

MANEJO DE AGUA Y NITROGENO EN ARROZ RIEGO EN EL VALLE DEL CAUCA

Jairo R. Barreto R.*

Hernán Rojas P. **

COMPENDIO

El experimento, en el cual se sembró arroz Oryzica-2 en un vertisol (Typic Pellustert), se diseñó en un factorial incompleto 6 x 3 con arreglo de parcelas divididas. El suelo se mantuvo bajo una lámina de riego de 5.0 cm o en saturación durante los períodos vegetativo, reproductivo y de maduración. Los niveles de fertilización fueron de 80, 120 y 160 kg de N/ha aplicados fraccionadamente. El mejor rendimiento (8170 kg/ha) se obtuvo con 160 kg/ha aplicando una lámina de 5.0 cm durante el período vegetativo, manteniendo luego el suelo saturado hasta 14 días antes de la cosecha. Los requerimientos de agua por ETP fueron de 1187 mm y los factores K de 1,38 (30 - 65 días), 1,53 (65-110 días) y 1,48 (110-149 días).

ABSTRACT

Field experiments were conducted to study the water management and nitrogen fertilizing in rice (Oryzica-2) planted in a vertic soil (Typic Pellustert) of the river Cauca Valley (Colombia). There were used 18 treatments consisted in keeping a 5.0 cm water table depth in the soil, or saturating it during three growing stages of the rice plant: N fertilizer levels were 80, 120 and 160 kg/ha applied in a fractionated form. The highest yield in brown rice (8170 kg/ha) was with the treatment of 160 kg/ha, applying a 5.0 cm water table on soil during vegetative stage and keeping it after saturated until 14 days before cropping. PET water requirements were 1187 mm, and the K factors of 1.38, 1.53 and 1.48 from vegetative, reproductive and maturity stages respectively.

* Estudiante de postgrado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

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

1. INTRODUCCION

Además de las enfermedades, que constituyen los principales limitantes de los cultivos de arroz en Colombia, las malezas, el manejo del agua y la baja disponibilidad de nutrimentos en los suelos (o su toxicidad), son las mayores barreras para racionalizar los actuales costos de producción.

En el valle geográfico del río Cauca se siembran semestralmente 6 000 ha en arroz bajo riego con esorrentía o por terrazas (1), utilizando el agua en volúmenes tales que, si se tuviesen en cuenta los precios reales de este insumo, elevarían ostensiblemente los costos de producción, con el agravante del desperdicio del agua.

Los principales factores abióticos que influyen en el consumo de agua en el arroz son la radiación solar incidente, la temperatura, la humedad relativa y el viento (Datta, 4). En el manejo de sistemas y prácticas de riego en los cultivares de arroz es fundamental la estimación de la evapotranspiración real (ET) para cada variedad y ambiente climático. Este parámetro, unido al manejo óptimo del riego en los diferentes períodos de desarrollo del cultivo y a la suplementación de las dosis adecuadas de N y otros nutrimentos, permitirán determinar las alternativas ajustadas a las necesidades y niveles de modernización de los cultivadores de arroz en el Valle del Cauca, y así lograr rendimientos que permitan mayores márgenes de rentabilidad.

Con base en lo anterior, los objetivos de esta investigación fueron determinar los requerimientos hídricos de la variedad de arroz Oryzica-2 en vertisoles del valle geográfico del río Cauca y estudiar los efectos de diferentes prácticas de manejo del agua en tres períodos de desarrollo del cultivo, y de varios niveles de fertilización nitrogenada.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1. Requerimientos hídricos en arroz.

Los ensayos se efectuaron en el semestre B de 1985 en el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA de Palmira, Valle. La experimentación tendiente a determinar la evapotranspiración real (ET) de la variedad Oryzica-2 de ciclo mediano (114-143 días) se efectuó mediante baterías de lisímetros (canecas de 20 l) dispuestos en piscinas en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental tuvo un área de 10 x 14 m² y comprendió tres lisímetros conformados en triángulo equilátero de 4 m de lado (Fig. 1 y 2).

