

CIAT (Colombia) 000151 c.3

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO
EN ARROZ

Auxiliar didáctico



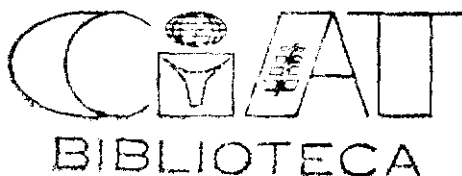
CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical

CIAT
SB
191
RS
C68
c.3

3240

Componentes del Rendimiento en Arroz



30 JUL 1987

8296 L

Contenido Científico basado en
el módulo: 'Yield components'
del International Rice Research
Institute (IRRI)

Traducción y adaptación:
Oscar Arregocés, CIAT

Auxiliar didáctico no. 001

CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical,
Cali, Colombia.

SERVICIO REFERENCIAL Y BIBLIOGRAFICO

Contenido

Propósito General y Objetivos	1
Objetivos	1
Introducción	3
Los Componentes del Rendimiento en Grano	5
Número de panículas por unidad de área	6
Número de espiguillas o granos por panícula	8
Porcentaje de granos llenos	10
Peso de los granos llenos	11
Medición de los Componentes del Rendimiento	13
Cálculos	14
Preguntas	14
Análisis del Rendimiento	16
Preguntas	19

Propósito General y Objetivos

Este auxiliar didáctico tiene como propósito ayudar a los interesados en el tema, en el aprendizaje de algunos principios básicos acerca de los componentes del rendimiento de la planta de arroz; los conocimientos de tales principios les permitirá determinar las causas de las variaciones en dicho rendimiento y planear estrategias confiables para obtener producciones satisfactorias.

Objetivos

Se espera que al término del estudio de la presente publicación, los investigadores estén en capacidad de:

- Citar los principales componentes del rendimiento total en el arroz.
- Determinar el valor de cada uno de tales componentes del rendimiento.
- Sugerir formas y medios para maximizar la contribución de cada componente al rendimiento total.
- Describir los efectos que las prácticas de manejo (como la aplicación de fertilizantes, el control de las aguas y la represión de las malezas) tienen en los componentes del rendimiento.

Nota: Para una mejor comprensión de la presente guía se recomienda estudiar las unidades audiotutoriales **Morfología de la planta de arroz y Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz**. Asimismo, para el cumplimiento de los objetivos expuestos es necesario contar con lotes de arroz en diferentes etapas de desarrollo, con el fin de realizar en ellos las prácticas que se usan en la determinación de los valores de los componentes del rendimiento.

Introducción

La meta que realmente cuenta en la producción de arroz es el rendimiento en grano. Este rendimiento es lo que mantiene a los agricultores en la actividad productora y a los científicos e investigadores buscando mejores variedades y técnicas de producción para sostenerlo o superarlo.

El éxito en la obtención de altos rendimientos radica en colocar plantas de arroz del genotipo deseado bajo un sistema denominado cultivo, rodeadas de recursos ambientales que les permitan desarrollar al máximo la capacidad productora a través de sus características morfológicas y fisiológicas. Esto implica la necesidad de conocer la naturaleza del rendimiento para poder manejar los diferentes factores inherentes al cultivo, modificar o aprovechar al máximo los recursos del ambiente abiótico, y controlar o atenuar la acción de los agentes del ambiente biótico con miras a optimizar dicho rendimiento.

Se espera que el contenido de esta publicación sea útil no sólo a los investigadores involucrados en el mejoramiento del arroz, sino a los que trabajan en la evaluación de problemas del cultivo y en la elaboración de estrategias para aumentar los rendimientos a nivel de agricultor.

Los Componentes del Rendimiento en Grano

Hay cuatro componentes o factores que contribuyen significativamente al rendimiento de arroz en grano:

- el número de panículas por unidad de área;
- el número de espiguillas o granos por panícula;
- el porcentaje de granos llenos; y
- el peso de los granos llenos.

