

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE PREPARACIÓN DEL SUELO Y SIEMBRA EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)*

Evaluation of a tillage and planting system used to cultivate rice (*Oryza sativa* L.)

Ibis Briceño¹ y Luís E. Álvarez L.²

RESUMEN

En la Arrocería Santa Rita, ubicada en Payara, estado Portuguesa, durante el período de lluvias de 2007, se comparó el método de preparación del suelo y siembra de arroz utilizando una sembradora de mínimo laboreo, con el método tradicional de preparación mediante batido del barro y siembra de semilla pregerminada. El mínimo laboreo causó superior producción, rentabilidad y sostenibilidad. En preparación del suelo y siembra se produjo un ahorro de 29,31 % (243 BsF/ha) en los costos y se redujo la duración de las labores en 37,06 %. El costo total de producción fue 4,27 % menor en el mínimo laboreo y la relación costo/beneficio fue inferior en 75 %. Se sembraron 50 kg de semilla/ha menos que en el batido del barro, con un ahorro de 62,50 BsF/ha. Al inicio del período vegetativo del arroz, en el batido del barro hubo 107 % más plantas por m² (P<0,05); pero no hubo diferencias significativas en la producción de biomasa aérea/m². En el mínimo laboreo hubo plantas 5,5 cm más altas, con 37 % más macollos por planta y 11 % más hojas por macollo (P<0,05). Estas diferencias porcentuales aumentaron en el período reproductivo del arroz. Durante la maduración cada planta del mínimo laboreo produjo 30 % más panículas (P<0,05); pero no hubo diferencias significativas en el número de panículas por m². El número de granos por panícula en el mínimo laboreo fue 26 % mayor (P<0,05). No hubo diferencias en el peso del grano. El rendimiento en grano fue 13 % superior en el mínimo laboreo. En ambos tratamientos entre 80 y 90 % de las raíces de las plantas de arroz se concentró en los primeros 6-7 cm del suelo, pero en el mínimo laboreo profundizaron 11 cm más. En el batido del barro hubo mayor incidencia y severidad de enfermedades fungosas que atacan el follaje del arroz.

Palabras clave: arroz, mínimo laboreo, batido del barro, rentabilidad.

ABSTRACT

During the 2007 rainy season at the rice farm Santa Rita, located in Payara, Portuguesa state, there were compared the soil tillage and rice sowing method using a minimum tillage sower, with the traditional method of mud puddling and sowing with pregerminated seed. Minimum tillage produced higher grain yields, incomes and sustainability than puddling. In soil tillage and sowing costs savings were 29.31 % (243 BsF/ha) and a reduction of 37.06 % the time spend in operations. Total production costs were 4.27 % less with minimum tillage and the cost/income relationship 75 % less. There were sowed 50 kg of seed/ha less than in puddling, with 62.50 BsF/ha of savings. At the beginning of the rice vegetative period, in puddling there were 107 % more plants per m² (P<0.05) than in minimum tillage, but there was not significant difference in aerial dry matter production/m². Minimum tillage produced 5.5 cm taller plants, with 37 % more tillers per plant and 11 % more leaves per tiller (P<0.05). These differences increased during the rice reproductive period. At maturity each plant in minimum tillage produced 30 % more panicles (P<0.05) than that of puddling, but there were not significant differences in the number of panicles per m². In rice grain yields it was very important the higher number of grains per panicle of the minimum tillage, 26 % more (P<0.05) than in puddling. There were not differences in grains weight.

(*) Recibido: 26-02-2009

Aceptado: 16-12-2009

¹ Ingeniero agrónomo. Semillas Híbridas Venezolanas C.A. (SEHIVECA). Cagua, estado Aragua. E-mail: briceno_i@hotmail.com

² Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. Email: al110946@hotmail.com

Grain yield was 13 % higher in minimum tillage. In both treatments 80-90 % of rice roots were located at the first 6-7 cm of the soil, but in minimum tillage were 11 cm deeper. In puddling there were higher incidence and severity of fungal diseases that attack rice leaves.