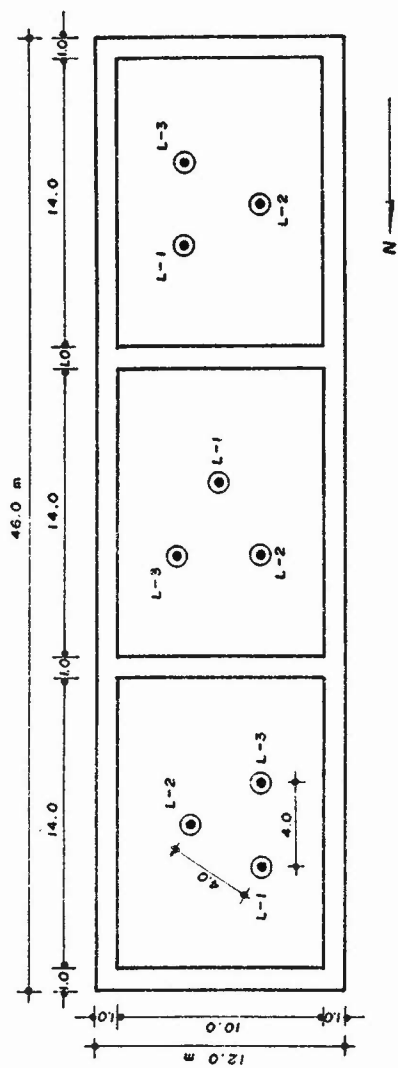


Fig. 1 Disposición de los lisímetros en las piscinas.

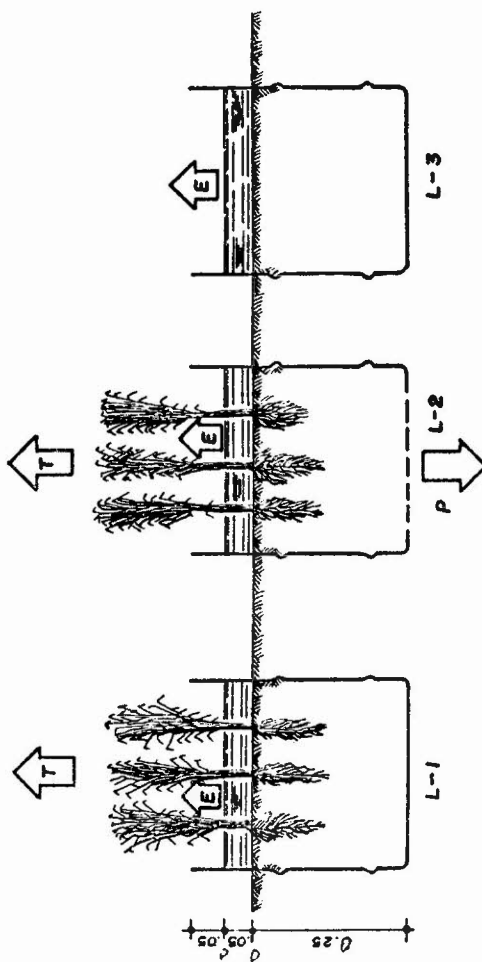


Fig. 2 Representación esquemática de los lisímetros

En el primer lisímetro el consumo total se produjo por evaporación de la lámina de embalse y transpiración del arroz (ETP), el segundo incluyó además la percolación (P), y el tercero la evaporación (E) dentro del cultivo. Los requerimientos teóricos se correlacionaron con las lecturas de evaporación (EV) en un tanque clase "A", ubicado cerca a los lisímetros, y con la radiación solar (Rs), medida en un piranómetro integrador (Caicedo, 2).

2.2. Manejo del agua y fertilización nitrogenada en Oryzica-2.

Para determinar la influencia de dos prácticas de manejo del agua (lámina rotacional de 5.0 cm y saturación) en tres períodos de desarrollo del cultivo (vegetativo, reproductivo y maduración), y de tres niveles de nitrógeno (80, 120 y 160 kg/ha) sobre los rendimientos de la variedad Oryzica-2 plantada en un vertisol (Typic Pellustert) del valle geográfico del río Cauca, se hizo un diseño experimental correspondiente a un factorial incompleto 6 x 3 con arreglo de parcelas divididas en bloques al azar y tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por piscinas 6 x 6 m² con caballones impermeabilizados, tomando un área de 4x 4 m² para determinar los rendimientos.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Requerimientos hídricos de la variedad Oryzica-2 en el Valle del Cauca.





3.1.1. Uso consuntivo de Oryzica-2.

La fluctuación decenal de las variables meteorológicas durante el ciclo de cultivo se representa en la Figura 3. Al comparar los promedios diarios de las lecturas en los lisímetros L₁ (ET) con los datos obtenidos en el tanque evaporímetro clase "A" (EV) se obtuvieron las constantes de cultivo (Kc) y las constantes K tanto para períodos decadales como para los tres períodos de desarrollo del cultivo (Cuadro 1). Se encontraron los mayores requerimientos hídricos durante las fases de embuchamiento (K= 1.76) y de maduración del grano (1.63) los cuales guardan estrecha relación con los informados por Castillo, Frias y Wang (3) para República Dominicana (Fig. 4).

