnicas de Asomecima 1:12-16.
- Esqueda Esquivel, V. A. 1991. Efecto de la interacción propanil-insecticidas en el cultivo de arroz *Oryza sativa* L. de temporal. Series Técnicas de Asomecima 2:19-23.
- Esqueda Esquivel, V. A. 1991. Efecto de dosis y épocas de aplicación del herbicida fenoxaprop-etil en arroz de temporal. 5 p. (mimeografiado).
- Esqueda Esquivel, V. A. 1998. Control de malezas en arroz de temporal con clomazone, solo y en mezcla con propanil y 2,4-D. p. 151. En: Resúmenes XLIV Reunión Anual PCCMCA. Montelimar, Nicaragua, 20 al 23 de abril de 1998.
- Esqueda Esquivel, V. A. y S. Acosta Núñez. 1985. Daños y control de las malas hierbas en el cultivo de arroz de temporal en el centro del estado de Veracruz y norte de Oaxaca. México, D.F. SARH. INIA. Folleto de Investigación Núm. 65. 60 p.
- González, J., E. García and M. Perdomo. 1983. Important rice weeds in Latin America. p. 119-132. In: International Rice Research Institute & International Weed Science Society (eds.) Proceedings of the Conference on Weed Control in Rice. 31 August-4 September 1981. Los Baños, Laguna, Philippines.
- Imeokparia, P. O. 1990. Performance of a new selective rice herbicide in a lowland rice field in Nigeria. Tropical Pest Management 36:343-345.

- 51
- Márquez, C. F. y Méndez, B. C. 1978. Uso y manejo de herbicidas en arroz de temporal en Tabasco. SARH. CSAT. INIA. Boletín de Divulgación Núm. 3. 11 p.
- Osuna Canizalez, F. J. 1986. Ensayo de herbicidas en arroz de transplante en Morelos. p. 398-408. En: Memorias VIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Maleza. Guadalajara, Jal. México, 5 al 8 de noviembre de 1986.
- Osuna Canizalez, F. J. 1990. La maleza como limitante para la siembra directa de arroz en Morelos. p. 89. En: Memorias XI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Irapuato, Gto. México, 7 al 9 de noviembre de 1990.
- Osuna Canizalez, F. J. 1991. Evaluación de herbicidas en almácigos de arroz. p. 137. En: Memorias XII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Acapulco, Gro. México, 6 al 8 de noviembre de 1991.
- Ríos, T. A. 1991. Control de malezas en arroz con la mezcla física pendimetalín + propanil en la Costa de Nayarit. p. 64. En: Memorias XII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Acapulco, Gro. México, 6 al 8 de noviembre de 1991.
- Sankula, S., M. P. Braverman and S. D. Linscombe. 1997. Glufosinate-resistant, BAR-transformed rice (*Oryza sativa*) and red rice (*Oryza sativa*) response to glufosinate alone and in mixtures. *Weed Tech.* 11:662-666.
- Santos Galván, A., J. A. Flores Gaxiola y N. Colorado Domínguez. 1982. Manual de producción de arroz en el estado de Tabasco. SARH. INIA. CIAGOC. Campo Agrícola Experimental Huimanguillo. Folleto para productores Núm. 2. 30 p.
- Silveira, F. A. and A. R. L. Aquino. 1983. Weed control and rice production in Brazil. p. 133-138. In: Proceedings of the Conference on Weed Control in Rice. International Rice Research Institute. International Weed Science Society. Los Baños, Laguna, Philippines, 31 August - 4 September 1981.
- Stauber, L. G., P. Nastasi, R. J. Smith, Jr., A. M. Baltazar and R. E. Talbert. 1991. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and bearded sprangletop (*Leptochloa fascicularis*) control in rice (*Oryza sativa*). *Weed Technology* 5(2):337-344.

- Tena, M. M. P. y J. G. Ramírez, 1985. El combate de maleza del arroz bajo condiciones de temporal en Campeche. SARH, INIA. CIAPY. Campo Agrícola Experimental de Campeche. Folleto Técnico Núm. 2. 20 p.
- Thomson, W. T. 1993. Agricultural Chemicals. Book II Herbicides. Fresno, Thomson Publications. 310 p.
- Trujillo, O. y D. Méndez. 1996. Command, inhibidor de pigmentos, en especies de malezas susceptibles. p. 123-127. En: Arrocero Moderno, con el mejor entorno ambiental. Serie Agroindustria 2009, Bogotá, Comunicaciones y Asociados Ltda.
- VanDevender, K. W., T. A. Costello and R. J. Smith Jr. 1997. Model of rice (*Oryza sativa*) yield reduction as a function of weed interference. *Weed Sci.* 45:218-224.

TECNOLOGIAS INIFAP PARA LA PRODUCCION DE ARROZ EN EL NOROESTE DE MEXICO

José de Jesús Wong Pérez*

Introducción. En los estados de Sinaloa y Nayarit por los años 40 se inicia la comercialización del cultivo del arroz, dándole un efecto significativo al desarrollo agrícola de la región del noroeste de México.

Las producciones que se obtienen son debido a que se han desarrollado variedades de arroz muy eficientes fisiológicamente para estas condiciones agroclimáticas; así como a la aceptación de los productores arroceros de la tecnología en el uso de los insumos y labores agronómicas aplicadas a este cereal.

La problemática del cultivo del arroz, como parte de la relación suelo, clima, agua y rendimiento, han sido cambiantes desde el inicio hasta la actualidad. De acuerdo a ésta, los factores más determinantes que han influido en la producción y cultivo son: agua, rendimiento, calidad industrial y precio de palay, etc. que de acuerdo a su magnitud fueron resueltos con el desarrollo de variedades y tecnología propia para la producción del Arroz en Sinaloa y Nayarit.

A fines de los 80's y principios de los 90's, la problemática tiene otra dimensión, por su complejidad en la decisión de producir, más que cómo y cuando hacerlo, sin embargo las circunstancias actuales de producir, competir, eficientar, sitúan al cultivo en obtener óptimos rendimientos tanto de Palay como de industria, así como disminuir costos y riesgos de producción, efecto que se establece en desarrollar nuevos tipos de variedades más eficientes en el uso del agua, suelo, clima, patógenos, etc. como de los sistemas de producción continuos mas productivos durante los ciclos Agrícolas Primavera - Verano, Otoño - Invierno.

Objetivo. Esencialmente es la de obtener alta productividad y rentabilidad en el cultivo tanto para siembras de temporal favorecido mas de 1200 mm. de precipitación así como para las zonas de riego en los ciclos agrícolas otoño-invierno y primavera - verano en los estados de Sinaloa y Nayarit

Preparación del suelo. La preparación del terreno es de primordial importancia ya que con este se lograra una distribución uniforme de la semilla así como la germinación y las subsecuentes labores agronómicas para el establecimiento definitivo del cultivo del arroz.

* Investigador Titular del Programa de Arroz en el Campo Experimental Valle de Culiacán. SAGAR. INIFAP. CIR-Noroeste.

Comúnmente 2 a 3 pasos de rastras son suficientes en la mayoría de los suelos, ya que el sistema radicular es muy superficial y las preparaciones del suelo profundas pueden aumentar la permeabilidad lo cual hace necesario utilizar mayores volúmenes de agua para mantener el suelo inundado o saturado. Además, las labores de suelos profundas, crean condiciones más propicias para el acame del cultivo y pueden aplazar la trilla al retrasar el secado del suelo.

El barbecho y subsuelo solo se sugieren en suelos profundos con problemas de sales que se requieran recuperar, o en suelos donde existan problemas de zacate Johnson o residuos de cosechas que no pueden eliminarse con simples rastreos.

También se sugieren piqueos en suelos muy delgados, donde los rastreos no permitan la formación de bordos para hacer las melgas; en estos casos se requieren piqueos parciales, para hacer volúmenes de tierra y poder formar los bordos.

Es conveniente nivelar el terreno mediante el uso de "land plane" o "cuadro de jalón". El trazo de curvas se debe hacer con un desnivel de 5 a 7 cm procurando que la distancia entre bordos no exceda de 40 m y la longitud de las melgas de 75 m, para lo cual se requiere trazo de bordos lineales transversales cada 50 ó 70 m. En esta forma se realiza un mejor manejo del agua de riego.

Varietades. Para Sinaloa y Nayarit se sugiere utilizar las variedades Hurnaya A 92, Culiacán A 82 y Navolato A 71, que son de porte compacto y semienano, resistentes al acame y desgrane, tolerantes a las principales enfermedades y a problemas no severos de suelo; con alto potencial de rendimiento y buena calidad industrial del grano, lo que permite al productor e industrial arrocero optimizar sus beneficios.

Las variedades antes citadas son de ciclo intermedio, con 130-140 días a la madurez y su rendimiento puede superar las 6 ton/ha, dependiendo del manejo agronómico.

Se sugiere también la variedad Milagro Filipino-Mejorado de alto rendimiento, susceptible al desgrane y a ciertas enfermedades como mancha café, quema del arroz y carbón del grano, entre otras. Su calidad industrial es baja, por lo que debe cosecharse con humedad mayor de 22%, para lograr una buena recuperación de enteros en la industria. Su rendimiento promedio puede superar las 7 ton/ha.

Fecha de siembra. Para las siembras comerciales de arroz en los Valles de Culiacán y San Lorenzo el período que se sugiere comprende del 15 de junio al 31 de julio, sin embargo, es preferible sembrar después de la primera semana de julio con el fin de evitar que coincida la floración con la presencia de ciclones que

55

pueden ocasionar severos daños al cultivo. Para el norte del Estado, las fechas de siembra recomendadas abarcan del 10 de junio al 15 de julio, para evitar que la floración coincida con la época de bajas temperaturas que afectan la polinización, el completo llenado del grano y la calidad industrial.

Para el estado de Nayarit la época apropiada para la siembra de arroz, en el ciclo de primavera - verano, es del primero al 15 de junio, la siembra se hace en seco y antes que se establezca la temporada de lluvias. Para el ciclo de otoño - invierno la siembra debe realizarse del 15 al 31 de diciembre.

Cantidad de semilla por hectárea. La cantidad de semilla certificada es de 140 a 160 kg/ha y se sugiere para los D.D.R. de Culiacán, Los Mochis, Guasave (regiones de Ocoroni y Cabrera de Limones) Cruz de Elota, Sinaloa, así como para Santiago Ixcuintla, Ruiz y Rosamorada, Nayarit. Densidades mayores incrementan el costo del cultivo, aumentan la competencia entre plantas, favorecen el acame y el desarrollo de enfermedades fungosas.

Métodos de siembra. La siembra se lleva a cabo en "seco", ya sea con sembradora terrestre o equipo aéreo; al "voleo" con gente o con equipo "voleador". En todos los casos anteriores, la semilla se deposita a una profundidad no mayor de cuatro centímetros. Con la sembradora terrestre se tiene una mayor eficiencia en la utilización de la semilla.

Para los casos en que la semilla quede sobre la superficie del suelo, un rastreo ligero colocará la semilla a la profundidad antes mencionada.

Clorosis o amarillamiento de las plántulas. Esta condición la causa una deficiencia de fierro, y es muy común en suelos alcalinos donde se fija e insolubiliza este elemento; también altos contenidos de calcio, carbonatos y bicarbonatos pueden acelerar los procesos de precipitación y fijación del fierro. Por tal razón se aconseja asperjarlo al follaje. Se pueden usar 3 Kg por hectárea de sulfato ferroso disueltos en 100 litros de agua.

En suelos donde año con año se presenta el amarillamiento foliar, éste puede prevenirse incorporando azufre al suelo en presiembra. Si el pH del terreno es de aproximadamente 7.5, se sugiere aplicar media tonelada por hectárea de azufre agrícola al 93% o bien, una tonelada por hectárea si el pH es igual o mayor que 8.0.

Fertilización. El cultivo del arroz requiere de una adecuada y oportuna fertilización para promover un mejor desarrollo de plantas y su máxima productividad.

La aplicación del fertilizante antes o al momento de la siembra no es recomendable, debido a que la eficiencia de éste es menor y gran parte del mismo es aprovechado por las malas hierbas.

Fertilización con nitrógeno. De acuerdo a estudios realizados en el Estado de Sinaloa, durante varios años, el cultivo de arroz requiere únicamente de fertilización nitrogenada, para incrementar sus rendimientos y ésta debe aplicarse en dos etapas: la primera, de 35 a 40 días, después de la siembra y la segunda al inicio de panícula (60-75 días). La aplicación puede hacerse con avión, con gente en el caso de usar fertilizantes sólidos; o bien, en el agua de riego, al utilizarse fertilizantes líquidos.