Key words: rice, minimum tillage, puddling, income.

INTRODUCCIÓN

El arroz es el cereal más importante del mundo en desarrollo, constituye el alimento básico para más de la mitad de la población del planeta. En los países de América del Sur y el Caribe, es la principal fuente energética de la población de bajos ingresos.

En Venezuela es el segundo cultivo en área cultivada al año después del maíz, con un poco más de 150.000 ha, distribuidas entre los estados Portuguesa, Barinas, Guárico y Cojedes. La demanda creciente ha ampliado la superficie sembrada.

En producción intensiva de arroz, el suelo es sometido a una excesiva preparación que origina la pérdida de su estructura, incrementa la erosión, la formación de capas compactadas, disminución de la porosidad, la tasa de infiltración y reduce su fertilidad natural, disminuyendo su productividad e ingresos del productor. Actualmente las labores de preparación del suelo y siembra, representan un 20,54 % de los costos de producción del arroz, estimados en BsF 2.533/ha (octubre de 2007).

Es imprescindible buscar alternativas que mejoren la productividad con un enfoque sostenible, capaces de brindar ventajas al cultivo, reducir los costos de producción y ayudar a la conservación del suelo, como el mínimo laboreo y el uso de sembradoras mecánicas de precisión que reducen el número de pases de implementos.

Este trabajo tuvo como finalidad comparar desde el punto de vista agronómico, económico y de sostenibilidad, el método de preparación del suelo y siembra de arroz mediante mínimo laboreo, con el método tradicional de preparación mediante fangueo o batido del barro y siembra al voleo con semilla pregerminada.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En Venezuela, la preparación de suelo para la siembra de arroz se realiza principalmente de dos formas: a) convencional, en suelos en estado "friable", con adecuado contenido de humedad, mediante la utilización de implementos como rastras pesadas y livianas. El suelo se nivela con Land plain o equipos Laser plain, b) mediante fangueo o batido del barro en campos inundados, cuando el excesivo contenido de humedad de suelo no permite la preparación convencional (Álvarez 1997).

En el batido de barro, luego de pases de rastras pesadas y livianas, se inunda el área a sembrar con láminas de entre 5 y 15 cm. Se laborea el suelo inundado mediante tractores e implementos como cilindros desterronadores llamados batibarro o rotovadores, luego se pasan unas láminas de hierro para emparejar el suelo (INIA 2004).

El batido del barro destruye la estructura y porosidad de los suelos, lo cual reduce el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera, lo que determina que deban ser sembrados solamente con arroz, que efectúa este intercambio a través de su aerénquima (Álvarez 1997). El suelo queda constituido por partículas individuales, disminuye su resistencia al corte y presión, restringe la cantidad de poros que transmiten agua y gases, la conductividad hidráulica saturada y la percolación, cambia la densidad aparente del suelo (FAO 1992).

Esta forma de monocultivo, además de extremadamente cara, por el desgaste de los tractores e implementos, limita al productor ya que no puede rotar con cultivos sensibles a la mala aireación edáfica, que de acuerdo a la evolución del mercado, podrían resultar más rentables (Álvarez 1997).

La práctica del mínimo laboreo desplaza al batido de barro, conserva los suelos y reduce los costos de preparación para la siembra de verano (Álvarez 1997). La mínima labranza sustituye la alta mecanización pues al utilizar herbicidas totales en pre-siembra, reduce el número de pases de implementos (INIA 2004).

En fincas de los Llanos Occidentales el batido del barro aumentó la concentración de sales en los primeros 5 cm de los suelos, movilizó nutrientes (P, K) fuera del alcance de las raíces, la densidad aparente varió a 1,38 y 1,51 Mg/m³ a 10 cm de profundidad, indicador de compactación producida por el método de preparación. Durante tres ciclos de cultivo con cero labranza hubo mayor rendimiento en grano, producción de biomasa aérea y altura de planta. En la estación lluviosa de 1995 la relación costo/beneficio en cero labranza fue 0,52/1, mientras en batido fue 0,46/1. Para 1996 fue 0,81/1 en cero labranza y 1,30/1 para el batido (Peña *et al.* 1996).

