

APUNTE DE MORFOLOGÍA, FENOLOGÍA, ECOFISIOLOGÍA, Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL ARROZ

Cátedra de Cultivos II
Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE.
Corrientes - 2006 - Argentina

Elaborado por Ing. Agr. Sofía Olmos
Fecha de actualización: 01-03-07.

MORFOLOGÍA

En climas templados y subtropicales el arroz cultivado (*Oryza sativa*) se considera una planta anual semiacuática. Sin embargo, en climas tropicales el arroz puede sobrevivir como perenne al rebrotar luego de realizada la cosecha (esta capacidad de rebrote puede emplearse para realizar una segunda cosecha o bien para emplearlo como forraje para pastoreo ganadero).

A la madurez las plantas poseen un tallo principal y una cierta cantidad de macollos dependiendo de la densidad de siembra (3 en alta densidad hasta 15 macollos en bajas densidades). Los macollos reproductivos son aquellos que desarrollan una panoja fértil, los macollos infértiles son aquellos que por diversas causas no llegan a formar una panoja fértil o bien la forman, pero al momento de cosecha no llegan a madurar sus granos al mismo tiempo que el resto del cultivo.

La densidad de panoja/m² define el primer componente del rendimiento del cultivo. Una densidad media de 250 plantas/m² sería lo adecuado para lograr una adecuada cantidad de panojas/m² en el estadio reproductivo. Con altas densidades de siembra se forman aproximadamente dos macollos fértiles por planta es decir que, a la cosecha se tendrían unas 500 panojas/m². Tomamos este valor como estimativo de una buena implantación si bien un mayor valor sería lo deseable.

La altura de plantas es variable dependiendo de cada variedad y condiciones de crecimiento, en general varían entre 0.4 m a 1 m.

La morfología del arroz se estudia en dos etapas, la fase vegetativa (incluye los estadios de germinación, plántula, y inicio y pleno macollamiento) y la fase reproductiva (iniciación del primordio floral a emergencia de la panoja y emergencia de la panoja a madurez).

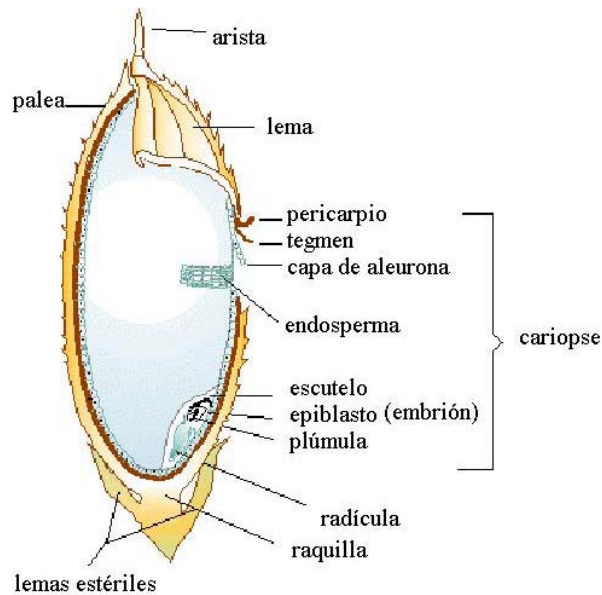
El conocimiento de la morfología de la planta de arroz es importante para interpretar las prácticas de manejo del cultivo y su comercialización.

Semillas:

El grano de arroz, comúnmente llamado semilla, recién cosechado está formado por el cariópse y por cáscara, está última compuesta de glumas. Industrialmente se considera al *arroz cáscara* aquel comprendido por el conjunto de cariópse y glumas (Fig. 1).

A su vez el cariópse, está formado por el embrión, el endosperma, capas de aleurona (tejido rico en proteínas), tegmen (cubierta seminal), y el pericarpio (cubierta del fruto).

Fig. 1. Grano de arroz



Durante la **molienda** del arroz para la producción de *arroz blanco*, se elimina la cáscara mediante el descascarado y las capas que recubren al endosperma mediante el pulido. Como subproductos se obtiene cáscara y afrecho (el afrecho que está formado por las capas de tejidos que recubren al endosperma y que incluye una capa de aleurona rica en proteínas y además vitaminas).

El afrecho es rico en proteínas principalmente lisina, un aminoácido usualmente deficiente en los otros cereales, y también en aceite (15% de aceite), por ello en algunos países se lo utiliza como suplemento dietario de animales. La cáscara, se puede emplear para la preparación de ladrillos y bloques de cemento.

Cuando la molienda está destinada a la producción del *arroz integral*, no se pule y se conserva el afrecho.

Del arroz cosechado aproximadamente 20 % es cáscara, y 10 % es afrecho, ambos elementos se eliminan en los procesos de descascarado y pulido respectivamente. El resto (70%), está formado por el arroz blanco compuesto de granos enteros y partidos (o quebrados).

En las variedades de origen índicas la cáscara está formada por restos de pálea, lemas, y raquilla. Las variedades de origen japónicas usualmente incluyen también glumas rudimentarias y una porción del pedicelo, y una arista prominente. El arroz colorado es aristado, y el fortuna tiene una arista reducida.

