

SECCIÓN AGRÍCOLA

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

REQUERIMIENTOS, MANEJO DE AGUA Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA VARIEDAD DE ARROZ ORYZICA - 3

Carlos A. Gallardo B. Ing. Agric. M.S.¹

RESUMEN

En el Centro de Investigación Palmira (Valle) se realizó un experimento para conocer, en Oryzica -3, los mejores niveles de fertilización nitrogenada, el mejor manejo del agua y los requerimientos hídricos más los coeficientes K (relación entre evapotranspiración real, ETr y evaporación, Ev, en un tanque clase "A") Se probaron tres niveles de N 80, 120 y 160 kgN/ha, usando urea como fuente Se tuvo una lámina de agua L₁, de 5.0 cm y otra de saturación (L₀ = 0.0 cm), combinadas en tres fases del cultivo vegetativa, reproductiva y maduración. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones, donde la parcela principal eran los niveles de N Para los requerimientos de agua se emplearon lisímetros (canecas de 20 L), donde se midió Ev, transpiración (T) y percolación (Pp) además se tomaron datos de lluvia en un pluviómetro estandarizado, y de Ev en un tanque clase "A" La ETr fue de 609.5 mm en 106 días, el promedio del factor K fue de 1.27; la T representó el 22% de la ETr El mayor rendimiento de arroz-cáscara venteadado correspondió al tratamiento N3W2 (160 kgN/ha y L₁L₁L₀) con 7 535.44 kg/ha El mayor volumen de agua aplicada fue de 21 689.40 m³/ha para N3W1 (160 kgN/ha y L₁L₁L₁); el menor, 14 818.50 m³ en N1W6 (80 kgN/ha y L₀L₁L₀) La mayor eficiencia de uso de agua estuvo en los tratamientos de 160 kgN/ha, destacándose N3W6 con 4.05 kg arroz/mm de agua aplicada/ha Según análisis económico, los mejores tratamientos fueron N3W6 con TRM= 291.12% para agricultores con capital suficiente y N1W6 con TRM = 272.46%, el cual por tener menores costos, se recomienda para agricultores con restricciones económicas Como alternativas se recomiendan N2W4 (120 kgN/ha y saturación constante L₀L₀L₀) y N1W4 (80 kgN/ha y L₀L₀L₀) La función "Producción (Y) - agua (W) - fertilización nitrogenada (N)" encontrada fue $Y = -75.36N + 0.3838N^2 + 0.897W - 0.00002178W^2$ con R² = 0.997, para los rangos utilizados en la investigación

Palabras Claves Adicionales Fertilización nitrogenada, manejo del agua, requerimientos hídricos, coeficiente K, evapotranspiración real, lisímetros, percolación, evaporación, arroz

ABSTRACT

REQUIREMENTS, WATER MANAGEMENT AND NITROGEN FERTILIZER IN RICE ORYZICA - 3.

At the Research Center of the Instituto Colombiano Agropecuario in Palmira (Colombia) an experiment was conducted to evaluate on Oryzica -3 rice variety the best nitrogen fertilizer levels, water management hydric requirements and K coefficient (relation between real evapotranspiration ETa, and pan evaporation Ev in a class "A" tank) The applied fertilizer levels were 80, 120 and 160 kgN/ha, using urea as a source The treatments of water were composed by two water depths (L₁ = 5.0 cm and saturation = L₀ = 0.0 cm) blended

¹ Recursos Naturales Manejo de Aguas C I Palmira AA 233

with three crop growing stages: vegetative, reproductive and ripening. It was used a randomized complete blocks design with arrangement in split plots and three repetitions where the main plot were the N fertilizer levels. The water requirements were estimated by using lysimeters (20 lls tanks). Inside the lysimeters were measured the Ev, transpiration (T) and percolation levels. Rain data were taken by using a rain gauge, and the Ev data were taken from a class "A" pan. The ETa was 609.5 mm in a 106 days period, the average K coefficient was estimated as 1.27. T was 22% of the ETa. The best yield of brown-winded rice was obtained in the N3W2 treatment (160 kgN/ha and L₁L₁L₀) with 7.535.44 kg/ha. The greatest water volumen applied was 21 689.40 m³/ha in N3W1 (160 KgN/ha and L₁L₁L₁), the lowest one was 14 818.50 m³/ha in N1W6 (80 kgN/ha and L₀L₀L₀). The highest water use efficiency (4.05 kg of rice/mm of applied water/ha) was found in the treatment of 160 kgN/ha and N3W6. The economical analysis showed as the best treatments: N3W6 with TRM = 291.12% for farmers with capital, and N1W6 with TRM = 272.46% (lower costs) recommended to farmers with economical restrictions. Other alternatives could be N2W4 (120 kgN/ha and constant saturation L₀L₀L₀) and N1W4 (80 kgN/ha and saturabon L₀L₀L₀). The function "Yield (Y) -water (W) - nitrogen fertilizer (N)" found was expressed as $Y = -75.36N + 0.3838N^2 + 0.897W - 0.00002178W^2$, with R² = 0.997, valid for the experiment rank.

Additional Index Word: Nitrogen fertilizer, water management, hydric requirements, K coefficient, real evapotranspiration, lysimeter, percolation, evaporation, rice.

La variedad de arroz más cultivada en el Valle del Cauca es Oryzica 1, sin embargo, ante la ausencia de otras alternativas viables, el agricultor confiaba en que este material genético pudiera mantener estable su calidad y resistencia a plagas y enfermedades, y que al mismo tiempo conservara una producción regulada en diversidad de suelos, manejo de agua y otros aspectos agroeconómicos. Es por ello que el ICA investiga sobre líneas promisorias, entre las cuales la 25702, después de cumplir con las expectativas creadas, fue lanzada como variedad Oryzica-3 en 1987 para el Valle del Cauca. Además de haberse estudiado en esta variedad el manejo y requerimientos de agua, fue importante conocer los mejores niveles de fertilización nitrogenada, junto con las pérdidas de N (Loeb y Bonilla, 1987) y su relación con el agua de riego, lo cual constituye un primer paso en este campo, poco estudiado en el país. Esto con el fin de que en el futuro se aplique N de acuerdo con el tratamiento de agua empleado, el tipo de suelo y las condiciones generales, en la época y cantidad requeridas por el cultivo.