Las épocas, dosis, y después de cultivos la fertilización nitrogenada se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fertilización sugerida para el cultivo del arroz en el estado de Sinaloa. CEVACU, CIRNO, 1998.

Época de aplicación	Después de hortalizas			Después de sorgo, trigo, maíz, cártamo, etc.		
	(Kg/ha) de:			(Kg/ha) de:		
	urea (46%N)	amoniac anhidrido (82%N)	sulfato de amonio (20.5%N)	urea (46%N)	amoniac o abhidrid o (82%N)	sulfato de amonio (20.5%)
Al amacollamiento (30 a 35 días después del riego de nacencia.	175	100	400	200	120	500
Al inicio de formación de panícula (60 a 75 días después del riego de nacencia)*.	90	50	200	110	60	250

* Fertilizaciones posteriores a esta etapa de iniciación de panícula, durante el "embuche", o a la floración, provocarán un alargamiento en el ciclo vegetativo del arroz.

<

Es aconsejable que cuando se fertilice con urea o sulfato de amonio, no se aplique en horas muy tempranas, ya que en ese momento las plantas de arroz tienen humedad o rocío, que al contacto con el fertilizante produce quemaduras al follaje.

Use sulfato de amonio como fuente de nitrógeno, cuando las plantas presenten amarillamiento causado por condiciones de alcalinidad de los suelos.

Es conveniente verificar el inicio de la panícula (IP) mediante inspecciones de las plantas, a fin de efectuar oportunamente la segunda aplicación de fertilizante nitrogenado. Estudios al respecto indican que en la etapa del IP es cuando existe una mayor conversión de kilogramos de arroz palay por kilogramo de fertilizante nitrogenado aplicado; de aquí se deriva la importancia de identificar esta fase.

Fertilización con fósforo. La fertilización fosfatada no es muy conveniente, ya que en suelos bajo inundación - para el cultivo del arroz, el fósforo del suelo es más asimilable.

Fertilización con potasio. En relación a la fertilización potásica ésta no es de gran importancia para el arroz, ya que son mínimas las cantidades de potasio que se requieren para el desarrollo de las plantas; sin embargo, cantidades excesivas de potasio pueden agravar los problemas de salinidad.

La aplicación de fósforo, potasio y microelementos deberá estar avalada por un análisis foliar o de suelo previo a la siembra.

Fertilización con amoniaco anhidro. El amoniaco anhidro, como todos los fertilizantes amoniacales, tiende a disminuir el pH del suelo; sin embargo, no debe considerarse el amoniaco como eficaz mejorador del suelo, ya que las cantidades a utilizarse son bajas, debido a su alta concentración de nitrógeno (82%).

El uso del amoniaco anhidro (82% N), como fuente de nitrógeno aplicado en el agua de riego, es más económico que sus similares y el costo de la fertilización se reduce alrededor del 41.3% con respecto a sólidos, debido a que se ahorra en la aplicación, fletes y manejo.

La utilización y eficacia del amoniaco anhidro depende de una buena nivelación del terreno, así como de la uniformidad de la lámina de agua aplicada.

Antes de aplicar amoniaco, la parcela no debe estar inundada totalmente, con el fin de evitar bajas en la concentración del nitrógeno. Asimismo, es recomendable humedecer o saturar el canal proveedor antes de aplicar el amoniaco; esto permite reducir pérdidas de nitrógeno por infiltración.

Se sugiere que la distancia recorrida por el amoniaco entre el punto de descarga al canal proveedor y la última melga no exceda de 1 kilómetro, ya que puede reducirse su eficiencia debido a volatilización e infiltración.

Para una buena distribución del fertilizante es conveniente abastecer de agua a cada melga desde una regadera, para evitar pasar el agua de una melga a otra. Excepcionalmente, este pase de agua es obligado por la mala calibración del nitrogador (válvula de descarga) o por la terminación del amoniaco de la nodriza, debiéndose suspender el riego para que de las melgas llenas se pase el agua a las melgas faltantes.

Hay que observar como norma, que el agua con el amoniaco en solución ha de consumirse totalmente en las melgas del predio, antes de aplicar el siguiente riego de auxilio o entable, evitando así el lavado y dilución del nitrógeno.

Definición del inicio de la panícula. Se toman al azar unas 10 plantas en el campo y se disectan los tallos más desarrollados. La disección se hace con navaja cortando en forma longitudinal para separar las capas de tejidos que envuelven al tercer nudo superior, en la base del cual se busca una ápice minúsculo de pelillos finos de color plateado, que asemeja a la punta de un plumil ; ésta es la panícula propiamente dicha al observarse lo anterior debe aplicarse la segunda fertilización nitrogenada.

Riegos. En el Estado de Sinaloa el cultivo de arroz se explota en tres diferentes sistemas de producción, de acuerdo con el tipo de suelo.

a) Suelos delgados. (inundación). En suelos muy delgados en los que muy pocos cultivos prosperan, el arroz presenta ventajas desde el punto de vista técnico, ya que con poca agua se puede lograr producción rentable.

Son suelos con muy baja velocidad de infiltración, por lo que se requieren bajos volúmenes de agua para satisfacer las necesidades del arroz. En este tipo de suelos, se sugiere el método de inundación continua. Para el manejo del agua de riego, es necesario hacer bloques de varias parcelas, desde las regaderas hasta los desagües, de tal forma que permitan pasar el agua de una parcela a otra.

En este tipo de suelos, se sugiere sembrar en seco, dar el riego de germinación ligero de 15 cm de lámina, evitando encharcamientos que influyen en la germinación uniforme de la semilla. Se sugiere dar un riego de auxilio ligero, de 5-10 días después del primer riego Para favorecer la Terminación restante. Posteriormente dar 1 ó 2 riegos de auxilio antes de entablar.

b) Suelos arcillosos profundos. Estos suelos requieren de mayor volumen de agua para la explotación del arroz; por lo que se tienen problemas de manejo. En este caso se sugiere la aplicación de riegos intermitentes con estables estáticos para hacer más eficiente el uso de agua.

c) Suelos arcillosos con problemas de sales. En estos suelos se siembra arroz con el propósito de lavar las sales, cuando existe alta disponibilidad de agua en las presas, que permita cultivar el arroz mediante inundación constante.

Riegos intermitentes con estables estáticos. Este método ha sido elaborado para el cultivo de arroz y puede ser utilizado en ciertos tipos de suelo. Su utilización exitosa obliga al productor a realizar un control eficiente de la maleza (Cuadro 2).

Es básico que el productor arrocero disponga de un buen proyecto de riego y utilice compuertas de madera o de plástico, para lograr una mayor eficiencia en la distribución del agua.

Para elaborar el calendario de riego de auxilio con entables estáticos se considera en primer lugar el requerimiento de agua por la planta de arroz en cada una de sus tres fases de desarrollo.

a) Vegetativa. Comprende desde la germinación hasta el inicio de formación del primordio floral o panícula (60-80 días).

b) Reproductiva. Abarca desde el inicio de formación del primordio floral o panícula hasta la floración (30-35 días) después.

c) Maduración. Comprende desde el término de la floración hasta la completa maduración de los granos de arroz (30-35) días.

La planta de arroz requiere de mayores cantidades de agua durante la fase intermedia o etapa reproductiva, debiendo el productor mantener inundado o "entablado" el cultivo durante esta etapa. En las etapas vegetativas y de maduración, o sea antes del inicio de formación de panículas y después de terminada la floración, es suficiente aplicar riegos de auxilio periódicos solo para conservar la humedad disponible del suelo.

Descripción del calendario de riegos de auxilio. Fue elaborado para reducir el alto volumen de agua utilizada mediante el método tradicional, donde se mantiene inundado el cultivo del arroz la mayor parte de su ciclo.

Riego de nacencia o de germinación. Este riego se da inmediatamente después de efectuada la siembra y el tapado de la semilla. El riego debe ser pesado, de una lámina de 15 cm, debiendo drenar el exceso de agua para evitar una mala nacencia del arroz.

Dos o tres días después de darse el riego de germinación, existe la opción de aplicar herbicida pre-emergente, teniendo en cuenta que estos productos solo controlan maleza reproducida por semilla pequeña.

Primer riego de auxilio. Debe aplicarse a los cinco días después del riego de germinación y se utilizan 10 cm de lámina en promedio. Su finalidad es mantener en condiciones óptimas de humedad al suelo para facilitar la emergencia de plántulas, conservarlas suficientemente hidratadas y evitar el agrietamiento del terreno.

Segundo riego de auxilio. Se suministra alrededor de los 12 días después del riego de Terminación y se utiliza una lámina de 10 cm. En caso de aplicación temprana de herbicida postemergente, este riego deberá darse dos días después de la aplicación, o si es posible, sustituirlo por un entable de tres días para controlar mejor la maleza.

Tercer riego de auxilio. Aproximadamente tres semanas después del riego de germinación se dará el tercer auxilio, con una lámina de 10 cm. En caso de aplicación postemergente de herbicida en este período, el tercer auxilio se dará dos días después de aplicado el herbicida; o bien, puede ser sustituido por un entable de tres días para controla mejor la maleza. Se sugiere que la aplicación de herbicida no pase de tres semanas después del riego de nacencia.

Cuarto riego de auxilio. (primera fertilización). Debe darse inmediatamente después de llevar a cabo la primera fertilización con urea o sulfato de amonio. En caso de utilizar amoniaco anhidro se aplicará este simultáneamente en el agua de riego. El riego se dará con una lámina de 10 con alrededor de los 34 días después del riego de nacencia.

Cuadro 2. Calendario de riegos intermitentes con entables estáticos para el cultivo de arroz en el Edo. de Sinaloa, CEVACU, CIRNO, 1998.

No de riegos y entables estáticos	Intervalo transcurrido (días)		Lámina (cm) Parcial Acumulada	
1.- Riego de Nacencia	-	-	15	15
<u>A/</u> Herbicida Preemergente	-	2-3	-	-
2. 1er. Riego de Auxilio	5	5	10	25
<u>B/</u> Herbicida Postemergente	-	10-13	-	-
3. 2do. Riego de Auxilio ó	7	12	10	35
<u>D/</u> Entable Estático (3 días)	-	12-15	12	-
<u>C/</u> Herbicida Postemegente	-	14-20	-	-
4. 3er. Riego de Auxilio ó	9	21	10	45
<u>E/</u> Entable Estático (3 días)	-	16-22	12	-
5. 4to. Riego de Auxilio y	13	34	10	55
<u>E/</u> 1ra. Fertilización N	-	33-34	-	-
6. 5to. Riego de Auxilio	14	48	10	65
7. 1er. Entable Estático (10 días) y	15	63	17	82
<u>G/</u> 2da. Fertilización N	-	62-63	-	-
8. 2do. Entable Estático (10 días)	17	80	17	99
9. 6to. Riego de Auxilio	17	97	10	109
10. 7mo. Riego de Auxilio	10	107	10	119
11. <u>H/</u> 8vo. Riego de Auxilio	10	117	10	129

A/ B/ C/ Opciones de aplicación de herbicidas

D/ E/ Opciones de entables estáticos de (3 días) auxiliares para control de maleza hierbas

F/ G/ 1er. Y 2da. Fertilización nitrogenada

H/ Dése el último riego de auxilio cuando los granos del tercio superior de la panícula estén en estado masoso.

Quinto riego de auxilio. Se proporciona aproximadamente a los 48 días después del riego de nacencia y se utiliza una lámina promedio de 10 cm. En siembras de mediados de julio, este auxilio será el último efectuado durante la etapa vegetativa; mientras que en siembras establecidas durante junio o inicios de julio, se deberá aplicar un riego de auxilio más, debido a que el ciclo vegetativo es más largo.

Primer entable estático. (segunda fertilización). Poco antes del inicio de formación del primordio floral (alrededor de 65 días después de la siembra en fechas de mediados de julio) se procederá a entablar el terreno, una vez fertilizado el cultivo. El "entable" durará 10 días en los que se mantendrá inundado el terreno y solamente se repondrán las pérdidas de agua ocurrida por evaporación, transpiración y percolación. Se estima una lámina de riego de 16-17 cm en promedio para este período de 10 días.

Segundo entable estático. Se inicia siete días después de suspendido el primer entable. Es similar al primer entable y su finalidad es también proveer al cultivo de la suficiente cantidad de agua para promover una mayor cantidad de granos, así como una mejor formación de los mismos.

Sexto y séptimo riegos de auxilio. Una vez finalizado el segundo entable y siete días después de la floración, se aplicará el sexto y séptimo auxilios con una diferencia de 10 días entre sí. Estos riegos tienen como objetivo el obtener una buena formación o llenado de los granos de arroz. En ambos auxilios se utiliza una lámina de riego de 10 cm en promedio.