El factor de tanque (K_{EV}) hallado para el evaporímetro del experimento fue de 0.65. Al dividir los valores de K por este factor, se obtendrán las constantes de cultivo Kc, que relacionan ETP con EV (Doorembos y Kassam, 5).

La percolación no se pudo estimar a partir de lisímetros sin fondo, al hacerse imposible una retención mínima diaria que permitiera lecturas comparativas con las del día anterior. Las tasas de infiltración básicas en el vertisol

CONVENCIONES

- EVAPOTRANSPIRACION (L1) 
- EVAPORACION (L3) * 
- TRANSPIRACION(L1-L3) 
- EVAPORACION TANQUE 
- RADIACION NETA 

* (L1 y L3 = Lecturas isímetros)

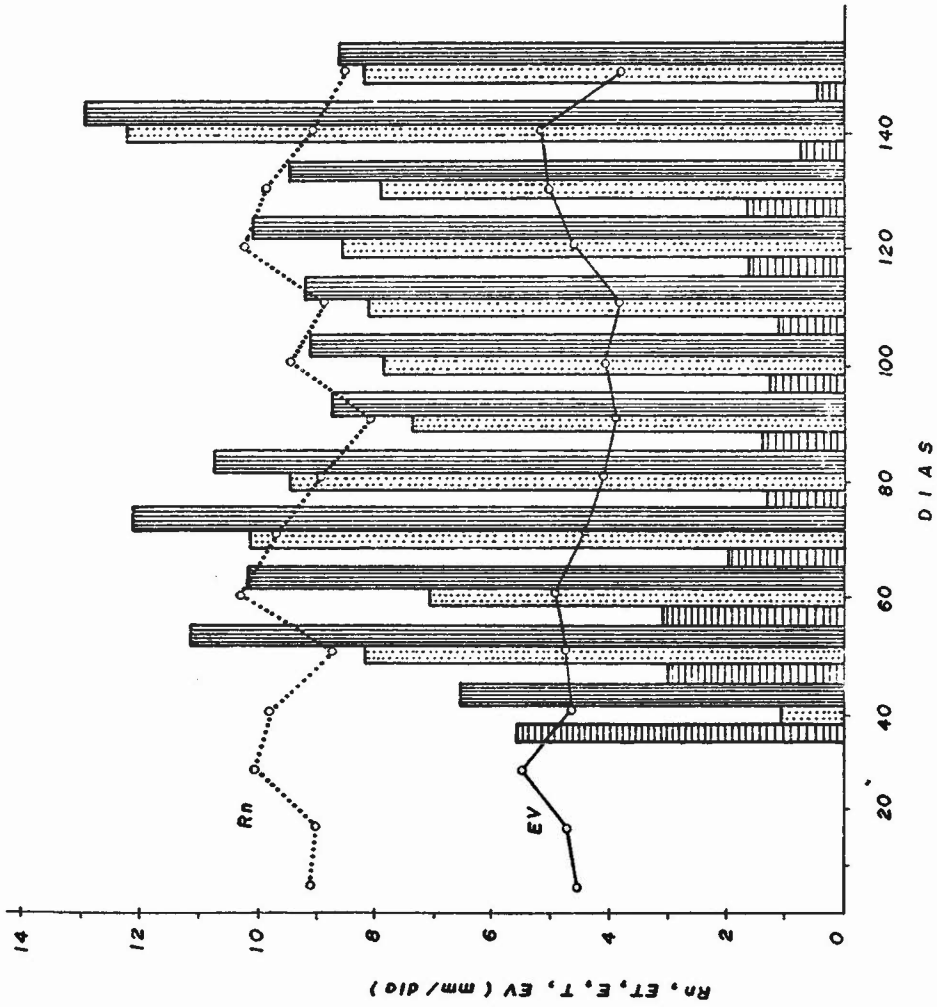


Fig. 3 Fluctuación decadal de algunas variables meteorológicas durante el ciclo de cultivo de la variedad Oryzica-2 (1985 - B).

