

ESTUDIO DE LABRANZA MINIMA Y CONVENCIONAL EN ARROZ DE SECANO EN ALANJE, CHIRIQUI, PANAMA. 1/

Adela Sánchez R.*
Washington Bejarano**

RESUMEN

Se plantea bajo la hipótesis de que al laborar el suelo, algunas de sus características físico-químicas sufren cambios que pueden estar relacionados con el desarrollo y rendimiento de los cultivos. Durante 1983 se realizó en el Sub-centro Experimental de Alanje, del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), un estudio comparativo de los métodos de labranza convencional y mínima labranza en arroz de secano con tres métodos de combate de insectos: Sin combate, combate al suelo y combate al follaje. Para tal efecto, en las fases más importantes de crecimiento del cultivo y a diferentes profundidades, se midió la resistencia del suelo a la penetrabilidad, la humedad aprovechable, y se tomaron muestras de suelo para determinar la densidad aparente, el contenido de agua y la disponibilidad de nutrimentos. Los resultados demostraron que no existe diferencia significativa en las variables estudiadas cuando el suelo es preparado con cuatro pases de rastra o con el uso de un solo pase de rastra para cubrir la semilla, a excepción de la penetrabilidad que fue mayor en el suelo no laborado. Dentro de los dos sistemas de labranza, el método de combate de insectos, la época y profundidad de muestreo ocasionaron diferencias significativas en los valores de estas variables. Sin embargo, debido al comportamiento semejante del suelo en los dos métodos de labranza condujo a la obtención de rendimientos estadísticamente similares.

1/ Trabajo extractado de la Tesis de grado de Lic. en Ing. Agr., del primer autor.

* Ing. Agr., Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

** Edafólogo, Técnico Residente de CATIE 1980-1986. Acuerdo IDIAP/CATIE. Panamá.

INTRODUCCION

Los estudios llevados a cabo en los trópicos sobre sistemas de labranza que tiendan a reducir la preparación físico-mecánica del suelo, señalan las ventajas que representa la mínima labranza en comparación con la labranza convencional. Los aspectos de mayor énfasis son la conservación del suelo y el mantenimiento de sus condiciones físico-químicas, además de otros efectos benéficos que permiten obtener rendimientos más estables.

En este sentido, el presente estudio permitió evaluar la posibilidad de cultivar arroz de secano en terreno con una mínima labranza en comparación con la labranza convencional, midiendo el comportamiento de algunas características físicas y químicas del suelo y el rendimiento en ambos sistemas de labranza.

REVISION DE LITERATURA

La práctica de arar el suelo ha creado problemas de magnitudes desastrosas, debido principalmente a la erosión hidrológica, a la compactación del suelo, a la contaminación ambiental y al gasto excesivo de energía con el uso de maquinarias. Estos y muchos otros problemas han influido hoy para considerar la cero y mínima labranza como prácticas de tipo moderno y avanzadas científicamente (Saunders y Shenk, 1979).

El laboreo mínimo es la práctica de reducir drásticamente la preparación físico-mecánica del suelo para sembrar un cultivo (Gavande, 1976), que permite mantener una cobertura o mantillo de residuos de cultivos y malas hierbas, lo

que le confiere diversos beneficios (Fenster, 1971). Los beneficios que aporta son muchos, entre ellos la conservación del suelo al reducir la erosión y el escurrimiento superficial (Baver y Col., 1975; Fenster, 1971; Gavande, 1976; Phillips y Col., 1980) favoreciendo de esta manera la infiltración del agua, ya que reduce las pérdidas de agua por evaporación, conserva la humedad al incrementar la retención de agua (Blevins y Col, 1971; Griffith, Manning y Moldenhauder, 1977; Koon, Hendrick y Hermanson, 1970), reduce la compactación causada por el tráfico de maquinarias, así como las oscilaciones entre temperatura diurna y nocturna del suelo (Lal, 1974; Phillips y Col., 1980). Además aumenta el contenido de materia orgánica y el intercambio catiónico (Allison, 1973; Lal, 1974), ayuda a mantener niveles óptimos de nutrimentos disponibles como nitrógeno y fósforo; además, la humedad adicional de la superficie redundará en un mayor desarrollo radicular lateral y superficial, lo que hace que se aproveche mejor los fertilizantes (Griffith, Manning y Moldenhauder, 1977; Lal, 1974).