Estudios preliminares anteriores hechos por Barreto (1986) sobre Oryzica-2 dieron resultados factibles de aplicar hoy día en el Va-

lle del Cauca. Tales investigaciones reportan aplicaciones de agua que variaron entre 9 429.0 y 17.183.0 m³/ha para 149 días de período vegetativo. Los requerimientos por ETr fueron de 11.867.0 m³/ha. El factor de cultivo K para la fase vegetativa fue igual a 1.38; 1.53 para la fase reproductiva y 1.48 para la fase de maduración. Como mejor tratamiento (mayor TRM) se encontró el de 160 kgN/ha y saturación. El rendimiento promedio general fue de 7.295.0 kg/ha.

En términos generales, Yoshida (1981) afirma que se requieren entre 180 y 300 mm agua/mes para un cultivo de arroz riego. Pérez (1977) estableció que para Cica-4 la cantidad de agua transpirada crece con el desarrollo de la planta, fluctuando entre 2.66 y 7.60 mm/día. Sugimoto (1971), en cultivos de arroz en el Japón, halló para la relación ETr/Ev tanque clase "A", los siguientes valores: 1.0 - 1.2 (fase de establecimiento); 1.2-1.3 (fase de maccollamiento) y 1.4 (fase de embuchamiento) con un promedio general de 1.2.

Para Oryzica-1, Caicedo (1984) obtuvo una ETr promedio de 5.29 y 5.20 mm/día en dos semestres seguidos en un evapotranspirómetro Thornthwaite; además, con lisímetros (canecas de 20 L), halló 5.32 y 5.26 mm/día en los mismos períodos. En dicho

estudio Caicedo reportó un consumo total de agua de 23.000 m³/ha cosecha, en promedio para los dos semestres, de los cuales el 75% se percoló. Palacio (1984) con *Oryzica-1* encontró un ETr (Thomthwaite) de 3.32 y 3.42 mm/día en canecas de 20 L.; el consumo total de agua lo reportó en 10.012 m³/ha cosecha, de los cuales el 54% fue pérdida por percolación. En sus investigaciones para el ICA, estos dos autores concluyeron que lo mejor es tener láminas de riego de 5.0 cc o menores, sin permitir escorrentía y que para la medición de la ETr, las canecas de 20L. dan una aceptable confiabilidad, recomendaciones éstas que se tuvieron en cuenta para el presente trabajo. Ensayos realizados en el CIAT-Palmira y en el C.I.-Nataima, citados por Barrero (1986), demuestran que las mayores eficiencias manifestadas en los rendimientos se obtuvieron inundando el terreno lo más pronto posible, luego de la fertilización con N (fuente urea).

Con el objeto de observar el efecto de los niveles de N sobre el rendimiento, se calcularon regresiones teniendo como variable dependiente la dosis de N; ésto por tratamiento de agua. Se escogió la regresión con el mayor coeficiente de determinación (R²) para cada tratamiento.

También se encontró el modelo de mejor ajuste (más alto R²), el cual calcula el rendimiento (arroz - cáscara venteado) en función de los niveles de N y agua aplicados en el experimento.

Recopilando lo anterior, para este experimento se fijaron cuatro objetivos fundamentales:

- 1º) Determinar los requerimientos de riego en arroz *Oryzica-3* debidos a ETr y la relación entre ETr y Ev en un tanque clase "A", denominada factor de cultivo K
- 2º) Determinar las pérdidas por Pp con base en lisímetros (canecas de 20 L.).
- 3º) Encontrar la respuesta del arroz a las prácticas de manejo en cuanto a volúmenes de agua utilizados y niveles de N.
- 4º) Realizar análisis económicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y Metodología

El experimento se efectuó en el C.I. del ICA en Palmira (Valle) con latitud 3°31' N y longitud 76°19' W; 1.001 msnm; temperatura media anual de 23.7°C; precipitación media anual de 1.017.2 mm y humedad relativa media de 71%. El suelo pertenece a la serie "Potreros" (PT), con zona ecológica de piso térmico cálido subhúmedo (seco), de textura Arcillo-limosa, Typic Pellustert (vertisol), según Barreto (1986). Otras características físico-químicas se presentan en la Tabla 1.

El 15 de abril de 1986 se sembraron al voleo 100 kg/ha de semilla pregerminada, las dosis de N se fraccionaron en partes iguales así: 1/3 al iniciarse el macollamiento (26 días después de la siembra), 1/3 al iniciarse el crecimiento de los tallos (46 días) y 1/3 al iniciarse la formación de la panícula (67 días), de acuerdo con recomendaciones hechas por Sánchez (1980), citado por Loeb y Bonilla (1987). El suelo se preparó utilizando fangueo y las malezas se controlaron con los productos químicos Propanil y 2 4 D-Amina; la aplicación del fertilizante se hizo con el suelo saturado.

Para el manejo del agua y la fertilización nitrogenada se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones, para 18 tratamientos (6 tratamientos de agua x 3 dosis de N) y un total de 54 parcelas de 36 m² cada una con un área útil para cosecha de 4x4m². Los tratamientos de agua fueron seleccionados de la combinación de dos prácticas de riego: embalse con lámina de 5 0 cm y saturación, en tres períodos de desarrollo del cultivo: vegetativo, reproductivo y de maduración (Tabla 2) Los períodos o fases de desarrollo en promedio fueron fase de establecimiento (0-25 días), fase vegetativa (26-27 días), fase reproductiva (68-105 días) y fase de maduración (106-135 días)

TABLA 1. Características químicas¹ y físicas de suelo y agua en Oryzica-3. C.I.Palmira. 1986-A.