Cada componente del rendimiento se determina o establece en diferentes etapas del crecimiento de la planta; así, el número de panículas se determina durante la fase vegetativa, el número de espiguillas durante la fase reproductiva, y el porcentaje de granos llenos y el peso del grano durante la fase de maduración.

En el Cuadro 1, que presenta información sobre estos componentes en diferentes variedades, se observa que unas de ellas pueden tener más panículas con menos

Cuadro 1. Valor promedio de los componentes del rendimiento en diferentes variedades.

Variedades	Panículas/m ² (no.)	Espiguillas/ panícula (no.)	Granos llenos (%)	Peso de 1000 granos (g)
IR 8	250	120	85.2	28.0
IR 154-45-1-3-3	194	168	91.7	21.5
IR 165-34-2-2	292	135	82.2	20.1
Bengawan	265	129	87.4	28.2
Hung	223	83	93.4	26.6
Peia	233	124	76.5	27.2

espiguillas o viceversa, y que otras tienen granos de mayor peso, debido al tamaño de los mismos.

En experimentos de campo realizados por el IIRI se ha determinado que el 81.4% de la variación total en el rendimiento del grano se debe a los componentes del rendimiento, así: el 60.2%, se puede atribuir sólo a la variación en el número de panículas y espiguillas, esto es, al número de espiguillas/unidad de área, y el 21.2% restante se atribuye al porcentaje de granos llenos y al peso de 1000 granos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contribución de cada componente del rendimiento del arroz al rendimiento total en granos.

Componentes*	Contribución
N	60.2
G y P	21.2
N y G	75.7
N y P	78.5
N, G y P	81.4

* N = número de espiguillas por m²; G = porcentaje de granos llenos; P = peso de 1000 granos.

Número de panículas por unidad de área

El efecto del ambiente en el número de panículas es más notorio durante los primeros 20 a 25 días después del trasplante, o 15 a 40 días después de la siembra directa; durante este periodo de la fase vegetativa, la planta produce hijos activamente. Los hijos salen del tallo en forma alterna; del tallo principal emergen los hijos primarios, los que a su vez producen hijos secundarios; éstos dan hijos terciarios, los cuales en algunos casos producen hijos cuaternarios.

El estado 'número máximo de hijos' se alcanza alrededor de los 40 a 50 días después del trasplante, o a los 30 ó 40 días después de la siembra directa. Los hijos que se forman durante los 20 a 25 días después del trasplante producen panículas más grandes y más pesadas que las producidas por hijos que se forman cerca del estado 'número máximo de hijos'.

Los hijos tardíos son sombreados e interferidos en la toma de nutrimentos por los tempranos, y tienden a morir o no son productivos; es evidente, por lo tanto, que si se induce la formación temprana de los hijos, se incrementa el número de panículas por unidad de área.

La formación de hijos se puede fomentar mediante la:

- utilización de buenos semilleros;
- siembra de plantas jóvenes, a poca profundidad;
- aplicación de un fertilizante al campo, antes del trasplante;
- prevención del daño a las raíces de las plántulas durante el trasplante y después del mismo;
- represión temprana de malezas.

Al tiempo en que la planta llega al estado de 'número máximo de hijos' o inmediatamente después, la panícula comienza a desarrollarse y este hecho marca la iniciación de la fase reproductiva. En promedio deben transcurrir alrededor de 33 días para que una panícula se desarrolle, y comience la excreción.

Los primeros 10 días del desarrollo de la panícula son los más importantes en términos del número de espiguillas; durante este período se diferencian, en las ramas primarias y en las secundarias, los raquis que portan las espiguillas. En el Cuadro 3 se detalla el proceso del desarrollo inicial de una panícula.

Cuadro 3. Proceso del desarrollo inicial de una panícula.

1. Etapas del proceso	Longitud de la panícula (mm)	Período antes del embuchamiento (días)	Duración aproximada. (días)
1. Diferenciación del nudo		20	3
2. Diferenciación de las ramas		18	2
a. primarias			
b. secundarias	0.5 - 0.9		
3. Diferenciación de las espiguillas		15	5
a. tempranas	1.0 - 1.5		
b. medias	1.5 - 3.5		
c. tardías	3.5 - 15.0		

Número de espiguillas o granos por panícula

El número de espiguillas es el segundo mayor componente del rendimiento; este número se disminuye si las ramas secundarias no se forman, o si se forman y luego se degeneran.