El conocimiento de la morfología de la semilla del arroz nos permite interpretar las normativas del Código Alimentario Argentino para el arroz. Este código comprende al conjunto disposiciones higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial de los alimentos, cuyo objetivo primordial es la protección de la salud de la población, y la buena fe en las transacciones comerciales. En este sentido, se definen los siguientes términos:

A. Características generales del grano:

Arroz pulido o Arroz blanco: es el grano sin pericarpio.

Arroz perlado, abrigantado o glaseado (Glasé): es el arroz blanco que se abriganta por fricción con aceite, glucosa y/o talco.

Arroz quebrado: es el que presenta el grano partido en cualquier sentido, siempre que tenga un tamaño mayor al 50% del grano entero.

También se considera arroz quebrado a aquel partido en un 3/4 a 1/2 de su tamaño original, dependiendo del destino de comercialización. En Argentina al grano quebrado en un 3/4 se lo considera como grano entero. Para exportación las normas son más exigentes y el grano partido un 3/4 no se considera entero, sino quebrado.

Arrocín: es el producto constituido por fragmentos de tamaño menor del 50% del grano entero (medio grano) y la harina que se separa durante el pulido o abrigantado.

Los productos derivados del arroz podrán contener como máximo 14,0% de humedad y 0,60% de cenizas (500-550°C). No deberá contener más de 0,04% de dióxido de azufre, 0,50% de talco y 0,10% de semillas y/o cuerpos extraños".

B. Características del tamaño del grano:

El arroz se clasificará de acuerdo con sus características morfológicas en los siguientes tipos:

Tipo Largo Ancho (Doble Carolina):

Corresponde a los granos de arroz cuya relación largo ancho es mayor a 2:1 y menor a 3:1 cuya longitud media es igual o mayor a 7 mm (similares a la variedad Fortuna).

Tipo Largo Fino (es el tipo de grano más cultivado en Argentina)

Corresponde a los granos de arroz cuya relación largo ancho es mayor o igual a 3:1 y cuya longitud media es mayor o igual a 6,5 mm.

Tipo Mediano (Mediano Carolina):

Corresponde a los granos de arroz cuya relación largo ancho es mayor a 2:1 y menor a 3:1 y cuya longitud media es igual o mayor a 6,0 mm y menor a 7,0 mm

Tipo Corto (Japonés):

Corresponde a los granos de arroz cuya relación largo ancho es igual o menor a 2:1 y cuya longitud media es menor a 6,9 mm.

C. Características defectuosas del grano:

Serán considerados como defectuosos los granos de arroz que presenten una o más de las siguientes características:

Granos colorados o con estrías rojizas: los que presenten una coloración rojiza o con estrías de color rojizo (se producen por cruzamientos naturales entre las variedades de arroz comerciales y el arroz colorado).

Granos enyesados o muertos: los que presenten un aspecto almidonoso opaco.

Granos panza blanca: los que presenten una mancha almidonosa que abarque no menos de la mitad del grano.

Granos manchados: los que presenten puntos negros u oscuros en la superficie.

Granos coloreados: los que presenten cualquier color distinto al normal, excluidos los colorados o con estrías rojizas.

Granos partidos: los que presenten un tamaño menor del 75% de su estructura normal (promedio de 20 granos representativos).

Granos picados: los que presenten picaduras de insectos o ácaros y tengan una mancha circular penetrante de color más oscuro que el grano".

El grano con áreas opacas en el endosperma, causadas por la poca compactación de las partículas de almidón y proteína, se quiebra fácilmente durante la molienda, perdiendo valor comercial. La opacidad no debe confundirse con la apariencia superficialmente similar del arroz glutinoso, o con aquella de granos inmaduros, yesosos, cosechados con un alto contenido de humedad. Asimismo, se prefiere un grano completamente traslúcido porque visualmente resulta atractivo para el consumidor. La opacidad del endosperma está bajo

control genético pero también ambiental, la alta temperatura inmediatamente después de floración aumenta el *panza blanca*.

D. Clases especiales de arroz:

Con la denominación de Arroz Parboil se entiende al arroz que ha sido totalmente gelatinizado por inmersión del arroz con cáscara en agua potable a temperatura superior a la ambiental, y luego, sometido a un proceso de autoclavado y secado. Luego continúa la elaboración normal, es decir el descascarado y pulido. El parbolado cambia las propiedades de cocción, mejora el rendimiento industrial porque disminuye el porcentaje de afrecho y porque suelda a los granos quebrados, aumentando también el valor nutritivo del mismo. Presenta un color amarillento por la presencia de afrecho. El grano deberá contener como máximo 14,0% de humedad.

Con la denominación de Arroz Glutinoso (Waxy Rice) se entiende el arroz de variedades especiales (*Oryza sativa* L. *glutinosa*), cuyos granos tienen una apariencia blanca y opaca. El almidón del arroz glutinoso consiste casi enteramente en amilopectina y por cocción los granos tienen tendencia a adherirse entre sí.