Características físico-químicas del suelo (Serie potreros)														
Época	Profundidad	Textura	Infiltración básica ² (mm/h)	pH (1:1)	M.O. (%)	P (ppm)	Cationes intercambiables							
							Al (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	K (meq/100g)	Na (meq/100g)	CIC (mhos/cm)	BT (mhos/cm)	CE (mhos/cm)
Presiembra (IV-14-86)	0-30	Ar L	FV = 3 930 FR = 0 623 FM = 0 220	7.3	2.5	28 56	-	13.5	11.7	0.38	0.66	26.2	26.24	0.3

Características químicas del agua ³															
Época	N (ppm)	CE (mmhos/cm)	pH	Cationes (meq/l)				Aniones (meq/l)				SE ⁴	CSR ⁵	RAS ⁶	
				Ca	Mg	K	Na	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl				NO ₃ (meq/l)
Presiembra (IV-14-86)	5.6	3.9	7.3	3.6	0.0	0.05	1.00	1.00	2.50	0.08	0.40	0.67		0.0	0.75

- 1 Fuente Laboratorio de Suelos C.I.Palmira
- 2 FV = Fase vegetativa, FR = Fase reproductiva, FM = Fase de maduración
- 3 Fuente Pozo profundo (125 m de profundidad)
- 4 Se = Salinidad efectiva de Donnen

TABLA 2. Tratamientos para el manejo del agua en Oryzica-3. C.I.Palmira. 1986-A.

Tratamientos de agua	Fases del cultivo		
	Vegetativa (FV)	Reproductiva (FR)	Maduración (FM)
W1	L ₁ 1	L ₁	L ₁
W2	L ₁	L ₁	L ₀
W3	L ₁	L ₀	L ₀
W4	L ₀ ²	L ₀	L ₀
W5	L ₀	L ₁	L ₁
W6	L ₀	L ₁	L ₀

- 1 L₁ = Lámina de agua de 5.0 cm
- 2 L₂ = Saturación (Lámina de 0.0 cm)

En cada parcela se colocó tubería PVC de 50 cm x 10.16 cm de diámetro, y una tapa de concreto en su extremo exterior para

controlar el paso del agua de los canales al interior de la parcela. Durante la fase de establecimiento se hicieron riegos livianos (mojes) uniformes en todas las parcelas para que el suelo permaneciera saturado. Cuando fue necesario se repuso el agua consumida en los tratamientos, manteniendo saturadas con mojes diarios las parcelas sin lámina (0.0). Se utilizó una regla en el punto medio de las parcelas para controlar la lámina de 5.0 cm. Los tratamientos fueron suspendidos nueve días antes de la cosecha. Para el cálculo estimativo de los volúmenes de agua consumidos por cada tratamiento se hicieron aforos tanto en los canales como a la entrada de cada una de las parcelas, además se tuvo en cuenta el tiempo necesario para aplicar los tratamientos de manejo del agua y el número de riegos por fase. La P.p., se estimó a partir de lisímetros y pruebas de infiltración por ani-

llos. La cosecha se efectuó manualmente cuando el grano tuvo una humedad del 21% en todos los tratamientos y el rendimiento de campo se determinó en las siguientes fechas de 1986: parcelas con N1 (80 kgN/ha), el 25 de agosto; parcelas con N2 (120 kgN/ha), el 29 de agosto y parcelas con N3 (160 kgN/ha), el 1° de septiembre. Las prácticas agronómicas fueron orientadas por la Sección de Arroz del ICA en Palmira.

Los requerimientos hídricos fueron estimados a partir de lisímetros ubicados dentro de tres parcelas de 140 m² (14m x 10m). En cada parcela se colocaron tres lisímetros de características diferentes, formando un triángulo equilátero de 4 m de lado. En el primer lisímetro el consumo total se produjo por Ev de la lámina de embalse y T de la planta; el segundo incluyó además la Pp y el tercero, solamente la Ev dentro del cultivo. En esta forma fueron fraccionados los requerimientos teóricos para el cálculo de los requerimientos de agua. Para el cálculo de la Ev en el campo, también se instaló un tanque clase "A" cerca a los lisímetros.

La altura de plantas se muestreó tomando 20 plantas/parcela, se cuantificó, además, el número de malezas/m² y se evaluaron los componentes del rendimiento (panícula/m², peso de 1 000 granos y porcentaje de vaneamiento) y calidad de grano (rendimiento de molinería, índice de pilada y centro blanco), de acuerdo con Barreto (1986)

El rendimiento (venteado) se relacionó con el N y el agua aplicada, por medio de ecuaciones de regresión. Se escogieron las ecuaciones con mayores coeficientes de determinación (R²)

El porcentaje de germinación se calculó siguiendo las normas de la Asociación Internacional para Análisis de Semillas-ISTA. Otras variables, como la relación grano/paja y el número de panículas/m², se determinaron en laboratorio por pesajes, y en campo, por lanzamientos de cuadros de madera de 1 600 cm² (40 cm x 40 cm), respectivamente.