Ultimo riego de auxilio. Deberá aplicarse cuando los granos de arroz del tercio superior de la panícula se encuentren en estado masoso.

El uso generalizado de este método de riego reducirá la lámina de agua requerida hasta en 50% respecto al método tradicional.

Suspensión del agua de riego. La suspensión del agua de riego 6 aplicación de último riego y posteriormente drenaje, está determinada por factores tales como, topografía, textura del suelo, así como la época de cosecha, (días nublados, bajas temperaturas, lluvias, etc.).

Sin embargo, debe realizarse cuando el 50% de las panículas se doblen por el peso ó cuando el tercio inferior esté en estado lechoso. La ejecución de esta práctica redundará en un incremento en el rendimiento de palay y calidad industrial.

Combate de malas hierbas. El período en el cual el cultivo de arroz debe permanecer libre de maleza a fin de evitar reducciones en el rendimiento, es durante los primeros 40 días de emergido.

La maleza predominante en esta zona productora son : Zacate Pinto, Zacate Coreano, Arroz rojo, Coquillos, Alhuate, Zacate Tricole, Baquillo, Empanadita, colas de Zorra , Bledos, Carricillo , Correhuelas etc.

Los herbicidas más empleados en arroz son mezclas a base de Propanil, que actúa sobre la maleza de hoja angosta y 2,4-D Amina que tiene acción sobre maleza de hoja ancha y Cyperáceas (coquillos). La dosis sugerida de esta mezcla varía desde 7 a 12 y 1 a 1.5 litros de material comercial por hectárea, respectivamente, aplicada entre los 10 y 20 días después del riego de aniego y cuando la maleza se encuentre en el estadio de 2 a 4 hojas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Herbicidas sugeridos para control de maleza en arroz bajo riegos intermitentes con entables estáticos, o con riego tradicional en el estado de Sinaloa. CEVACU, CIRNO. 1998.

Herbicida	Cantidad de Producto 1l/ ha.	Epoca de aplicación	Días desde riego nacimiento
PROWL (Pendimethalin)	3 a 4	Preemergencia	2-3
RONSTAR (Oxadiazon)	3 a 4	Preemergencia	2-3
STAM LV-10 + PROWL (Propanil) (Pnedimethalin)	4 + 4	Postemergencia	12-16
STAM LV-10 + BOLERO (Propanil) (Benthiocarb)	4 + 4	Postemergencia	12-16
TAM LV-10 + 2.4-D* (Propanil) (2-4 Diclorofenoxi acético)	7 + 1	Post-temprana	10-13
STAM LV-10 + 2.4-D (propanil) (2-4 Diclorofenoxi acético)	9-12 + 1	Post-tardía	14-20
STAM LV-10 + BASAGRAN (propanil) (Bentazón)	8 + 1.5	Postemergencia	14-18

Se pueden utilizar como equivalentes de STAM LV-10 (Propanil): Herbax, Pantox o Surcopur y se aplican a igual dosis, Clave: g.i.a./ha=gramos de ingrediente activo/ha.

No aplicar 2,4-D con cultivos cercanos o colindantes susceptibles, como hortalizas, oleaginosas, etc.

Con esta mezcla se logrará un buen control, si antes de aplicar, el suelo está drenado para volver a regar dos a tres días después de haberla aplicado. Es necesario establecer que al efectuar aspersiones fuera del período recomendado, será necesario aumentar la dosis de Propanil, lo que incrementará el costo; además, el control de zacates será menos eficiente y por consecuencia el rendimiento se reducirá.

Los herbicidas y mezclas de éstos, factibles de utilizarse para el combate de maleza en arroz son:

Prowl. Este producto es efectivo contra zacates y maleza de hoja ancha; presenta control deficiente de coquillo y correhuela o trompillo.

Ronstar. Con este producto se logra un buen control de zacates provenientes de semilla y la mayoría de maleza de hoja ancha. No controla coquillos, empanadita y correhuela o trompillo, entre otros.

Se ha observado que Prowl y Ronstar no controlan eficientemente la maleza en suelos afectados por alta concentración de sales solubles (suelos salitrosos), lo cual se debe considerar a la hora de tomar decisiones.

Stam LV-10 + Prowl; Stam LV-10 + Bolero. Los productos que forman estas mezclas se presentan en emulsión. Después de la aplicación de estas mezclas y si persiste la maleza como zacate johnson, pinto o choneano será necesario aplicar una dosis de 1.0 a 1.5 lt/ha del herbicida Furore, dependiendo de la infestación y tamaño de los zacates. Este herbicida deberá utilizarse antes de la iniciación del primordio floral; aplicación cercana o posterior a esta etapa, repercutirá en forma notoria en el desarrollo de la planta y en el rendimiento drenado pero con suficiente humedad. Utilice de 60 a 80 litros de agua para la mezcla de aplicación aérea.

Control de plagas. El cultivo del arroz es atacado principalmente por tres tipos de plagas que son: insectos, roedores y aves. Para su control se sugieren los productos que se indican en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Insecticidas sugeridos para el combate de las principales plagas del arroz, equivalencias de productos comerciales y sus dosis. CEVACU, CIRNO. 1998.

PRODUCTO	CHINCHE CAFE	CHICARRITAS	RATAS*	CUANDO APLICAR
Peratión metílico	720 g. i.a./ha			Aplicar en floración y formación de grano al observar la presencia de las plagas, para evitar "chupado" del grano
Folidol M-72	1.0 lt/ha	1.0 lt/ha		
Parametil 720-E		1.0 lt/ha		
Carbaryl	1,200 g.i.a./ha			
Sevin 80%	1.5 kg/ha	1.5 kg/ha		
Malatión	1,000 g.i.a./ha			
Lucatión	1.0 lt/ha	1.0 lt/ha		
Brodifacotum			0.065 g.i.a./ha	Colocar cebos alrededor de los lotes, evitando el contacto con la
Klerat			1.3 kg/ha	humedad

Clave: g.i.a./ha=gramos de ingrediente activo por hectárea. *Consulte al personal técnico de la Campaña de Sanidad Vegetal, SAGAR.

Chinche café. Se presenta cuando el cultivo se encuentra en floración y formación de grano, el daño lo causan las ninfas y los adultos succionando los granos tiernos, originando que se queden vanos; se sugiere su control en infestaciones fuertes.

Chicharritas. En algunos años se presentan daños severos por ataque de chicharritas, las cuales causan daño mecánico a las plantas de arroz al insertar su estilete y absorber el "jugo" de la planta. El síntoma característico en las plantas es hoja de color verde-amarillento que comúnmente se confunde con una deficiencia de nitrógeno. La detección de este insecto es difícil, ya que tiene movimientos muy ágiles, el adulto es de tamaño pequeño (89 mm de largo) y es de color verde, semejante al color de las hojas del arroz.

La mayor incidencia de chicharritas se ha observado en la fase de máximo amacollamiento, disminuyendo la población en la fase reproductiva de las plantas (embuche-floración), por efecto de una baja de temperatura .

Saltamontes. Esta plaga se presenta principalmente en el estado de Nayarit , existiendo dos clases ; los de antena larga se alimentan de hojas y de los tallos, los cuales ocasionan panículas blancas después de su ataque; los de antena corta también se alimentan de las hojas pero en ocasiones devoran los granos en formación, su control se debe iniciar cuando se observe un 20% de daño, el cual se puede realizar con un litro de Paratión M 50% CE o con un kilo y medio de sevín 80 PH o bien con 20 kilos de Folidol.

Roedores y aves. Estas deben controlarse a través de una estrecha vigilancia tan pronto se presente la formación de grano, ya que si las parvadas se establecen después, será más difícil ahuyentar los pájaros del arrozal.

Enfermedades. En Sinaloa y Nayarit las principales enfermedades fungosas que se pueden presentar en áreas productoras de arroz son y deben considerarse como problemas potenciales las enfermedades siguientes: Pudrición de la vaina (*Rhizoctonia solani*) la cual puede convertirse en una serie amenaza para el cultivo del arroz en ambos ciclos agrícolas de producción (Primavera - Verano y Otoño - Invierno). La quema del arroz (*Pyricularia grisea*), patógeno ya establecido en el ciclo Otoño - Invierno en zonas cercanas al mar; otros patógenos que ocasionan enfermedades no menos importantes pero que ya son preocupantes; la Mancha, Café (*Neovossia Barclayna*) Mancha Foliar (*Cercospora janseana*) Manchado del grano, además de Panícula Erecta desorden fisiológico asociado a suelos arenosos con alto contenido de materia orgánica, este desorden es predominante en el ciclo agrícola Otoño - Invierno en la Cruz de Elota Culiacán, Sinaloa.

Cosecha. La humedad del grano determinará cuando efectuarla, generalmente ésta debe ser entre el 20 y 22% para su industrialización; si la producción se destina para semilla la humedad de cosecha en campo será del 13 al 15%.

AGRADECIMIENTOS:

Se agradece la colaboración de los siguientes investigadores del INIFAP:

M. C. Juan R. Manjarrez Sandoval (Sistemas de producción y manejo del agua)
C.E. Valle de Culiacán, Sin.

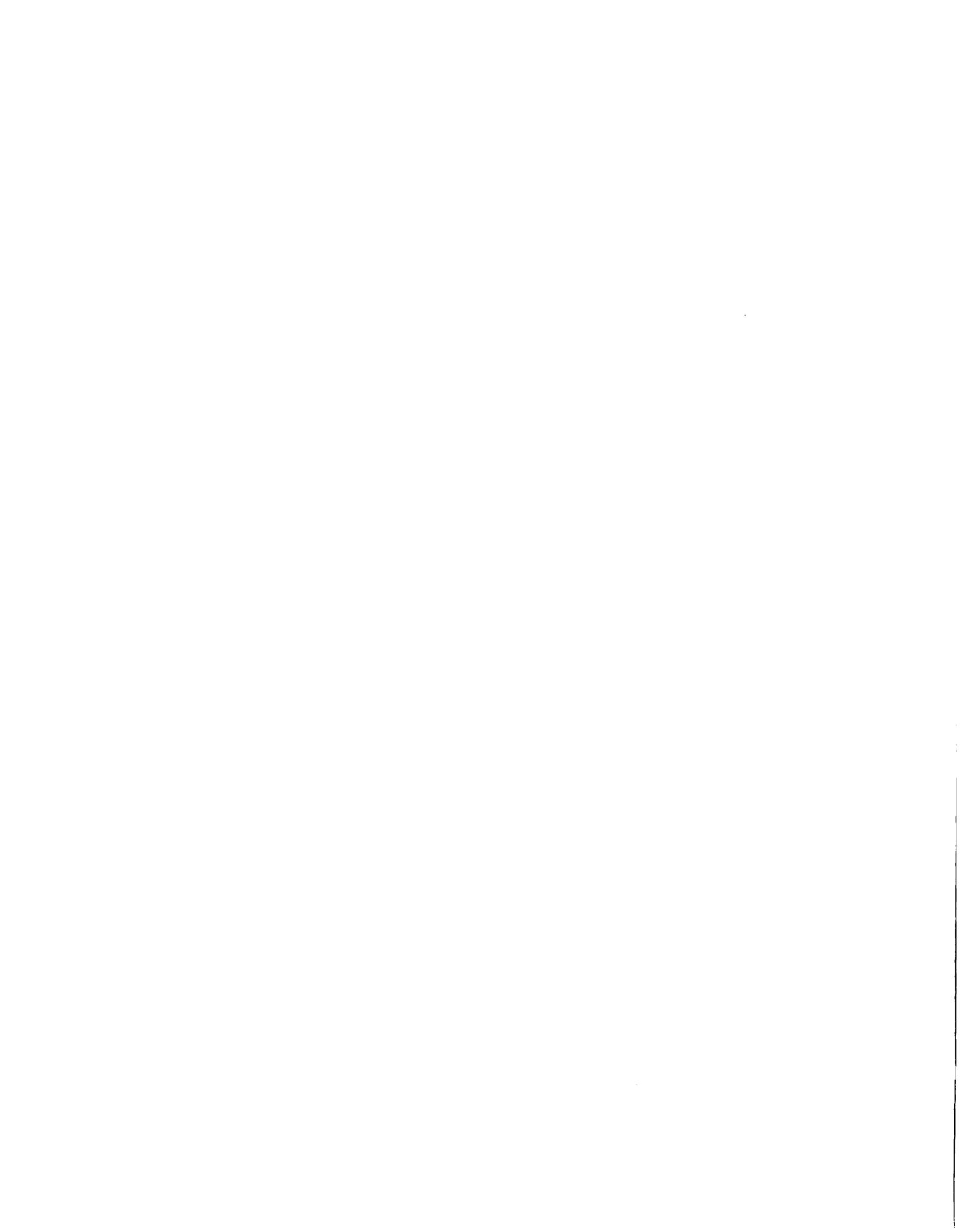
M. C. Jesús Alvarado Martínez (Combate de maleza) C.E. Valle de Culiacán,
Sin.

