

CRECIMIENTO Y ETAPAS DE DESARROLLO DE LA PLANTA DE ARROZ

F. Fernández, B.S. Vergara, N. Yapit y O. García

Un claro entendimiento de como se desarrolla la planta de arroz es esencial para los científicos que trabajan en la investigación y producción de este cultivo. Variaciones en la investigación son mejor comprendidas y los resultados son mejor interpretados cuando son relacionados con el ciclo completo de crecimiento o con una etapa específica.

Ensayos genéticos, de rendimiento, fertilización, ataque de insectos, etiología de enfermedades, resistencia a sequía, adaptación a inundación y aguas profundas, y de prácticas agronómicas, tienen relación con una o más etapas de crecimiento y desarrollo. El manejo efectivo de parcelas experimentales también depende del conocimiento que se tenga sobre el crecimiento de la planta.

La escala (de 0 a 9) de las etapas de desarrollo del sistema de evaluación estándar para arroz, es utilizada en este manual para la identificación de cada etapa. Se espera que esta descripción ayudará a los usuarios de la escala SES. (Standar evaluation Sistem).

Los datos e ilustraciones aquí presentados han sido tomados de la variedad moderna enana IR 36, de alto rendimiento (8 ton/ha), de ciclo corto (105 días) e insensible al fotoperíodo y sembrada mediante el sistema de transplante. Para la mayoría de los casos y con las excepciones anotadas, las etapas y descripciones se aplican a la generalidad de las plantas de arroz.

FASES DE DESARROLLO

El crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende un ciclo completo desde la germinación hasta la maduración del grano. Este crecimiento muestra un patrón común en el tiempo, que puede variar ligeramente dependiendo de características genéticas de la planta o la influencia del ambiente.

El ciclo de vida de la planta de arroz está generalmente comprendido en un rango de 100 a 210 días, con la moda entre 110 a 150 días (7). Variedades con ciclos de 150 a 210 días son usualmente sensibles al fotoperíodo y plantadas en áreas de aguas profundas.

El crecimiento de la planta de arroz puede ser dividido en tres fases:

- Fase vegetativa: De la germinación de la semilla a la iniciación de la panícula;
- Fase reproductiva: De la iniciación de la panícula a floración; y
- Fase de maduración: De floración a madurez total. También se le denomina como llenado del grano y maduración

Estas fases se sobreponen unas con otras en un cultivo o en una "postura" de arroz transplantado, especialmente por la diferente edad de los hijos, lo cual representa un desarrollo secuencial: tallo principal, hijos primarios, hijos secundarios, etc.

El crecimiento y desarrollo de la planta de arroz son principalmente afectados por la temperatura y la longitud del día.

El Cuadro 1 ilustra el comportamiento de crecimiento en los trópicos, de una variedad insensible al fotoperíodo que madura en 105 días (IR 36) o en 120 días (IR 8), comparadas con una variedad tradicional sensible al fotoperíodo y que madura en 150 días (Peta). La duración de la fase reproductiva (35 días) y de maduración (30 días), son más o menos constantes para las tres variedades bajo condiciones tropicales. La diferencia en la duración total del crecimiento es el período vegetativo retardado que ocurre en la parte final de la fase vegetativa que incluye el máximo macollamiento, la iniciación de la panícula y la elongación del entrenudo (11). En la variedad de maduración temprana, estos tres estados ocurren casi simultáneamente o se traslapan en un corto período; la iniciación de la panícula ocurre en un solo tiempo, independiente del fotoperíodo. En las variedades de período fotosensitivo largo, primero las plantas alcanzan su máximo número de hijos, y continúa la fase vegetativa retardada, durante la cual sigue produciendo nuevos hijos, mientras que otros mueren, y la elongación del tallo hasta cuando los días cortos inducen la iniciación de panícula. La longitud de la fase vegetativa depende de la sensibilidad de la variedad a la duración del día, a la temperatura y a su fase vegetativa básica heredada.

Si IR 8 es cultivada en áreas templadas o altas latitudes en los trópicos, la duración del crecimiento puede ser tan larga como 180 a 210 días comparada con 120 días en las tierras bajas de los trópicos. La dilación en la madurez es el efecto de la baja temperatura, principalmente en las fases vegetativas y de maduración. La fase de maduración se prolonga de 25 a 35 días bajo condiciones tropicales hasta 60 días en condiciones templadas.

EXPRESIONES CUANTITATIVAS DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO

El desarrollo de la planta puede ser medido cuantitativamente por varios parámetros, por ejemplo altura, número de hijos, número de hojas, índice de área foliar, acumulación de materia seca, producción de carbohidratos y absorción de nutrimentos. De éstos, el número de hijos será discutido en las etapas de macollamiento y máximo macollamiento.

En esta sección se tratarán la altura de la planta y el desarrollo de las hojas, y las raíces que ayudarán a entender mejor las etapas de crecimiento de la próxima sección. La acumulación de materia seca, la absorción de nutrimentos y la producción de carbohidratos serán discutidos al final.

Cuadro 1. Ocurrencia en tiempo de las etapas de crecimiento para variedades de tres ciclos de crecimiento.

ETAPAS	Fase vegetativa 51 días			Fase reproductiva 31 días						Fase de Maduración 30 días			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
105 días de cultivo	3	18	(60)	44	52	70	75	82	92	105			
120 días de cultivo	3	18	(55)		66	85	90	97	107	120			
150 días de cultivo	3	18	Variable		85		120	127	137	150			

Altura de la planta

La altura de la planta, a menudo la característica más notable, es usada como un criterio de crecimiento, especialmente donde la temperatura es baja o cuando el agua es profunda. Es normalmente medida de la superficie del suelo al extremo superior de la hoja más alta o la panoja.