Con la denominación de Arroz Aromático se entienden aquellas variedades cuyos granos poseen aroma y sabor natural debido a una mayor concentración del aceite esencial cuyo principio activo es 2 acetil 1-pirrolidona, que se encuentra presente en todos los órganos de la planta.

Plántulas:

La germinación da inicio a la fase vegetativa, comienza cuando la radícula o coleoptilo (vainita que recubre al embrión) emerge del cariopse (Fig. 2).

En condiciones aeróbicas (siembra convencional) lo primero en emerger desde la coleoriza del embrión (vainita que recubre a la radícula) es la radícula, luego recién lo hace el coleoptilo.

En condiciones anaeróbicas (cuando se realiza siembra en agua o cuando hay anegamiento por lluvias excesivas sobre una siembra convencional) lo primero en emerger es el coleoptilo, mientras que la radícula emerge recién cuando el coleoptilo haya alcanzado un ambiente aeróbico. Cuando las semillas se desarrollan en la oscuridad (cuando se las siembra en forma convencional) emerge la radícula y un tallo corto llamado mesocótilo que mantiene la corona de la planta justo debajo de la superficie. Luego que emerge el coleoptilo por dentro del mesocótilo, recién crece la hoja primaria.

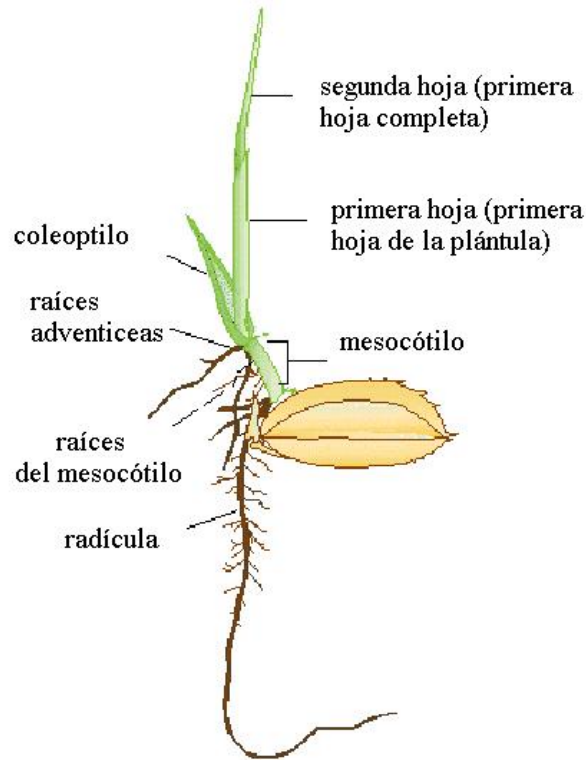
Si la semilla de arroz está expuesta al anegamiento y a una gran profundidad de siembra, la germinación será pobre.

Las variedades semienanas (modernas) tienen un mesocótilo corto y generalmente la plántula no puede emerger si la profundidad de siembra es mayor a 1,25 cm. Es decir que en siembras profundas el coleoptilo de estas variedades al ser corto no alcanza a romper la costra, la hoja primaria también falla en el intento porque su tejido no está adaptado mecánicamente para ello.

El mesocótilo solo crece en la oscuridad y no emerge en siembras sobre agua. El periodo de siembra a emergencia dura entre 5 a 30 días dependiendo de las condiciones ambientales.

Una prueba para evaluar la calidad fisiológica de la semilla es el ensayo de germinación usualmente empleada es incubar las semillas a 27°C por 72 hs para determinar EG, luego a los 7 días totales se hace el segundo conteo para determinar PG. Se considera aceptable una EG arriba del 70%, y PG superior al 84%, siendo ideal 90% de PG. En siembras tempranas en zona templada se considera más importante tener semillas de alta EG.

Fig. 2. Plántula de arroz



Macollos:

Cada tallo de la planta está formado de una serie de nudos y entrenudos. Los entrenudos varían en largo de acuerdo al genotipo y ambiente, generalmente son mas largos en la parte superior de la planta. Cada nudo superior tiene una hoja (lámina) y una yema, la cual puede desarrollar un macollo. La hoja bandera esta empalmada en el nudo con su vaina que rodea todo el tallo. En la unión entre la lámina y la vaina se encuentran las dos aurículas y la lígula.

El macollamiento comienza cuando la plántula está establecida y generalmente termina cuando se inicia el desarrollo del primordio floral (Inicio de Fase Reproductiva) (Fig. 3). El número de macollos depende de la densidad de plantas, puede variar de 3 en alta densidad hasta 15 macollos en bajas densidades.

El primer macollo se desarrolla cuando la plántula tiene en unas cinco hojas (a los 15 o 20 días de la emergencia), situándose entre el tallo principal y la 2da hoja contada desde la base. Posteriormente, cuando la 6ta hoja aparece, emerge el segundo macollo entre el tallo principal y la 3ra hoja. Los macollos que crecen desde el tallo principal se denominan **macollos primarios**. Estos a su vez pueden generar **macollos secundarios** los que a su vez también pueden producir **macollos terciarios**.