I.B.Q. Oliverio Bueno Barraza (Manejo del agua y fertilización) C.E. Valle de
Culiacán, Sin.

M.C. Mayra Aviles González (Combate de plagas) C.E. Valle de Culiacán, Sin.

Ing. J. Alfredo Camarena Barbosa (Agronomía arroz) C.E. Santiago Ixcuintla,
Nayarit.

Ing. Jorge Arellano Saldaña (Uso y manejo del agua) C.E. Santiago Ixcuintla,
Nayarit.



TECNOLOGIAS INIFAP PARA EL CULTIVO DE ARROZ EN LA REGION CENTRAL DE MEXICO

Felipe de Jesús Osuna Canizalez*

Introducción. El programa de arroz del Campo Experimental Zacatepec (CEZACA) realiza investigación en este importante cultivo desde 1946. En ese año se cultivaban en el estado gran cantidad de ecotipos o variedades criollas de arroz, cada una con características de planta y grano diferentes, tales como el arroz Jojutla, el "meco", el San Vicente, etc.. El manejo agronómico del cultivo se realizaba de una manera empírica y el sistema empleado era el de doble trasplante. El rendimiento promedio de grano era de sólo 4 ton/ha.

Mediante la colecta de estos genotipos, su evaluación y selección, se logró obtener la variedad Jojutla Mejorado (Paredes, 1978), la cual rendía 5 ton/ha en promedio. Esta fue la primera variedad mejorada de arroz liberada en México.

Los trabajos de colección y selección de ecotipos se retomaron, dado que Jojutla Mejorado no tuvo una buena aceptación. En 1970 se liberó la variedad Morelos A-70, misma que tuvo una buena adopción por los productores y en corto tiempo desplazó a todos los ecotipos de arroz cultivados todavía en la época. Morelos A-70 fijó lo que hoy se conoce como arroz "calidad Morelos" consistente en un grano alargado y oblongo, de dimensiones mayores que las de cualesquier otro tipo, y con una mancha yesosa característica en la región ventral del grano, conocida comúnmente como "panza blanca". La calidad del arroz Morelos es reconocida con un sobreprecio en el mercado en relación a los demás arroces, nacionales o importados.

Hasta antes de la liberación de Morelos A-70 se prestó poca atención a los estudios agronómicos. La contribución más importante en esta área fue la de demostrar que con un sólo trasplante se obtenían rendimientos similares a cuando se trasplantaba dos veces, con ahorros considerables en el costo de producción.

Tras la liberación de Morelos A-70 los estudios agronómicos se intensificaron. En primer lugar se regionalizaron las zonas productoras de arroz, quedando divididas en "zona baja", en alturas menores a 1,000 msnm y "zona alta", en alturas superiores a 1,000 msnm. La regionalización se basó en diferencias de clima, suelo, y cultivos en rotación, entre las dos zonas.

* Investigador Titular del Programa de Arroz en el Campo Experimental Zacatepec. SAGAR. INIFAP. CIR-Centro.

Para cada zona de cultivo de Morelos A-70 se generaron recomendaciones de manejo, tales como fechas de establecimiento, densidad de población, control de malezas, dosis y época de aplicación de fertilizantes, así como métodos para la prevención y control de enfermedades (CEZACA, 1981).

Morelos A-70 cubrió una etapa muy importante en la historia del arroz de Morelos en el presente siglo, a pesar de ser una clásica variedad tradicional, es decir, con un ciclo de vida muy largo, alrededor de 200 días en promedio; con una alta producción de follaje, que implicaba una relación grano:paja de 0.85; con un alto número de tallos por planta, una parte de los cuales eran improductivos; con una altura de planta mayor a 1.6 m, lo cual la volvía muy susceptible al acame; y por todo lo anterior, con una baja eficiencia fotosintética (Osuna, 1996). A pesar de todo lo anterior, su rendimiento medio de 6 ton/ha, mantenido durante más de dos décadas, es excepcional para las variedades de su tipo. Un análisis de los factores que explican este comportamiento se puede ver en un capítulo anterior de estas memorias (Osuna, 1998).

En 1983 se liberó Morelos A-83, la primera variedad morelense de arroz con genes de semienanismo. Debido a que su tipo de grano era diferente al de Morelos A-70, no tuvo aceptación por la industria y por lo tanto no tuvo ningún impacto a escala comercial, a pesar de su mayor rendimiento, en comparación con Morelos A-70. Lo mismo ocurrió con Morelos A-88, una variedad también con genes de semienanismo liberada en 1988.

En 1992 se liberó otra variedad de la nueva generación, Morelos A-92, la cual tiene el mismo tipo de grano que Morelos A-70, pero con un tipo de planta mejorado y con mayor potencial de rendimiento que Morelos A-70 (Fig. 1), razones por las que en poco tiempo cubrió toda la superficie cultivada con arroz en el estado, lo cual se mantiene hasta el presente año.

En el presente año está en proceso de liberación una nueva variedad, Morelos A-98, la cual tiene un potencial de rendimiento similar al de Morelos A-92 y el mismo tipo de grano, pero tiene un mayor rendimiento industrial, ya que se puede obtener hasta un 7% más de grano de grano entero en el molino (Salcedo, 1998; comunicación personal).

Debido a las grandes diferencias en el tipo de planta y como consecuencia en el potencial de rendimiento, se tuvieron que definir prácticas de manejo agronómico específicas para Morelos A-92 (Osuna, 1996), las cuales se detallan en las siguientes páginas.

¡Error! No hay tópico especificado.

Fig. 1. Evolución del rendimiento medio estatal de grano.

Manejo agronómico de Morelos A-92.

Zonas de cultivo. Se Morelos se tienen definidas dos áreas productoras de arroz: la "zona alta" que incluye los municipios de Cuautla, Ciudad Ayala, Yautepec, Emiliano Zapata, Jiutepec, Temixco y Cuernavaca ; y la "zona baja" que comprenden los municipios de Zacatepec, Jojutla, Tlaquiltenango, Tlaltizapán, Puente de Ixtla, Tetecala, Coatlán del Río, Miacatlán, Mazatepec, Amacuzac, Jantetelco, y Axochiapan. La variedad Morelos A-92 tiene buena adaptación a las dos zonas, principalmente en relación con el clima, suelo y cultivos que entran en rotación con el arroz.

Establecimiento y manejo del almácigo.

Preparación del terreno. Se sugiere dar dos barbechos con arado de discos a una profundidad de 25 a 30 centímetros.

Preparación de la cama de siembra. Después de preparar el terreno se trazan tajos de dos metros de ancho y de longitud variable, siguiendo el sentido de la pendiente, para facilitar posteriormente la siembra, los riegos, deshierbes y aplicaciones de fertilizante. Se deja una distancia de 60 centímetros entre tajos, con la finalidad de abrir regaderas para conducir el agua de riego. El paso siguiente es el aborde, para lo cual se inunda la parte baja de cada tajo, se marcan las melgas dentro de cada tajo, se nivelan, se retira el agua, luego se fertiliza y se siembra.

Epoca de siembra. En la "zona alta" puede sembrarse del primero de enero al 25 de marzo; no debe retrasarse mucho la siembra, ya que las bajas temperaturas que se presentan en el área desde el mes de septiembre incrementan el riesgo de enfermedades y el avanamiento del grano. En la "zona baja" se puede sembrar del primero de febrero al 10 de mayo.

Semilla. Se sugiere utilizar semilla certificada para asegurar una adecuada pureza genética y alta calidad de la simiente. Gracias al subsidio para la compra de semilla dentro del programa kilo x kilo de Alianza para el campo, en 1998 casi la totalidad del área arrocera de Morelos se sembró con semilla Certificada de Morelos A-92.

En caso de no usar semilla certificada para la siembra, se sugiere desinfectar la semilla para prevenir algunas enfermedades que atacan a las plántulas de arroz en el almácigo o incluso después del trasplante. La desinfección consiste en remojar la semilla durante 24 horas en una suspensión de un gramo de Benlate o Promyl (Benomyl) por litro de agua por kilogramo de semilla; a través de esta operación también se eliminan los granos varios que flotan en la superficie de la suspensión. Como medida de precaución se recomienda usar guantes de hule al manejar el fungicida y la semilla tratada.

Siembra. Se distribuye uniformemente la semilla al voleo sobre la cama del almácigo. Si el suelo es pesado se puede cubrir la semilla con "tierra lama" o con estiércol vacuno, o bien, se puede enterrar golpeando suavemente con escobas de rama.

Cantidad de semilla para la siembra. Se estima que con 200 metros cuadrados de almácigos y una densidad de 150 gramos de semilla por metro cuadrado se obtiene planta suficiente para trasplantar una hectárea ; es decir, se necesitan 30 kilogramos de semilla por hectárea.

Riegos. Al día siguiente de sembrar el almácigo se da un riego ligero para humedecer el suelo, evitando el arrastre y la formación de charcos ; los riegos siguientes deben darse cada dos o tres días cuando el suelo sea pesado y diariamente si es ligero o se agrieta. El almácigo puede manejarse todo el tiempo mediante riegos periódicos. Con Morelos A-70 era común mantener inundado el almácigo permanentemente, pero se ha observado que cuando la disponibilidad de agua permite hacerlo así con Morelos A-70, se dificulta mucho arrancar las plántulas en el almácigo, previo al trasplante.

Fertilización. En las dos zonas se sugiere fertilizar con una mezcla de 40 gramos de sulfato de amonio, 15 gramos de superfosfato de calcio triple y 15 gramos de cloruro de potasio por metro cuadrado antes de sembrar y hacer una segunda aplicación con 40 gramos de sulfato de amonio por metro cuadrado 20 días después de la siembra.

Para el caso de suelos "calichosos", especialmente en la "zona baja", se sugiere aumentar la dosis de sulfato de amonio a 60 gramos por metro cuadrado en cada aplicación. En estos suelos generalmente se tiene un buen desarrollo de las plántulas durante los primeros 20 días después de la siembra pero después de ese tiempo empiezan a presentarse manchones de plantas con "amarillamiento" y menor desarrollo, y al poco tiempo, si no se corrige el problema, algunas plantas mueren. Para prevenir o corregir estos problemas se sugiere asperjar una mezcla de 30 gramos de sulfato ferroso y 15 gramos de quelato de fierro por litro de agua, a los 15 y 20 días después de la siembra, o las veces que sea necesario. Es recomendable evitar el establecer los almácigos en terrenos que se sepa de antemano son muy "calichosos".

Combate de malas hierbas. Se sugiere controlar las hierbas en el almácigo con la aplicación de los herbicidas Stam LV-10 (Propanil) o Arrosolo (Propanil + Ordram), en dosis de cinco litros por hectárea cualquiera de los dos. La aplicación debe hacerse cuando la mayoría de las hierbas hayan nacido, alrededor de 15 días después de la siembra, sobre suelo húmedo pero sin agua estancada. No se deben usar herbicidas como Hierbamina, Hierbester o Esterón 47 porque son muy tóxicos para las plántulas de arroz en el almácigo.

Trasplante y manejo del cultivo.

Preparación del terreno. Esta labor es semejante a la que se sigue para el almácigo, es decir, se dan dos barbechos a 25 ó 30 centímetros de profundidad. Se marcan tajos de ancho de 13 metros de ancho en el sentido de la pendiente y a continuación, por las regaderas que dividen los tajos, se conduce el agua para anegarlos, empezando por la parte más baja. De esta forma el terreno queda listo para realizar el aborde, siguiendo el nivel del agua, con lo cual quedan establecidas las melgas, mismas que finalmente se nivelan a mano.

Epoca de trasplante. En la "zona alta" se trasplanta del 20 de febrero al 15 de mayo, de 45 a 50 días después de la siembra. En la "zona baja", debido a las temperaturas más elevadas, se trasplanta de 35 a 40 días después de la siembra ; es decir, del 10 de marzo al 15 de junio. Es importante ajustarse a las fechas sugeridas de trasplante, ya que se ha observado que cuando se trasplanta tarde se pueden presentar reducciones considerables en el rendimiento.

Forma de trasplante. En el almácigo debe mantenerse una lámina de agua permanente para facilitar el arranque de las plántulas, las cuales se sujetan por la base del tallo para después jalarlas y removerlas del suelo. Se seleccionan las de mayor vigor, se agrupan en manojos y se lavan las raíces en el agua para eliminar el lodo. Enseguida se despuntan las hojas para lograr un rápido establecimiento, se colocan ordenadamente en el interior de un costal y se transportan al terreno definitivo, en donde se trasplanta de dos a tres plantas por mata.

