

INFLUENCIA DE LA ARQUITECTURA DE LA PLANTA DE ARROZ (*Oriza sativa* L.) Y ALGUNAS PRACTICAS CULTURALES EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD

Jaime H. Bernal R.*
Diego del Castillo R.*
Dorance Muñoz B.**

COMPENDIO

ABSTRACT

En las épocas húmeda y seca se estudiaron 6 materiales mejorados de arroz (las variedades Oryzica-1, Oryzica-2 y Cica-8 y las líneas promisorias 11744, 11972 y 17396) en dos sistemas de siembra (al voleo y transplante a 30 x 20 cm) y con dos niveles de nitrógeno (0 y 150 kg/ha). El número de panículas efectivas por metro cuadrado, el número de granos por panícula, la longitud de panícula, el peso de raíz y la altura fueron los caracteres que más influyeron sobre el rendimiento. Los mayores rendimientos (5 214 kg/ha) se obtuvieron con la línea 11744, sembrada al voleo y fertilizada con 150 kg de N, la cual fue seguida por la variedad Oryzica-2 (5057 kg/ha). Los sistemas de siembra no afectaron los parámetros de calidad estudiados.

The influence of the plant architecture and some cultural practices on the yield components and quality of rice (*Oryza sativa*) was studied using 6 improved materials (varieties: Oryzica-1, Oryzica-2 and Cica-8, promissory lines: 11744, 11972 and 17396) with two sowing systems (sow broadcast and transplanting, 30 x 20 cm) and two levels of nitrogen (0 and 150 kg/ha). The trial was carried on during the wet season and the dry season of 1983. The morphological characters which had more influence on yield were number of effective panicles per square meter, number of grains per panicle, panicle length, root weight and height. The greatest yield (5214 kg/ha) was obtained with the line 11744, using the sow broadcast system and 150 kg of nitrogen, followed by the variety Oryzica-2 (5057 kg/ha). The sowing systems had no effect on the quality parameters studied.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. A.A. 233. Palmira.

1. INTRODUCCION

Como en los últimos años el área sembrada en arroz ha tenido un incremento del 5.8 o/o, el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA de Palmira está realizando grandes esfuerzos para tratar de obtener variedades de alto rendimiento, resistentes a enfermedades, de buena calidad de molinería y culinaria, de buen tipo de planta que les permita utilizar más eficientemente la luz y los nutrientes en la producción de grano por unidad de superficie.

Los incrementos encontrados en diversos ambientes en los cuales se ha desarrollado el arroz, indican que no existe un sólo tipo de planta ideal para todas las condiciones, pero que si puede existir un tipo particular efectivo bajo un determinado ambiente. Cada carácter morfológico o fisiológico puede ser una ventaja o una desventaja bajo un determinado grupo de condiciones ambientales (Yoshida, 12).

Surge la necesidad de evaluar los caracteres morfológicos de la planta relacionados con el rendimiento, para determinar los que ejercen mayor influencia con el fin de que los programas de Fitomejoramiento puedan seleccionar materiales con un tipo ideal de planta para nuestras condiciones climáticas. Entonces, se realizó un experimento para determinar el efecto de la arquitectura de la planta sobre el rendimiento y calidad, del sistema de siembra y de dos niveles de nitrógeno sobre la arquitectura, rendimiento y calidad.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en el ICA-Palmira, durante los semestres A y B de 1983, con 6 materiales de arroz (variedades comerciales: Oryzica-1, Oryzica-2 y Cica-8, líneas promisorias: 11744, 11972 y 17396), dos sistemas de siembra (al voleo, 150 kg de semilla/ha, y transplante sin fangueo, a 30 x 20 cm) y dos niveles de nitrógeno (0 y 150 kg/ha). Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial de 6 x 2 x 2 y cuatro repeticiones.