Villarruel (1985) señala que los análisis de dominancia económica, marginal y de sensibilidad permiten a los agricultores escoger las mejores alternativas de manejo del agua y la fertilización nitrogenada, pues el arroz es muy exigente en agua (hasta 30.000 m³/ha cosecha) y el N es muy limitante de los rendimientos. Con base en este hecho, el análisis económico se hizo utilizando el método de "Presupuestos Parciales" recomendado por la Sección de Economía del C.I.Palmira

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Requerimientos de Agua en Arroz (Variedad *Oryzica-3*)

La Tabla 3 resume los resultados en cuanto a requerimientos por ETr, el mayor requerimiento se observa durante la fase reproductiva con 249.1 mm/37 días, los requerimientos totales, sin tener en cuenta la fase de establecimiento (25 días), fueron de 609 5 mm³/106 a 6 095 m³/ha en 106 días. El factor de cultivo K fue mayor también durante la fase reproductiva con 1 42

En general, los requerimientos por ETr y los coeficientes K resultaron menores a los encontrados por Barreto (1986) para *Oryzica-2*. La T presentó cerca del 22% de la ETr total, pero fue mas notable durante la etapa reproductiva (Tabla 3)

Pérdidas de Agua por Percolación

En la Tabla 4 se observa que el mayor volumen de agua aplicada por tratamiento de riego correspondió al W1 (L₁L₁L₁) y dosis de N de 160 kg/ha con 21 689.40 m³/ha, el menor volumen lo obtuvo el W4 (L₀L₀L₀) y 80 kgN/ha con 14 330.10 m³/ha, o sea el 66% del anterior. Estos volúmenes son mayores que los hallados por Barreto (1986) para *Oryzica-2*, en un estudio similar. De la Tabla 4 también se extrae que los mayores volúmenes de agua aplicada correspondieron a los tratamientos donde se aplicó mas agua y fertilizante

TABLA 3 Requerimientos de agua en Oryzica-3. C.I.Palmira. 1986-A.

Factor	Fases		
	FV (26-67) dds 1/	FR (68-105) dds	FM (106-130) dds
K = ETr/Ev lote	1 26	1 42	1.13
Ev lote (mm/periodo) 2/	158 70	175 88	142.02
T (mm/periodo) 3/	41 30	73.22	18 38
ETr (mm/periodo) 4/	200 00	249 10	160.40
P (mm/periodo) 5/	94 33	43 43	19.81

- 1 dds Días después de siembra A los 130 días se suspendió el riego
- 2 Ev lote= Evaporación en tanque clase "A" instalado en el lote No se tuvo en cuenta la Ev de los lisímetros para los cálculos de requerimientos hídricos por fallas durante las mediciones
- 3 T= Transpiración
- 4 ETr= Evapotranspiración real
- 5 P= Precipitación

TABLA 4. Volúmenes de agua aplicada por tratamiento de riego en Oryzica-3. C.I.Palmira. 1986-A.

Tratamientos	Nivel de N (kgN/ha)	Volumen total* (m ³ /ha)
W1	80	19302 90
	120	20973 45
	160	21689 40
W2	80	18814 50
	120	20200 15
	160	20794 00
W3	80	18326 10
	120	19711 75
	160	20305 60
W4	80	14330 10
	120	15715 75
	160	16309 60
W5	80	15306 90
	120	16977 45
	160	17693 40
W6	80	14818 50
	120	16818 50
	160	16798 00

* No se tiene en cuenta el agua aplicada en establecimiento (2 777 78 m³/ha), para efectos de comparación entre tratamientos, ya que es constante para todos

Como era de esperarse, los mayores volúmenes de agua percolada en los tratamientos de riego correspondieron a aquellos tratamientos donde se aplicó más agua. La mayor pérdida por Pp se presentó en el tratamiento L₁L₁L₁ con 6.298 m³/ha, cifra que equivale al 30% del total de agua aplicada (Tabla 5). La menor pérdida la registró el tratamiento L₀L₀L₀ con 1.672 m³/ha, o sea

74% menos al sólo saturar el suelo que con lámina de 5.0 cm. Es de anotar que la Pp fue mayor en la fase vegetativa y disminuyó hasta la fase de maduración, debido al sellamiento por saturación del suelo; esto se reflejó en la disminución de la infiltración básica, pues de 3.93 mm/ha en la fase vegetativa, se redujo hasta 0.22 mm/ha para la fase de maduración (Tabla 1).

TABLA 5. Volúmenes de percolación (m³/ha) en los tratamientos de agua en Oryzica. C.I.Palmira. 1986-A.

Tratamientos	Fases del Cultivo			Total
	Vegetativa	Reproductiva	Maduración	
L ₁ L ₁ L ₁	2778	1977	1523	6298
L ₁ L ₁ L ₀	2778	1977	43	4818
L ₁ L ₀ L ₀	2778	184	43	3005
L ₀ L ₀ L ₀	1445	184	43	1672
L ₀ L ₁ L ₁	1445	1977	1523	4965
L ₀ L ₁ L ₀	1445	1977	43	3485

Efecto de las Prácticas de Manejo de Agua y N sobre Diferentes Variables del Cultivo de Arroz

La población de malezas, longitud de panículas, rendimiento de arroz-cáscara sin ventear, rendimiento de molinería, índice de pilada y centro blanco, no presen-

taron diferencias significativas al 5% fijado por Tukey. El promedio general, cuando hubo más infestación para la población de malezas fue de 8.79 malezas/m² a los 66 dds, el cual es bajo y concuerda con lo registrado por Barreto (1986) bajo condiciones similares. La longitud de panículas tuvo un promedio general de 21.59 cm, considerado normal según la Sección de Arroz del C.I.Palmira., citada por Loeb y Bonilla (1987). (Tabla 6).

El rendimiento de arroz-cáscara sin ventear fue de 6.430 kg/ha, en promedio. El rendimiento de molinería fue de 77.79%, el cual se puede considerar bueno para Oryzica-3. El índice de pilada presentó como promedio general un valor de 52.08%, aceptable para esta variedad aunque la mencionada Sección de Arroz reporta valores superiores para Oryzica-3, de acuerdo con Loeb y Bonilla (1987). El centro blanco alcanzó un promedio general de 0.763, ubicado dentro del rango esperado para esta variedad de 0.2 a 0.8, según la misma Sección, citada por estos dos autores (Tabla 6). Esta misma Tabla describe el análisis de varianza únicamente para las variables con diferencias significativas entre tratamientos. Las Tablas 7, 8 y 10 muestran los resultados de las pruebas de comparación de medias establecidas por Tukey.