Después del lento crecimiento durante el estado de plántula, la altura de la planta aumenta rápida y casi linealmente (Figura 1) hasta la floración cuando el crecimiento vertical cesa. Un atraso temporal del crecimiento ocurre generalmente después del trasplante a medida que se inicia el macollamiento activo.

Las variedades enanas alcanzan una altura menor de 1.0 m. las semi-enanas crecen hasta 1.3 m y las variedades altas tradicionales alcanzan 1.5 m; éstas se vuelcan especialmente cuando se les fertiliza con nitrógeno y la densidad es alta.

Varietades altas se encuentran bajo condiciones de aguas profundas (1.5 m o más), donde las variedades crecen por la elongación de los entrenudos a medida que aumenta la profundidad del agua, alcanzando longitudes de tallo de 2.0 hasta 4.0 m. En las áreas de aguas profundas, la altura de la planta es un parámetro importante, puesto que a menudo determina la sobrevivencia de la planta.

La estatura baja y la dureza del tallo son cualidades esenciales en variedades de altos rendimientos, ya que minimizan el volcamiento y poseen una mayor relación grano/paja; por otro lado, las variedades altas son más competitivas con las malezas y más adaptadas a áreas de secano. El rendimiento y la respuesta al nitrógeno de las variedades de arroz están a menudo correlacionadas inversamente con la altura de la planta (12).

La altura de la planta es también un criterio importante para determinar el ataque de barrenadores, el efecto de enfermedades virales y el daño de roedores.

Desarrollo de las hojas

El patrón de desarrollo foliar ha sido usado como un indicador de crecimiento en maíz (2) y en sorgo (10), en los cuales el tallo lo define en forma fácil de seguir. Sin embargo en arroz, especialmente el trasplantado, esto no es fácil debido a la producción de macolla en cada postura, la variación en el número de hojas entre variedades y el corto tiempo de vida de la mayoría de las hojas. El desarrollo de las hojas en el tallo principal y en las macollas de IR 36 muestra un patrón de hojas de corta duración, las cuales se desdoblán (cuello visible) sucesivamente. En esta variedad que posee un total de 14 hojas, la primera se marchita y se muere al doceavo día, la segunda y la tercera permanecen en la planta por 25 días; la cuarta hasta la doce, tienen un promedio de vida de 35 días y las dos últimas permanecen hasta el final del ciclo de crecimiento de la planta, por 47 y 35 días respectivamente. Solamente 4 ó 5 de las 14 hojas están presentes en el tallo o hijos, a la floración; de ellas las dos hojas superiores permanecen hasta el final y son responsables por la fotosíntesis

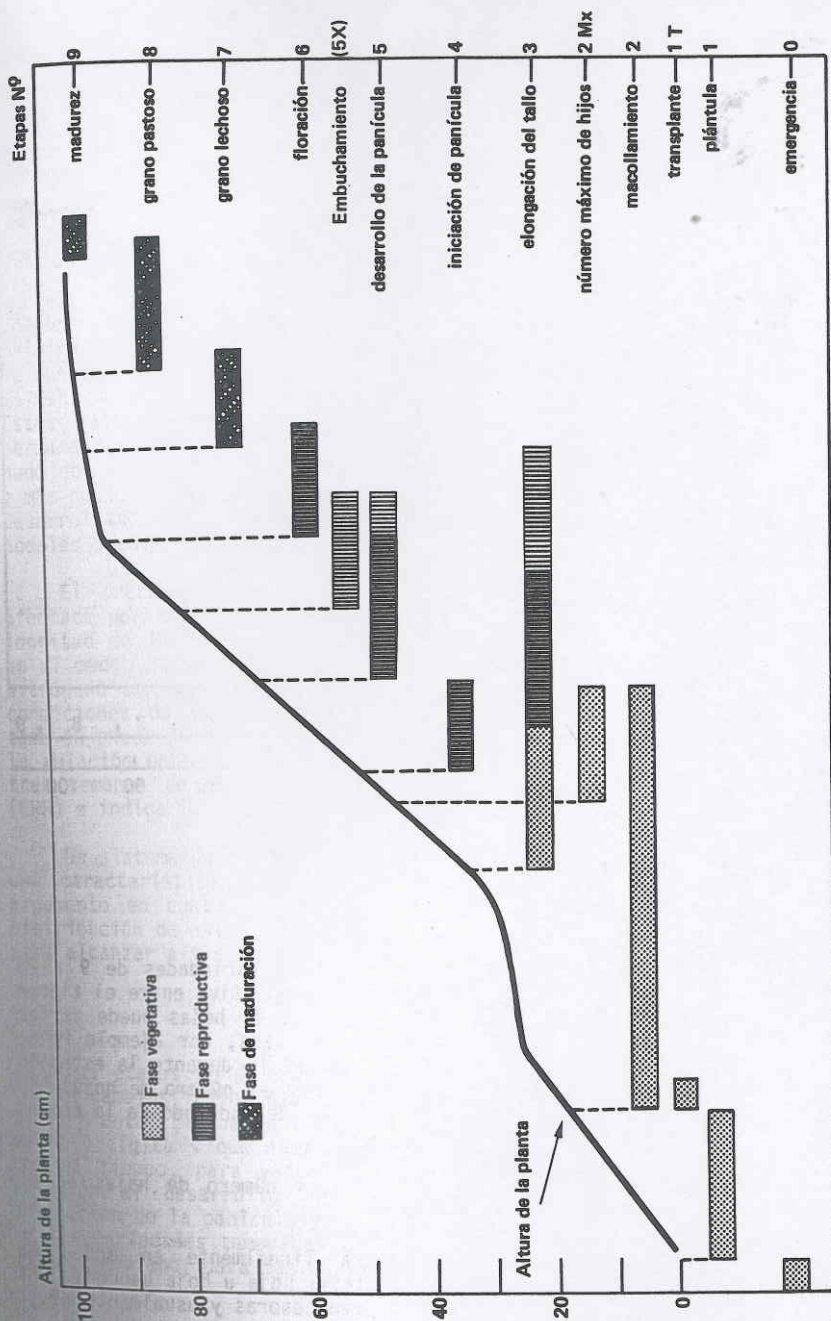


Figura 1. Desarrollo de la planta a través de las etapas de crecimiento.

del 80 por ciento de los carbohidratos que van al grano (Figura 2).