Cuadro 1

Relaciones de ET, E y T con EV* y requerimientos hídricos para cada período de desarrollo en Oryzica - 2 (1985 - B)

Intervalo (días)	ET/EV	E/EV	T/EV	Requerimientos de agua por período (K)
1 - 10	.	.	.	Establecimiento (1 - 30 días)
11 - 20	.	.	.	
21 - 30	.	.	.	
31 - 40	0.91	0.77	0.14	Vegetativo (30 - 65 días)
41 - 50	1.53	0.41	0.12	1.38
51 - 60	1.33	0.40	0.93	
61 - 70	1.76	0.26	1.48	
71 - 80	1.68	0.20	1.49	Reproductivo (65 - 110 días)
81 - 90	1.44	0.22	1.22	1.53
91 - 100	1.46	0.20	1.26	
101 - 110	1.55	0.18	1.37	
110 - 120	1.43	0.22	1.21	
121 - 130	1.24	0.21	1.03	Maduración (110 - 149 días)
131 - 140	1.63	0.18	1.55	
141 - 150	1.63	0.18	1.55	1.48

* ET = Evapotranspiración real del cultivo

E = Evaporación del cultivo

T = Transpiración por el cultivo

EV = Evaporación del tanque clase "A"

K = 1.47

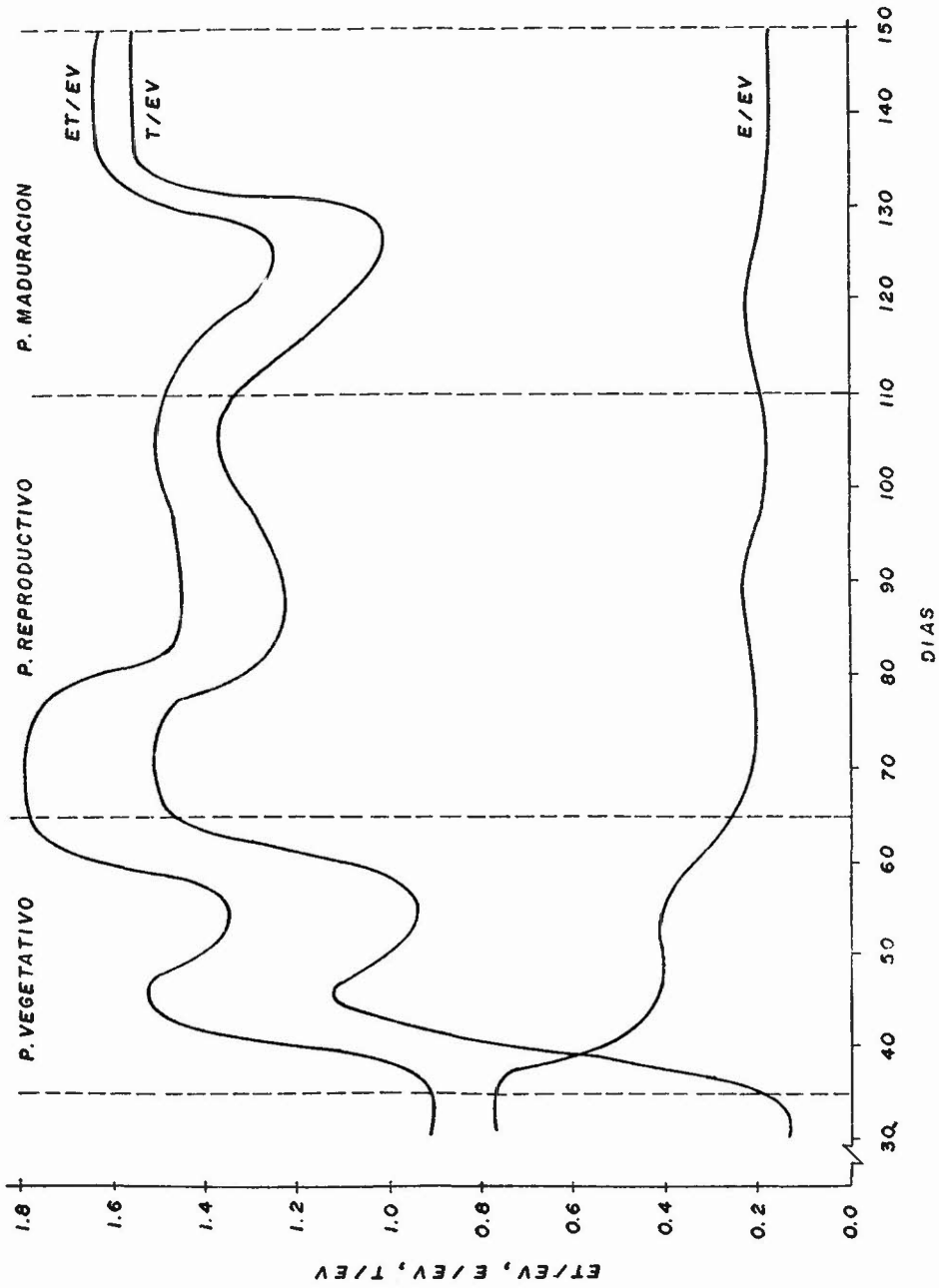


Fig. 4 Variaciones decadales de los requerimientos hídricos en tres períodos de desarrollo de la variedad Oryzica-2. (1985 - B).

(Typic Pellustert) fluctuaron entre 40.97 mm/hora, antes del establecimiento del cultivo, y 9.10 mm/hora, durante el período de desarrollo del arroz.

3.1.2. Radiación solar y requerimientos hídricos.

Al correlacionar los datos de radiación solar, expresada en cal/cm² día y en su equivalente en mm/día, con la evaporación del tanque clase "A" se obtuvieron las ecuaciones de regresión:

$$EV(\text{mm/día}) = 0.071 R_s (\text{cal/cm}^2 \text{ día}) \quad r = 0.62 **$$

$$EV(\text{mm/día}) = 0.47 R_n (\text{mm/día}) \quad r = 0.74 **$$

o sea, que al involucrar la influencia diaria de la temperatura ($R_n = R_s / C_1$ siendo C_1 el factor de temperatura) se presenta mayor grado de correlación (Doorembos y Kassam, 5).

El equivalente de consumo hídrico total por radiación solar neta fue de 1068.90 mm con un promedio de 9.33 mm/día, cifras bastante próximas a las de ETP acumulada (1186.70 mm) ocurrida en los tres períodos de cultivo en estudio (Fig. 5).

Cuando se compararon las lecturas del piranómetro con los valores de radiación solar incidente estimados por el método de radiación (Datta, 4), se observó una diferencia promedio de 2.48 mm, siendo mayores las lecturas del piranómetro. Esta diferencia se puede deber a las correcciones por humedad relativa y velocidad del viento, involucradas en el método. Esto indica que, cuando se hagan determinaciones por el método de radiación, a los valores resultantes deberán adicionarse 2.48 mm para las condiciones del Valle del Cauca.

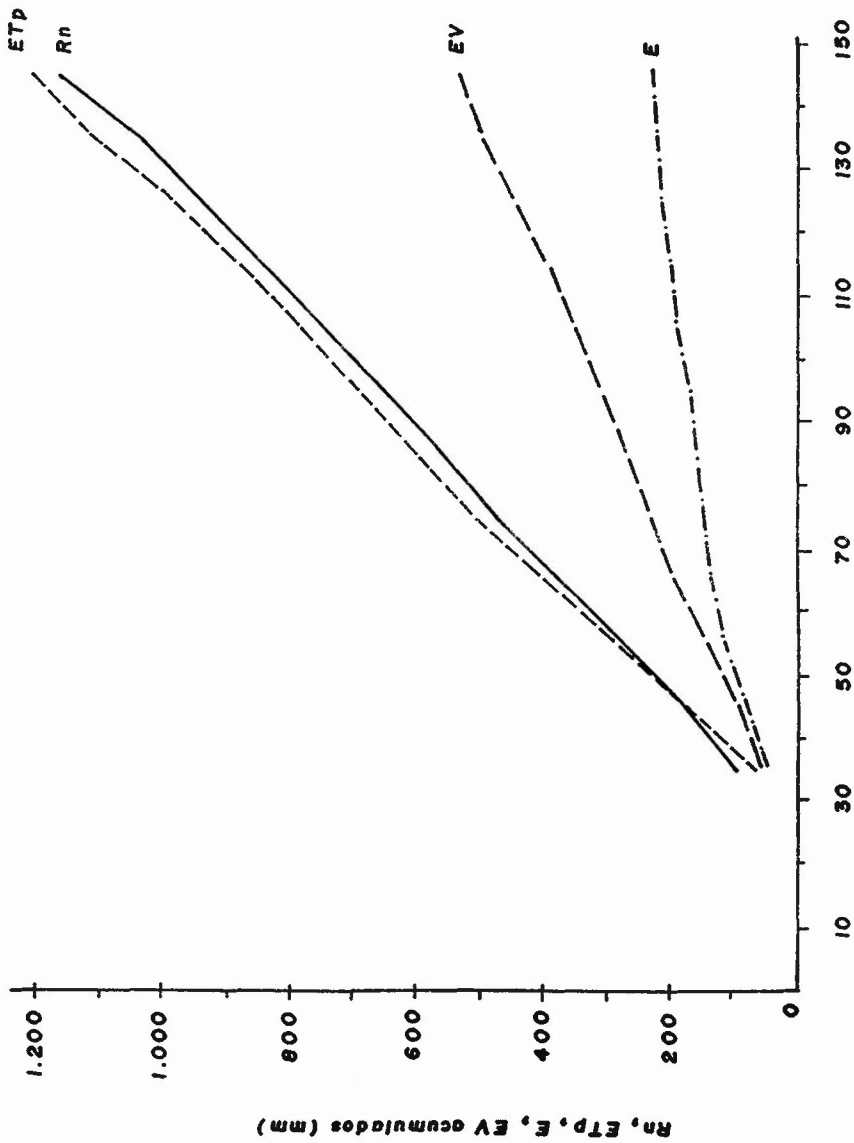
3.2. Respuesta de la variedad Oryzica-2 cultivada en un vertisol del Valle del Cauca al manejo del agua y el nitrógeno.