Las variables de respuesta medidas a cosecha fueron rendimiento, número de panículas efectivas por m^2 , número de granos en 20 panículas, peso de mil granos, longitud de panícula, número de espiguillas vacías, peso de raíz y altura. En floración se midió el área foliar de la hoja bandera y de la inmediatamente anterior (índice de área foliar), el largo y ancho de estas mismas hojas con el fin de hallar una constante que permitiera hallar el área foliar al multiplicarla por el largo x ancho. También se registraron el número de macollas totales, rendimiento en molino, índice de pilada y centro blanco.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) por semestre y un ANOVA combinado con los datos de los dos semestres. También se hicieron pruebas de Dunncan al 5 o/o de significancia para encontrar los mejores tratamientos y un análisis de correlación entre las variables de importancia biológica.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Rendimiento.

El rendimiento del semestre A (4 105.7 kg/ha) fue significativamente superior al del semestre B (2 798.8 kg/ha), posiblemente por los mayores niveles de radiación solar presentados en el semestre A, que al proporcionar más energía fotosintética permite mayor respuesta de las plantas a la aplicación del nitrógeno y mayor rendimiento, siendo la fase reproductiva la más influída, ya que la radiación ejerce un efecto pronunciado sobre el número de espiguillas (Yoshida, 10).

Entre las variedades se presentaron diferencias altamente significativas. La línea 11744 obtuvo en cada uno de los semestres y en promedio (3847 kg/ha) un rendimiento significativamente superior al resto de los materiales. Entre las variedades Oryzica-1, Oryzica-2 y Cica-8 y la línea 11972 no se presentaron diferencias significativas para esta variable. El análisis de varianza muestra, para el rendimiento, una diferencia altamente significativa entre los niveles 0 (2 606.5 kg/ha) y 150 kg de N (4 298.1 kg/ha); ya que la planta de arroz al absorber preferentemente el nitrógeno le ayuda a cumplir funciones muy importantes, determina un crecimiento vigoroso, eleva el macollamiento, el índice de área foliar, la altura de la planta, aumenta el rendimiento de grano al incrementar su aplicación dentro de ciertos límites. (Fernández, 2; León, 5).

En el mismo análisis combinado la interacción variedad por sistema fue altamente significativa, lo cual indica que algunas variedades responden mejor a determinado sistema de siembra. La línea 11744 mostró un rendimiento en el sistema de voleo, significativamente superior (4 124 kg/ha) al obtenido con el sistema de transplante (3 571 kg/ha).

En siembra al voleo, con y sin aplicación de nitrógeno, la línea 11744 (5 214 y 3 033 kg/ha) y Oryzica-2 (5 057 y 2 612 kg/ha) presentaron los mayores rendimientos. Cuando se aplicó nitrógeno, la línea 11744 presentó los mayores valores de número de paniculas efectivas/m², número de granos en 20 paniculas (1868) y peso de raíz (11.1 g); cuando no se aplicó nitrógeno, la línea obtuvo los mayores valores de número de paniculas efectivas / m²

(456) y la mayor altura (63.3 cm). La variedad Oryzica-2 presentó los mayores valores de número de granos en 20 paniculas (1872), longitud de panicula (20.7 cm), índice de área foliar (8.44) y altura (77.3 cm).

En el semestre B se presentó una diferencia altamente significativa entre los sistemas de siembra (voleo: 3010 kg/ha, trasplante: 2570 kg/ha). La interacción variedad por sistema y nitrógeno por sistema fue altamente significativa. La linea 11744 presentó el mayor rendimiento (4760 kg/ha) con 150 kg de N/ha. En la interacción nitrógeno por sistema el mayor rendimiento se obtuvo en el sistema de voleo con 150 kg de N/ha (4580 kg/ha).

El rendimiento se asoció positiva y con alta significancia estadística con las variables número de granos por panicula ($r = 0.26$), número de paniculas efectivas por m^2 ($r = 0.20$), longitud de panicula ($r = 0.38$) y altura ($r = 0.61$). Resultado que concuerda con los de Sánchez (7), quien plantea que las variedades de porte bajo (menos de 1.5 m) responden positivamente en rendimiento de grano a la fertilización nitrogenada. También se encontró correlación entre rendimiento y peso de raíz ($r = 0.28^{**}$), registrada por Lal et al (3), y con el índice de área foliar ($r = 0.64^{**}$), que concuerda con lo encontrado en los Llanos Orientales de Colombia en variedades mejoradas (Leither, 4).