Los macollos permanecen adheridos a la planta pero en estadios avanzados estos pueden crecer en forma independientes porque producen su propia raíz.

En las variedades de ciclo intermedio el máximo número de macollos se logra antes de la diferenciación del primordio floral, los posteriores generalmente son infértiles. La diferenciación del primordio debe determinarse empíricamente mediante un corte de la base del tallo, donde se observa un primordio de unos 2 mm de longitud de color blanquecino (Fig.4).

La mayor diferencia en cuanto al ciclo de las variedades se manifiesta por la duración entre la Emergencia y el Inicio de Fase Reproductiva.

Variedades de ciclo corto:

El inicio de la fase reproductiva (inicio del primordio floral) ocurre a los 40 días de emergencia.

En las variedades de ciclo corto la diferenciación de la panoja puede ocurrir antes que se alcance el máximo número de macollos.

Variedades de ciclo intermedio:

El inicio de la fase reproductiva ocurre a los 55 días de la emergencia. En siembras entre Setiembre a Noviembre mantienen un ciclo de 120 días.

Variedades de ciclo largo:

El inicio de la fase reproductiva (inicio del primordio floral) ocurre a los 70 días de la emergencia. Por ejemplo, las variedades EPAGRI 108 y 109 que llegan a los 140 días.

Raíces:

El sistema radical del arroz está formado por dos tipos de raíces: Las raíces de la corona y las raíces de los nudos. Si bien ambas clases se desarrollan de nudos, las de la corona lo hacen de nudos bajo la superficie del suelo. Las raíces en los nudos superiores se presentan en condiciones de excepcionales de anegamiento profundo. Las raíces de la corona a su vez poseen dos clases de raíces, las raíces superficiales laterales (ageotrópicas) y las raíces comunes. Las raíces comunes solo crecen hasta aproximadamente los 40 cm de profundidad porque la difusión de oxígeno a través del aerénquima, hacia las raíces en crecimiento, se vuelve deficitaria.

Altura y Arquitectura de la planta

La variedad semienana IR8 desarrollada por el IRRI (International Rice Research Institute en Filipinas) incrementó la producción de arroz y generó la llamada “revolución verde” en el arroz a partir de 1960. Gracias a ello durante el periodo 1960-1990 la producción global de granos se incrementó al doble. El porte semienano se logró mediante la introducción del gen *semi-dwarf 1 (sd1)* en la variedad IR8. Este gen está relacionado con una síntesis deficitaria de la hormona ácido giberélico. De este modo, la variedad IR8 incrementó su respuesta a la fertilización nitrogenada sin que su altura se incremente, por lo tanto sin que haya susceptibilidad al vuelco por lluvias o viento. La mayoría de las variedades cultivadas son selecciones de cruzamientos entre variedades índicas y japónicas semienanas con genes que interfieren con la biosíntesis de ácido giberélico producidas en gran parte por el IRRI.

Con respecto a la arquitectura de la planta (Fig. 5), un porte con hojas erectas es un carácter agronómico deseable para producir altos rendimientos porque este tipo de plantas soporta una alta densidad de siembra y los nudos basales de la planta perciben mayor radiación solar ante estas condiciones de cultivo. Las hojas erectas son causadas por un gen que confiere insensibilidad a las hormonas del grupo brasinoesteroides que regula la división y la diferenciación celular. Existen varios tipos de genes que se emplean actualmente en el mejoramiento de arroz para regular la arquitectura de la planta.