El número de espiguillas se puede maximizar si durante la fase reproductiva la radiación solar es alta, la temperatura del aire es relativamente baja y las plantas son sanas y vigorosas (Figura 1). Estas condiciones climáticas favorecen la actividad fotosintética y producen aparentemente un incremento de los carbohidratos que se distribuyen en varias partes de la panícula en desarrollo; por lo tanto, tales condiciones pueden ser la causa de que se forme un mayor número de espiguillas.

La floración, que ocurre aproximadamente 35 días después de iniciada la formación de la panícula, señala el comienzo de la fase de maduración de la planta. Un día después de la emergencia de la panícula, las anteras se abren y el polen alcanza el estigma y se fusiona con la ovocélula dentro del ovario; esto constituye la fertilización.

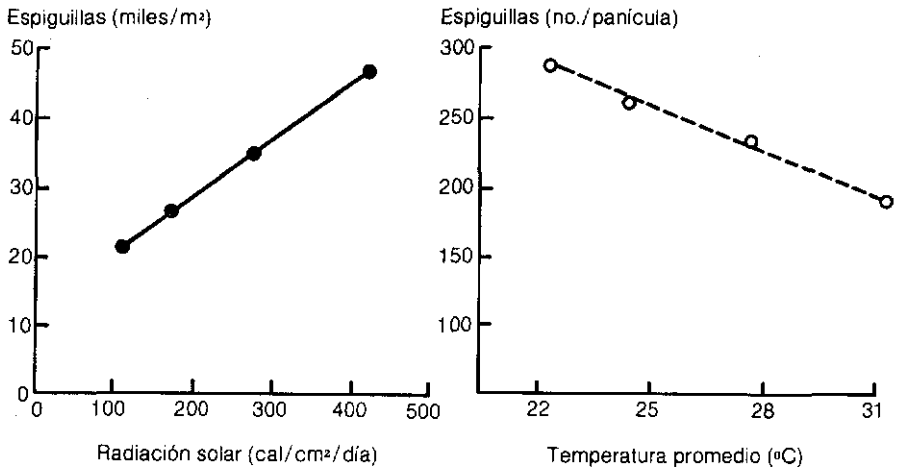


Figura 1. Efecto de la radiación solar y de la temperatura en la formación de los granos, durante la fase reproductiva.

El almidón comienza a acumularse luego en las espiguillas, iniciándose así el llenado del grano; en la Figura 2 se muestran los cambios que ocurren en los granos y en las panículas durante la fase de maduración. Dependiendo de las condiciones ambientales, en la fase de maduración las espiguillas pueden convertirse en:

- espiguillas estériles, o sea aquéllas en las cuales no hubo fertilización;
- granos no llenos, cuando hubo fertilización, pero los granos no alcanzaron su desarrollo completo;
- granos llenos, o sean los que lograron su máximo desarrollo.

Hay varios factores que contribuyen a que se produzcan espiguillas estériles (vacías) y granos no llenos; entre ellos están:

- a. Las temperaturas bajas durante la formación de la panícula, que pueden ocasionar la degeneración del grano de polen en formación.
- b. Las temperaturas altas del aire, o los vientos secos, los cuales pueden producir el secamiento del estigma.



Figura 2. Cambios de la panícula y del grano durante la fase de maduración.

- c. Una temperatura baja y una humedad alta a la floración, las cuales pueden influir en la no apertura de las espiguillas.
- d. Carencia de almidón para llenar las espiguillas, debida a: acamado de la planta, baja intensidad de la luz, secamiento de las hojas por enfermedades y daño de insectos.

Porcentaje de granos llenos

El tercer componente del rendimiento, el porcentaje de granos llenos, se hace importante durante la fase de maduración; la cantidad de espiguillas vacías determina el porcentaje de granos llenos.