Altura de plantas

Al cosechar se presentaron diferencias significativas entre niveles de riego y en su interacción con el N (Tabla 6). La mayor altura de plantas se presentó en el tratamiento N3W6 (85 cm); en segundo lugar estuvo el N1W3 con 78.87 cm (Tabla 9). Si no se aplica suficiente N, entonces N1W6 daría como alternativa una altura de plantas de 76.10 cm. La menor altura (72.6 cm) resultó en N1W4. Además, se observó que la altura de la planta se favorece cuando se aplica una lámina de agua de 5.0 cm durante toda la fase reproductiva. A medida que se incrementó la dosis de N, también aumentó la altura de la planta. La Sección

de Arroz del C.I.Palmira., basada en Loeb y Bonilla (1987), reporta 88 cm de altura de planta para Oryzica-3. Otras zonas del país como la Costa Atlántica y Santander mencionan alturas que varían entre 76 y 118 cm.

Número de panículas por metro cuadrado

Este dato se vio influido sólo por los niveles de N (Tabla 6), resultando tal número mayor a medida que aumentó la dosis de N (Tabla 7). Los valores encontrados equivalen a tener más de una panícula cada 5.0 cm en cualquier sentido X-Y en el campo, lo cual es normal en el arroz

Vaneamiento

Sólo hubo diferencias significativas entre niveles de riego (Tabla 6). La tendencia fue a disminuir al incrementar la aplicación de agua. El nivel W1 (L₁L₁L₁) presentó los menores valores (Tabla 8) dentro de lo esperado, según lo reporta la misma Sección de Arroz, siguiendo a Loeb y Bonilla (1987).

Rendimiento de arroz-cáscara venteadado

Sólo hubo diferencias significativas entre tratamientos de agua (Tabla 6) Con W1 (L₁L₁L₁) se obtuvieron 6 310.kg/ha, mientras que con W4 (L₀L₀L₀) únicamente 5.608.9 kg/ha, o sea, 11% menos (Tabla 9). Entre niveles de N y en la interacción nivel de N - tratamiento de agua, no hubo diferencias, a pesar de que con N3W2 se alcanzaron 7.535.44 kg/ha y con N1W4, sólo 4.867 74 kg/ha (35% menos) (Tabla 9), lo cual denota baja sensibilidad estadística en el análisis. El promedio para el Valle del Cauca, según la mencionada Sección de Arroz (Loeb y Bonilla, 1987), está alrededor de 5.200 kg/ha para Oryzica-3

TABLA 6. Análisis de varianza para diferentes variables en Oryzica-3.CI. Palmira. 1986-A.

Anava 1. Altura de plantas a la cosecha (130 días).					
Fuente	GL	Tipo III S.C.	F	PR>F	Observaciones
N	2	217 6025	2.93 2/	0.1649	N.S.
N*REP	4	148 7696			
A	5	94 0259	3 08	0 0233	**
N*A	10	226 3463	3 70	0 0026	**
N(A*REP)	30	183 3678			
Anava 2. Número de panícula/m ²					
N	2	6956 5926	20 14	0.0082	**
N*REP	4	690 7407			
A	5	3384 9815	1 85	0 1331	N.S.
N*A	10	11047 8518	0 76	0 6615	N.S.
N(A*REP)	30	43410 3333			
Anava 3. Porcentaje de veneamiento.					
N	2	59 9122	1 78	0.2797	N.S.
N*REP	4	67.2614			
A	5	77 6900	4 40	0 0042	**
N*A	10	53 4312			
N(A*REP)	30	102 3612			
Anava 4. Rendimiento arroz-cascara venteadado (14%) humedad del grano.					
N	2	26526989 7973	4 65	0 0904	N.S.
N*REP	4	11406103 5957			
A	5	3632708 6019	3 28	0 0175	*
N*A	10	2023539 9604	0 91	0 5328	N.S.
N(A*REP)	30	6637064 5708			
Anava 5. Peso de 1000 granos.					
N	2	1 2844	3 26	0.1447	N.S.
N*REP	4	0 7885			
A	5	1 1263	3.12	0.0219	*
N*A	10	1 8897	2 62	0.0202	*
N(A*REP)	30	2.1647			
Anava 6. Relación grano/paja					
N	2	4 4044	11 82	0 0210	*
N*REP	4	0 7456			
A	5	0 7039	3 04	0 0247	*
N*A	10	1 4062	3 03	0 0090	**
N(A*REP)	30	1 3911			
Anava 7. Porcentaje de germinación					
N	2	370 8495	58 73	0 0011	**
N*REP	4	12 6296			
A	5	58 5648	1 60	0 1898	N.S.
N*A	10	85 0116	1 16	0 3525	N.S.
N(A*REP)	30	219.2986			

- 1 Donde no hay diferencias significativas al 5% se da la media general
- 2 Las pruebas de hipótesis usan el C M tipo III para N*rep como término de error en el caso del N y el C.M Tipo III para N(A*REP) como un término de error en el caso de los tratamientos de agua y de la interacción N-agua
 Población de malezas a los 66 días después de siembra (dds) Media= 8 79/m²
 Población de malezas a cosecha (130 dds) Media= 6 33/m²
 Altura de plantas a los 66 dds Media= 53 1 cm Altura de plantas a los 166 dds Media= 78 44 cm
 Longitud de panícula. Media= 21 59 cm Rendimiento de arroz-cáscara sin ventear (14% de humedad). Media= 6430 Kg/ha
 Rendimiento de molinería Media= 77 79% Índice de pilada Media= 52 08%
 Centro blanco Media= 0 793
 N S = No significativo

GALLARDO B., C.A. Fertilización nitrogenada en Oryzica-3.