3.2.1. Volúmenes de agua aplicados.

Los volúmenes aplicados fluctuaron entre 9427.77 m³ /ha en los tratamientos bajo saturación permanente ($W_4 = SSS$) y 17183.33 m³ /ha en aquellos tratamientos con lámina rotacional permanente de 5.0 cm ($W_1 = LLL$), lo cual constituyó un 82 o/o más del agua empleada para sostener el cultivo bajo saturación (Cuadro 2).

3.2.2. Efecto de las prácticas de manejo de agua y nitrógeno.

3.2.2.1. Población de malezas.



CICLO VEGETATIVO ORYZICA-2 (DIAS)

Fig. 5 Comparación de la evapotranspiración potencial (ETp) y la evaporación (E) en lisímetros, con la radiación solar neta (Rn) y la evaporación del tanque clase "A" (EV) en arroz variedad Orzyca-2 (1985 - B).

Cuadro 2

Volumenes del agua de riego aplicada en los diferentes tratamientos de manejo de agua en la variedad Oryzica - 2 (1985-B)

Tratamientos de manejo de agua	Establecimiento (m ³ /ha)	P. vegetativo (m ³ /ha)	P. reproductivo (m ³ /ha)	P. maduración (m ³ /ha)	Volumen total (m ³ /ha)	Orden de consumo
W ₁ (LLL) ^{1/}	1 650	5 436.11	6 408.33	3 688.89	17 183.33	1o
W ₂ (LLS)	1 650	5 436.11	6 408.33	1 844.44	15 338.88	2o
W ₃ (LSS)	1 650	5 436.11	3 213.89	1 844.44	12 144.44	5o
W ₄ (SSS) ^{2/}	1 650	2 719.44	3 213.89	1 844.44	9 427.77	6o
W ₅ (SLL)	1 650	2 719.44	6 408.33	3 688.89	14 466.66	3o
W ₆ (SLS)	1 650	2 719.44	6 408.33	1 844.44	12 622.21	4o
Días con riego por período	17 de 32 días	28 de 39	33 de 40	19 de 38	97 de 149	

^{1/} L: lámina de 5.0 cm en los períodos vegetativo, reproductivo y de maduración

^{2/} S: saturación o lámina de 0.0 cm en los períodos vegetativo, reproductivo y de maduración.

El control químico, efectuado en presiembra y postemergencia, y las prácticas de manejo del agua en las fases iniciales del cultivo permitieron un control eficiente, llegando a un promedio de 38.5 malezas/m², de las cuales el 64 o/o estuvo constituido por coquito (*Cyperus rotundus*), el 28 o/o por gramíneas y el 8 o/o restante por malezas de hoja ancha.

El ANAVA no mostró diferencias significativas entre el riego con lámina rotacional de 5.0 cm y la saturación permanente ni entre dosis de N; no obstante, hubo tendencia a presentarse mayor población de malezas en las piscinas con las dosis altas de N (160 kg/ha).