Fig. 3. Etapa vegetativa

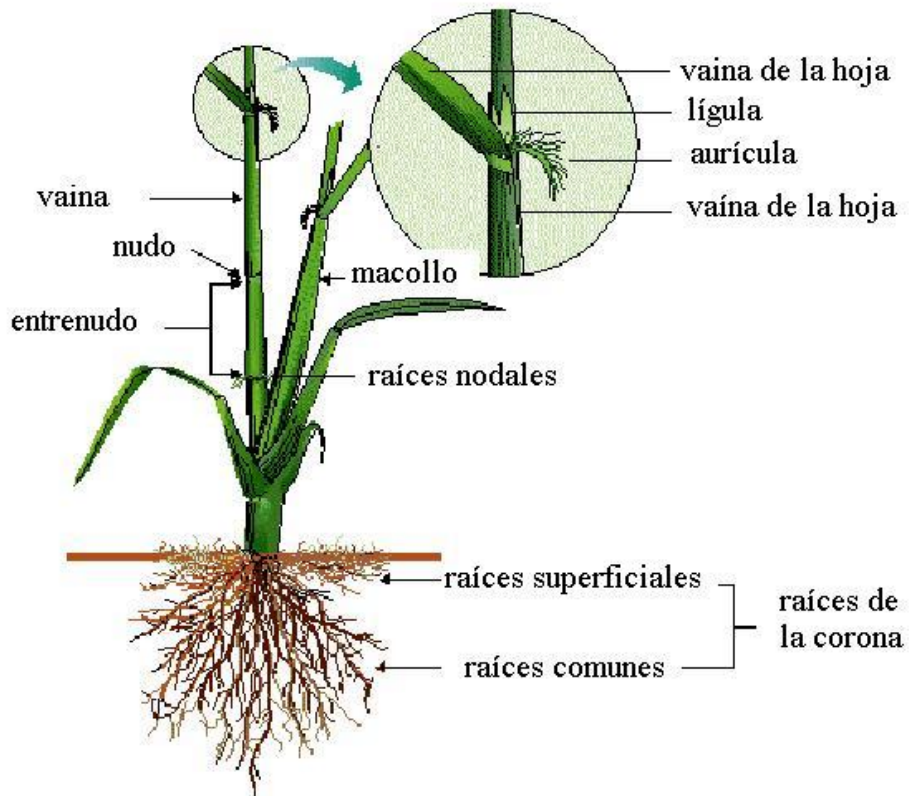


Fig. 4. Diferenciación del primordio floral

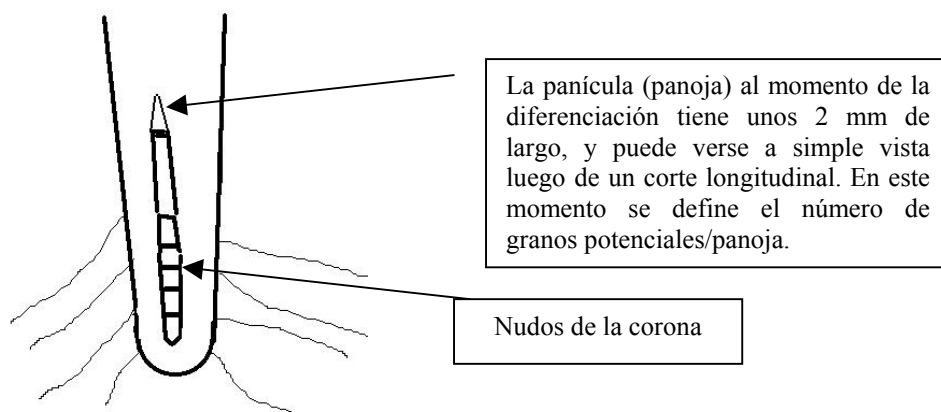


Fig. 5. Arquitectura de la planta

Plantas normales y semienanas



Plantas normales y plantas con el gen que regula la arquitectura de la planta

**Componentes del rendimiento**

Los componentes del rendimiento del arroz son 1) número de panojas/m², 2) número de granos por panoja, y 3) peso de los 1000 granos.

Para el cálculo de rendimiento de arroz cáscara también es importante el % de granos llenos y % granos vanos por panoja. Para el rendimiento industrial se tiene en cuenta además el % de granos enteros/partidos.

FENOLOGÍA

El rendimiento potencial del arroz se define primeramente antes de la emergencia de la panoja. El rendimiento definitivo (integrado de los tres componentes), el que está basado en la cantidad de almidón que llena los granos de la panoja, se determina en mayor medida luego de la diferenciación de panoja. Por esto es que divide agronómicamente la historia del cultivo en términos de la fase vegetativa, reproductiva y madurez.

Una variedad de 120 días pasa unos 55-60 días en la fase vegetativa, 30 días en la fase reproductiva, y 30 días en la fase de madurez.

La **fase vegetativa** (Fig. 6) se caracteriza por un activo macollamiento, un gradual incremento de la altura de las plantas, y la emergencia de las hojas a intervalos regulares. Los macollos que no desarrollaron una panoja se llaman macollos infértiles.

La **fase reproductiva** se caracteriza por un declinamiento del número de macollos, la emergencia de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo por el crecimiento interno de la panoja, la emergencia de la panoja (ocurre unos a 20-25 días luego de la diferenciación del primordio floral), y la floración (antesis).

La meiosis puede estimarse que ocurre cuando la lígula de la hoja bandera y la de la hoja inmediatamente inferior están en el mismo nivel o posición 0.

La antesis ocurre en general un día después de la emergencia de la panoja. Agronómicamente, se define a la emergencia cuando el 50% de las panojas han emergido al exterior de la vaina.

El periodo de maduración de los granos varía entre 15-40 días dependiendo de la temperatura. Se inicia luego que el ovario ha sido fertilizado y el grano de arroz comienza a crecer. En este periodo el grano incrementa de tamaño y peso, y el almidón y azúcares se translocan desde las vainas, hoja bandera, y vástagos donde fueron acumulados en la fase vegetativa.

ECOFISIOLOGÍA

Fase vegetativa:

La germinación y el desarrollo de la plántula óptimo comienza cuando la dormancia de las semillas se rompe, esto se logra mediante la absorción de una adecuada cantidad de agua y la exposición a temperaturas entre 20-40°C, óptima 30-35°C.

La dormancia (o latencia) de la semilla fue lograda dentro de los objetivos del mejoramiento a fin de impedir que la semilla no germine en la panoja antes de ser cosechada. En este sentido, las variedades modernas índicas tienen una fuerte latencia mientras que las variedades tradicionales (como Fortuna) carecen de la misma. Esto implica que los granos maduros de la variedad Fortuna podrían germinar en la panoja si las condiciones ambientales son favorables.