TABLA 7. Comparación de promedios respecto a la fertilización en el cultivo de Oryzica-3. C.I. Palmira. 1986-A.

Niveles de N ¹ (kg/ha)	Número de panículas /m ²	Relación grano/paja	% de germinación
160	431 a	1.42 ab ²	89 58 b
120	426 a	1 92	93 93 a
80	404 b	1.23 b	95 85 a

- 1 Promedio de seis tratamientos de agua y tres repeticiones
- 2 Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5% (Tukey)

La mayor eficiencia en el uso del agua se destaca en la Tabla 9 para el tratamiento de 160 kgN/ha y W6 (L₀L₁L₀), con 4.05 kg de arroz-cáscara venteado/ha/mm de agua suministrada. Por lo tanto, este tratamiento debe aplicarse donde se disponga de suficiente agua para riego, o donde se tenga el mismo tipo de suelo que aquel en el cual se realizó el trabajo.

Los modelos de regresión que se estimaron para el rendimiento de Oryzica-3 bajo diferentes tratamientos de manejo de agua, muestran (sólo como tendencia general, debido a los valores bajos obtenidos para los coeficientes de determinación) que para 80 kgN/ha el mayor rendimiento (5.835 kg/ha) lo produciría el tratamiento W1 (L₁L₁L₁); aplicando 120 kgN/ha en el W1, se lograrían 5.818 kg/ha, y con 160

kgN/ha en el W2 (L₁L₁L₀), se alcanzarían 7.531 kg/ha. En general, los mayores rendimientos se consiguen con la dosis de 160 kgN/ha. (Figura 1).

Modelo de rendimiento

El modelo que relaciona mejor el rendimiento de arroz-cáscara venteado de Oryzica-3 en función de la dosis de N y de la cantidad de agua aplicada, fue estimado como:

$$Y = -75.36N + 0.3838N^2 + 0.897W - 0.00002178W^2$$

con R² = 0.997, donde Y es el rendimiento en kg/ha, N el nivel de nitrógeno en kg/ha y W la cantidad de agua aplicada en las fases vegetativa, reproductiva y de maduración en m³/ha. Los rangos dentro de los cuales es válida la ecuación son: 80 kg/ha ≤ N ≤ 160 kg/ha y 14.330.10 m³/ha ≤ W ≤ 21.689.40 m³/ha.

Peso de 1.000 granos

Sólo presentaron diferencias al 5% entre tratamientos de agua: W2 (L₁L₁L₀) con 26.98 g. y W5 (L₀L₁L₁) con 22.66 g. (Tablas 6 y 9); por lo tanto, se destaca la importancia de mantener una lámina de 50 cm durante la fase vegetativa. La interacción N-agua mostró como mejor tratamiento el N3W1 (160 kgN/ha y L₁L₁L₁) con 29.30 g. y el N1W5 (80 kgN/ha, L₀L₁L₁) con 19 20 g. Los pesos más altos están dentro del rango esperado para Oryzica-3.

TABLA 8. Comparación de promedios respecto a los tratamientos de agua para el cultivo de Oryzica-3. C.I. Palmira. 1986-A.

Tratamientos de Agua ¹	Altura final de plantas (cm)	Veneamiento (%)	Rendimiento arroz-cáscara venteado (Kg/ha)	Peso de 1000 granos (g x 10 ⁻¹)	Relación grano/paja
W1	80 76 a ²	9 17 ab	6310 3 a	2 449 ab	1 38 ab
W2	80 30 ab	8 68 b	6165 1 ab	2 698 a	1 34 b
W3	78 19 ab	11 59 a	5749 5 ab	2 554 ab	1 57 ab
W4	79 94 b	11 38 a	5608 9 b	2 339 ab	1 66 a
W5	78 07 ab	11.27 ab	5701 7 ab	2.266 b	1 58 ab
W6	78 66 ab	10 61 ab	5758 0 ab	2 553 ab	1 58 ab

1. Promedio de tres niveles de N y tres repeticiones
2. Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%, Tukey

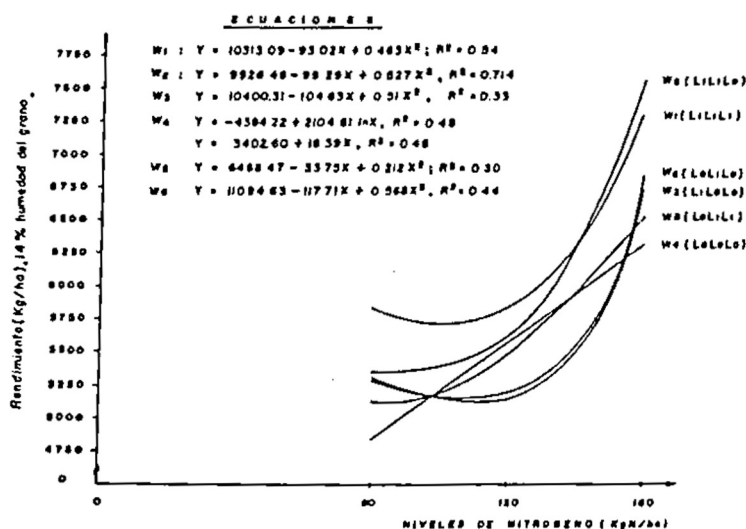


FIGURA 1. Modelos de regresión para el rendimiento de arroz-cáscara venteado, variedad Oryzica 3, para diferentes tratamientos de manejo del agua. C.I.Palmira. 1986-A.

TABLA 9. Rendimientos¹ (kg/ha, 14% humedad del grano) y eficiencia de uso de agua en Oryzica-3. C.I.Palmira. 1986-A.