MATERIALES Y METODOS

1. Lugar del ensayo

El presente estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental de Alanje, ubicado entre los 8°15' de latitud Norte y 82°46' de longitud Oeste a una altura de 23 msnm, con una precipitación promedio anual de 2,400 mm, una temperatura media anual de 27°C y una humedad relativa de 70%.

Los suelos pertenecen a la familia Typic Hapludolls, franco-limoso, isohypertérmico.

2. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro réplicas con arreglo factorial 2 x 3. Se estudiaron dos tipos de labranza del suelo y tres niveles de combate de insectos.

3. Tratamientos

a) Método de labranza

- Labranza Convencional (L.C): Consistió en cuatro pases de rastra a intervalos de una semana, dados con "rototiller".

- Labranza Mínima (L.M.): Se aplicó el herbicida Roundup (glifosato) al terreno, y luego se dió un pase de rastra al momento de la siembra.

b) Combate de insectos

- Sin combate: No se aplicó insecticida.

- Combate al suelo: a base de Volaton (phoxim), 2 kg de i.a./ha al momento de la siembra, aplicado al voleo.

- Combate al follaje: Se aplicó Belmark 10% (fenvalerate) a razón de 0.5 lt/ha de p.c. a los 22 DDS ^{1/}; Ambush 50 c.e. (permetrina) a razón de 0.15 lt/ha de p.c. a los 52 DDS y Diazinon a razón de 1.25 lt/ha de p.c. a los 86 y 103 DDS.

1/ DDS: Días después de siembra.

4. Condiciones físico-químicas del suelo

Las variables que se indican a continuación se evaluaron en las etapas de siembra, macollamiento (32 DDS), inicio del primordio floral (66 DDS), floración (86 DDS) y cosecha del cultivo (120 DDS).

a) Densidad aparente y contenido de agua del suelo.

El procedimiento empleado para medir estas dos variables en el campo y el cálculo posterior para su evaluación es descrito por Gavande (1976). Se muestreó en dos lugares escogidos al azar dentro de cada parcela experimental, a 10 y 20 cm de profundidad.

b) Penetrabilidad

En los lugares de donde se extrajeron las muestras de suelo para medir las variables anteriores, se tomaron 10 lecturas de penetrabilidad a las profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm, respectivamente, usando un penetrómetro cuya escala está dada en libras por pulgada cuadrada.

c) Humedad aprovechable

Para el efecto, se instalaron en cada parcela y en dos lugares al azar, bloques de resistencia eléctrica de Bouyoucos, a 10 y 20 cm de profundidad. El método usado es descrito por Gavande (1976).

d) Nutrientes del suelo

Para medir el comportamiento de los nutrientes del suelo, se tomaron muestras con barreno a profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm, respectivamente. En el análisis se determinaron los contenidos de P, K, Ca, Mg y materia orgánica.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Resistencia del suelo a la penetrabilidad

En el Cuadro 1, se observa que los datos promedios de penetrabilidad son estadísticamente diferentes a los dos tipos de labranza, existiendo una mayor resistencia a la penetración en el suelo con labranza mínima (2.05 lb/pulg^2). Esto es natural dadas las condiciones de no disturbación de este suelo.

Dentro de cada tipo de labranza los valores de penetrabilidad por efecto de la profundidad de muestreo fueron significativamente diferentes, es decir, al aumentar la profundidad aumentó la resistencia a la penetrabilidad.

Hubo una menor resistencia a la penetración cuando no se combatieron los insectos bajo ambos manejos del suelo. Esto quizás se deba a que ciertos organismos y minadores del suelo producen galerías en el mismo, lo cual favorece la penetrabilidad.

No hubo mayor variación en la penetrabilidad en relación con la época de muestreo, a excepción del dato correspondiente a época de floración de 1.68 lb/pulg^2 con labranza mínima y de 1.50 lb/pulg^2 con labranza convencional, que comparados con los otros valores resultaron inferiores. Probablemente, esto se debe a que en esa época, el suelo estuvo prácticamente saturado de agua lo que favoreció la penetrabilidad.