3.2. Número de paniculas efectivas/ m^2 .

De acuerdo al análisis combinado de varianza el número de paniculas efectivas de las variedades fue significativamente diferente. Además, esta variable presentó diferencia altamente significativa para los dos niveles de nitrógeno y los dos sistemas de siembra.

La linea 11744 (289) y la variedad Cica-8 (277) presentaron el mayor número de paniculas efectivas/ m^2 ; el cual fue superior con 150 kg de N/ha (289) que en el nivel de 0 kg de N/ha (235).

En el sistema de voleo el número de paniculas efectivas fue significativamente superior (398) al sistema de trasplante (127).

Las interacciones variedad por sistema y nitrógeno por sistema fueron altamente significativas. La linea 11744 presentó el mayor número de paniculas efectivas (464) en el sistema de voleo. En el nivel de 150 kg de N/ha y en el sistema de voleo se obtuvo el mayor número de paniculas efectivas (425).

El número de paniculas efectivas/m² presentó correlación positiva y altamente significativa con rendimiento ($r= 0.20$), número de macollas totales ($r= 0.91$), índice de área foliar ($r= 0.56$), peso de mil granos ($r= 0.20$) y una correlación negativa y altamente significativa con altura ($r= -0.42$), peso de raíz ($r= -0.55$); número de granos llenos ($r= -0.74$), resultados que concuerdan con los de Venkateswarlu (8) y Yoshida (10). También, se encontró correlación negativa con número de espiguillas vanas ($r= -0.34^{**}$), longitud de panicula ($r= -0.53^{**}$) y ciclo vegetativo ($r= 0.55^{**}$).

3.3. Número de granos.

El número de granos en 20 paniculas de la variedad Oryzica-2 (2299) y las líneas 11972 (2262) y 11744 (2346) fueron significativamente superiores al resto de los materiales analizados. Esta misma variable presentó diferencia altamente significativa para los niveles de 150 (2254) y de 0 kg de N/ha (2099). El sistema de transplante presentó en 20 paniculas un número de granos significativamente superior (2798) al sistema de voleo (1555), resultado que concuerda con el de Datta (1).

En el mismo análisis combinado de varianza, las interacciones variedad por nitrógeno, variedad por sistema, nitrógeno por sistema fueron altamente significativas. La línea 11744 presentó el mayor número de granos en 20 paniculas (2350) con 150 kg de N/ha y en el sistema de transplante (3080). En la interacción nitrógeno por sistema el mayor número de granos en 20 paniculas se encontró en el sistema de transplante sin fertilización nitrógeno, posiblemente por el menor número de espiguillas vanas que se encontraron con 0 kg de N/ha.

El número de granos presentó correlación con rendimiento ($r= +0.26^{**}$), peso de raíz ($r= +0.55^{**}$), altura ($r= +0.69$), número de paniculas efectivas ($r= -0.74^{**}$), peso de mil granos ($r= -0.29^{**}$), longitud de panicula ($r= +0.69^{**}$), índice de área foliar ($r= -0.21^{**}$) y ciclo vegetativo ($r= +0.57^{**}$).

3.4. Longitud de panicula.

La longitud de la panicula presentó diferencias altamente significativas entre Oryzica-2 (21.5 cm), las líneas 11744 y 17396 (20.7 cm) respecto a los otros materiales; la menor longitud la alcanzó en la línea 11972 (18.4 cm). La longitud de la panicula presentó una diferencia altamente significativa entre 150 (20.6 cm) y 0 kg de N/ha (19.1 cm); igual comportamiento ocurrió entre el sistema de transplante (21.1 cm) y la siembra al voleo (18.5 cm).

En el análisis combinado de varianza la interacción nitrógeno por sistema fue altamente significativa. La mayor longitud de panicula (21.4 cm) se obtuvo con 150 kg de N/ha y en el sistema de transplante.