En el sistema de riego Río Guárico, la cero labranza presentó ventajas con respecto al batido, en costos de acondicionamiento de suelos, conservación de tierras y maquinarias, consumo de agua, control de malezas y manejo en general del cultivo. Con labranza mínima se obtuvieron 5.790 kg grano/ha y con batido del barro 5.487 kg/ha. La labranza mínima fue más económica y efectiva en el control de malezas (Salazar *et al.* 2002).

La labranza mínima permitió reducir los costos de utilización de maquinaria y mano de obra hasta un 50 % con respecto a los sistemas convencionales. El número de horas por máquina desde la preparación de terreno hasta la cosecha, correspondió en el sistema tradicional a 9,77 horas/ha, mientras que con labranza mínima fue 5,16 horas/ha (Da Silva 1995).

El sistema de labranza por batido implica altos costos de energía, de reparación y mantenimiento de maquinaria. La realización de las labores en un medio muy abrasivo disminuye la vida útil de los equipos (Vivas 2002).

Las ventajas de la labranza mínima fueron: reducción de la erosión, conservación de la

estructura de los suelos, aumento de la retención de agua y fertilizantes. Disminuyó la inversión en maquinaria, aumentó su vida útil, hubo ahorro en tiempo de siembra, menor consumo de combustible y uso de maquinaria (FAO 1992).

Al comparar el batido del barro con cero laboreo, los rendimientos y el número de panículas por hectárea no difirieron significativamente. La desventaja del cero laboreo fue que las malezas crecieron rápidamente, antes que las plantas de arroz, debido al drenaje del suelo en las primeras etapas del cultivo, lo que dificultó su control (Universidad de Filipinas 1975).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca “Santa Rita” ubicada en el municipio Páez del estado Portuguesa, durante la estación lluviosa de 2007. La finca Santa Rita ha sido sembrada con arroz bajo riego como monocultivo continuo por más de treinta años, se usa gran cantidad de insumos y alta tecnología.

La zona presenta una precipitación anual de 1.383 mm, temperatura media de 25,8 °C, con máxima y mínima de 31,7 °C y 22,2 °C, respectivamente. La radiación solar diaria promedio es 448 Cal/cm² (Estación meteorológica del INIA Araure).

En los suelos utilizados predominan los colores grises y amarillos (Tabla 1), característicos de dificultades de drenaje.

Tabla 1. Determinación del color de los horizontes de los suelos, en los perfiles mediante la tabla Munsell.

	Profundidad (cm)	Color
Mínimo laboreo	0-10	gris (10 YR 5/1)
	17-27	gris oscuro (10 YR 4/1)
	30-40	Amarillo pálido (10 YR 6/4)
Batido de barro	0-10	gris (10 YR 5/1)
	17-27	gris oscuro (10 YR 4/1)
	30-40	pálido (10 YR 6/3)

En la Tabla 2 se observa que aunque se trata de suelos cultivados intensivamente (2,3 cosechas por año), debido al elevado agregado de

Tabla 2. Análisis químico y físico del suelo de la finca Santa Rita.

Tratamientos	Batido del barro			Sembradora		
	0-10	17-27	30-40	0-10	17-27	30-40
Profundidad (cm)	0-10	17-27	30-40	0-10	17-27	30-40
MO (%)	3,75	2,68	1	4	2,1	1,75
Fósforo (Mg/kg)	183	142	92	166	150	100
Potasio (Mg/kg)	120	120	90	130	100	70
pH	6,1	7	7,2	6,5	7,4	7,4
CE (dS/m)	0,76	0,31	0,55	0,76	1,4	1,4
Textura	AL/FAL	AL	A/AL	AL	AL	A/AL
% a	12,5	10	5	17	10	10
% L	47,5	45	40	40,5	42,5	40
% A	40	45	55	42,5	47,5	50
Da (Mg/m ³)	1,12	1,62	1,67	1,16	1,63	1,65

a: arena, L: limo, A: arcilla, F: franco, Da: Densidad aparente, MO: Materia orgánica, CE: Conductividad eléctrica.

fertilizantes químicos, tienen fertilidad media a alta. Las fracciones finas (limo y arcilla) constituyen aproximadamente 90 % de la textura en los horizontes bajo estudio. La densidad aparente es alta y aumenta en profundidad.