El análisis de varianza confirmó las consideraciones anteriores, pues se encontraron valores altamente significativos entre métodos de labranza, y dentro de cada uno de los tipos de labranza para combate de insectos, profundidad y época de muestreo.

Cuadro 1. Valores promedios de las variables físicas del suelo debido al efecto de labranza, combate de insectos, profundidad y época de muestreo.

	Variables					
	Densidad aparente, g/cm ³		Contenido de agua, %		Penetrabilidad, lb/pulg ²	
Tipo de Labranza	L.M. ^{1/}	L.C. ^{2/}	L.M.	L.C.	L.M.	L.C.
	0.735	0.734	46.44	46.29	2.05	1.93
<u>Combate de insectos</u>						
Sin combate	0.701	0.730	47.73	46.55	1.99	1.87
Combate al suelo	0.750	0.740	46.64	44.88	2.05	1.92
Combate al follaje	0.755	0.732	44.94	47.45	2.11	2.00
<u>Profundidad</u>						
0 - 5 cm	-	-	-	-	1.45	1.24
5 - 10 cm	0.771	0.761	44.97	45.05	2.21	2.07
10 - 20 cm	0.699	0.707	47.91	47.54	2.51	2.48
<u>Epoca de muestreo</u>						
Siembra	0.665	0.644	47.50	46.68	2.09	2.08
Micollamiento	0.713	0.735	43.67	43.35	2.27	2.11
Inicio primordio floral	0.801	0.801	44.82	45.28	2.00	1.79
Floración	0.762	0.756	47.75	49.72	1.68	1.50
Cosecha	-	-	-	-	2.24	2.17

1/ L.M. Labranza Mínima

2/ L.C. Labranza Convencional

En general, los valores de penetrabilidad aunque fueron diferentes en algunos casos, en ningún momento constituyeron una limitante a la penetración de las raíces, pues no llegaron en ninguno de los métodos de labranza a valores críticos (4 lb/pulg² o más) que impiden la emergencia de plántulas y la elongación radicular (Baver y Col., 1975).

2. Densidad aparente del suelo

En el Cuadro 1 se presentan los promedios para la densidad aparente del suelo. Como se observa, no hubo diferencias entre los dos tipos de labranza del suelo. Esta varió en el combate de insectos, época y profundidad de muestreo, siendo las diferencias altamente significativas dentro de los métodos de labranza.

Los valores obtenidos indican que el suelo en que se realizó el estudio es bastante poroso, pues su densidad no llega a valores de uno (1 g/cm³), aún a profundidades de 10 a 20 cm, lo que indica que son suelos con alto contenido de materia orgánica (8 a 11%) y que en cualquier caso se prestan adecuadamente para cultivar arroz sin laboreo.

3. Contenido de humedad del suelo

Al comparar los métodos de labranza en cuanto al contenido de humedad del suelo (Cuadro 1), se observó que el suelo, en ambos casos tiene en promedio igual capacidad de absorción de agua.

Dentro de los métodos de labranza, hubo efectos de la profundidad sobre esta variable; a mayor profundidad, mayor fue el contenido de humedad en el suelo. Esto se debe a la mayor infiltración de agua a través del suelo.