El periodo de siembra a emergencia dura entre 5 a 30 días dependiendo de las condiciones ambientales (temperatura y humedad). Por ejemplo, en la zona templada sur de Corrientes y Entre Ríos, en las siembras tempranas de setiembre las emergencias no son anteriores a los 15 días de siembra.

Los factores que promueven o condicionan el macollamiento son el genotipo, la lámina de agua (menores a 10 cm), fertilidad del suelo, fertilización, adecuado stand de plantas, condiciones sanitarias (incluyendo competencia de malezas). Temperatura ambiente (menores a 15-19°C y superiores a 34°C paralizan el macollamiento, siendo óptima entre 32-34°C). Asimismo, es común observar que las plantas afectadas con la enfermedad llamada *vaneo fisiológico* u otra clase de vaneos (por temperaturas extremas o plagas), presenten macollos primarios donde la fase reproductiva fue interrumpida y gran cantidad de macollos secundarios verdes en activo estado vegetativo.

La diferencia entre variedades en cuanto al ciclo se debe principalmente a la duración de la fase vegetativa. Así, las variedades de ciclo largo que requieren mayor tiempo Emergencia a Diferenciación de primordio, se caracterizan por presentar mayor desarrollo vegetativo pero también mayor cantidad de macollos infértiles, lo que resulta en un bajo Índice de Cosecha.

La mayoría de las variedades son poco sensibles al termoperiodo y al fotoperiodo. Como excepción tenemos a la variedad Bluebelle que es termoperiodica, sembrada en el norte de Argentina acorta el ciclo marcadamente. Por otro lado, la variedad Fortuna es una variedad del tipo tradicional que requiere la inducción de los días cortos para florecer.

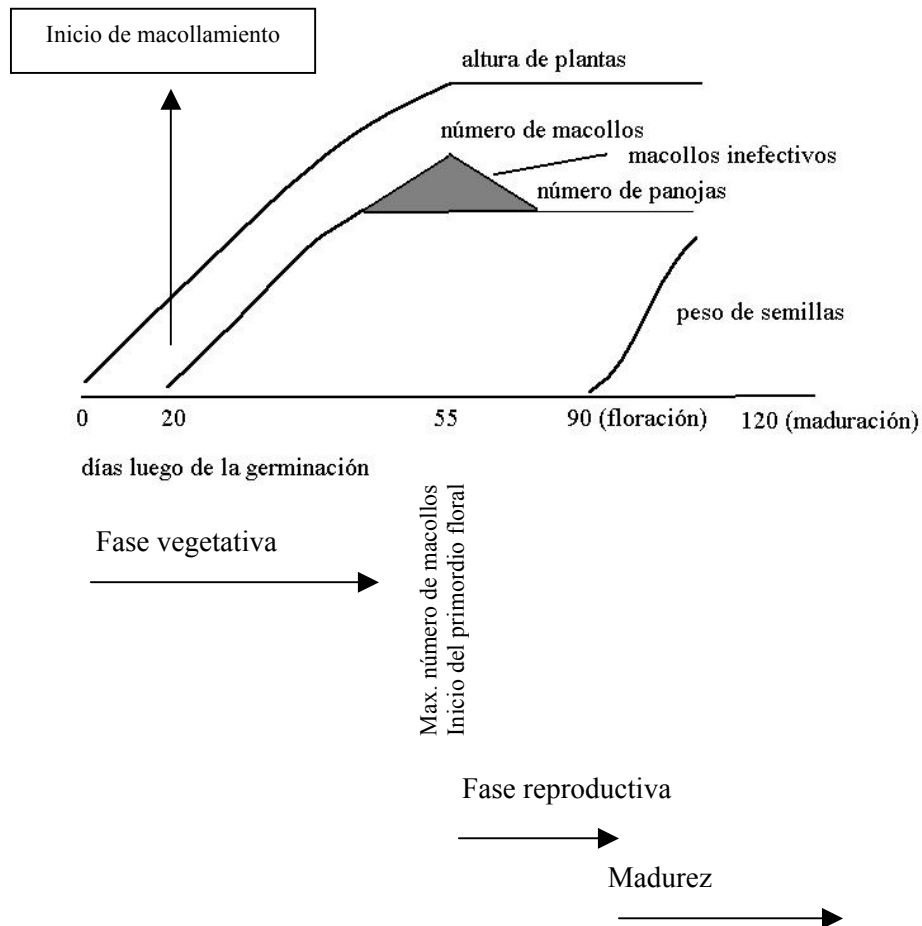
Fase Reproductiva:

La antesis ocurre durante la mañana y mediodía cuando hay mayor temperatura y la fertilización de las flores se completa dentro de las 6 horas. Dentro de una misma panoja se necesitan unos 7-10 días para que todas las espiguillas completen la antesis. Las espiguillas superiores son las primeras en florecer.

El periodo crítico de sensibilidad a las bajas temperaturas ocurre durante la formación de los granos de polen (meiosis). Este periodo crítico se presenta 8-10 días antes de la floración. Temperaturas mínimas iguales o debajo de 12°C pueden provocar vaneo por bajas temperaturas.