Tratamientos	Arroz-cáscara ² (Campo)	Arroz-cáscara ² (Venteado)	Eficiencia de uso de agua ³ ($\frac{\text{kg/ha arroz venteado}}{\text{mm de agua aplicada}}$)
N1W1	6 617 70	5 834 00	3 022
N1W2	6 071 32	5 357 16	2 847
N1W3	6 124 84	5 300 77	2 892
N1W4	5 926 69	4 867 74	3 397
N1W5	5 926 69	5 126 96	3 349
N1W6	5 968 91	5 314 38	3 586
N2W1	6 194 22	5 816 54	2 773
N2W2	6 227 20	5 602 85	2 774
N3W3	5 593 07	5 204 33	2 640
N3W4	6 157 80	5 620 45	3 576
N3W5	6 296 03	5 475 28	3 225
N3W6	5 748 47	5 151 85	3 063
N3W1	7 530 47	7 280 48	3 357
N3W2	7 683 70	7 535 44	3 624
N3W3	7 239 45	6 743 45	3 321
N3W4	6 586 35	6 338 62	3 886
N3W5	6 857 52	6 502 99	3 675
N3W6	7 137 75	6 807 71	4 053

- 1 Promedio de tres repeticiones
- 2 No se presentaron diferencias estadísticas al 5% (Tukey)
- 3 Aplicación de agua en las fases vegetativa, reproductiva y de maduración

Relación grano/paja.

Hubo valores más altos con dosis de N, superiores a 80 kg/ha (Tabla 7) y cantidades bajas de agua (L₀L₀L₀) (Tabla 8). La interacción mostró como mejores tratamientos el N3W6 (120 kgN/ha, L₀L₁L₀) y el N2W4 (120 kgN/ha, L₀L₀L₀). El tratamiento menos eficiente fue el N1W1 (80 kgN/ha, L₁L₁L₁) (Tabla 10).

Porcentaje de germinación

Sólo hubo diferencias entre los niveles de N. suministrados, (Tabla 6). Dicho porcentaje de vigor disminuyó al incrementar la dosis de N. (Tabla 7). Se destaca el porcentaje de germinación obtenido a los 10 días después de la cosecha (95.85% para 80 kgN/ha, en promedio)

Análisis Económico

El análisis de dominancia y marginal (Tablas 11 y 12) muestran que el trata-

GALLARDO B., C.A. Fertilización nitrogenada en Oryzica-3.

miento más eficiente en términos económicos fue el N2W6 (160 kgN/ha L₀L₁L₀) con una TRM= 291.12%, por presentar el mayor beneficio neto parcial. Este tratamiento puede ser adoptado por agricultores sin problemas de capital. Otra alternativa es el tratamiento N1W6 (80 kgN/ha L₀L₁L₀) con una TRM= 272.46%, ya que puede recomendarse para agricultores con restricciones de capital, pues presenta un costo variable más bajo (\$199.558.89) y una TRM= 272.46%. Como alternativas secundarias se tienen los tratamientos N3W4 (160 kgN/ha L₀L₀L₀), N2W4 (120 kgN/ha, L₀L₀L₀) y N1W4 (80 kgN/ha L₀L₀L₀).

TABLA 10. Comparación del promedio para varias variables en la interacción N-agua en Oryzica-3. C.I.Palmira. 1986-A.

Tratamientos ¹	Altura de plantas (cm)	Peso de 1000 granos (g x 10 ⁻¹)	Relación grano/paja
N1W1	79.40 abcd ²	2.15 abc	1.0 d
N1W2	78.23 abcd	2.91 ab	1.1 cd
N1W3	78.87 abcd	2.27 abc	1.1 cd
N1W4	72.60 d	2.09 bc	1.4 bcd
N1W5	75.77 bcd	1.92 c	1.4 bcd
N1W6	76.10 bcd	2.67 abc	1.3 cd
N2W1	79.97 abcd	2.27 abc	2.0 ab
N2W2	80.10 abcd	2.36 abc	1.5 abcd
N2W3	74.13 cd	2.61 abc	2.0 ab
N2W4	78.50 abcd	2.25 abc	2.1 a
N2W5	80.80 abc	2.41 abc	1.6 abcd
N2W6	74.87 cd	2.52 abc	2.2 a
N3W1	82.90 ab	2.93 a	1.1 cd
N3W2	82.57 ab	2.82 ab	1.4 bcd
N3W3	81.57 abc	2.78 ab	1.6 abcd
N3W4	79.73 abcd	2.67 abc	1.5 abcd
N3W5	77.63 abcd	2.47 abc	1.7 abc
N3W6	85.00 a	2.46 abc	1.6 abcd

- 1 Promedio de tres repeticiones.
- 2 Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5% (Tukey)

TABLA 11. Análisis de dominancia para el manejo del agua y la fertilización nitrogenada en el cultivo de Oryzica-3. C.I.Palmira. 1986-A.