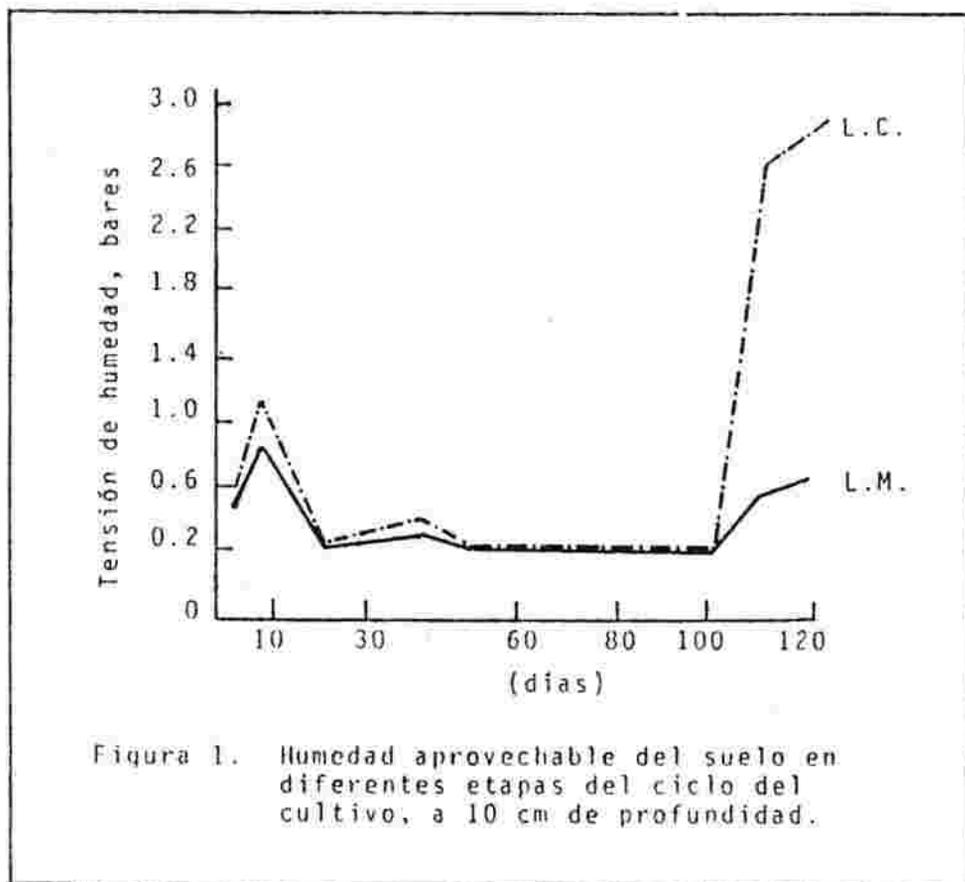
Cuando no se combatieron los insectos, el contenido de agua fue superior, debido quizás a que los insectos actúan más en la superficie del suelo dando lugar a la formación de espacios porosos que son ocupados por el agua.

Las variaciones dentro de métodos, en contenido de humedad por efecto de la época de muestreo, obedecen a que la precipitación varía en cantidad con el tiempo, pues hubo mayor cantidad de lluvia durante las épocas de siembra y floración.

El análisis estadístico de estos datos reveló que las diferencias numéricas antes mencionadas llegan a ser significativas por efecto del combate de insectos, profundidad y época de muestreo dentro de cada método de labranza. Cabe mencionar que el contenido de humedad entre métodos de labranza fue bastante similar, de lo cual se deduce que no hay limitaciones de disponibilidad de agua para el cultivo en suelo no laborado si se compara con el suelo laborado.