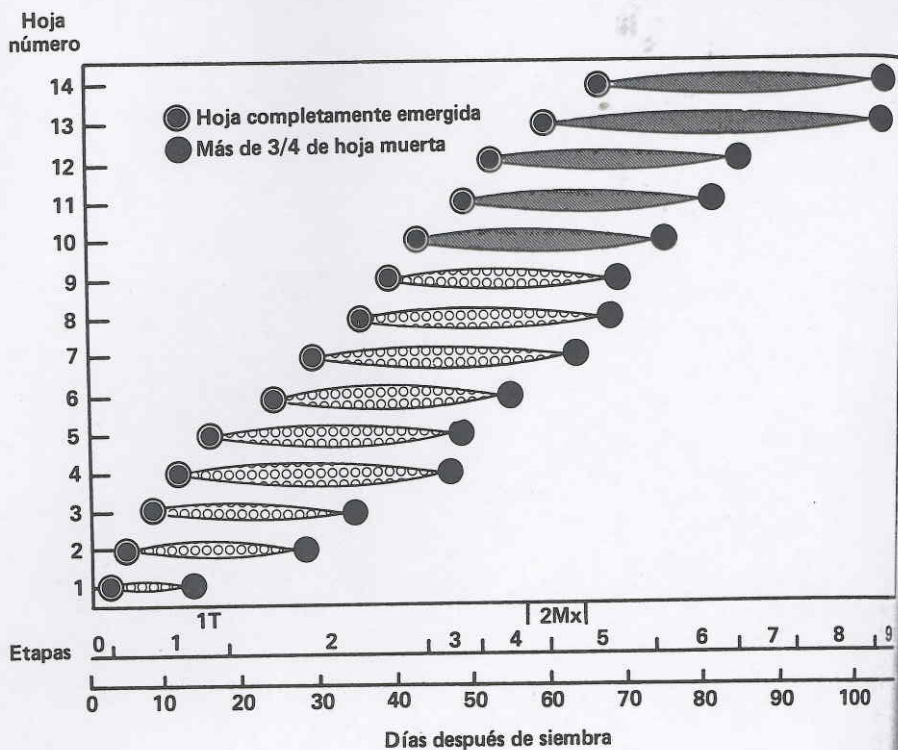


Figura 2. Desarrollo de las hojas en IR 36.

El número de hojas varía extremadamente entre variedades de 9 a 23 hojas en el tallo principal y hay una correlación positiva entre el tiempo de maduración y el número de hojas (5). El número de hojas puede variar también de estación a estación para una variedad dada, por ejemplo Peta, desarrolla 21 hojas en la estación seca y solamente 16 durante la estación lluviosa. Una variedad fotosensitiva también cambia el número de hojas con la variación en la duración en la fase vegetativa, dependiendo de la época en la cual se siembre.

Las variedades del ciclo largo tienen mayor número de hojas en el tallo principal.

El tamaño de las hojas se incrementa linealmente en orden de emergencia, hasta la treceava en IR 36. La última hoja u hoja bandera, (ta número 14 en IR 36), es más pequeña que sus predecesoras y usualmente más

ancha.

Otro aspecto importante lo representa la medida de las hojas en relación con la superficie. El cálculo del número de hojas por unidad de área es impráctico por su poco significado. Más significativo es el índice de área foliar o área de las hojas por metro cuadrado, la cual se relaciona con el rendimiento.

Crecimiento de la raíz

Si las semillas germinan en agua el coleóptilo emerge antes que la coleorriza; cuando las semillas germinan en un ambiente aireado, surge primero la coleorriza, luego la radícula rompe la coleorriza poco después de que ésta aparece. Durante los primeros siete días después de la siembra, la radícula y las raíces seminales crecen y desarrollan raíces laterales. Estas raíces son temporales y son reemplazadas por raíces fibrosas permanentes, raíces adventicias, que se desarrollan a partir del primer nudo del tallo arriba del escutelo, y luego a partir del segundo, tercero y más nudos, en la base del tallo. Al momento de la floración, la planta ha desarrollado al máximo el sistema radical que se inició con las raíces nodales o adventicias, en la etapa 1 (plántula).

El crecimiento y desarrollo de la raíz es característica varietal afectada por el medio de cultivo y los niveles de fertilización (1.9). La longitud de las raíces decrece con un incremento en el nivel de nitrógeno en el medio de cultivo. Las raíces de las variedades de baja respuesta al nitrógeno son más largas que las de las variedades de alta respuesta, en condiciones de bajo nivel de nitrógeno (9). La longitud de las raíces también puede ser afectada por la concentración de aluminio en la solución; la relación entre la longitud de la raíz a 30 ppm y a 3 ppm de Al, a las tres semanas de edad de la planta, se llama longitud radicular relativa (LRR) e indica la tolerancia al aluminio (1).

Un sistema radical profundo con una alta relación raíz/parte aérea es una característica deseable para variedades de secano. Sin embargo, un argumento en contra de una alta relación raíz/parte aérea, es la menor distribución de asimilados en la parte aérea, lo cual puede ser una barrera para alcanzar altos rendimientos (12).

ETAPAS DE DESARROLLO

Las etapas de desarrollo de la planta son fácilmente identificables, marcan cambios fisiológicos y morfológicos de gran importancia en la vida de la planta. El Cuadro 1 da los diez principales estados con un código de un solo dígito y que identifica una característica principal en relación con el tiempo, para variedades de diferentes ciclos. Hay que anotar en relación al desarrollo que el máximo número de hijos y las etapas iniciación de la panícula y elongación del tallo, coinciden sustancialmente en las variedades tempranas como la IR 36, pero ocurren en sucesión o con ligero traslape, para las variedades tardías.