Tratamientos	Beneficio neto parcial (\$)	Costo variable (\$)
1 N3W6	79 794 60 (L ₀ L ₁ L ₀)	226 552 37
2 N3W2	68 386 60 (L ₁ L ₁ L ₁)	270 708 17 *
3 N3W4	64 082 40 (L ₀ L ₀ L ₀)	221 155 55
4 N3W5	56 188 00 (L ₀ L ₁ L ₁)	236 446 54 *
5 N3W1	47 019 30 (L ₁ L ₁ L ₁)	280 602 34 *
6 N2W4	40 082 40 (L ₀ L ₀ L ₀)	212 033 51
7 N1W6	39 588 20 (L ₀ L ₁ L ₀)	199 558 89
8 N3W3	38 143 90 (L ₁ L ₀ L ₀)	285 311 35 *
9 N1W5	25 757 50 (L ₀ L ₁ L ₁)	204 955 71 *
10 N1W4	24 886 20 (L ₀ L ₀ L ₀)	194 162 07
11 N2W5	20 412 30 (L ₀ L ₀ L ₀)	225 975 29 *
12 N2W6	14 402 90 (L ₀ L ₁ L ₀)	217 430 33 *
13 N1W1	13 418 50 (L ₁ L ₁ L ₁)	249 111 51 *
14 N1W3	216 80 (L ₁ L ₀ L ₁)	238 317 87 *
15 N1W2	2 642 50 (L ₁ L ₁ L ₁)	
16 N2W1	-8 386 80 (L ₁ L ₁ L ₁)	
17 N2W2	-9 457 60 (L ₁ L ₁ L ₀)	-
18 N2W3	21 994 50 (L ₁ L ₀ L ₀)	-

* Tratamientos dominados

TABLA 12. Análisis marginal para el manejo del agua y fertilización nitrogenada en Oryzica-3. C.I.Palmira. 1986-A.

Tratamientos	Beneficio neto parcial	Costo variable	Incremento Marginal		
			Beneficio neto	Costo variable	TRM ¹ (%)
S/ha					
N3W6	79 794 6	226 552 37	15 712	5 397	291 12
N3W4	64 082 4	221 155 55	24 000	9 122	263 10
N2W4	40 082 4	212 033 51	494	12 475	3 96
N1W6	39 588 2	199 558 89	14 702	5 396	272 46
N1W4	24 886 2	194 162 07	-	-	-

1 TRM= Tasa de retorno marginal

CONCLUSIONES

La ETr fue de 609.5 mm en 106 días; el factor K, en promedio, fue de 1.27. La T representó el 22% de la ETr.

Los más altos rendimientos se obtuvieron con la dosis de 160 kgN/ha e incrementos en la aplicación de agua. El tratamiento de mayor rendimiento de arroz-cáscara venteador correspondió al N3W2 (160 kgN/ha y L₁L₁L₀) con 7.435.44 kg/ha. A éste se le aplicaron 20 794 m³ de agua/ha (fases vegetativa, reproductiva y de maduración), de los cuales por Pp se perdieron 4 818 m³/ha.

La mayor eficiencia de uso de agua la produjeron también los tratamientos con dosis de 160 kgN/ha, destacándose el N3W6 (160 kgN/ha L₀L₁L₀) con 4.05 kg de arroz/mm de agua aplicada/ha.

La población de malezas, rendimiento de arroz-cáscara sin ventear, índice de pilada, centro blanco, rendimiento de molinearía y longitud de panículas, no presentaron diferencias significativas al 5%, pero sus promedios fueron considerados buenos para Oryzica-3

El número de panículas/m² aumentó con el incremento en la dosis de N. La germinación, por el contrario, disminuyó a los 10 días después de la cosecha. El vaneamiento disminuyó al aumentar la aplicación de agua. El peso de 1.000 granos fue alto cuando el suelo se mantuvo bajo lámina constante de agua de 5.0 cm. La altura de plantas se favoreció al aumentar la dosis de N y cuando se mantuvo el suelo con lámina constante de agua de 5.0 cm durante la fase reproductiva. La relación grano/paja mostró mayor eficiencia con dosis de N mayores a 80 kg/ha y aplicación del tratamiento de agua W6 (L₀L₁L₀).

El análisis económico indicó que los mejores tratamientos fueron: N3W6 (160 kgN/ha (L₀L₁L₀) con TRM= 291.12% y

N1W6 (80 kgN/ha (L₀L₁L₀) con TRM= 272.46%. como alternativa secundaria se recomienda el N3W4 (160 kgN/ha (L₀L₀L₀) con TRM= 263.10%. El tratamiento N2W4 (120 kgN/ha (L₀L₀L₀) con TRM= 3.96% se podría utilizar en último caso, pero con reserva. No se recomienda aplicar el tratamiento N1W4 (80 kgN/ha (L₀L₀L₀), pues la probabilidad de que dé pérdidas económicas al agricultor es alta.

La función "Rendimiento (Y) - agua (W) - fertilización nitrogenada (N)" encontrada fue: $Y = -75.36N + 0.3838N^2 + 0.897W - 0.00002178W^2$ con $R^2=0.997$, válida dentro de los rangos en que se llevó a cabo la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barreto, R. 1986. Manejo de agua y nitrógeno en arroz negro en el Valle del Cauca (Colombia) Tesis M S U N Seccional Palmira 164 p.
2. Calcedo, A.M. 1985 Manejo de agua en el cultivo del arroz bajo riego Instituto Colombiano Agropecuario C I Natama, Espinal (Tolima) Mimeografiado 19 p
3. Loeb, A.; Bonilla, C. 1987 Efecto de algunas prácticas de manejo del agua sobre las pérdidas de nitrógeno en el cultivo del arroz Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, U N. Seccional Palmira 118 p
4. Palacio, M.H. 1985 Manejo de agua en el cultivo de arroz bajo riego Tesis M S Programa de Estudios para Graduados, ICA -U N Bogotá 77 p
5. Pérez, H. 1977 Consumo de agua por el arroz en suelos con diferentes contenidos de sodio. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Agropecuarias U N Palmira 92 p
6. Sugimoto, K 1971 Plant water relationship of indica rice in Malaysia Ministry of Agriculture and Forestry Tropical of Agricultural Research Station Tech Bull A Tokio, Japan 75 p
7. Villarruel, V. L. 1985 Análisis económico del ensayo varietal de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo dos sistemas de siembra y dos niveles de fertilización en el C I Palmira ICA, Palmira 98 p
8. Yoshida, S.; Parao, F.T. 1981 Fundamentals of rice crop science IRRI Manila, Philippines 269 p