Cantidad de matas. Se trasplantan 25 matas por metro cuadrado, espaciadas a 20 centímetros una de la otra, que equivale a la densidad de 250 mil matas por hectárea.

Riegos. Aplicar riegos periódicos durante todo el desarrollo del cultivo, cuidando que el suelo no se seque demasiado entre riegos, especialmente durante la etapa que va del inicio de la panícula a la etapa de grano masoso, en el cual deben darse los riegos en forma continua. Si hay agua suficiente, dar un riego de inundación por una semana después de la aplicación de herbicidas postemergentes.

Combate de malas hierbas. Es importante que el cultivo permanezca libre de malas hierbas durante los primeros 30-35 días después del trasplante, ya que es la etapa crítica de competencia, y si no hay un control oportuno y adecuado de malas hierbas, pueden darse reducciones considerables en el rendimiento. Se sugiere el control químico por ser más económico y menos laborioso que el deshierbe manual, y para el cual se tienen las dos alternativas siguientes:

Control preemergente. Se aplican tres litros por hectárea del herbicida Ronstar (Oxadiazón), de tres a cinco días después del trasplante, antes de la nacencia de las hierbas; este producto controla la mayor parte de las hierbas de hoja ancha y zacates, pero no controla al "coquillo".

Control postemergente. Se aplica una mezcla de seis litros de Stam LV-10 (Propanil) con un litro de Hierbester (2,4-D) por hectárea, cuando la maleza tenga de dos a tres hojas; si al momento de la aplicación la maleza tiene cuatro o más hojas debe aumentarse la dosis a ocho litros de Stam LV-10 y a un litro y medio de Hierbester por hectárea. Si los problemas con zacate son muy fuertes puede usarse el herbicida Arrosolo (Propanil + Ordram) en lugar del Stam LV-10, en las mismas dosis.

En el mercado pueden encontrarse varios herbicidas que tienen el mismo ingrediente activo (Propanil) y concentración del Stam LV-10, con efectos similares sobre las hierbas y el arroz, lo que cambia es el nombre comercial y en ocasiones el precio, por lo que en un momento dado puede usarse el que sea más barato; algunos de los más comunes son Surcopur, Pantox, Propasint y Propavel. Lo mismo puede del Hierbester, que puede ser sustituido por Fito Ester o Esterón 47, entre otros, cuyo ingrediente activo es el ácido 2,4-D.

Se sugiere usar boquillas de abanico para la aplicación de cualquiera de los herbicidas indicados. Las más comunes son las de tipo Tee Jet 8004, con las que se aplican alrededor de 400 a 450 litros por hectárea, por lo que las dosis indicadas anteriormente deberán diluirse en esas cantidades de agua para cubrir una hectárea. Pueden encontrarse también boquillas Tee Jet 8002, que asperjan solamente de 200 a 250 litros por hectárea, así como las Tee Jet 8003, con las que se aplican de 300 a 350 litros por hectárea, por lo que las dosis de herbicidas deberán diluirse en esos volúmenes de agua para cubrir una hectárea. En cualquier caso es muy recomendable calibrar la bomba antes de realizar la aspersión.

Fertilización. Se sugiere aplicar fertilizante en dos etapas, la primera de 25 a 30 días después del trasplante, una vez que se hayan controlado las hierbas, y la segunda al inicio de la panícula, lo cual ocurre en la "zona alta" aproximadamente de 70 a 85 días después del trasplante, dependiendo de la fecha en que éste se realice; en la "zona baja" la panícula inicia de 60 a 75 días después del trasplante. En las dos zonas, entre más temprano se trasplanta, mayor tiempo tarda la planta en iniciar la panícula y en alcanzar la madurez. Este comportamiento se debe a la alta sensibilidad al fotoperíodo de Morelos A-92, lo cual se analiza en otro trabajo de esta misma Memoria (Osuna, 1998)

En Morelos, desafortunadamente la mayoría de las fuentes de agua para riego, consistente en ríos y manantiales ya que no existen obras importantes de captación, tienen diferentes grados de contaminación. Por esta razón, las

cantidades de fertilizante a aplicar dependerán del grado de contaminación del agua de riego, como se indica a continuación.

-Si el agua de riego es relativamente limpia, en las dos zonas se sugiere aplicar en la primera etapa el tratamiento 120-40-40, para lo cual pueden mezclarse 585 kilogramos de sulfato de amonio o 260 kilogramos de urea, con 90 kilogramos de superfosfato de calcio triple (supertriple), y 70 kilogramos de cloruro de potasio por hectárea. En la segunda etapa, también en las zonas, se sugiere el tratamiento 60-0-0, que se aplica con 300 kilogramos de sulfato de amonio o 130 kilogramos de urea por hectárea.

-Si el agua de riego está muy contaminada, como en el caso de las aguas residuales del ingenio Emiliano Zapata en Zacatepec, o en algunas áreas de Emiliano Zapatea, se debe reducir la dosis de nitrógeno, de tal manera que en la primera etapa se aplique el tratamiento 100-40-40; esto se logra con la mezcla de 490 kilogramos de sulfato de amonio o 220 kilogramos de urea, con las mismas cantidades de supertriple y cloruro de potasio indicadas anteriormente, por hectárea. Para la segunda etapa se aplican solamente 244 kilogramos de sulfato de amonio o 110 kilogramos de urea por hectárea, que corresponde al tratamiento 50-0-0.

Existen en el mercado diversos fertilizantes compuestos que pueden ser utilizados haciendo previamente los cálculos correspondientes; por ejemplo, en la "zona baja" es común encontrar la fórmula compuesta 15-5-5, de la cual se pueden aplicar 800 kilogramos por hectárea en la primera etapa, para los casos en los que el agua de riego es relativamente limpia, lo que equivale a la mezcla de los tres fertilizantes señalados anteriormente (tratamiento 120-40-40). En la segunda etapa se aplicarían los mismos 300 kilogramos de sulfato de amonio o 130 kilogramos de urea por hectárea, para cubrir el tratamiento 60-0-0.

Se ha encontrado que la respuesta del arroz a la urea y al sulfato de amonio es similar, por lo que se sugiere el uso de la urea debido a que es más económica que el sulfato de amonio y se manejan cantidades más bajas para aplicar la misma dosis de nitrógeno, por su mayor concentración.

En el caso de suelos "calichosos", si se tienen antecedentes de problemas de "clorosis" deben hacerse aspersiones de fierro a partir de las dos o tres semanas después del trasplante, usando la mezcla de 30 gramos de sulfato ferroso y 15 gramos de quelato de fierro por litro de agua; generalmente dos o tres aplicaciones con intervalos de 10 días logran prevenir o corregir el problema.

Cosecha. La cosecha se efectúa cuando el grano tiene un contenido de humedad entre 22 y 25 por ciento, lo cual ocurre entre 125 y 145 días después del trasplante en las dos zonas. Se sugiere la cosecha mecanizada, con la que se reduce el tiempo y el esfuerzo requerido para cosechar, así como también se

reduce el costo en aproximadamente un 30%, en comparación con la cosecha manual.

Desde el punto de vista de la calidad industrial, es muy importante definir el momento óptimo de cosecha, ya que es un parámetro que afecta en gran medida a la recuperación de grano entero en el molino. Cuando se cosecha a contenidos muy bajos de humedad, la proporción de enteros se puede reducir de manera significativa, como puede verse en la Figura 2. Cosechando con humedad en el grano arriba de 25% pueden lograrse también altos porcentajes de entero (Fig. 2), pero esto no es recomendable debido a los mayores riesgos que se corren de que el grano se deteriore en su constitución o de que sea atacado por patógenos.

¡Error! No hay tópico especificado.

Fig. 2. Efecto de la humedad del grano a la cosecha sobre la calidad industrial de Morelos A-92. CEZACA, 1993.

Tecnologías en proceso.

Estudios agrotécnicos. Debido al creciente problema de escasez de agua, y de mano de obra, así como a los altos costos de producción que el sistema tradicional de aborde y trasplante manuales implica, en la actualidad los estudios en el área del manejo agronómico están enfocados hacia la generación de tecnología que permita mantener los altos niveles actuales rendimiento, pero con menos agua y a un menor costo de producción.

En los últimos 4 años se ha generado tecnología para cultivar arroz mediante el sistema de trasplante manual en surcos y manejo del agua mediante riegos periódicos (Osuna, 1997). Esta consiste en surcar en seco con pendiente moderada (0.2 a 0.5%), iniciar el riego e inmediatamente después trasplantar. Con este sistema es posible reducir el consumo de agua entre 70 y 75%, en comparación al sistema tradicional de riego por inundación en melgas. Los costos de producción no se reducen de manera significativa ya que persiste la fase de almácigo y la actividad de trasplante.

La otra alternativa que se ha explorado es la de siembra directa en surcos y manejo del agua mediante riegos de auxilio. Para este caso particular se adecuó una sembradora múltiple muy común en la siembra de trigo en el Noroeste del país, de tal manera que se siembra en seco, con una separación de 60 cm entre surcos y con tres hileras de siembra por cada surco, una en cada talud y otra más en el fondo. Las evaluaciones hechas durante 2 años arrojan resultados preliminares que permiten pensar en que este sistema puede convertirse en una alternativa viable en el futuro cercano. Con este sistema se han logrado reducciones en el consumo de agua de 60% en promedio y de 20% en el costo de

producción, con rendimientos similares a los que se obtienen con el sistema tradicional. Su problema fundamental es la intensa competencia de malezas en las etapas iniciales del crecimiento, lo cual se ve agravado por el hecho de que Morelos A-92 no es una variedad muy adecuada para este sistema debido a que fue formada para trasplante y su habilidad para competir con las malezas es muy limitada. Por esta razón, se están conduciendo ensayos para evaluar la factibilidad de incrementar sus tasas iniciales de crecimiento mediante el tratamiento a la semilla con ácido giberélico. Por otro lado, se están realizando evaluaciones de nuevos genotipos, buscando en ellos principalmente la característica de ser buenos competidores con la maleza. Por otro lado, el año entrante se realizarán evaluaciones de nuevos herbicidas disponibles en el mercado.

Mejoramiento genético. Las variedades Morelos de arroz formadas mediante los métodos convencionales de mejoramiento, están cerca ya de su límite de rendimiento. Una alternativa para incrementar el potencial de rendimiento de los genotipos del futuro, es la formación de arrocés híbridos.

Además del alto rendimiento de grano, el área de mejoramiento genético deberá considerar dentro de sus objetivos de mejoramiento, la incorporación de características deseables en los nuevos genotipos, tales como la resistencia al acame para poder mecanizar la cosecha; incorporar la característica de alta tasa de crecimiento inicial y mayor habilidad de competencia con las malezas; incrementar la resistencia al desgrane, ya que las variedades Morelos actuales son muy blandas, lo cual provoca pérdidas de grano a la cosecha de hasta 600 kg/ha; buscar genotipos Morelos con grano cristalino, ya que la tendencia del mercado en México se dirige hacia la preferencia por granos de ese tipo; mejorar la uniformidad en la maduración, ya que, como antes se mencionó, en Morelos A-92 la emergencia de las panículas tarda hasta 4 semanas, por lo que la maduración del grano dentro de un mismo lote es muy desuniforme, provocando problemas de bajo rendimiento industrial en el molino.

Literatura citada.

- CAEZACA (Campo Agrícola Experimental Zacatepec). 1981. Guía para la asistencia técnica agrícola. SARH, INIA. pp. 43-53
- Osuna, C.F.J. 1996. Impacto de los genes de semienanismo del arroz en las variedades "Morelos". Memorias del XVI Congreso Fitogenética. SOMEFI. Montecillo, Méx. pp. 6-7.
- Osuna, C.F.J. 1996. Guía actualizada para cultivar la variedad de arroz Morelos A-92. Folleto para productores No. 22. Campo Experimental Zacatepec. SAGAR, INIFAP. 10 p.
- Osuna, C.F.J. 1998. Factores de clima y su efecto en la producción de arroz. *In*: Fundamentos y tecnologías para la producción de arroz. Memorias del Curso. Campo Experimental Zacatepec. SAGAR, INIFAP. pp. 1-13.
- Osuna, C.F.J. 1997. Tecnología para cultivar arroz de trasplante en surcos con riegos de auxilio en el estado de Morelos. Folleto para productores No. 23. Campo Experimental Zacatepec. SAGAR, INIFAP. 10 p.
- Paredes, T.A. 1978. Presentación del Programa de Arroz II ante el Sector Agropecuario. Campo Agrícola Experimental Zacatepec. (Mimeografiado) 16 p.