3.2.2.2. Altura de las plantas.

En el ANAVA para la altura de las plantas al máximo macollamiento (65 días después de la siembra) no hubo significancia para la interacción de los factores agua y nitrógeno, pero se encontraron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) para las dosis de N y altamente significativas ($\alpha = 0.01$) para los tratamientos de manejo del agua. La mayor altura al momento de la cosecha (84.26 cm) se obtuvo con la aplicación de lámina rotacional en los tres períodos y con 160 kg de N/ha, resultado que concuerda con lo citado por Datta (4).

3.2.2.3. Componentes del rendimiento.

El número de panículas por m² fue en promedio de 762.94, para una densidad de siembra de 150 kg/ha de semilla seca sembrada al voleo. Esta variable no presentó correlación con las demás en estudio.

El ANAVA para el peso de 1000 granos no presentó interacción de los niveles de dosificación de N con las prácticas de manejo del agua, ni diferencias significativas entre estas últimas; no obstante, hubo diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre los niveles de N. El peso promedio de 1000 granos fue de 25.4 g.

El vaneamiento fue de 24.52 o/o en promedio y se presentaron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre los niveles de aplicación de N. Se encontró correlación directa entre el porcentaje de vaneamiento con los niveles de N ($r = 0.44^{**}$) y la humedad de cosecha ($r = 0.30^{*}$).

El promedio de granos por panícula en Oryzica-2 fue de 131.2; el ANAVA no mostró diferencias significativas para ninguno de los factores.

3.2.2.4. Rendimiento en arroz cáscara.

La influencia de las prácticas de manejo del agua (W) en los tres períodos del cultivo y de los niveles de aplicación de nitrógeno (N) sobre el rendimiento en arroz cáscara (ajustado al 14 o/o de humedad) se hizo evidente en la interacción de los factores de N y W presentada en el ANAVA. El manejo del agua mostró diferencias significativas a nivel del 5 o/o, mientras que los niveles de N sólo presentaron significancia al nivel del 1 o/o. El promedio del rendimiento en arroz cáscara fue de 7295.13 kg/ha; el máximo de 8170.08 kg/ha y el mínimo de 5 578.08 kg/ha.

El rendimiento presentó correlación directa con el número de granos por panícula ($r = 0.37^{**}$), la altura de la planta ($r = 0.34^{**}$) y los niveles de nitrógeno ($r = 0.40^{**}$).

Los mejores rendimientos en arroz cáscara (8170.83 kg/ha) se lograron con 160 kg de N/ha, aplicando lámina rotacional de 5.0 cm en el período vegetativo y saturando el suelo durante el resto del período; siguió en importancia el rendimiento alcanzado con 120 kg de N/ha, saturando el suelo durante el período vegetativo y aplicando lámina rotacional el resto del período. Los análisis de dominancia económica calificaron como mejor al tratamiento $N_{120}SSS$ (Fig 6) el cual presentó una tasa de retorno marginal (TRM) del 241.71 o/o. El tratamiento con mayores ingresos netos por hectárea tuvo una TRM de solo 9.25 o/o.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. Los consumos por ETP en la variedad Oryzica-2 fueron de 1186.70 mm y las constantes K de 1.38, 1.53 y 1.48 para los períodos vegetativo, reproductivo y de maduración del grano respectivamente, con promedio de 1.47.
- 4.2. Los valores de radiación solar neta presentaron alta correlación con las lecturas del tanque evaporímetro y con los consumos totales por ETP.
- 4.3. El método de radiación (usado para estimar la ET) presentó diferencias de 2.48 mm en promedio más bajas con respecto a las lecturas del piranómetro, por lo cual subestima los consumos por ET en arroz para el Valle del Cauca (Colombia).
- 4.4. Los rendimientos en arroz cáscara (al 14 o/o de humedad) fueron afectados por la interacción de los factores manejo del agua (W) y niveles de nitrógeno (N), siendo más significativas las prácticas de riego. El rendimiento promedio fue de 7295 kg/ha.