Germinación a emergencia (Etapa 0)

De la siembra a la aparición de la primera hoja a través del coleóptilo. La siembra usualmente se efectúa después de remojar e incubar las semillas por periodos sucesivos de 24 horas. Durante esta pregerminación, las semillas absorben agua, se hinchan, comienzan el metabolismo de sus reservas de almidón y proteína y se inicia el crecimiento del embrión (7). La rata de respiración viene a ser alta durante este período.

A una temperatura media de 26°C la emergencia ocurre dos a tres días después de la siembra de semillas pregerminadas. La primera hoja, la cual carece de lámina, rompe el coleóptilo y viene a ser visible sobre la superficie del suelo. Cuando la siembra se efectúa con semilla seca en suelo seco, el proceso de germinación se dilata en función de la humedad y de la profundidad de siembra, puede demorar entre 5 y 10 días.

Plántula (Etapa 1)

De la emergencia hasta justo antes de aparecer la primera macolla. Durante esta etapa, cuatro hojas emergen totalmente y la primera hoja muere al día doceavo (Figura 2). En los semilleros el macollamiento se inhibe debido a la alta densidad.

Al principio la plántula depende totalmente de la energía, proteínas y minerales de la semilla. Entre el séptimo y el octavo día, la plántula comienza a fotosintetizar sus propios requerimientos de energía y a absorber nutrimentos y entonces viene a ser independiente de la semilla. De aquí en adelante, la acumulación de materia seca en la plántula se incrementa más rápidamente.

El transplante (Estado 1T) se hace usualmente cuando la planta tiene tres a cinco hojas totalmente desarrolladas a los 16-18 días, algunas veces más temprano, o más tarde, especialmente para variedades tardías o en ambientes más frescos donde el desarrollo es lento y se planta entre 25 y 45 días de edad.

Macollamiento (Etapa 2)

De la aparición del primer hijo hasta cuando la planta alcanza el máximo número de ellos, o hasta el comienzo del siguiente estado. El macollamiento es el estado más largo y tarda de 45 a 50 días para variedades tempranas (105 días) y variedades tardías (150 días) respectivamente. Aún puede ser mayor en variedades fotosensitivas.

A 26°C, en arroz transplantado, los hijos comienzan a emerger lentamente, luego ocurre más rápidamente a medida que surgen hijos secundarios y terciarios.

Los hijos primarios emergen secuencialmente del primero, segundo, tercero y nudos siguientes del tallo principal. Los hijos secundarios emergen después del desarrollo de cada hijo primario en su primer, segundo y tercer nudo. Hijos terciarios emergen del primer nudo de los hijos

secundarios. Algunas variedades alcanzan a producir hijos cuaternarios.

En el Cuadro 2 se da el número de hijos producidos por la planta de IR 36 separados en primarios, secundarios y terciarios. A medida que los hijos se desarrollan en arroz transplantado, la base de la planta aumenta el diámetro y las hojas inferiores del tallo principal se desplazan y se parten, a medida que los hijos crecen y producen sus propias raíces. Puede observarse también en el cuadro la simultaneidad en el macollamiento con las dos etapas posteriores, puesto que la precocidad de la variedad hace que el máximo macollamiento (2 Mx) se alcance después de la diferenciación del primordio.

De las 14 hojas producidas por una variedad temprana transplantada, seis han muerto cuando se alcanza el máximo macollamiento.

A lo largo del estado de macollamiento, las raíces adventicias continúan su desarrollo a partir de nudos inferiores de los hijos primarios, secundarios y terciarios expandiendo considerablemente el sistema radical fibroso.

Número máximo de hijos

Esta parte del ciclo de crecimiento es muy importante porque tiene una estrecha relación con el mejoramiento del cultivo y de las prácticas agronómicas. En variedades tempranas el número máximo de hijos se alcanza casi simultáneamente con la iniciación de la panícula o ligeramente después (Figura 3), pero en variedades tardías puede bien presidir la elongación del tallo y la iniciación de la panícula (7,8).

En arroz transplantado se pueden desarrollar más de 30 macollas por planta o 750 por metro cuadrado, cuando se transplanta una planta por sitio a 20 x 20 cm y se aplica abundante fertilizante; alcanza el máximo macollamiento en 60 días. En siembras directas densas, en hileras o al voleo, se alcanza el número máximo de hijos a los 30 días y se desarrollan sólo dos o tres hijos primarios por planta, pero hasta un máximo de aproximadamente 1000 por metro cuadrado (Figura 3). El número de macollas puede incrementarse con fertilización con N y P. Plantas aisladas en variedades de alto macollamiento pueden presentar hasta más de 100 hijos.

Incrementando el número de plántulas por postura o acortando la distancia de transplante, cada planta produce menos hijos. Un máximo aproximado de 1000 hijos por metro cuadrado se puede alcanzar haciendo caso omiso de la población inicial, ya sea con una densidad normal de transplante o mayor de 100 kg/ha en siembra directa. Independiente del número de hijos que la planta alcance en la etapa de macollamiento máximo, el número de hijos efectivos alcanza alrededor de 450 por metro cuadrado. En ciertos ambientes donde las plantas crecen poco es posible encontrar 700 o más hijos válidos en siembras densas. El número de panículas que la planta tenga es determinado en el estado de iniciación de la panícula.

Elongación del tallo (Etapas 3)

Desde el momento que el cuarto entrenudo del tallo principal por

Cuadro 2. Número acumulado de hijos primarios, secundarios y terciarios, producidos en el estado de macollamiento máximo por IR 36 transplantado, una planta por sitio, espaciado a 20 x 20 cm.