TECNOLOGÍAS INIFAP PARA LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL SURESTE DE MÉXICO

Jesús Humberto Rodríguez Avila*

Introducción. El cultivo de arroz en nuestro país, ocupa en cuanto a superficie, producción y consumo, el tercer lugar después del Maíz y el Trigo; y se siembra en dos regiones agroclimáticas que se diferencian fundamentalmente por sus regímenes termopluviométricos y las fuentes de suministro de agua para satisfacer sus necesidades hídricas que son muy altas dada la fisiología del arroz, por ser una planta acuática o semiacuática. Estas dos regiones son el Trópico Seco, que por su baja precipitación requiere del suministro artificial de agua mediante riego durante todo el ciclo de cultivo y, el Trópico Húmedo, caracterizado por altas precipitaciones que en términos generales son abundantes pero lamentablemente irregulares en cuanto a su monto y distribución, en esta región el cultivo depende en su totalidad de la lluvia, a excepción de algunas regiones que manejan riego como auxilio, sobre todo en la época de la canícula o sequía intraestival.

La superficie que se cultiva con arroz en nuestro país, ha sido muy variable de un año a otro, presentando una clara tendencia a la disminución, debiéndose esto, entre otros factores del tipo socioeconómico, a las restricciones de agua que se han registrado en los distritos de riego de la región del Trópico Seco, y a las irregularidades de la lluvia en las zonas temporaleras del Trópico Húmedo; como consecuencia, la producción también ha estado sujeta a altibajos y la productividad que depende mayoritariamente del sistema de producción, lamentablemente no ha llegado a una estabilidad y nivel deseable.

En estas condiciones, el Trópico Húmedo, participa a nivel nacional con el 52.7 % de la superficie cosechada, su índice de siniestralidad es de 24.6 % y produce el 44.2 % del arroz nacional, con rendimientos medios de 3.2 ton/ha.

Particularmente, dentro del Trópico Húmedo, los estados de Veracruz, Campeche y Tabasco, obtienen el 51.6., 32.0 y 10.4 % del total de la producción de esta región, con rendimientos del orden de 3.8 ton /ha. para el primero y 2.6 ton/ha. para los otros dos.

Con esta información, se pretende definir la importancia creciente que en cuanto a superficie cosechada y producción de arroz, ha venido desempeñando el Trópico Húmedo; sin embargo, por sus altos índices de siniestralidad y bajos

* Investigador Titular del Programa de Arroz en el Campo Experimental Edzná. SAGAR. INIFAP. CIR-Sureste.

rendimientos hacen de este cultivo, una no muy atractiva actividad económica, sobre todo, si se considera el constante incremento del costo de los insumos que se requieren; de aquí la necesidad de aumentar significativamente los niveles de productividad.

Desde el punto de vista Técnico, las causas de esta situación en términos generales son, el manejo casi en un 90 % de la superficie bajo condiciones de Temporal, sistema de producción que tiene implícitos problemas como la Sequía, que a su vez ocasiona la proliferación de altas infestaciones de malezas, plagas y enfermedades; difícilmente controlables por requerir de condiciones muy especiales de humedad tanto del suelo como del ambiente en el que el cultivo se desempeña. Y si a esto se le añadan situaciones como el manejo del cultivo en forma extensiva y el desconocimiento de las tecnologías generadas exprofeso, la oportunidad de solución de problemas en forma adecuada se pierde.

Por otra parte, la ausencia de un programa continuo de producción de semilla de alta calidad, ha originado que los productores utilicen como simiente a material producido con fines de consumo humano (grano), mismo que se encuentra totalmente fuera de normas, originando con ello, la proliferación del problema de malezas número uno, que es el arroz rojo, el detrimento de la pureza varietal (mezclas), la erosión genética y el no uso de la diversidad varietal existente. Estos factores, en forma definitiva, han ocasionado que los potenciales de rendimiento que originalmente las variedades tenían se haya disminuido en forma significativa.

Dado lo anterior, es función del INIFAP el aportar soluciones a esta compleja red de problemas del tipo técnico, mediante la generación de tecnología propia para los dos sistemas predominantes en el Trópico Húmedo (Temporal y Temporal con auxilio de riego), hecho que desde principios de la década de los 70^s se ha venido desempeñando en varias localidades de la región, teniendo como resultado la elaboración de paquetes tecnológicos que contienen alternativas de solución para las diferentes fases del manejo tanto preliminar como de cultivo y recomendación de variedades propias para su desempeño en estos sistemas de producción.

Dichas tecnologías se dan a conocer en este folleto técnico y se nominan a continuación.

Preparación del terreno. La preparación del suelo es uno de los factores de mayor importancia en el cultivo de arroz, ya que de ésta, depende el obtener altos rendimientos y con ello asegurar un 40 % de éxito en el desarrollo del cultivo; permite una buena distribución de la semilla en espacio y profundidad y, por lo tanto, una germinación uniforme tanto del arroz como de la maleza; favorece la retención y distribución de la humedad, lo cual redundará en un mejor aprovechamiento de los fertilizantes; disminución de las poblaciones de maleza,

plagas y enfermedades, lográndose así un control mas económico y efectivo de ellas. Una buena preparación del terreno incluye las siguientes labores:

Destrucción de residuos de cosecha y/o maleza. Los residuos de cosecha y maleza constituyen un serio problema en la preparación del terreno; cuando estos son muy abundantes, la maleza puede producir semilla hasta en dos ocasiones y son, al igual que los residuos de cosecha, hospederas de huevecillos de insectos y esporas de hongos y bacterias, situación que se refleja en altas incidencias de plagas y enfermedades en el siguiente ciclo de cultivo; por ello, es necesario destruirlos mediante desvare o quema. El primer caso es recomendable cuando los residuos son del tipo leñoso o bien muy grandes y abundantes, que representen un problema para la primera roturación del suelo. El segundo caso, solo es recomendable cuando los problemas de maleza, plagas y enfermedades representan un factor de gran importancia que limita la producción (terrenos con más de cuatro años de siembra continua). Cabe recordar que con la quema se eliminan parcialmente las posibilidades de incorporar materia orgánica, la cual mejora la estructura del suelo y proporciona por su descomposición una cantidad de nutrimentos que pueden ser aprovechados por el cultivo. Por esto la quema no debe realizarse cada año.

Otra práctica que también elimina los residuos de cosecha y reduce la producción de grano por "soqueo", que ocasiona en ciclos posteriores la aparición de arroces espontáneos, y que deja además una utilidad suplementaria, es el corte y empacado de la paja, misma que puede utilizarse como relleno en la formulación de raciones para el ganado.

Aradura y/o rastreo pesado. El objetivo de la aradura, es voltear y aflojar la capa de suelo útil, dar al suelo mayor aireación e incorporar la maleza y residuos de cosecha anterior, acelerando con ello su descomposición; permite exponer el suelo roturado a los rayos del sol, ayuda a eliminar los huevecillos de insectos, así como esporas de hongos fitopatógenos que causan enfermedades. La pérdida de agua se evita en gran parte estableciendo una capa dura y poco permeable debajo de la capa arable (piso de arado). Esto se logra arando siempre a la misma profundidad; la labor de aradura tiene consecuencias notables sobre la cosecha, si la preparación del suelo es superficial, los rendimientos son bajos. Por cada 4 cm. que se profundiza el arado, se obtiene un 10 % más de rendimiento hasta llegar al óptimo de 30 cm.; arando mas profundo de los 30 cm. los rendimientos vuelven a bajar proporcionalmente. La profundidad del arado debe ser pareja para evitar que posteriormente se formen "áreas secas". En suelo Ak'alché (vertisoles o gleysoles) es más recomendable arar; sin embargo, en algunos de estos suelos su profundidad es irregular y en muchos casos menor a los 30 cm., por lo tanto, si se hace esta labor en ellos, se corre el riesgo de llevar a la superficie parte del subsuelo, hecho que se traduciría en un problema de fertilidad; en este caso, lo más recomendable es el uso de rastreo pesado. Cabe mencionar, que cuando se habla de aradura, se refiere exclusivamente a la labor

de roturación y volteo del suelo, pero si además de ello, se deja descansar y exponer al ambiente el suelo roturado, por un período al menos de 30 días como medida fitosanitaria, entonces esta labor recibe el nombre de BARBECHO. Para el caso de los suelos propios de las Sabanas entre Tabasco y Campeche (acrisoles, luvisoles, fluvisoles y andosoles), dadas sus características de ser frágiles en su parte superior, cimentados en una capa arcillosa compacta (Gleysoles) con altos contenidos de fierro y que es la que les permite inundarse, el arar no es recomendable, dado que se corre el riesgo de llevar a la superficie este elemento que dadas las condiciones de saturación o inundación propias para el cultivo, ocasionaría mayores daños por fitotoxicidad. Dado lo anterior, para este tipo de suelos, lo más adecuado es la roturación con rastra pesada o semipesada, según la fragilidad de la capa arable. Al igual que la aradura, la profundidad de preparación o roturación con rastra pesada es de vital importancia, por lo que la información vertida sobre este tópico en el caso de arar también es válida para el rastreo pesado. Es deseable que esta práctica se realice inmediatamente después de la destrucción de los residuos de cosecha, siempre y cuando las condiciones de humedad del suelo y ambiente lo permitan. La eficiencia de estas labores puede variar de acuerdo a los implementos y potencia del tractor usado, de esta manera tenemos que si se dispone de un tractor de 148 HP y arado de 4 discos de 28" de diámetro, en una jornada de 8 Hrs. se pueden preparar de 3 a 3.3 hectáreas; si el tractor es de 156 HP y el arado de 5 discos de 28" se pueden preparar de 3.3 a 4 hectáreas en el mismo tiempo. El rastreo pesado, se puede realizar con rastra de 28 discos de 32" cuyo peso es de 5.5 ton. pudiéndose preparar 6.6 ha. por jornal, o bien, rastra de 24 discos de 36" con peso de 6 a 7 ton. y 5.3 ha. por jornal.

Rastreo agrícola. Esta labor consiste en romper y desmenuzar los terrones formados por el arado o rastra pesada. Se recomienda dar dos pasos de rastra; el primero en sentido perpendicular a la anterior labor y el segundo cruzando el primer rastreo. Es recomendable acoplar a la parte posterior de la rastra un tablón de madera o riel metálico; con ello el desterronado se hace mejor y se logra un emparejado eficiente.

El equipo que se puede utilizar para esta labor, es el siguiente: Con tractor de 148 HP y rastra CONWAY de 32 discos de 26" se pueden preparar 8.0 ha/jornal; con rastra MICHEL de 22 discos de 28" se preparan 6.6 ha/ jornal y con rastra ALLIS CHALMER de 44 discos se preparan 12 ha/jornal.

Empareje. De esta labor depende una adecuada distribución tanto en espacio como profundidad, de la semilla, así como de la humedad del suelo. Es necesario que con el empareje se solucione el microrelieve del suelo (para el caso de suelos arroceros no se recomienda hacer nivelación, por lo que las diferencias de nivel del suelo se solucionan con el levantamiento de bordos en contorno). Cuando la siembra se hace en terreno no emparejado, las plantas que nacen en las partes altas sufren por carencia de humedad y en las partes bajas mueren por exceso de

la misma (efecto de altas temperaturas y falta de oxigenación). El empareje se puede realizar con un tablón, cuadro sencillo o doble, de madera o metal, que incluso se pueden acoplar a las labores de rastreo agrícola; si no fue hecho de esta manera y las condiciones de microrelieve del suelo son muy drásticas es justificable hacer el emparejado como una labor más.

Trazo de bordos en contorno para condiciones de temporal. El objetivo de esta labor es el de lograr una mejor distribución del agua de lluvia, evitar el arrastre de semilla y erosión del suelo; los bordos trazados a nivel impiden que en las partes bajas se concentren excesivos volúmenes de agua o mínimos en las partes altas. Se recomienda su levantamiento a 10 ó 15 centímetros de distancia vertical de uno a otro, para lo cual se usa un bordero de discos dentados del tipo arrocero; sus dimensiones deberán ser de 1.0 a 1.5 metros de ancho en la base, 0.4 a 0.5 metros de altura y 0.3 metros de ancho en su cresta o parte superior. Para que estos cumplan su función se debe realizar el cabeceo o bordeo perimetral, así como el cierre de los mismos en cada intersección; sin olvidar hacer las compuertas o desniveles que permiten el paso normal de los excesos de agua de sección a sección de desnivel; estas compuertas deben ser construidas a una altura de 15 ó 20 cm. sobre el nivel del suelo y se deberán proteger con una tela plástica o costal de poliestireno, con ello se evitará la erosión de los bordos. Así mismo, es deseable que en el sentido de la pendiente se tracen bordos paralelos a 50 ó 100 metros de distancia, con el objeto de formar melgas regulares que permitan un mejor control del agua de lluvia. Esta labor se debe realizar inmediatamente después de haber tapado la semilla.