En el semestre A, la interacción variedad por nitrógeno fue significativa: la mayor longitud de panicula (21.8 cm) se obtuvo aplicando 150 kg de N/ha a Oryzica-2. En el semestre B, la interacción variedad por sistema fue altamente significativa: al transplantar la variedad Oryzica-2 se presentó la mayor longitud de panicula (22.5 cm).

La longitud de panicula se encontró asociada positiva y con alta significancia estadística con las variables rendimiento ($r=0.38$), número de granos ($r=0.67$), número de espiguillas vanas ($r=0.58$), peso de raíz ($r=0.55$), altura ($r=0.76$) y ciclo vegetativo ($r=0.32$). Se presentó correlación negativa y altamente significativa con número de paniculas efectivas/ m^2 ($r=-0.53$).

3.5. Índice de área foliar (IAF).

El índice de área foliar en Cica-8 (3.48) y Oryzica-2 (3.41) fue significativamente superior al del resto de los materiales; el valor más bajo se obtuvo en la variedad Oryzica-1 (2.50). Se presentaron diferencias altamente significativas entre 150 kg de N/ha (4.27) y cuando no se aplicó nitrógeno (1.82); en el sistema de voleo el I. A. F. fue estadísticamente superior (4.55) al del sistema de transplante (1.54). En la siembra al voleo se pueden alcanzar fácilmente valores altos de IAF, con incrementos en la densidad de siembra y altas aplicaciones de nitrógeno, cosa que no es fácil de obtener en el sistema de transplante (Datta, 1).

Las interacciones variedad por nitrógeno, variedad por sistema y nitrógeno por sistema fueron altamente significativas. La variedad Oryzica-2 presentó el mayor IAF cuando se sembró al voleo (5.49) o cuando se abonó con 150 kg de N/ha (5.14).

El IAF se encontró asociado positiva y con alta significancia estadística con el rendimiento ($r=0.64$), peso de mil granos ($r=0.30$), número de paniculas efectivas/ m^2 ($r=0.56$), número de macollas totales ($r=0.75$) y altura ($r=+0.16^*$). La correlación fue negativa con peso de raíz ($r=-0.29^{**}$), número de granos ($r=-0.21^{**}$) y ciclo vegetativo ($r=-0.26^{**}$).

3.6. Peso de raíz.

El peso de raíz en la línea 11744 fue significativamente superior (356 g) al resto de los materiales; el valor más bajo (22.5 g) se obtuvo en Oryzica-2,

pero no presentó diferencias significativas con las variedades Cica-8, Oryzica-1 y las líneas 11972 y 17396. El análisis combinado de varianza muestra diferencias altamente significativas entre 150 (36.10 g) y 0 kg de N/ha (16.10 g), y entre el sistema de transplante (45.4 g) y la siembra al voleo (6.8 g).

Las interacciones variedad por sistema, variedad por nitrógeno y nitrógeno por sistema fueron altamente significativas. La línea 11744 presentó el mayor peso de raíz cuando se trasplantó (63.9 g) o cuando se fertilizó con 150 kg de N/ha (56.2 g).

El peso de raíz se asoció positivamente y con alta significancia estadística con la altura ($r=0.59$), número de espiguillas vacías ($r=0.55$), número de granos ($r=0.55$), longitud de panícula ($r=0.55$), rendimiento ($r=0.28$) y ciclo vegetativo ($r=0.50$). La correlación fue negativa con número de panículas efectivas/ m^2 ($r=-0.56^{**}$) e índice de área foliar ($r=-0.29^{**}$).

3.7. Altura.

En el análisis combinado de varianza se presentó diferencia altamente significativa para la altura de las variedades, niveles de nitrógeno y sistemas de siembra. La altura de Oryzica-2 (73.20 cm) y de la línea 11744 (73.10 cm) fueron significativamente superiores al resto de los materiales. Con 150 kg de N/ha se presentó una altura estadísticamente superior (76.0 cm) a la obtenida con 0 kg (66.60 cm), ya que la aplicación de nitrógeno estimula el crecimiento vegetativo y la altura de las plantas (Sachapurkar y Balcundi, 6) y el incremento de los niveles de nitrógeno estimula el crecimiento temprano de la planta (Wells y Wada, 9).