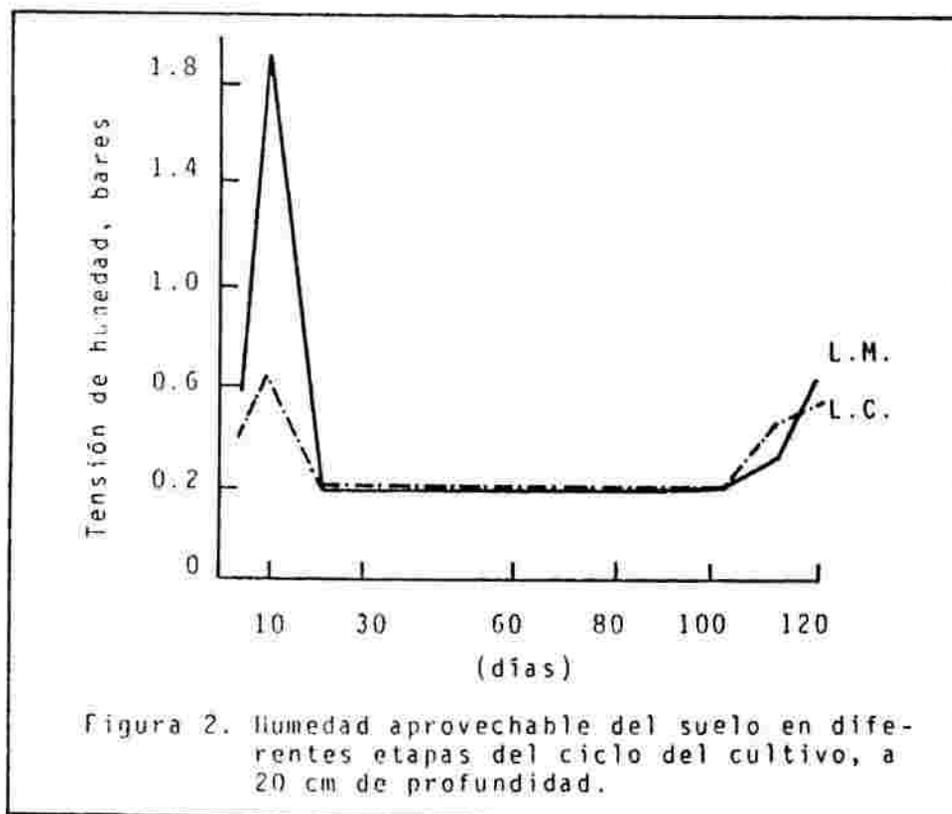
4. Humedad aprovechable

En la Figura 1 se observa que no existió en ningún momento del ciclo del cultivo, deficiencia de humedad en el suelo en los métodos de labranza a 10 cm de profundidad, por cuanto los valores de tensión de la misma estuvieron alrededor de 0.2 bares, es decir, el suelo permaneció en un estado de capacidad de campo. Aproximadamente a los 105 DDS se detuvo la precipitación, coincidiendo ésto con la época de maduración del cultivo. El agua aprovechable disminuyó considerablemente en el suelo laborando, observándose valores de hasta tres bares a los 110 días. En este caso, la pérdida de agua por evapotranspiración fue mucho más rápida en suelo preparado que en suelo no laborado.



En la Figura 2, se observa una ligera disminución de aproximadamente 1.4 bares a los 10 días después de la siembra en suelo no laborado. Esto indica que la precipitación no fue suficiente como para penetrar hasta 20 cm de profundidad y mantener el suelo a capacidad de campo. No se puede decir que el cultivo en suelo no laborado, dada la tensión de dos bares aproximadamente, haya sufrido de sequía. De allí en adelante hasta la cosecha, en ambos métodos de labranza el suelo se mantuvo en estado de saturación.

Las curvas presentadas en la Figura 1 y 2 demuestran una vez más que no existió diferencias en la humedad disponible o aprovechable para el cultivo, cuando el suelo fue laborado o no. En resumen, el método de labranza no afectó



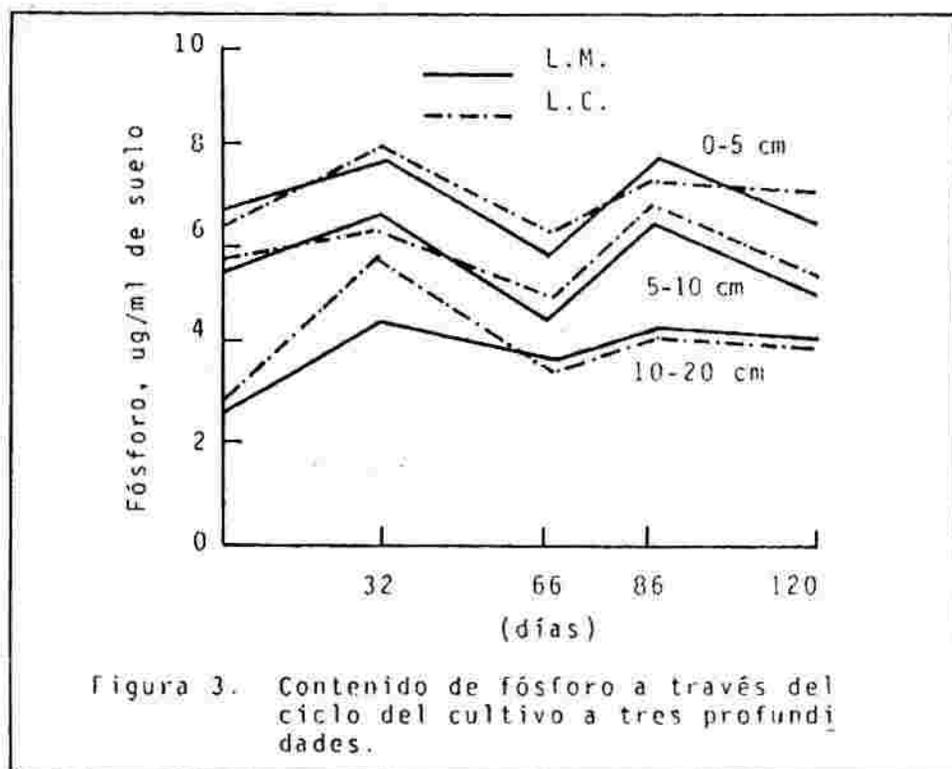
la disponibilidad de agua para el cultivo y se obtuvieron resultados similares en el rendimiento.