Trazo de bordos y canales para condiciones de temporal con auxilio de riego. Esta labor es fundamental, dado que debe tener como finalidad el manejar el agua de lluvia, abastecer los lotes mediante el riego y permitir el desfogue de excesos de agua o bien el drenado para realizar alguna labor de cultivo, como puede ser la aplicación de herbicidas. Una buena infraestructura permite una distribución uniforme del agua y evita el arrastre de semilla y erosión tanto del suelo como de bordos y canales, situaciones que posteriormente se reflejan en economía tanto de agua como de mantenimiento de la infraestructura. Los canales, deben ser trazados en el sentido de la pendiente del terreno, considerándose que pueden estar a una separación de 50 a 100 metros. El manejo del agua dentro de estas melgas se podrá realizar mediante el levantamiento de bordos transversales que podrán ser rectos o fundamentados en curvas de nivel; la elección de cualquiera de estas dos opciones dependerá del microrelieve del suelo, si éste es muy irregular, se recomienda la utilización de la segunda opción. El distanciamiento entre bordos o curvas a nivel, dependerá también de la diferencia de nivel vertical de 10 ó 15 cm., con esto, se logrará una lámina constante de agua de 5 cm. en la parte alta y 15 ó 20 cm. en la parte mas baja. Esta infraestructura, se realiza con bordeadora de discos dentados, del tipo arrocero, o bien con un arado; en ambos casos se recomienda que posteriormente al levantamiento, cada bordo sea compactado, situación que se

efectúa pasando las ruedas del tractor por encima de ellos hasta lograr las dimensiones adecuadas, mismas que son: 1.0 a 1.5 metros de base, 0.4 a 0.5 metros de altura y 0.3 metros de ancho en su cresta. Para el caso de los canales, es menester que funcionen también como pequeños drenes que permitan la salida del agua para la realización de alguna labor cultural. Para lograr esto, se recomienda el uso de una canalera previo al levantamiento de bordos, con el objeto de que se pueda profundizar bajo el nivel del suelo unos 10 centímetros. Posteriormente, se procede al cabeceo, labor que consiste en cerrar bordos y canales, así como, abrir o hacer las compuertas para retener o permitir el libre paso del agua hacia el lote de producción; también deberán hacerse las compuertas que permitirán el paso normal de los excesos de agua de bordo a bordo o curva a curva dentro de las melgas; éstas deberán ser construidos a una altura de 15 a 20 cm. sobre el nivel del suelo y se deben proteger con una tela plástica o costal de poliestireno, con ello se evitará su erosión. Esta labor es esencial, porque con ella se logrará mantener una lámina constante de agua de entre 10 y 15 cm. como media dentro de cada área limitada por los mismos. Es muy importante mencionar que tanto el agua de escorrentia proveniente de la lluvia o bien de la de riego, siempre será conducida a los lotes de producción de la parte más alta a la más baja, esto permitirá una mejor distribución del agua, así como economizar por este insumo en cuanto a volumen y tiempo.

Epoca de siembra. Si se cuenta con infraestructura de riego, es posible sembrar arroz en cualquier época o mes del año, cuidando de evitar los meses de Octubre y Noviembre; esto debido a que se corre el riesgo de daño por bajas temperaturas durante la época de floración del cultivo. Si se depende del Temporal, como sucede en la mayor parte de la superficie que se siembra con arroz; la siembra se podrá iniciar a partir del 15 de Junio y no más allá del 30 de Julio si las condiciones de precipitación y humedad del suelo lo permiten, en el área centro y centro-norte de la península de Yucatán. Para el caso de las Sabanas entre los estados de Campeche y Tabasco, la siembra se puede continuar hasta el 30 de Agosto.

Sistema de siembra. La siembra se realiza en suelo seco y al voleo, utilizando una densidad de 120 kg./ha. de semilla. El voleo puede hacerse en forma manual o mecánica (mediante el uso de voleadoras que se acoplan al enganche de tres puntos y toma de fuerza del tractor) y en forma aérea. En todos los casos, al finalizar la distribución de la semilla, se procede de inmediato al tapeo, mismo que consiste en dar un paso de rastra agrícola ligero, que permita profundizar la semilla a no más de 3 cm. La rastra debe modificarse, de tal manera que sus dos ejes de corte queden paralelos y se recomienda colocar en su parte trasera un tablón que hará las funciones de compactación y sellado de los poros del suelo, permitiendo con ello una germinación homogénea. Otro sistema de siembra que resulta altamente eficiente y logra incrementar los rendimientos, es mediante la utilización de una sembradora-fertilizadora de grano pequeño (del tipo triguero) misma que deposita la semilla a una profundidad uniforme en líneas paralelas con

distanciamientos de 11, 15 y 30 cm. Con este implemento se realizan tres labores al mismo tiempo, que son: Fertilización basal, siembra y tapeo, lo cual redundo en economía por hacer al mismo tiempo varias labores; y la nacencia tanto del arroz como de la maleza es más homogénea, permitiendo de esta manera realizar un mejor control químico de las últimas.

Varietades. Este capítulo es de gran importancia para la planeación del programa de siembra, debido a que hay que considerar en primer lugar la productividad potencial que tiene cada variedad de acuerdo al sistema de producción y área en la que se va a sembrar, por lo cual es necesario analizar muy bien sus características para poder seleccionar aquella o aquellas que se apeguen a las necesidades y posibilidades del productor. En el Cuadro 1 se nomina la información básica, que permitirá hacer una adecuada selección.

Cuadro 1. Relación de variedades recomendadas para su siembra durante el ciclo Primavera-Verano en el estado de Campeche; su origen, ecosistema en el que responden mejor y principales características.

VARIEDAD	ORIGEN	ECOSISTEMA	DPPF	DF	DM	RP	RS	RET	RETR
CAMPECHE A80	MÉXICO	TD-TF-TRA	75	110	140	MR	R	4.5	7.0
CHAMPOTÓN A80	MÉXICO	TF-TRA	65	100	130	MS	MS	4.0	8.0
PALIZADA A86	MÉXICO	TF-TRA	65	100	130	MS	MS	4.0	7.5
CHETUMAL A86	MÉXICO	TF-TRA	65	100	130	MS	MS	4.0	7.6
CICA-4	COLOMBIA	TF-TRA	55	90	120	MS	MR	3.0	5.0
CICA-6	COLOMBIA	TF-TRA	50	85	115	MS	MR	3.0	5.0
CICA-8	COLOMBIA	TD-TF-TRA	55	90	120	MR	MR	4.0	6.2
ORYZICA-1	COLOMBIA	TF-TRA	55	90	120	MS	MS	4.0	5.9
MIL. FILIPINO	FILIPINAS	TF-TRA	45- 50	80- 85	110- 115	AS	S	4.0	6.0
HUIMANGUILLO	MÉXICO	TF-TRA	55	90	120	MR	MS	3.5	4.5
SABANERO A95	MÉXICO	TD-TF-TRA	55- 65	90- 100	120- 130	MR	MR	5.4	7.0
TEMPORALERO A95	MÉXICO	TD-TF-TRA	65- 75	100- 110	130- 140	MR	MR	4.6	6.3

DFPF =Días a la formación del primordio floral
D =Temporal desfavorecido
DF =Días a floración
TF =Temporal favorecido
DM =Días a madurez
TRA =Temporal con riego de auxilio
RP =Resistencia a Pyricularia
R =Resistente
RS =Resistencia a Sequía
MR =Moderadamente resistente
RET =Rendimiento en temporal (Ton./Ha.)
MS =Moderadamente susceptible
RETR =Rendimiento en temporal con auxilio de riego
S =Susceptible
AS =Altamente susceptible

Calidad de semilla. Es de vital importancia que posteriormente a la selección de la variedad a utilizar se garantice una alta calidad de semilla, para ello será necesario exigir que esta sea certificada, con un mínimo de viabilidad del 85 % y libre de semillas de maleza, sobre todo de Arroz Rojo.

Fertilización. Dadas las irregularidades en cuanto a la cantidad y distribución de la precipitación bajo condiciones de temporal, la respuesta del cultivo a la fertilización es muy limitada, por lo tanto, si se depende totalmente de éste, es importante que para realizar esta labor, se considere el tipo de suelo y los años que ha sido sembrado en forma consecutiva con arroz. Con base en lo anterior para la zona centro y la parte sur de la península, donde los suelos predominantes son del tipo arcilloso y la precipitación es del orden de 1200 a 1300 mm. anuales, se tiene que para los terrenos con menos de 4 años de cultivo, se recomienda la fórmula 46-92-00, para lo que se requiere de 100 kg. de urea y 200 kg. de superfosfato de calcio triple por Ha. Para suelos de más de 4 años de cultivo se recomienda la fórmula 92-46-00, o sea 200 kg. de urea y 100 de superfosfato de calcio triple por Ha.

En el área de las Sabanas de Palizada y Tabasco, donde los suelos más abundantes son de tipo franco arcilloso en su perfil superior y la precipitación es de 1500 a 1800 mm., se recomienda la formula 92-70-00, la cual se logra con la aplicación de 200 kg. de urea y 150 Kg. de superfosfato de calcio triple por Ha..

A diferencia del arroz de temporal, en el de temporal con auxilio de riego, sí hay excelente respuesta a la fertilización tanto fosforada como nitrogenada, por lo que en estas condiciones es recomendable la utilización de la fórmula 92-92-00, esto es 200 kg./ha tanto de superfosfato de calcio triple, como de urea.

En términos generales, los suelos del Trópico Húmedo en que se siembra arroz, son ricos en potasio ; y hasta la fecha en investigaciones realizadas, no se ha encontrado respuesta que incremente el rendimiento cuando este producto se aplica ; sin embargo, sí se ha observado que en cultivares fertilizados con cloruro de potasio, éstos responden con mejor sanidad, es decir, la incidencia de enfermedades se reduce, sobre todo el manchado del grano que posteriormente se traduce en mayor rendimiento de grano entero cuando este se somete al proceso de beneficio.

Dado lo anterior, es recomendable la aplicación de cloruro de potasio en dosis de 100 Kg./ha., solo cuando haya humedad que vaya de saturación a inundación.

Forma de aplicación. El nitrógeno es el elemento que incurre en mayores pérdidas tanto por lixiviación como por volatilización, y favorece la incidencia de una serie de problemas parasitológicos, como son maleza y algunas enfermedades. El fósforo es un elemento poco móvil pero está sujeto a bloqueo dependiente del pH del suelo y disponibilidad de humedad; por ello la aplicación de los fertilizantes en general debe hacerse con extremo cuidado.

Con base en lo anterior, y en forma independiente a los años de cultivo, así como la zona de que se trate, bajo condiciones de temporal, se recomienda hacer una sola aplicación de superfosfato de calcio triple, misma que se realiza durante la preparación del suelo, después del primer rastreo agrícola con el objeto de incorporarlo con el segundo paso de rastra. Si por alguna razón no se dispone del fertilizante en ese período de tiempo, su aplicación se podrá hacer antes de la siembra, para incorporarlo con la tapa de la semilla. Si la siembra se hace con sembradora-fertilizadora, su aplicación e incorporación será simultánea.

Si se cuenta con riego que asegure la disponibilidad de humedad durante todo el ciclo de cultivo, será factible distribuir el superfosfato de calcio triple en dos aplicaciones, mismas que se realizarán a la siembra y al inicio del amacollamiento.

Respecto a la urea, ésta debe aplicarse fraccionada en dos partes iguales entre los 20 y 35 días después de la germinación (siempre y cuando las malezas ya hayan sido controladas); el resto de la urea se aplica en la etapa de formación del primordio floral o sea poco antes del embuche. En estos períodos, se propicia el amacollamiento y la formación de panículas con más granos de mayor peso específico.

Debido a que las condiciones de manejo del cultivo no permiten que la urea sea incorporada, esta se debe aplicar al suelo en condiciones de humedad a saturación, o bien cuando se tenga una lámina estática de agua no mayor de 20 cm.

En el caso de tener seguridad de humedad, es factible el uso de la fórmula 18-46-00 al momento de la siembra. Sin embargo, hay que considerar que la aplicación de nitrógeno en los primeros estadios de desarrollo de las plántulas de arroz, también favorece el desempeño de las malezas, por lo que se tendrá que realizar en forma muy oportuna el control químico de ellas.