Para incrementar el porcentaje de granos llenos se sugieren las siguientes prácticas culturales:

- a. Escoger una época de siembra oportuna para que los valores de la radiación solar sean muy altos durante los 45 días antes de la cosecha.
- b. Prevenir el marchitamiento severo de las plantas durante el período de madurez.
- c. Sembrar variedades resistentes al vuelco.
- d. Seleccionar variedades de arroz cuya característica sea producir un alto porcentaje de granos llenos.
- e. Mantener las plantas en condiciones ambientales sanas durante el tiempo de maduración.

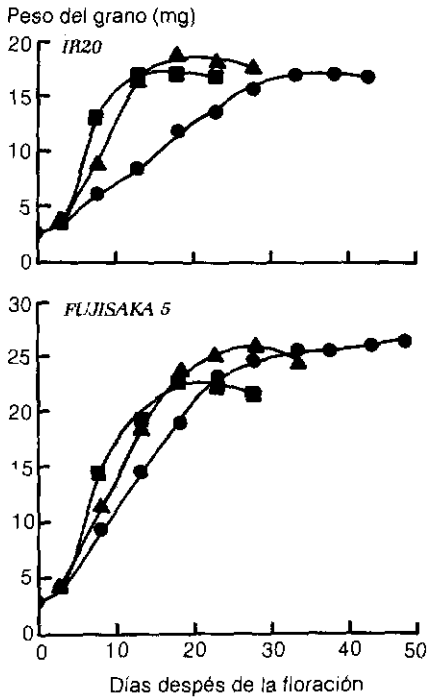
Peso de los granos llenos

El cuarto componente del rendimiento, el peso de los granos llenos, se establece también durante la fase de maduración. Es una característica varietal determinada en gran parte por el tamaño de la cáscara.

Si la translocación del almidón es normal, el grano alcanza su máximo desarrollo. Como se puede ver en la Figura 3, las espiguillas acumulan el almidón más rápidamente durante los primeros 20 días después de la floración; asimismo, los granos de la parte superior de la panícula y de cada ramificación del raquis se llenan primero que aquéllos que se encuentran en la parte inferior.

Para incrementar el peso del grano se requieren las siguientes condiciones favorables durante los últimos 45 días antes de la cosecha:

- alta radiación solar;
- ausencia de estreses;
- plantas en condiciones sanas, y
- noches frescas durante el período de llenado.



- A 16°C (20°C en el día y 12°C en la noche)
- ▲ A 22°C (26°C en el día y 18°C en la noche)
- A 28°C (32°C en el día y 24°C en la noche)

Figura 3. Crecimiento del grano en las variedades IR 20 y FUJISAKA 5 a diferentes temperaturas del aire.



Medición de los Componentes del Rendimiento

La medición de los diferentes componentes del rendimiento permite analizar mejor un cultivo dado; para ello se pueden seguir los pasos que se indican a continuación:

- 1) Seleccionar como unidades de muestreo dos cuadrados con cuatro sitios de siembra o posturas (2 x 2 posturas), que sean representativas del cultivo; se debe evitar escoger las muestras en las líneas del borde o en sitios donde falten posturas (Figura 4). Cuando la siembra ha sido directa, se puede tomar una muestra con base en un solo cuadrado.
- 2) Contar el número de panículas (P) de cada postura y determinar el total en las unidades de muestreo.
- 3) Trillar todas las panículas de la muestra y separar los granos no llenos (o vacíos) de los granos llenos (o maduros). La separación se puede hacer mediante un separador de semilla, o manualmente presionando las espiguillas para determinar si están llenas o no.