Los muestreos se realizaron en dos parcelas comerciales de arroz, en las que se aplicaron los tratamientos de labranza: 1) siembra bajo el método de mínimo laboreo. Sobre suelo seco se utilizó una sembradora marca Vence Tudo modelo TSM 22000, se utilizaron 100 kg semilla seca/ha, la profundidad de siembra fue de 2-3 cm. Las hileras estaban separadas 17 cm. El ancho de siembra fue 3,60 m. Se sembró el 9 de mayo de 2007, la emergencia de las plántulas ocurrió el 14 de mayo. 2) En otra parcela se preparó el suelo utilizando el método de batido del barro. Se aplicó un pase de rastra pesada (Big Rome) y tres pases de rastra liviana. Se inundó el terreno, se practicaron dos pases de Rotovador, se drenó el área y al día siguiente, 17 de mayo de 2007, se procedió a sembrar en suelo saturado. Mediante un avión agrícola se aplicaron 150 kg de semilla pregerminada/ha. En ambos lotes se utilizó la variedad Fedearroz 50.

En cada tratamiento se realizaron tres muestreos en los períodos vegetativo, reproductivo y de maduración del arroz. En cada muestreo se tomaron 10 muestras en 1 m² de terreno cada una. Las variables evaluadas fueron:

1. Durante el período vegetativo del arroz se midió: número de plantas por m² de suelo (NPM1), altura de planta (AP1) en cm, biomasa aérea (BIOM1) en kg materia

seca/m², número de macollos por planta (NMP1), altura del primer macollo (APM1) en cm y número de hojas del primer macollo (NHPM1).

2. Durante el período reproductivo del arroz se midió: número de plantas por m² (NPM2), altura de planta (AP2) y biomasa aérea (BIOM2).
3. Durante el período de maduración del arroz se midió: número de panículas por planta (NPP3), número de panículas por m² de suelo (NPam3), número de granos por panícula (NGP3) y peso de 100 granos (PG3) en g.

Para determinar las variables NPM1, AP1, BIOM1, NPM2, AP2, BIOM2 y NPam3, se utilizó un marco de hierro de 1 m² que se colocó sobre la siembra, en la información de las diez muestras se determinó la media, desviación estándar y el coeficiente de variación.

Para medir las variables NMP1, APM1, NHPM1, NPP3, NGP3 y PG3, se seleccionaron 4 plantas representativas en cada uno de los diez lugares de muestreo.

Para los análisis de los datos se utilizó la prueba T de Student al nivel de P=0,05.

Las determinaciones de tiempo del laboreo se realizaron durante la ejecución de preparación y siembra para cada uno de los métodos. Se midió el tiempo de duración de pases de rastra, rotovador y siembra, tanto aérea como con la sembradora de mínimo laboreo.

Durante el período de maduración, con base en los estándares internacionales establecidos por el Instituto Internacional de Investigaciones en Arroz (IRRI), se evaluó la incidencia y severidad de las enfermedades *Cercospora oryzae* y *Helminthosporium oryzae*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRIMER MUESTREO. Realizado a los 60 y 57 días después de la emergencia.

Número de plantas por metro cuadrado de terreno

En el batido de barro hubo 107 % más plantas que en mínimo laboreo (NPM1, Tabla 3). Se sembró 50 % más semillas.

Altura de planta

Debido a la menor competencia intraespecífica en el mínimo laboreo las plantas fueron en promedio 5,5 cm más altas (API, Tabla 3). A pesar de que la emergencia en el mínimo laboreo ocurrió 9 días después que en batido de barro.