Si se realiza fertilización con de cloruro de potasio, es recomendable que éste se aplique fraccionado en dos partes, mismas que se deberán realizar a la formación del primordio floral (poco antes del embuche) y poco después de la antésis (floración).

Riego de auxilio. En el caso de manejar el cultivo bajo condiciones de temporal con auxilio de riego, éste solamente se aplicará cuando las condiciones de precipitación sean insuficientes para satisfacer sus necesidades de humedad. Cuando esta insuficiencia incide durante la fase de desarrollo vegetativo, será necesario aplicar un volumen de agua suficiente para mantener el suelo en condición de saturación (esto permitirá estimular el amacollamiento). Si la deficiencia de humedad incide durante la fase reproductiva (formación del primordio floral y floración) será necesario aplicar un volumen de agua suficiente para mantener el terreno inundado con lámina entre 10 y 15 cm. El terreno deberá drenarse 15 días antes de la fecha estimada para la cosecha, cuya finalidad es la de obtener mejor condición de suelo para realizarla, tornándola más eficiente; además la calidad del grano se incrementa notablemente. Otros casos en los que es factible la aplicación de riego son, después de la siembra, dado que en muchas ocasiones la precipitación es irregular e insuficiente para la germinación de la semilla, cosa que se aseguraría con la aplicación de un riego de asiento y obtener de esta forma una población uniforme. Por otra parte, la aplicación de fertilizantes y herbicidas, requieren de humedad adecuada para su óptimo funcionamiento por lo cual si durante su época de aplicación se carece de ella, es recomendable regar, evitando con ello retraso en su aplicación que definitivamente se reflejaría en disminución del rendimiento.

Control de maleza. La maleza es uno de los factores que más efecto tiene en la reducción del rendimiento en el arroz, su período crítico de competencia es durante los primeros 40 días del cultivo. La eficiencia de su control está supeditada a las condiciones de humedad del suelo propiciada por el temporal, situación que es aleatoria y redundante en el desempeño de los herbicidas que se utilizan (hay que considerar que el control químico es solo una parte o auxiliar del control integrado que se logra en combinación con la preparación del terreno).

Dadas estas condiciones, es necesario contar con diversas opciones. Las principales malas hierbas que inciden en el cultivo de arroz, se clasifican en tres grupos: Maleza de hoja angosta (gramíneas), Maleza de hoja ancha, y Cyperáceas (Cuadro 2). El control químico se puede realizar tanto en preemergencia como en postemergencia temprana o tardía.

Control de malezas en preemergencia. Esta opción consiste en la aplicación de la mezcla de Oxadiazón + Oxifluorfen, en dosis de 960 + 115 Gr., de I.A. de cada uno por Ha. ; la aspersión de estos productos deberá realizarse en un período no mayor de cuatro días después de una lluvia que promueva la germinación del arroz, o bien, de un riego de asiento. Con estos productos se estará en posibilidad de controlar tanto malezas de hoja ancha como angosta y Cyperaceas.

Control de malezas en postemergencia temprana. En este caso, se recomienda aplicar la mezcla de Oxadiazón + Propanil, en dosis de 720 + 1050 Gr., de I.A. de cada uno por Ha. Es importante señalar que estos productos controlan las malezas de los tres grupos señalados con anterioridad, y el momento oportuno de su asperjado es entre los 5 y 10 días después de la emergencia del arroz.

Control de malezas en postemergencia tardía. Se recomienda aplicar la mezcla de los productos Propanil + 2,4-D Amina en dosis de 2450 + 742.5 Gr., de I.A. de cada uno por Ha. El momento oportuno para su asperjado es entre los 10 y 15 días después de germinado al arroz. La mezcla propuesta controla eficientemente malezas de hoja angosta y a excepción de la Malva, también controla las de hoja ancha ; pero ya presenta deficiencias para el control del grupo de las Cyperaceas.

En vista de lo anterior, es recomendable que el productor programe sus controles de maleza partiendo en orden cronológico con las alternativas expuestas, es decir que primero programe su capacidad de abarcar superficie, con su equipo, usando preemergentes y posteriormente los postemergentes tempranos y tardíos.

Para obtener un buen control de la maleza y evitar daños por toxicidad de los herbicidas en la planta de arroz, éstos se deben asperjar bajo condiciones de humedad entre capacidad de campo y saturación del suelo. Por otra parte, en el caso de usar herbicidas postemergentes, se recomienda agregar 200 ml. de un surfactante o en su defecto 200 gramos de detergente biodegradable, por cada 100 Lt. de agua. Si la aplicación se hace con avión, use por lo menos 70 Lt. de agua por Ha., si se hace con bomba manual utilice de 300 a 400 Lt. de agua.

En el caso de tener infestaciones de zacate Johnson, éste se puede controlar con el producto Fenoxaprop-etil. Este producto se debe aplicar cuando el Zacate Johnson tenga un máximo de 30 a 40 centímetros de altura y cuando el arroz tenga de 3 a 4 hojas. La dosis recomendada es de 180 Gr. de I.A. /Ha. En caso de existir infestación simultánea con hoja ancha y Cyperaceas, el Fenoxaprop-etil se puede mezclar con Bentazón en dosis de 960 Gr. de I.A. /Ha. ; sin embargo, el primero no es compatible con 2,4-D Amina y Propanil, por lo que éstos productos se deben aplicar por separado siete días antes o después del Fenoxaprop-etil.

Cuando se tienen infestaciones de arroz rojo, es necesario realizar su control en presembrado, mismo que consiste en preparación intensiva del suelo y uso de herbicidas sistémicos ó desecantes.

Cuadro 2. Principales malezas en el cultivo de arroz de temporal.

MALEZAS DE HOJA ANGOSTA	
<p>Zacate pinto o de agua</p> <p>Falsa caminadora</p> <p>Zacate Johnson</p> <p>Zacate kanchín</p> <p>Arroz rojo</p> <p>Caminadora</p> <p>Zacate liendrilla</p> <p>Zacate pajón</p> <p>Yaxcomel</p>	<p><i>Echinochloa colona</i> (L.) Link</p> <p><i>Echinochloa crus-galli</i> (L.)</p> <p><i>Echinochloa glabrescens</i> (L.)</p> <p><i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.</p> <p><i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers</p> <p><i>Panicum fasciculatum</i> (Swartz)</p> <p><i>Oryza sativa</i> (L.)</p> <p><i>Rottboellia cochinchinensis</i> L.F.</p> <p><i>Leptochloa filiformis</i> (Lam) Beauv.</p> <p><i>Paspalum virgatum</i> (L.)</p> <p><i>Setaria</i> sp</p>
MALEZAS DE HOJA ANCHA	
<p>Tripa de pollo</p> <p>Bejuco</p> <p>Malva</p> <p>Lengua de gallo</p>	<p><i>Commelina diffusa</i> (Burm F.)</p> <p><i>Ipomea</i> spp.</p> <p><i>Malachra alceifolia</i> Jacq.</p> <p><i>Cyperonia palustris</i> (L.) St. Hil.</p>
CIPERACEAS	
<p>Coquillos</p> <p>Pelillo</p> <p>Navaja</p>	<p><i>Cyperus difformis</i> (L.)</p> <p><i>Cyperus iria</i> (L.)</p> <p><i>Cyperus rotundus</i> (L.)</p> <p><i>Fimbristylis miliacea</i></p> <p><i>Scleria lithosperma</i> (L.)</p>

Control de plagas. Las principales plagas que atacan al arroz bajo condiciones de temporal son, la chinche café *Oevalus insularis* (Stal.), el gusano soldado *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) y otros defoliadores o cortadores como el gusano cabezón *Telicota sp.*, y el gusano medidor *Trichoplusia sp.* En el Cuadro 3 se mencionan los productos y épocas de aplicación para el control de estas plagas.

Control de enfermedades. La principal enfermedad que ataca al cultivo de arroz en temporal es la "Quema del Arroz" causada por el hongo *Pyricularia grisea* (Cav.). Esta enfermedad daña al follaje, tallos y cuello de la panícula. En el follaje los síntomas se manifiestan con la aparición de manchas romboides de coloración café rojizo a pardusco, según su estado de madurez. En los tallos, nudos y cuello de la panícula se manifiesta con la aparición de áreas necróticas de color café oscuro. El daño en la base de la panícula puede ser temprano (época de floración) y tardío (después de floración). Como consecuencia del primer caso, se forma lo que se conoce como "Panícula Blanca" y , en el segundo, hay llenado parcial de grano el cual se debe al doblamiento de la panícula causado por la lesión. Esta enfermedad, se ve favorecida con la fertilización nitrogenada y largos períodos de rocío. En el Cuadro 4, se indican los productos, su tipo de acción, las dosis y épocas de aplicación para su control.

Cuadro 3. Principales plagas que atacan al arroz de temporal, productos, dosis y época de aplicación.

PLAGA	PROD. COMERCIAL	DOSIS GR.DE I.A./ HA.	ÉPOCA DE APLICACIÓN
Gusano soldado, Gusano cabezón y otros defoliadores.	Metomilo 90 % Clorpirifos etil 44.5 % Monocrotofos 55 %	900.0 335.0 412.5	Al observar cuando menos un 10 % de plántulas dañadas. En plantas grandes cuando hay un 20 % de daño foliar.
Chinche café	Metomilo 90 % Malathión 83 % Metidatión 40 %	900.0 830.0 400.0	Al encontrar un promedio de 15 a 20 chinches por cada 100 redazos en la época de floración.

COMITE ORGANIZADOR

PRESIDENTE HONORARIO

ING. ROMARICO ARROYO MARROQUIN
SECRETARIO DE AGRICULTURA,
GANADERIA Y DESARROLLO RURAL

PRESIDENTE COMITÉ LOCAL

LIC. JORGE MORALES BARUD
GOBERNADOR DEL ESTADO DE MORELOS

VICEPRESIDENTE

ING. JORGE KONDO LOPEZ
DIRECTOR EN JEFE DEL INIFAP

VICEPRESIDENTE DEL COMITÉ LOCAL

ING. RAFAEL AMBRIZ CERVANTES
SECRETARIO DE DESARROLLO
AGROPECUARIO

SECRETARIO COMITÉ LOCAL

ING. CARLOS SEDANO RODRIGUEZ
DELEGADO DE LA SAGAR EN MORELOS

COORDINADOR GENERAL

DR. RAUL OBANDO RODRIGUEZ
DIRECTOR DE LA REGION CENTRO DEL
INIFAP

COORDINADOR TECNICO

M.C. JULIAN CABRERA RODRIGUEZ
DIRECTOR DE COORDINACION Y
VINCULACION DEL INIFAP EN MORELOS

COORDINADOR OPERATIVO

ALFREDO TAPIA NARANJO
DIRECTOR DE TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGIA DEL INIFAP

COORDINADOR DE FINANZAS Y ADMINISTRACION

MVZ FRANCISCO ALANIS GOMEZ
PRESIDENTE DE LA FUNDACION PRODUCE
MORELOS, A.C.

COORDINADOR DE CONFERENCIAS Y CURSOS

M.C. FELIPE DE JESUS OSUNA CANIZALEZ
INVESTIGADOR DEL PROGRAMA DE ARROZ
EN EL INIFAP

COORDINADOR DEMOSTRACION DE CAMPO

M.C. LEONARDO HERNANDEZ ARAGON
LIDER NACIONAL DE ARROZ
EN EL INIFAP

COORDINADOR DE EVENTOS ESPECIALES

ING. JOSE LUIS CARRERA HERNANDEZ
SUBSECRETARIO DE PLANEACION
AGROPECUARIA DE LA S.D.A.

COORDINADOR DE RELACIONES PUBLICAS

DR. LUIS ANGEL RODRIGUEZ DEL BOSQUE
DIRECTOR DE INTERCAMBIO CIENTIFICO DEL
INIFAP

COORDINADORES DE PROMOCION

LUCILA BELTRAN LOPEZ
DIRECTORA DE DIFUSION DEL INIFAP

LIC. BEATRIZ MORALES CALDERON
ASISTENTE DE LA DIRECCION GENERAL
AGRICOLA DEL INIFAP

LIC. LETICIA SALDIVAR REZA
ASISTENTE TECNICO DE LA DIRECCION
AGRICOLA DEL INIFAP

ARQ. RAQUEL ZAVALA
JEFE DE DIVULGACION DE LA FUNDACION
PRODUCE MORELOS A. C.

ING. HUMBERTO GALVAN CARRERA
JEFE DEL DEPTO. DIVULGACION DEL INIFAP EN
MORELOS

INIFAP, Campo Experimental Zacatepec Zacatepec, Morelos, México



Gobierno del
Estado de Morelos