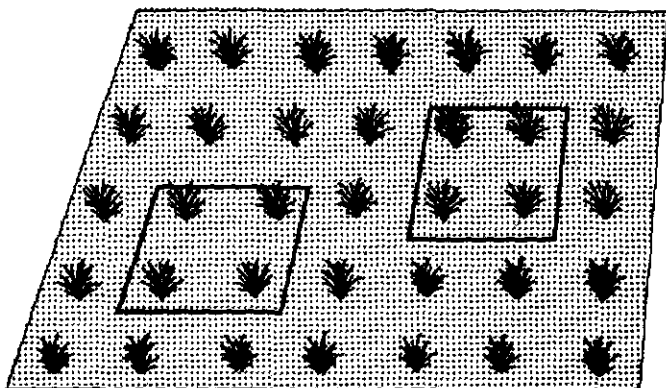


Figura 4. Selección de dos cuadros de posturas como unidades de muestreo representativas del cultivo.

Las espiguillas estériles se pueden diferenciar de los granos parcialmente llenos aplicando yodo a los granos vacíos; así el almidón de los granos parcialmente llenos (fértiles) producirá una coloración azul que no presentarán los estériles.

- 4) Contar tanto los granos llenos (F) como los granos vacíos (U).
- 5) Pesar los granos llenos; este peso será el valor W.

Cálculos

Con las medidas anteriores se pueden calcular los componentes del rendimiento, aplicando las fórmulas siguientes:

$$\text{Número de panículas por postura} = \frac{P}{8} \text{ (para muestras de 8 posturas)}$$

$$\text{Número de granos llenos/panícula} = \frac{F}{P}$$

$$\text{Número de granos vacíos/panícula} = \frac{U}{P}$$

$$\text{Porcentaje de granos llenos o maduros} = \frac{F}{F+U} \times 100$$

$$\text{Peso de 1000 granos} = \frac{W}{F} \times 100$$

Si el rendimiento esperado se va a comparar con el rendimiento medido, es necesario determinar el contenido de humedad de la muestra, y ajustar el peso de los 1000 granos obtenido en términos del contenido estándar de humedad, que es de 14%.

Preguntas

1. En el espacio antes de cada uno de los siguientes enunciados escriba V ó F si es verdadero o falso.
 - a. — Los hijos tardíos tienden a ser más productivos.

- b. — Durante la fase reproductiva se puede maximizar el número de espiguillas.
 - c. — Las espiguillas acumulan más almidón durante los primeros 20 días después del embuchamiento.
 - d. — Los componentes del rendimiento causan más de un 80% de la variación total del rendimiento.
2. Frente a cada letra escriba, como se ejemplifica en **a**, lo que corresponda al siguiente enunciado: para incrementar el número de panículas por unidad de área se sugiere:
- a. Utilizar plántulas sanas.
 - b.
 - c.
 - d.
 - e.
3. Mencione las prácticas culturales que pueden realizarse para incrementar el porcentaje de granos llenos.
4. Cite los pasos que se deben seguir para medir los componentes del rendimiento. Realice esta actividad en el campo.

Análisis del Rendimiento

El conocimiento de los componentes específicos del rendimiento permite:

- planear estrategias confiables para obtener los rendimientos esperados, y
- analizar las causas por las cuales el rendimiento esperado no se logró.

Veamos una situación hipotética. Supongamos que se desea un rendimiento en grano de 4.0 t/ha con la variedad A, que ha sido recomendada; esta variedad tiene las siguientes características:

Número de espiguillas por panícula = 100

Granos llenos = 85%

Peso del grano = 0.025 g

Es posible calcular el número de panículas requerido por metro cuadrado y por planta para lograr el rendimiento de 4 t/ha, puesto que éste equivale a 400 g/m², así:

$$\text{Número de panículas/m}^2 = \frac{400}{100 \times 0.85 \times 0.025} = 188$$

En las siembras comerciales normalmente se tienen 25 plantas por metro cuadrado (a distancias de 20 x 20 cm); por lo tanto, en el ejemplo propuesto cada planta debe tener alrededor de ocho panículas para que se produzcan las 188 panículas/m² y se alcance el rendimiento esperado.

Si después de sembrar y cosechar la variedad A se obtienen menos de las 4.0 t/ha (400 g/m²), el análisis de los componentes del rendimiento puede revelar cuál fue la falla en el cultivo durante el crecimiento de la planta. A continuación se presenta dicho análisis con respecto a las posibles fallas:

- A. Si se obtuvieron solamente seis panículas por planta ¿cuál fue la falla?