Biomasa aérea

A pesar de las diferencias observadas en la densidad de siembra y en la emergencia, la producción de biomasa aérea (BIOM1, Tabla 3), no presentó diferencias significativas entre métodos. El mayor crecimiento de las plantas del mínimo laboreo permitió alcanzar similar BIOM1 a las del batido de barro. Las plantas obtenidas mediante el método de mínimo laboreo produjeron 148 % más biomasa aérea que las del batido del barro durante el período vegetativo del cultivo. Los elevados coeficientes de variación son característicos en este tipo de variables (Van

Keulen, citado por Álvarez 2002).

Número de macollos por planta

En el mínimo laboreo hubo 37 % más macollos por planta que en el batido de barro (NMP1, Tabla 3). Al disponer de mayor espacio, las plantas macollaron en la medida en que la competencia intraespecífica lo permitió.

Altura del primer macollo

Hubo diferencias ($P < 0,05$) en la altura del primer macollo (APM1, Tabla 3), los macollos producto del método de mínimo laboreo fueron 6 cm más altos que los del batido de barro.

Número de hojas del primer macollo

En el mínimo laboreo se obtuvo 11% más hojas por macollo que en el batido de barro (NHMP1, Tabla 3). Lo cual también explicó similar producción de biomasa observada en el primer muestreo.

La relación entre estas variables estudiadas explica la importancia del método de mínimo laboreo. Las plantas disponen de mayor espacio en el suelo (hay menos plantas por m^2), lo cual permite una mayor exploración de la parte aérea y las raíces de cada planta, de esta manera pueden absorber mayor cantidad de luz, agua y nutrientes, que genera mayor tasa de crecimiento.

En el mínimo laboreo se sembraron 50 kg/ha de semilla menos que en el batido del barro, lo que a un costo de 1,25 BsF/kg de semilla, significó un ahorro de 62,50 BsF/ha. Además el costo de preparación y siembra mediante mínimo laboreo fue 556,00 BsF/ha y en el batido del barro fue 804,00 BsF/ha, que resultó en ahorro de 248,00 BsF/ha (30,85%) y una disminución en el tiempo de preparación del suelo y la siembra de 37,06%.

Tabla 3. Variables evaluadas durante el período vegetativo del arroz.

	NPM1	API (cm)	BIOM1 (kg MS/ha)	NMP1	APM1 (cm)	NHMP1
Mínimo laboreo	250,50	69,50	778,40	3,78	66,63	7,60
Batido del barro	517,90	63,50	648,30	2,75	60,58	6,80
Significancia	**	*	ns	**	*	*
CV (%)	13,23	9,18	35,65	23,66	10,66	10,07

*: ($P < 0,05$). **: ($P < 0,01$). ns: ($P > 0,05$). CV: coeficiente de variación. NPM1: número de plantas de arroz por m^2 de suelo; API: altura de planta; BIOM1: biomasa aérea; NMP1: número de macollos por planta; APM1: altura del primer macollo; NHMP1: número de hojas del primer macollo.

SEGUNDO MUESTREO. Realizado entre los 102 y 99 días después de la siembra.

Número de plantas por metro cuadrado

En el segundo muestreo hubo reducción en el número de plantas por m² (NPM2, Tabla 4). En el primero se tenían 250,5 plantas/m² en el mínimo laboreo y en el segundo 197,5 plantas por m², la reducción fue 21,1%. En el método de batido de barro había 517,9 plantas por m² en el primer muestreo y 264 en el segundo, la reducción fue 49%. Esto indica que con un menor número de semillas por hectárea sembrada puede lograrse una menor reducción en el número de plantas por m² durante el período vegetativo, debido a competencia intraespecífica, de acuerdo con lo encontrado por Álvarez (2002).

Tabla 4. Variables evaluadas durante el período reproductivo del arroz.