5. Dinámica de los nutrimentos del suelo

Se observó el comportamiento de los nutrimentos del suelo en ambos métodos de labranza, puesto que de ello depende en gran medida la capacidad de rendimiento del cultivo.

5.1. Fósforo (P)

El contenido de fósforo considerado bajo $\frac{1}{2}$, varió entre 2.0 y 6.5 $\mu\text{g/ml}$ de suelo al inicio del cultivo (Fig.3). Este contenido se incrementó a partir del inicio del cultivo hasta la época de macollamiento, debido a que la fertilización inicial contribuyó a elevar el nivel de fósforo en el suelo, y a que en esta fase la absorción del elemento es



mínima. A partir de la etapa de macollamiento hasta el inicio de primordio floral, hubo una disminución, que obedece a un período de intensa absorción por el cultivo. De los 66 días de edad hasta la floración se produjo un nuevo incremento que se atribuye al poder de abastecimiento del suelo para balancear el nivel de fósforo asimilable.

El comportamiento de este nutrimento fue muy similar en ambos métodos de labranza con alguna diferencia con la profundidad. Es obvio que hubo mayor cantidad de fósforo a los 0-5 cm que a los 10-20 cm de profundidad.

1/ De acuerdo a la interpretación de los análisis de suelo hechos en el Laboratorio de Suelos, IDIAP, usando el método de Carolina del Norte.

Se puede observar que en todo momento las cantidades de fósforo en el suelo fueron bajas; sin embargo, fueron suficientes para el desarrollo normal del cultivo dados los requerimientos mínimos de arroz.