En el sistema de transplante la altura fue significativamente superior (75.8 cm) a la obtenida al sembrar al voleo (66.8 cm). La interacción nitrógeno por sistema fue altamente significativa. La mayor altura (78.7 cm) se obtuvo al transplantar y aplicar 150 kg de N/ha.

La altura de la planta presentó correlación positiva y altamente significativa con peso de raíz ($r=0.59$), número de granos ($r=0.69$), número de espiguillas vacías ($r=0.59$), longitud de panícula ($r=0.76$), rendimiento ($r=0.61$) y ciclo vegetativo ($r=0.36$).

3.8. Índice de pilada.

El análisis combinado de varianza muestra diferencias altamente significativas para el índice de pilada entre las variedades. La línea 11972 (61.6%)

y las variedades Oryzica-1 (61.4 o/o) y Cica-8 (61.1 o/o) presentaron el mayor índice de pilada; el de la linea 11744 (54.0 o/o) fue significativamente el más bajo. Esta misma variable presentó diferencias altamente significativas para los dos niveles de nitrógeno. La diferencia en el índice de pilada obtenido con 150 kg de N/ha (60.2 o/o) fue altamente significativa respecto al alcanzado sin aplicación de nitrógeno (57.8 o/o).

En el semestre A, las interacciones variedad por sistema y nitrógeno por sistema fueron altamente significativas. El índice de pilada más bajo (49 o/o) se obtuvo al sembrar al voleo y sin fertilización nitrogenada.

El índice de pilada correlacionó con rendimiento en molino ($r=+0.31^{**}$), rendimiento de grano ($r=+0.26^{**}$), índice de área foliar ($r=+0.23^{**}$) y peso de mil granos ($r=+0.28^{**}$).

3.9. Rendimiento en molino.

En el semestre B, el rendimiento en molino presentó diferencia altamente significativa entre 150 (67.1 o/o) y 0 kg de N/ha (65.6 o/o).

De acuerdo con el análisis de varianza, en el rendimiento en molino no influyen ni las variedades, ni el sistema de siembra. El rendimiento en molino se asoció positivamente y con alta significancia estadística con el índice de pilada ($r=0.31$) y centro blanco ($r=0.22$).

3.10. Centro blanco.

El centro blanco en la linea 17396 y la variedad Oryzica-1 (0.5) fue significativamente inferior al resto de los materiales; el valor más alto se presentó en Oryzica-2 (1.41). La variable presentó diferencia altamente significativa entre 150 (0.84) y 0 kg de N/ha (0.91).

Las interacciones variedad por nitrógeno , nitrógeno por sistema y variedad por sistema fueron altamente significativas. Al trasplantar el material 17396 se presentó el valor más bajo de centro blanco (0.43). El centro blanco correlacionó con índice de área foliar ($r=+0.15^*$), número de granos por panicula ($r=+0.26^{**}$), número de espiguillas vacías ($r=+0.34^{**}$), peso de mil granos ($r=+0.15^*$) y ciclo vegetativo ($r=+0.29^{**}$).

4. CONCLUSIONES

4.1. Al comparar el sistema de transplante con la siembra al voleo, la arquitectura de la planta presenta cambios en el número de macollas tota-

les, número de granos por panícula, longitud de panícula, peso de raíz, índice de área foliar, número de espiguillas vacías y número de panículas efectivas/m².