Tratamiento	NPM2	AP2 (cm)	BIOM2 (g MS/m ²)
Mínimo laboreo	197,50	120,10	1.723,72
Batido del barro	264,00	109,60	1.909,77
Significancia	*	**	ns
CV (%)	20,50	3,27	26,26

NPM2: número de plantas por m²; AP2: altura de planta; BIOM2: biomasa aérea; CV: coeficiente de variación.

Altura de planta

En el mínimo laboreo las plantas fueron 10,5 cm más altas (AP2, Tabla 4). Para el primer muestreo, se notó una diferencia de 5,5 cm a favor del mínimo laboreo. Después de 40 días, este incremento se duplicó (10,5 cm), debido a una menor población y mejor distribución de las plantas por m² de suelo, lo cual permitió un mayor crecimiento.

Estos resultados confirman los obtenidos por Peña *et al.* (1996), en los que encontraron diferencias significativas en la altura de planta de arroz a cosecha, en el batido de barro fue 61,8 cm y en el mínimo laboreo 87,5 cm.

Biomasa aérea

A pesar de las diferencias observadas en la densidad de siembra y en las fechas de emergencia, la producción de biomasa aérea (BIOM2, Tabla 4) no presentó diferencias significativas entre

métodos, tal como ocurrió en el primer muestreo. El mayor crecimiento de las plantas del mínimo laboreo permitió alcanzar igual BIOM2 a las del batido de barro. Una planta en el mínimo laboreo produjo 20% más biomasa aérea en este período de desarrollo del cultivo.

TERCER MUESTREO. Realizado a los 120 y 117 días después de la siembra, período de maduración o de llenado del grano.

Número de panículas por planta

Las plantas sembradas mediante mínimo laboreo produjeron 30 % más panículas (NPP3, Tabla 5).

El menor número de plantas por m² permitió su mejor distribución y aprovechamiento por las raíces en el suelo, mayor absorción de nutrientes y producción de mayor cantidad de macollos o panículas por planta.

Número de panículas por metro cuadrado

A pesar del mayor número de plantas de arroz por m² en el batido, no hubo diferencias significativas (P>0,05) en número de panículas por m² (NPAM3, Tabla 5), debido a que en mínimo laboreo las plantas originaron mayor número de macollos productivos o panículas por planta. Esto se debió principalmente a la relación entre un menor número de plantas por m² y la mayor cantidad de panículas por planta.

Tabla 5. Variables evaluadas durante el período de maduración o llenado del grano de arroz.

Tratamientos	NPP3	NPAM3	NGP3	PG3 (g)
Mínimo laboreo	3,02	590,63	128,97	3,30
Batido del barro	2,325	589,98	102,08	3,35
Significancia	*	ns	**	ns
CV (%)	25,08	28,70	10,78	3,19

*: (P<0,05); **: (P<0,01); ns: (P>0,05); CV: coeficiente de variación; NPP3= número de panículas por planta; NPAM3= número de panículas por m² de suelo; NGP3= número de granos por panícula; PG3= peso de 100 granos.

Número de granos por panícula

Hubo mayor número de granos por panícula (Tabla 5) en el mínimo laboreo. Las panículas producidas por planta sembrada tuvieron 26% más granos.

Peso de 100 granos

No hubo diferencias ($P>0,05$) en el peso de grano de arroz (Tabla 5). Se sembró la misma variedad, cuyos pesos presentan poca variación. Peña *et al.* (1996) tampoco encontraron diferencias para esta variable entre sistemas de labranza.

Rendimiento en grano

En la Tabla 6 se observa que al multiplicar los valores medidos del número de panículas/m² de terreno (NPam3) por el número de granos por panícula (NGP3) y por el peso de los granos (PG3), se obtiene un rendimiento en grano estimado 13 % superior en el tratamiento de mínimo laboreo con respecto al batido del barro, debido fundamentalmente al número de granos por panícula; de acuerdo con lo informado por Peña *et al.* (1996).