En el periodo de llenado de granos es muy importante la intensidad de la luz porque cerca del 60% de los carbohidratos trasladados desde las hojas al grano se fotosintetizan durante esta etapa.

Fig. 6. Fases fenológicas del arroz.



MEJORAMIENTO GENÉTICO

Ecotipos

La domesticación del arroz silvestre (*Oryza perennis* Moench) para la obtención del arroz cultivado (*O. sativa* L.) y su amplia distribución ha causado la diferenciación de la especie en numerosas razas geográficas.

Estas razas geográficas se han diferenciado en ecotipos, aunque algunos autores denominan a estas razas como subespecies. Así, se distinguen tres grupos de arroz en base a características morfológicas, distribución geográfica y compatibilidad sexual en: Japónica (Japón, Corea), Javánica (Java) e Indica (India, sur y centro de China, Indonesia) (Tabla 1)

Tabla 1. Cuadro comparativo de los grupos de arroz Indica, Javánica y Japónica.

Caracteres morfológicos	Indica	Javánica	Japónica
Granos largo/ancho arista Pubescencia de lemna y palea Descascarado desgrane	Fino Ausente Ausente Fácil facil	Largo Presente Densa Difícil	Corto Presente en cv. nativos, Ausente en cv. mejorados Densa Difícil difícil
Morfología Color de planta Número de macollos Hábito de crecimiento de los macollos Altura de planta Textura del tejido vegetal	Verde claro alto Abierto Alta DURA	Verde claro bajo Erguido Alta	Verde oscuro intermedio Erguido <u>media</u> SUAVE
Fisiología Resistencia a bajas temperaturas Resistencia a la sequía Sensibilidad al fotoperiodo potencialidad de rendimiento VIGOR INICIAL	Baja Alta baja bajo ALTO	Alta variable	<u>Alta</u> baja sensible alto BAJO

Como se puede apreciar en la tabla, los arroces del grupo Japónica se caracterizan por presentar tolerancia a bajas temperaturas y un porte de planta bajo-intermedio.

La variedad Fortuna es una de las excepciones al tipo de planta japónica, al presentar un tipo de arquitectura de planta con hojas largas y decumbentes, teniendo un grano largo ancho y un bajo potencial de rendimiento.

Los grupos índicos aportan en el programa de mejoramiento, alta rusticidad, tipo de grano largo fino, y rusticidad, mientras que las japónicas aportan tolerancia al frío y alto potencial de rendimiento.

OBJETIVOS DEL MEJORAMIENTO

Altos Rendimientos

De 100 kg de arroz cáscara cosechado aproximadamente 20 Kg es cáscara, y unos 10 Kg es afrecho, el resto lo constituye el arroz blanco pulido compuesto de granos enteros más granos partidos.

Los productores reciben su bonificación por el rendimiento en granos enteros y no por el rendimiento de arroz cáscara que producen. Por ello, el principal objetivo del mejoramiento es el desarrollo de variedades con alto rendimiento de arroz cáscara y granos enteros simultáneamente.

La variedad semienana IR8 desarrollada por el IRRI (International Rice Research Institute) incrementó la producción de arroz y generó la llamada “revolución verde” en el arroz a partir de 1960. El impacto del cultivo de variedades semienanas se observó en ASIA (China e India) por su gran extensión del cultivo de arroz, durante el periodo 1960-1990 la producción global de granos se incrementó al doble. El porte semienano se logró mediante la introducción del gen *semi-dwarf 1 (sd1)* en la variedad IR8, como resultado se crearon las variedades modernas. Este gen está relacionado con una síntesis deficitaria de la hormona ácido giberélico. De este modo, mediante el empleo de la variedad IR8 se incrementó la respuesta a la fertilización nitrogenada sin que la altura de la planta se incremente, por lo tanto sin que haya susceptibilidad al vuelco por lluvias o viento.

La mayoría de las variedades cultivadas son selecciones de cruzamientos entre variedades índicas y japónicas semienanas con genes que interfieren con la biosíntesis de ácido giberélico, estos materiales son producidos y distribuidos al resto del mundo por el IRRI.

Resistencia a estreses:

Asimismo, el segundo objetivo del mejoramiento es el desarrollo de variedades que posean características favorables que le permitan producir altos rendimientos ante un amplio rango de factores adversos que estresan al cultivo, como ser patógenos, insectos, malezas, y factores climáticos (baja radiación solar, altas y bajas temperaturas durante la fase reproductiva).

Altura de planta y resistencia al vuelco:

Desde la década del 80' que en América se cultivan las variedades de arroz semienanas que poseen el gen que reducen la altura de planta y fortalece el tallo de la panoja. Las variedades que no poseen el gen vuelcan antes de la cosecha cuando hay vientos fuertes y sobre todo cuando se han empelado altos insumos en fertilizantes nitrogenados.

Ciclo de la planta:

Mediante el mejoramiento genético se ha reducido grandemente el tiempo requerido para que la planta alcance la madurez. En la década de 1940, en USA, se cultivaban variedades que tardaban 3 semanas más en completar el ciclo. Esto reduce la exposición del cultivo a condiciones ambientales desfavorables que puedan bajar el rendimiento. La mayoría de las variedades son de ciclo intermedio y maduran entre los 110 a 120 DDS (días después de la siembra). La selección de germoplasmas se realiza contabilizando los días a floración.