- 4.2. En el sistema de transplante se presentaron los mayores valores en el número de granos en 20 panículas (2798), longitud de panícula (21.1 cm), peso de raíz (45.4 g) y altura (75.4 cm). Sin embargo, el rendimiento (4030 kg/ha) fue más bajo que al sembrar al voleo (4269 kg/ha), sistema con que alcanzaron mayor número de panículas/m² (398), peso de mil granos (23.9 g) e índice de área foliar (4.55).
- 4.3. Al sembrar al voleo con y sin aplicación de nitrógeno, la línea 11744 (5214 y 3033 kg/ha) y la variedad Oryzica-2 (5057 y 2612 kg/ha) presentaron los mayores rendimientos. Cuando se aplicó nitrógeno la línea 11744 presentó el mayor número de panículas efectivas/m², número de granos en 20 panículas (1868) y peso de raíz (11.1 g); cuando no se aplicó nitrógeno obtuvo el mayor número de panículas efectivas/m² (456) y la mayor altura (63.3 cm). La variedad Oryzica-2 presentó, en el nivel de 150 kg de N/ha, el mayor número de granos en 20 panículas (1872), longitud de panícula (20.7 cm), índice de área foliar (8.44) y altura (77.3 cm).
- 4.4. A pesar del alto coeficiente de correlación del rendimiento con el índice de área foliar en promedio para los dos semestres, en el primero el rendimiento fue estadísticamente igual en los sistemas de transplante (4140 kg/ha) y voleo (4070.1 kg/ha), mientras que el índice de área foliar presentó gran diferencia (voleo 5.97, trasplante: 2.09). Lo que indica que posiblemente el índice de área foliar no influye mucho sobre el rendimiento.
- 4.5. La línea 11744, a pesar de no haber tenido el mayor número de macollas totales, presentó el mayor número de panículas efectivas (289), lo que indica que el número de panículas efectivas es el parámetro que se debe tener en cuenta para selección.
- 4.6. Los caracteres morfológicos de la arquitectura de la planta que más influyeron sobre el rendimiento fueron número de panículas efectivas/m², número de granos por panícula, longitud de panícula, peso de raíz y altura.
- 4.7. Los sistemas de siembra no afectaron los parámetros de calidad (centro blanco, índice de pilada y rendimiento en molino).

4.8. El nivel de nitrógeno influyó sobre los parámetros de calidad. El rendimiento en molino (67.1 o/o) y el índice de pilada (60.2 o/o) presentaron los mayores valores cuando se aplicó nitrógeno, el centro blanco fue mayor cuando no se aplicó nitrógeno (0.91).

5. BIBLIOGRAFIA

1. DATTA, K DE and FAGADE, O. Leaf index, tillering capacity , and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. *Agronomy Journal*. 63: 503-506. 1971.
2. FERNANDEZ, F. Etapas de desarrollo de la planta de arroz para propósitos de evaluación y adiestramiento en el IRRI. Palmira, CIAT, 1978. (Seminario Interno).
3. LAL, R. C. et al. Relationships between yield nutrient uptake and root growth of rainfed drilled rice. *International Rice Commission Newsletter*. 29(1): 4-6. 1980.
4. LEITHER, D. Influences of planting seasons on growth, development and yield performance of the rice plant (*Oryza sativa L*) in the Llanos Orientales of Colombia, South America. Alemania , Universidad Nacional Justus Liebig, 1975. 163 p. (Thesis Ph D.).
5. LEON, L. A. Estudios químicos y mineralógicos de los suelos colombianos. *Agricultura Tropical* (Colombia). 20: 442-451. 1964.
6. SACHAPURKAR, U. K. and BALCUNDI, S. V. Arroz. *Revista Potosa*. Sección 9: 7-9. 1969.
7. SANCHEZ, P. A. Fertilización y manejo del nitrógeno en el cultivo del arroz tropical. *Suelos Ecuatoriales*. 4(1): 200-240. 1972.
8. VENKATESWARLU, B. Canopy analysis; a review of yield attributes in rice. *International Rice Commission Newsletter*. 29(1):24-26. 1980.
9. WEELES, B. and WADA, F. F. Short statured rice response to reeding and nitrogen rates. *Agronomy Journal*. 70:477-480. 1978.
10. YOSHIDA, S. et al. Growth performance of an improved rice variety in the tropics. *International Rice Commission Newsletter*. 20 (4): 1-15. 1971.

11. YOSHIDA, S. Clima and rice; climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. Los Baños, IRRI, 1976. 618 p.
 12. YOSHIDA, S. Physiological consequences of altering plant type and maturity. International Rice Commission Newsletter. 26 (1): 5 - 15. 1977.