ETAPA	DIAS	HIJOS			TOTAL
		PRIMARIO	SECUNDARIO	TERCIARIO	
2	23	1	—	—	1
	28	2	—	—	2
	30	3	—	—	3
	33	3	2	—	5
	37	4	4	—	8
3	42	4	8	1	13
	44	4	8	7	26
	49	6	13	8	29
4	51	7	14	8	29
	53	7	14	8	29
2 Mx	60	8	14	8	30

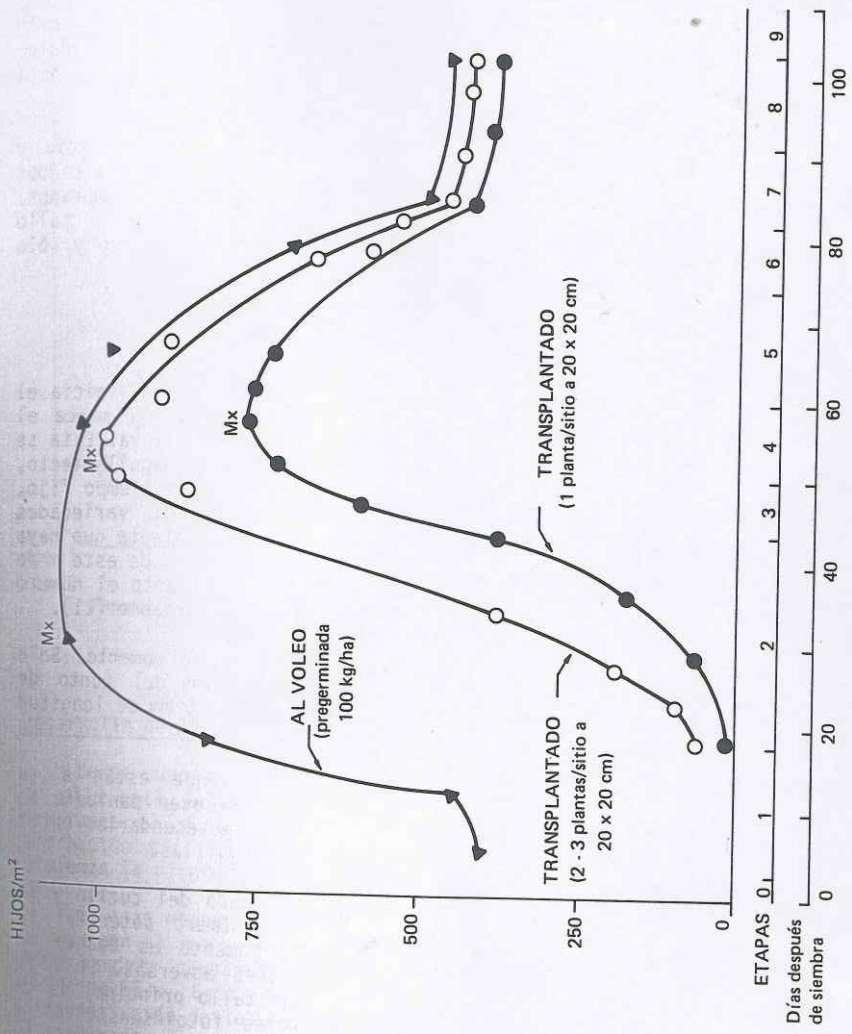


Figura 3. Números de hijos en diferentes sistemas y densidades de siembra en IR 36. Se observa cambio en el momento de máximo macollamiento (Mx).

debajo de la inflorescencia, comienza a hacerse notable en longitud, hasta cuando está totalmente elongado o hasta cuando el siguiente estado comienza. En variedades fotosensitivas y tardías la elongación del tallo comienza después del máximo macollamiento y se alarga considerablemente antes de la iniciación de la panícula, que es iniciada por fotoperíodos de días cortos (7,8,11). En variedades semienanas, fotoinsensibles y tempranas, el cuarto entrenudo debajo de la panícula se elonga solamente 1 a 3 cms antes de que la panícula sea visible, pero continúa su elongación rápidamente inmediatamente después de la iniciación visual de la panícula, hasta que la inflorescencia esté completamente emergida sobre la hoja bandera.

Esta elongación coincide con el desarrollo de la inflorescencia y ocurre en los cuatro entrenudos debajo de la panícula. Los demás entrenudos debajo del cuarto nunca se elongan en arroces fotoinsensitivos y tempranos. Al mismo tiempo, la hoja número once emerge totalmente en el tallo principal de IR 36, mientras que las primeras tres hojas han muerto y sólo ocho quedan en el tallo.

Iniciación de la panícula (Etapa 4)

La diferenciación del meristema en el punto de crecimiento, inicia el primordio de la panícula (o diferenciación del nudo-cuello), y marca el final de la fase vegetativa y el comienzo de la fase reproductiva. Esta se traslapa con la elongación del tallo y el estado de máximo macollamiento, en variedades semi-enanas y tempranas (7,11), sucediendo a un tiempo fijo, independiente de la longitud del día. Mientras que en variedades fotosensitivas, la panícula se iniciará solamente cuando la planta que haya cumplido la fase vegetativa básica sea expuesta a días cortos, de este modo depende de la fecha de siembra y la época del año, por lo tanto el número de días de la siembra a la iniciación de la panícula será variable (11).

El primordio de la panícula no es aún visible en este momento. Solo viene a ser visible once días más tarde en el extremo del punto de crecimiento, como una estructura cónica plumosa de 0.5 a 1.5 mm de longitud la cual marca el final de la etapa (Figura 4).

Removiendo cuidadosamente la vaina de la hoja que están a su alrededor, se puede observar en este momento que en la joven panícula se inicia la diferenciación de los primordios de las ramas secundarias en el raquis, con lo cual se inicia el desarrollo de las espiguillas.