Las condiciones de crecimiento del cultivo o su

manejo pueden haber sido defectuosos durante el período de macollamiento, en la fase vegetativa activa. Las causas probables son:

- suelo pobre y deficiente fertilización;
- escasez de agua o una sumersión total y continua de las plantas jóvenes durante el primer período de crecimiento;
- deficiente control de malezas;
- daño severo por infestación de plagas o infección causada por patógenos.

B. Si se obtuvieron solamente 80 espiguillas por panícula en vez de las 100 esperadas, ¿que pasó?

Aparentemente las plantas encontraron condiciones adversas durante la diferenciación de los raquis de las ramas primarias y secundarias o de las espiguillas, en la fase reproductiva (alrededor de 26 a 16 días antes de la floración). Tal vez durante este período crítico:

- la radiación solar fue baja;
- la temperatura fue alta;
- las hojas fueron severamente infectadas por enfermedades (por ejemplo, el añublo de la hoja) o dañadas por insectos. Como resultado, la producción de materia seca se redujo significativamente.

C. Si el porcentaje de granos llenos fue solamente del 70% ¿a qué se podría atribuir el incremento en el número de granos vanos?

La reducción del porcentaje de granos llenos indica que las plantas probablemente sufrieron por algún estrés inmediatamente antes de la fase de maduración, o durante dicha fase, así:

- un gran número de espiguillas estériles puede indicar que las plantas sufrieron por sequía y/o por altas o bajas temperaturas inmediatamente antes y después de la floración;

- si hubo un porcentaje alto de granos parcialmente llenos, el proceso de llenado estuvo afectado durante los primeros 25 días después del embuchamiento por luz solar deficiente, sequía, acamado, plagas y/o enfermedades.

D. Si el promedio del peso de los granos maduros ha disminuído a 0.020 g ¿cuál podría haber sido la causa?

Dos cosas pueden haber pasado y ambas están vinculadas al proceso de incremento de la materia seca durante las fases reproductiva y de maduración:

- durante la etapa de diferenciación de la espiguilla la cáscara pudo haber fallado en el desarrollo de su tamaño normal;
- hubo una restricción en la fabricación del almidón o en su almacenamiento dentro de la espiguilla.

Ambas condiciones son generalmente el resultado de insuficiencia de luz y nutrimentos, así como de enfermedades en las hojas.

Una forma común de examinar el rendimiento es medir el peso seco de los granos (rendimiento económico) y el peso seco total de la planta (rendimiento biológico) y luego dividir el primero por el segundo; el resultado es el índice de cosecha IC:

$$IC = \frac{\text{Peso seco de los granos}}{\text{Peso seco de la planta}}$$

Por lo tanto:

Rendimiento de granos en peso seco = IC x peso seco total

Otra medida comúnmente usada es la relación grano-paja, o sea la relación entre el peso seco de los granos y el peso seco de la paja (parte aérea de la planta sin incluir el grano).

$$\text{Relación grano-paja} = \frac{\text{Peso seco de los granos}}{\text{Peso seco de la paja}}$$

Para las variedades mejoradas de alto rendimiento, el índice de cosecha es alrededor de 0.5 y la relación grano-paja es de más o menos 1.0.

Preguntas

1. ¿Cuál es el valor promedio de los componentes del rendimiento de la(s) variedad(es) que se siembra(n) en su región?
2. ¿Cuáles son las probables causas de los bajos rendimientos de los arrozales de algunos agricultores en su zona?

En este auxiliar didáctico se discutieron los cuatro componentes del rendimiento en arroz, o sean: el número de panículas por unidad de área, el número de espiguillas o granos por panícula, el porcentaje de granos llenos y el peso de estos granos. Recuerde que las buenas prácticas de manejo contribuyen a lograr buenos rendimientos, ya que ellas controlan y maximizan los cuatro componentes discutidos.