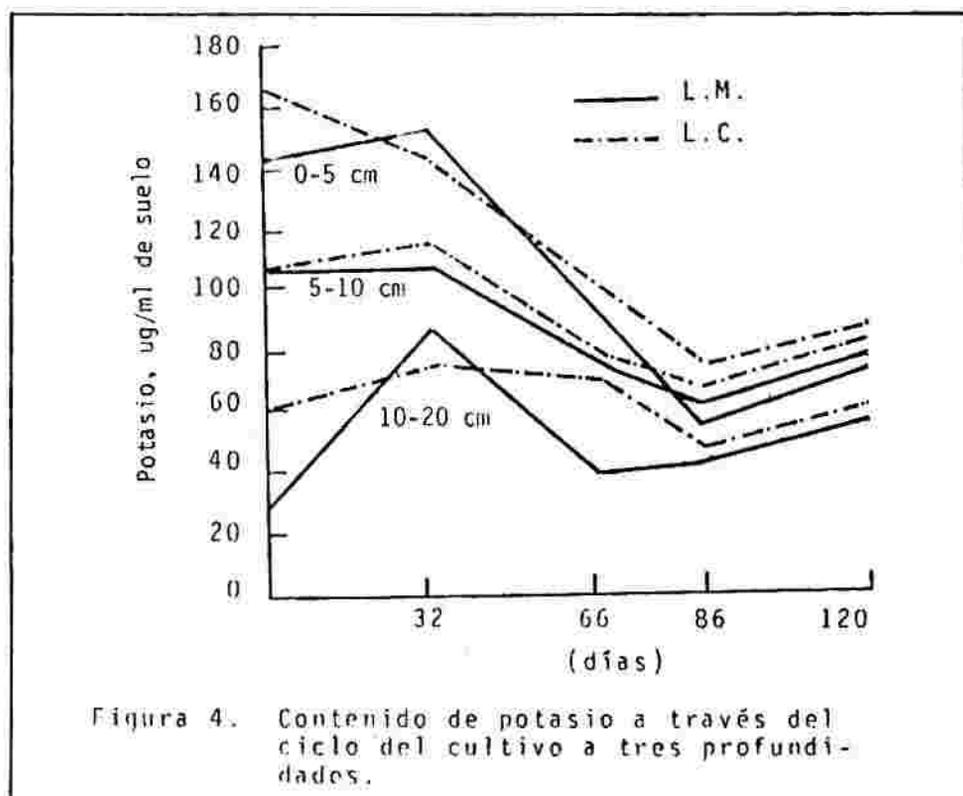


Figura 4. Contenido de potasio a través del ciclo del cultivo a tres profundidades.

5.2 Potasio (K)

Al inicio del cultivo, el contenido de este elemento en el suelo fue de mediano a alto, con cantidades que variaron entre 40 y 170 $\mu\text{g/ml}$ en ambos métodos de labranza (Fig.4).

El comportamiento del elemento en las diferentes épocas de desarrollo del cultivo fue bastante similar, en suelo laborado y no laborado. Del macollamiento hasta la época de floración, la absorción es bastante pronunciada, variando los niveles entre 45 y 75 $\mu\text{g/ml}$. De la floración a la época de cosecha hay un ligero incremento del elemento; este

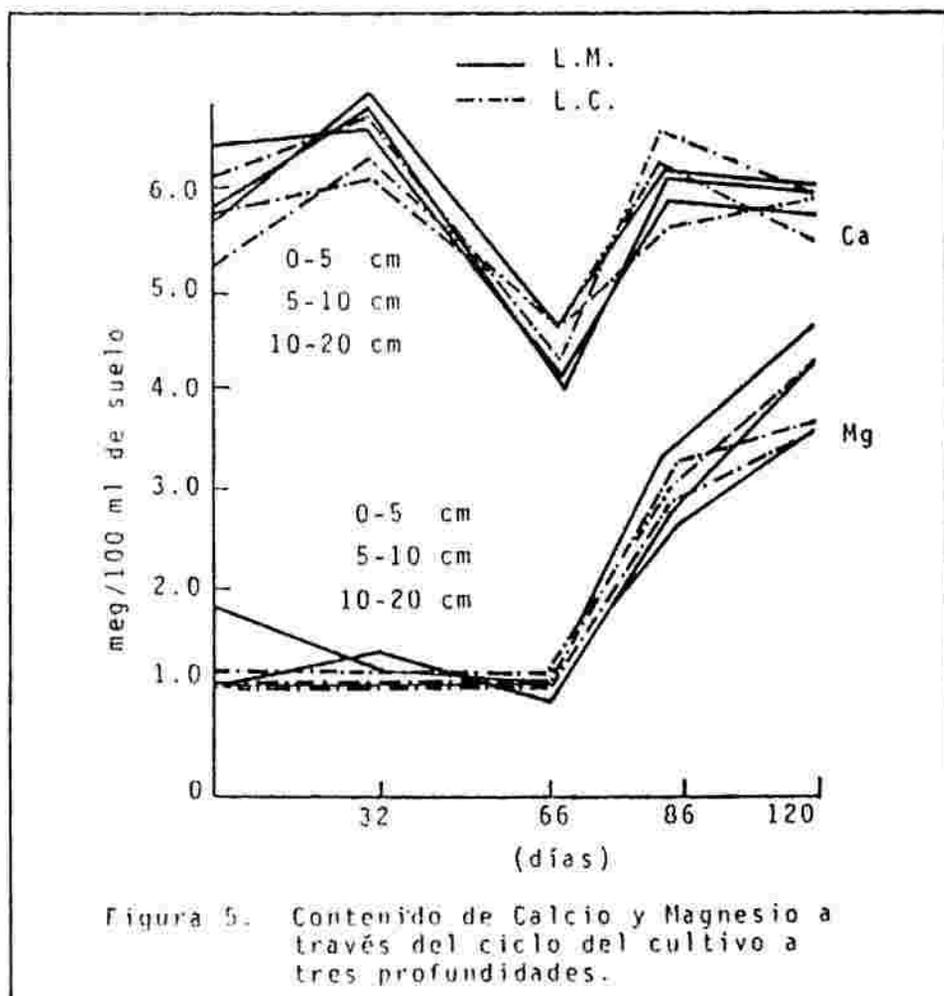
cambio se aduce a que el cultivo ha dejado de absorber potasio por una parte, y por otra a que el suelo tiende a equilibrar el potasio en solución, entregando potasio de la forma intercambiable.