Durante el período entre la diferenciación del nudo del cuello y de los primordios de las espiguillas se determina el número potencial de granos localizados en la panícula (13). En este momento es cuando el rendimiento se afecta más severamente por condiciones adversas. La hoja número 12 emerge totalmente y en este momento en el tallo principal de IR 36 las primeras cinco hojas han muerto. En arroces fotoinsensitivos y densamente sembrados, la iniciación de la panícula ocurre uniformemente en el campo, pero no ocurre en arroz transplantado, donde hijos secundarios o terciarios brotan después del primario.

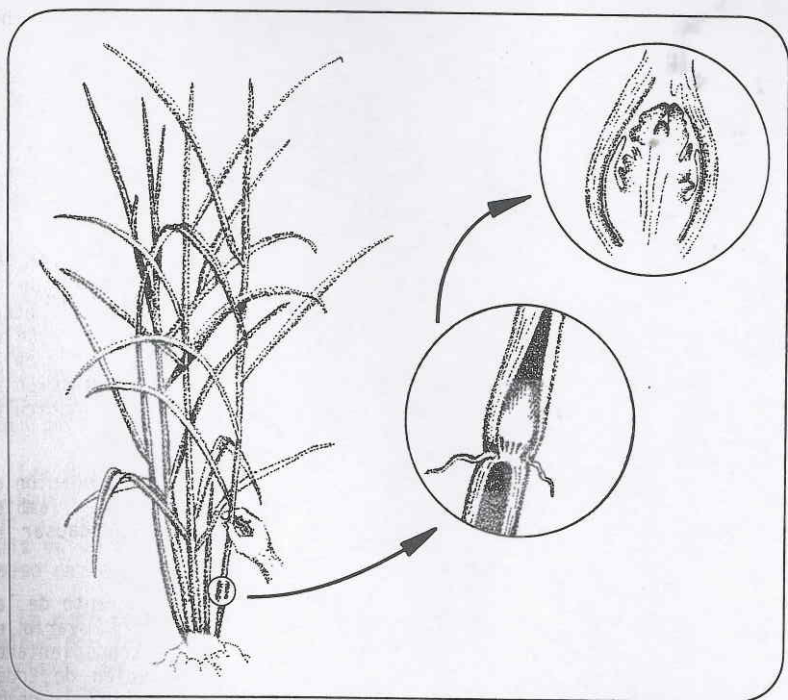


Figura 4. Determinación de la iniciación del primordio de la panícula.

Desarrollo de la panícula (Etapa 5)

Desde cuando la panícula diferenciada es visible hasta cuando la punta de ella está justo debajo del cuello de la hoja bandera. En variedades tempranas el desarrollo de la panícula sucede al mismo tiempo que la elongación del tallo. Cuando la panícula alcanza una longitud de 5 cm comienza la diferenciación de las espiguillas.

En esta etapa del primordio se diferencian las espiguillas, las cuales forman con el raquis la inflorescencia, que crece dentro de la vaina de la hoja bandera causando un abultamiento llamado comúnmente "embuchamiento" (Estado 5E). Esta etapa es muy crítica debido a que durante la diferenciación de las espiguillas el número total de granos por panícula es determinado. En este momento condiciones ambientales desfavorables afectan el rendimiento al reducir el número de espiguillas diferenciadas y fértiles.

La última hoja u hoja bandera, crece durante la etapa hasta casi

emerger totalmente. Cuando el cuello de la hoja bandera y la precedente están al mismo nivel, está ocurriendo la meiosis en las florecillas de la mitad de la panícula. En este estado las temperaturas frías prolongadas pueden causar esterilidad de las flores. El desarrollo de la panícula ocurre uniformemente en un campo sembrado directa y densamente con variedades fotoinsensibles, pero es ligeramente variable en arroz transplantado.

Floración (Etapa 6)

La salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera marca el comienzo de la etapa de floración, y es seguido inmediatamente por la antesis de las flores en el tercio superior de la panícula. Esto es notado por la salida de las anteras de apariencia blanquecina. Las flores en el medio y en el tercio inferior abren en los días sucesivos. La antesis en IR 36 se completa en cuatro días por panícula. Para completar la floración se tarda cuando mucho 7 días en variedades de ciclo largo, de panículas grandes y en temperaturas frías.

Vientos cálidos, secos o húmedos, afectan seriamente la fecundación de los estigmas, reduciendo el rendimiento considerablemente. También temperaturas excesivamente bajas del agua o el aire, pueden causar un efecto similar al impedir que las flores abran y se polinicen.

Debido a la diferencia en el tiempo de formación y crecimiento de las macollas, "el embuchamiento", la antesis y fertilización del ovario no ocurren uniformemente en cada sitio de transplante. El arroz transplantado, tarda hasta 10 días para completar la floración y fertilización de todas las espiguillas en un sitio, mientras que en el arroz en siembra directa y densa, se desarrollan tan sólo 1 ó 2 tallos por planta y la floración es muy uniforme, igual que en variedades sensibles al fotoperíodo. Aparte de lo anterior se presentan diferencias pequeñas entre plantas, debido a cierto grado de heterosis en variedades de polinización más abierta.

En este estado, la planta ha alcanzado, o está cerca de hacerlo, su máxima altura. El número de hijos fértiles se ha establecido alrededor de 450 por metro cuadrado y solamente cinco hojas están aún en el tallo principal de IR 36. Tres a cinco hojas pueden permanecer en cada tallo, siendo mayor el número en el tallo principal que en los hijos.

Etapa lechosa (Etapa 7)

Después de la fertilización de las flores, los carbohidratos almacenados son translocados rápidamente de los tallos y otras partes de la planta; muchos más son fotosintetizados y se mueven rápidamente para llenar el grano con un líquido lechoso (puede ser sacado a presión con los dedos). A los cinco días después de la antesis, los granos son todavía de un color verde y la panícula cuando se sostiene vertical se dobla en arco a 90° por el peso de los granos llenos en el tercio superior. En IR 36 la hoja 11 en el tallo principal envejece en este estado, quedando sólo tres los cuales producen 85 por ciento de los fotosintatos que van al grano causando una rápida ganancia de su contenido en materia seca (Figura 5).