A nivel comercial, en el lote sembrado mediante mínimo laboreo se obtuvo un rendimiento 29 % superior (6.400 kg grano/ha) que en el batido del barro (4.515 kg grano/ha). De

igual manera, Salazar *et al.* (2002) obtuvieron mayor rendimiento de arroz (5.790 kg grano/ha) con labranza mínima, en comparación con labranza convencional (5.487 kg grano/ha). La labranza mínima se presenta como alternativa de menor impacto sobre el recurso suelo, más económica y efectiva en el control de malezas.

Duración y costos de las labores de preparación del suelo y siembra.

En la Tabla 7 se muestra la duración de cada una de las labores efectuadas para la preparación del suelo y siembra. La preparación del suelo y siembra en el sistema de mínimo laboreo duró 37,06 % menos que en el batido del barro.

Relación Costo / Beneficio

Se indican los costos de producción de arroz según información proporcionada por la gerencia de la Arrocería Santa Rita para la estación lluviosa 2007 (Tabla 8).

El costo de producción en el mínimo laboreo fue 4,27 % menor que en el batido del barro. El

Tabla 6. Estimación del rendimiento en grano de arroz.

Método	NPam3	NGP3	PG3 (g/100semillas)	Rendimiento estimado (kg/ha)	%
Mínimo laboreo	590,6	128,90	3,30	22.838,50	100
Batido de barro	589,9	102,08	3,35	19.871,61	87

NPam3= número de panículas por m² de suelo; NGP3= número de granos por panícula; PG3= peso de granos.

Tabla 7. Duración de las labores de preparación del suelo y siembra en los dos métodos bajo estudio.

Método	Preparación horas/ha	Siembra horas/ha	Total horas/ha	%
Mínimo laboreo	3,86	1,62	5,48	62,94
Batido del barro	8,65	0,06	8,71	100,00
Diferencias			3,23	37,06

Tabla 8. Costos de producción de arroz en los métodos bajo estudio.

Actividad	Mínimo Laboreo		Batido del barro	
	BsF/ha	%	BsF/ha	%
Preparación del suelo	390	17	580	24
Siembra	196	9	249	10
Fertilización	511	22	511	21
Riego	150	7	150	6
Control de malezas	310	14	310	14
Control de insectos	22	1	22	1
Control de enfermedades	153	7	153	6
Control de vertebrados	74	3	74	3
Cosecha y transporte	480	20	339	15
Costo Total	2.286	100	2.388	100

costo de preparación del suelo y siembra fue 243 BsF/ha menor en el mínimo laboreo, 29,31% menos que en el batido del barro.

De acuerdo con los inferiores costos de producción y los mayores rendimientos en grano, la relación costo / beneficio fue 75 % menor en el mínimo laboreo (Tabla 9). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Peña *et al.* (1996) y Vivas (2002) en los Llanos Venezolanos, y Da Silva (1995) en Brasil.

Tabla 9. Relación costo / beneficio, según método de preparación del suelo y siembra de arroz.

	Mínimo laboreo	Batido del barro
Ingreso bruto (0,63 BsF/kg de grano)	4.032	2.844
Beneficio (BsF/ha)	1.746	456
Costo / Beneficio	1,31 / 1	5,24 / 1

Crecimiento radical

En mínimo laboreo las raíces penetraron 11 cm más que en batido de barro (Tabla 10). En ambos métodos el 80-90 % de las raíces se concentraron en los primeros 7 cm del suelo.

Tabla 10. Distribución del sistema radical de plantas de arroz en el suelo a la cosecha.

Mínimo Laboreo		Batido del barro	
Profundidad (cm)	Densidad radical (%)	Profundidad (cm)	Densidad radical (%)
0 - 7	80,0	0 - 6	90,0
7 - 17	15,0	6 - 10	8,0
17 - 28	4,5	10 - 36	2,0
28 - 47	0,5		

El número elevado de pases de rastras pesadas y livianas, además del rotovador, para desterronar y mullir el suelo, provocó la destrucción de los agregados y la conformación del llamado pie o piso de arado, lo que creó limitaciones para el crecimiento de las raíces.