Resistencia a patógenos y plagas:

Las enfermedades más importantes en el mundo son la Pyricularia (Brusone) causado por *Pyricularia grisea* y el quemado de la vaina causado por *Rhizoctonia solani*. Existen genes de resistencia a ambas enfermedades que se están incorporando en las variedades para cultivo en USA y Argentina. Para ello se están caracterizando fuentes de resistencia a Pyricularia provenientes de especies silvestres del arroz, y además se caracterizan a las poblaciones de las cepas de Pyricularias para monitorear las nuevas razas patógenas que surgen por mutaciones. En USA y Argentina se está incorporando el gen *Pi-b* que otorga tolerancia a algunas razas de Pyricularia, este gen fue introducido de germoplasmas de arroces chinos.

Las plagas más importantes son el gorojo acuático (*Oryzophagus oryzae*), la chinche del tallo (*Tibraca limbativentris*), y la chinche de la panoja (*Oebalus poecilus*). No se cuentan por el momento con genes conocidos de resistencia a insectos.

Tolerancia a toxicidad de hierro y vaneo fisiológico:

Son dos objetivos adicionales del mejoramiento para la región nordeste de Argentina. La toxicidad de hierro es un desorden nutricional del arroz que ocurre ampliamente en Ultisoles

e Histosoles altamente ácidos, y en suelos con sulfatos ácidos (bisulfatos). El vaneo fisiológico (también llamado Straighthead) también es un desorden nutricional, no se conoce una sola causa que lo origina pero sí se lo ha relacionado con la presencia de bajos potenciales redox en el suelo inundado causado por altos contenidos de materia orgánica, y/o con la exposición del cultivo al arsénico residual del agroquímico MSMA (defoliante arsenical de algodón) durante el estadio vegetativo del cultivo.

La mayoría de las variedades son tolerantes a la toxicidad de hierro, mientras que por el contrario, la mayoría de las variedades en cultivo son susceptibles al vaneo fisiológico.

Incremento de Calidad:

Los arroces convencionales se clasifican en granos largos, medios, y cortos, asimismo se cuentan con variedades que se diferencian por sus diferentes características en la cocción.

En USA y Argentina se están desarrollando variedades especiales para cubrir nichos de mercados específicos para exportación a determinadas comunidades del medio este, asiáticas, y europeas:

Arroces glutinosos: la calidad de la cocción está determinada por la proporción de amilosa/amilopectina del almidón del grano. Las variedades de arroz se agrupan con base a su contenido de amilosa en glutinosas (1-2% de amilosa), bajas (8-20% de amilosa), intermedias (21-25% de amilosa) y altas (más de 25% de amilosa).

Los arroces glutinosos poseen almidón compuesto casi completamente por amilopectina. Cuando estos granos se cocinan, se expanden poco y absorben poco agua, se pegan y las harinas de estos sirven para aumentar la consistencia de salsas y yogures diet. Por el contrario, los granos con alto contenido de amilosa quedan secos y sueltos luego de la cocción pero se endurecen al enfriarse.

Las variedades japónicas son de bajo contenido de amilosa, a su vez las temperaturas altas durante la maduración del grano disminuyen el nivel de amilosa.

Los consumidores de América Latina y los principales mercados del mundo prefieren los tipos intermedios, donde el arroz mantiene su suavidad al enfriarse pero son firmes. Son los que tiene valores de amilosa intermedios.

Basmatis: son arroces extremadamente largos, luego de la cocción tienen consistencia seca. Luego de la cocción tienen un proceso de alargamiento al doble de su tamaño natural.

Arborio: son arroces extremadamente anchos y largos medios con un gran centro yesoso que se usa para hacer el risotto italiano.

Japoneses: son arroces de granos cortos y gusto suave. Ejemplo: variedad Koshihikari.

Bibliografía:

- Arroz. Cuaderno de actualización técnica Num. 61. 1998. Edición AACREA. 150 pag.
- A Simplified Crossing Method For Rice Breeding: A manual. 1991. CIAT. 32 pag.
- Application of rice genomics to plant biology and breeding. 2002. Motoyuki Ashikari y Makoto Matsuoka. Bot. Bull. Acad. Sin. 43: 1-11.
- Código alimentario argentino. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar>.
- <http://www.riceweb.org/Plant.htm#morph> Produced by the International Rice Research Institute (IRRI), Philippines; in association with the Africa Rice Center (WARDA--the acronym for the West Africa Rice Development Association), Cote d'Ivoire; and the Centro Internacional Agricultura Tropical (CIAT), Colombia.
- International Agriculture Development. Eicher C. y Staatz J (eds.) Tercera edición. 1998.
- Mejoramiento de arroz. 1981. Jennings P.R.; Coffman W.R.; Kauffman H.E. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT.

Cátedra de Cultivos II, Ing. Agr. Sofia Olmos

Fecha de actualización: 01-03-07.