Etapa pastosa (Etapa 8)

La consistencia del grano cambia primero a pastosa suave y luego se endurece en cerca de quince días; el color cambia a verdoso amarillento. La panícula dobla su punta en arco de 180° y las ramas de la mitad del raquis a 90° formando un arco en su punta, debido a que sus granos incrementan en peso. La hoja 12 se marchita y sólo dos permanecen en cada macolla. La planta alcanza un máximo peso en materia seca y alrededor de la mitad de ésta se encuentra en el grano al final de esta etapa.

Etapa de maduración (Etapa 9)

A los 30 días después de la floración, los granos alcanzan el estado de madurez en el trópico cálido; en áreas más frescas el proceso se retarda con ganancia en el llenado y peso de los granos. La planta entera está fisiológicamente madura, cuando el 90 por ciento de los granos han madurado y muestran un color amarillo pajizo. Algunas espiguillas nunca se llenan y pueden permanecer de color verde.

Las dos hojas remanentes en todos los tallos están marchitas, aunque en algunas variedades permanecen de color verde pálido. La panícula se dobla a 180° y se apoya adelante en el nudo del cuello. Las ramas del raquis en la mitad de la panícula tienden a separarse y se cuelgan debido al peso de los granos.

La producción de materia seca ha cesado y puede presentarse una ligera disminución, lo cual se acentúa al sobremadurar el grano por la dehisencia del mismo. En la planta aún pueden permanecer algunos hijos que no desarrollaron, son los hijos no válidos.

PRODUCCION DE MATERIA SECA

La producción de materia seca en la planta de arroz es muy lenta durante los primeros 30 a 40 días, menos del 3 por ciento de las 15.6 toneladas producidas por IR 36 hasta la etapa pastosa. Después de los 40 días, la producción de materia seca viene a ser muy rápida por el inicio del macollamiento activo y el crecimiento de varias partes de la planta. Este incremento en la materia seca total es casi lineal en IR 36 hasta el comienzo de la etapa 9, mostrando una ligera disminución en la tasa de acumulación justo al terminar el estado de máximo macollamiento y durante la etapa de grano maduro. La Figura 5 muestra la distribución relativa de la materia seca en las partes de la planta durante los estados de crecimiento.

La cantidad de materia seca cambia con la variedad; está también influida por los factores ambientales y la disponibilidad de nutrimentos, pero el patrón de acumulación es similar en casi todos los arroces. Un quinto de acumulación en la planta ocurre antes de la iniciación de la panícula, etapas 1, 2 y 3; la mitad se alcanza al estado de floración (etapas 1-6) y la otra mitad durante la formación del grano (etapas 7, 8 y 9). En variedades de alto rendimiento, alrededor de la mitad de la materia seca total termina en los granos, dando como resultado un índice de cosecha

del 50% o una relación grano/paja cercana a la unidad. Al final casi el 18 por ciento de la materia seca viene a ser inactiva como hojas muertas, la mitad de ésta a partir del estado de floración.

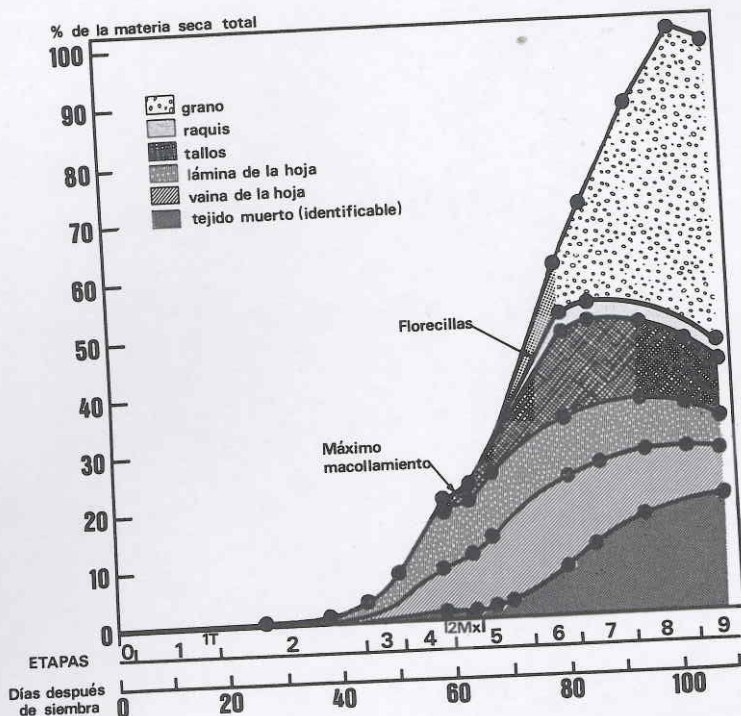


Figura 5. Producción de materia seca a través de las etapas de desarrollo de la planta de arroz.

Acumulación de carbohidratos

Menos de 1/5 de los carbohidratos translocables (azúcar y almidón), formados en los tejidos verdes, son acumulados en la planta antes de la floración, la mayoría se encuentra en las vainas y en los tallos (Figura 6). Durante el desarrollo de la panícula, los azúcares van a las espiguillas.

Cuando los granos comienzan a llenarse después de la fertilización del ovario, ocurre una rápida translocación desde el tallo y las vainas al grano durante la etapa lechosa, lo cual se completa cuando la etapa pastosa comienza. Simultáneamente durante la etapa lechosa y en la etapa pastosa, la glucosa fotosintetizada por las últimas hojas viene al grano. En la madurez, alrededor del 95% de los azúcares de la parte aérea de la planta está en el grano y sólo un 5% permanece en tallos y hojas.