Incidencia de enfermedades

La incidencia y severidad de las enfermedades *Cercospora oryzae* y *Helminthosporium oryzae* fue 22 % superior en el batido del barro (Tabla 11).

Tabla 11. Incidencia y severidad de enfermedades foliares en el cultivo de arroz.

N° de muestra	Método			
	Mínimo Laboreo		Batido de Barro	
1	1	1	7	1
2	3	1	3	3
3	3	3	5	3
4	1	3	5	5
5	3	0	3	5
6	3	1	3	7
7	3	1	3	7
Medias	2,43	1,43	4,14	4,43

Escala: 10: máxima incidencia y severidad; 0: no hay signos de las enfermedades.

CONCLUSIONES

El método de preparación del suelo y siembra mediante mínimo laboreo fue superior en producción, rentabilidad y sostenibilidad con respecto al fangueo o batido del barro.

El costo total de producción fue 4,27 % menor en el mínimo laboreo. La relación costo/beneficio fue 75 % menor que en el batido del barro.

El mínimo laboreo fue más rápido, hubo ahorro en la duración de las labores de preparación del suelo y siembra de 37,06 % con respecto al batido del barro.

En el período vegetativo del arroz, en el batido del barro hubo más plantas por m² que en mínimo laboreo, pero no hubo diferencias significativas en la producción de biomasa aérea/m², cada planta producida en el mínimo laboreo produjo más biomasa aérea. El mínimo laboreo generó plantas más altas, más macollos por planta y más hojas por macollo. En la etapa de maduración cada planta del mínimo laboreo produjo más panículas. En el rendimiento en grano fue decisivo el mayor número de granos por panícula del mínimo laboreo. El rendimiento en grano fue 13,06 % superior en el mínimo laboreo.

Un 80-90 % de las raíces de las plantas de arroz se concentraron en los primeros 6-7 cm del suelo, pero en el mínimo laboreo profundizaron más el suelo.

En el batido del barro hubo mayor incidencia y severidad de enfermedades fungosas que atacan el follaje del arroz, producidas por *Cercospora oryzae* y *Helminthosporium oryzae*.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro agradecimiento por su colaboración en la realización de este trabajo al Sr. Gino Saladino, propietario de la Arrocería Santa Rita, Payara, estado Portuguesa, a su gerente, el Ing. Agr. Juan Carlos Garrido y a la encargada del Laboratorio de análisis de grano y semilla de arroz.

REFERENCIAS

- Álvarez, L. 1997. Producción de arroz de los Llanos Occidentales de Venezuela. Editorial UNELLEZ. Barinas. 246 p.
- Álvarez, L. 2002. Optimización de la fertilización nitrogenada y del manejo del agua de riego en la producción de arroz, mediante el modelo de simulación CERES-rice. Tesis Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 243 p.
- Da Silva, J. 1995. Sistema plantio direto em arroz irrigado: limitacoes e alternativas. Revista Plantio Direto. Disponible en <http://www.embrapa.com/revistaplantiodireto.htm>.
- FAO. 1992. Manual de sistemas de labranza para América Latina. Roma. 66 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2004. El cultivo del arroz en Venezuela. Ed. Alfredo Romero. Maracay. 202 p.
- Peña, J., Velásquez, L., Araujo, D. y Pieruzzini, N. 1996. Evaluación de la siembra directa en el cultivo del arroz. En XIV Congreso Venezolano Ciencia del suelo. Trujillo, Venezuela. Versión electrónica.
- Salazar, M., Marín, C. y Navas, M. 2002. Efectos del sistema de labranza en el comportamiento de cuatro variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado Barinas, Venezuela. Rev. Fac. Agron. 19(3):194-200.
- Universidad de Filipinas. 1975. Cultivo del arroz. Manual de producción. Editorial LIMUSA. Trad. Por Agustín Contin. México. 426 p.
- Vivas, V. 2002. Plan estratégico de mercadeo para introducir la siembra directa en arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego en Las Majaguas, Edo. Portuguesa. Trabajo de Ascenso. UNELLEZ. San Carlos. 134p.