TRATAMIENTOS

N	W
1	80 LLL
2	80 LLS
3	80 LSS
4	80 SSS
5	80 SLL
6	80 SLS
7	120 LLL
8	120 LLS
9	120 LSS
10	120 SSS
11	120 SLL
12	120 SLS
13	160 LLL
14	160 LLS
15	160 LSS
16	160 SSS
17	160 SLL
18	160 SLS

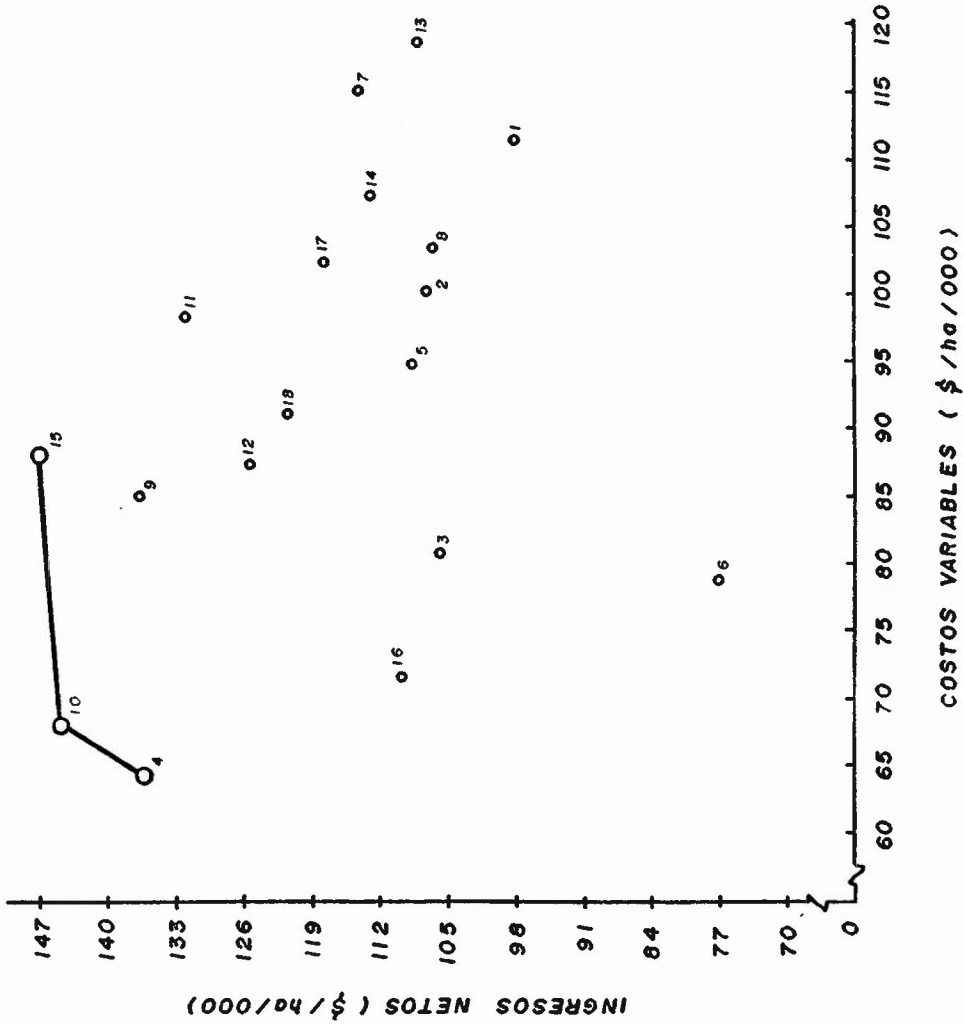


Fig. 6 Curva de beneficio-costo del ensayo "Requerimientos de agua en el cultivo de arroz (Oryzica sativa). (mayo 1986).

4.5. La mejor alternativa económica, teniendo en cuenta los ingresos netos y los costos variables, se encontró en el tratamiento N_{120} SSS con una TRM del 241.71 o/o.

5. BIBLIOGRAFIA

1. ARROZ. (Colombia) v. 34 n. 336, p. 26. Mayo-Junio. 1985.
2. CAICEDO, A. M. Manejo de agua en el cultivo de arroz bajo riego. Nataima, Instituto Colombiano Agropecuario, 1985. 19 p. (Mimeografiado).
3. CASTILLO, W. D.; FRIAS, F. A.; WANG, H. T. Uso consuntivo de agua en diferentes variedades de arroz. Juma, Banzo, República Dominicana, Centro de Investigaciones Arroceras, División de Riego y Drenaje, 1979. 15 p. (Mimeografiado).
4. DATTA, S. K. DE. Principles and practices of rice production. Singapore, Wiley-Inter Science, 1981. 681 p.
5. DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1979. 212 p. (Estudio n. 33 sobre Riego y Drenaje).
6. TASCÓN, J. E. Comparación de cuatro formas de manejo de riego en el cultivo del arroz para las épocas húmeda y seca. Cali, CIAT, 1982. 28 p. (Mimeografiado).