0/o del contenido total de carbohidratos

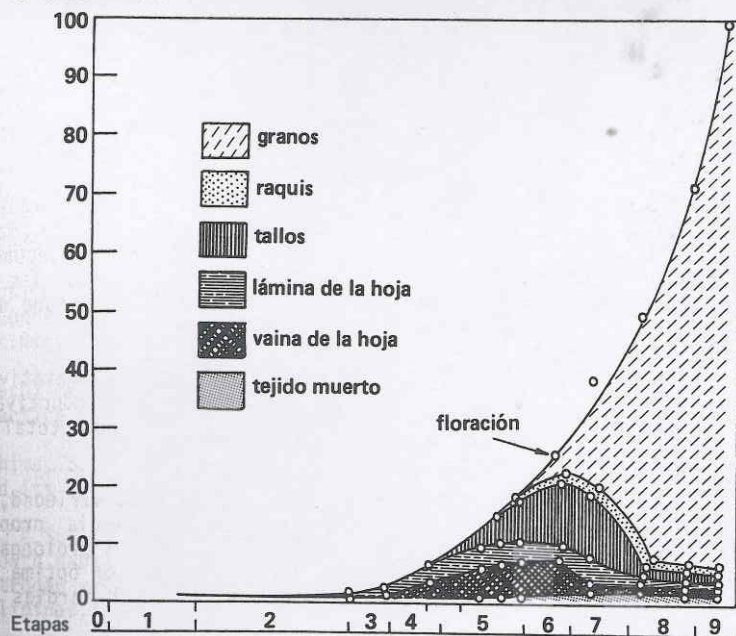


Figura 6. Acumulación de carbohidratos translocables en las diferentes partes de la planta a través de las etapas de desarrollo.

Es fácil concluir que daños en las hojas activas durante las etapas lechosa y pastosa, afectan seriamente los rendimientos, cosa muy diferente a lo que ocurre durante los primeros estados de crecimiento.

LOS ESTADOS DE DESARROLLO Y LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

El rendimiento en grano de las plantas de arroz está condicionado por tres factores:

1. El número de panículas por unidad de superficie
2. El número de granos llenos por panícula, y
3. El peso medio de los granos individuales.

El número de panículas por unidad de superficie (o por planta), es determinado en gran parte durante la fase vegetativa y depende del número de macollas formadas; las restricciones de nutrientes, agua y de espacio,

limitan el número de macollas que producen panículas.

El número de granos por panícula es controlado durante la fase reproductiva. Numerosos estudios han demostrado que la disponibilidad de nutrimentos y el número de granos por panícula tienen una correlación positiva. También la actividad fotosintética, durante los estados de floración hasta maduración, tiene gran influencia. Debe considerarse una esterilidad normal de las espiguillas que fluctúa con la variedad entre un 8 y un 15%.

El peso medio del grano es determinado durante la fase de maduración. Las plantas expuestas a un óptimo suministro de N en cada fase de crecimiento, con numerosas hojas activas y en condiciones adecuadas de ambiente, producen gran cantidad de carbohidratos durante las fases reproductiva y de maduración, lo cual, a su vez, da como resultado un gran número de granos con buen peso por panícula.

La paja es el producto del crecimiento durante la fase vegetativa y el grano es el producto del crecimiento durante las fases reproductiva y de maduración, la suma de ambos es el rendimiento biológico total y la proporción de grano se denomina índice de cosecha.

Cuanto más largo sea el período de crecimiento de una variedad, tanto mayor será el peso total de la planta, en tanto que la proporción grano/paja disminuye. Así el rendimiento en grano aumenta al prolongarse el período de crecimiento, pero solo hasta alcanzar una duración óptima (120 a 140 días en el trópico) (4). Las variedades más precoces o tardías tienen menor capacidad para formar granos.

BIBLIOTECA AGRICOLA
LA HAYES

BIBLIOGRAFIA

CIAT. 1973. Informe anual de 1972.

Hanway, J.J. 1963. Growth stages of corn (Zea mays, L.) Agron. J.55: 487-497

International Rice Testing Program. 1976. Standard Evaluation for Rice. p.18. Int. Rice Res. Inst., Los Baños, Filipinas.

IRRI. 1963 Annual Report. Los Baños, Filipinas

Jennings, P.R. y Beachell, Henry. 1965. Breeding Rice for Nitrogen responsiveness The Mineral Nutrition of the Rice plant. Int.Rice Res. Inst. Johns Hopkins Press, Baltimore, 449-457

Matsubashi, M., R.T. Tokase, T. Nomato, y N. Yamada. 1963. Theory and practice of growing rice. Fuji Publishing Co. Tokio, Japon.

Matsushima, S. 1966. Crop science in rice. Theory of yield determination and its application. Fuji Publishing Co. Ltd. Tokio, Japon.

Tanaka, A.S., A. Navasero, C.V. García, F.I. Parao y E. Ramírez. 1964. Growth habit of the rice plant in the tropics and its effect on nitrogen response. Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull. 3 Los Baños, Filipinas.

Tanaka, Akira, 1965. Plant characters relation to Nitrogen response in Rice. Symp. at IRRI. Johns Hopkins Press, Baltimore.

Vanderlip, R.L. y M.E. Reeves. 1972. Growth stages of sorghum (Sorghum bicolor, L.) (Moench) Agron. Jour. 64: 13-16

Vergara, B.S. y T.T. Change. 1976. The flowering response of the rice plant to photoperiod: A review of the literature. Int. Rice Rs. Int. Tech. Bull. 8 Los Baños, Filipinas.

Yoshida, Shuichi, 1977. Physiological consequences of altering plant type and maturity. International Rice Commission Newsletter #25.

Zandoks, J.C., T.T. Chang G. y C.I. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.