5.3. Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)

En la Figura 5 se observa el comportamiento del calcio, a través del ciclo del cultivo. Hubo un período de alta absorción del elemento por el cultivo, desde el macollamiento hasta el inicio del primordio floral. A partir de la floración, al igual que en los otros elementos (P y K), se observó un incremento; se aducen iguales razones a las enunciadas anteriormente para justificar este incremento. Hay que anotar que las cantidades de calcio contenidas en el suelo, fueron suficientes a lo largo del ciclo. Aún en el punto de mayor depresión no llegó a ser crítico.

Con contenidos en el suelo de mediano a alto (1.0 - 4.5 $\mu\text{g/ml}$), la absorción del magnesio desde el inicio del cultivo hasta el inicio del primordio floral fue mínima (Fig.5), lo cual implica que las necesidades de Mg por el cultivo son mínimas. De los 66 días en adelante hubo un incremento notable en el contenido de magnesio en el suelo. Posiblemente, las raíces del mismo cultivo, en forma mecánica, y aún en forma química, al expedir exudados, propiciaron la desintegración de partículas del suelo que produjeron una entrega más fácil de cationes intercambiables de magnesio, desde los minerales hacia la solución del suelo.

Desde el punto de vista de nutrición mineral del arroz, en este estudio se observó que el comportamiento de los macronutrientes P, K, Ca y Mg, es muy similar en suelos que han sido laborados y en suelos no preparados, por lo que el cultivo de arroz se desarrolló también en forma similar.



6. Rendimientos

Al comparar los valores promedio de las propiedades físicas y químicas del suelo, y el rendimiento de los dos métodos de labranza del suelo (Cuadro 2), se aprecia una gran similitud entre estos valores. Estadísticamente no hubo diferencias excepto por penetrabilidad.

Esto sugiere que no se produjeron efectos de las variables estudiadas sobre el rendimiento, en ambos casos, cuando se labra el suelo o no, pues estadísticamente los rendimientos no fueron diferentes.

Cuadro 2. Valores promedios de las variables físicas y químicas del suelo y el rendimiento en los dos tipos de labranza de suelo.

Variables		Labranza	
		Mínima	Convencional
Densidad aparente,	g/cm ³	0.735	0.734
Contenido de agua,	%	46.440	46.270
Penetrabilidad,	lb/pulg ²	2.050*	1.930
Humedad aprovechable,	bares	0.309	0.297
Fósforo,	µg/ml	5.520	5.450
Potasio,	µg/ml	94.560	88.600
Calcio,	meq/100 ml	5.670	5.700
Magnesio,	meq/100 ml	2.150	2.190
Altura de plantas	m	0.820	0.800
Población/m lineal,		70.020	68.700
Panojas/m lineal,		67.040	69.700
Peso de 10 espigas,	kg	0.039	0.037
Rendimientos,	ton/ha	3.240	3.120

* Significativo al 5%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El comportamiento de las variables físicas y químicas del suelo y de los rendimientos, entre y dentro de los métodos de labranza estudiados, fue bastante similar a través del ciclo del cultivo.
2. Los resultados obtenidos demuestran que es factible cultivar arroz bajo labranza mínima del suelo.

3. Se recomienda el seguimiento de investigaciones que traten de establecer las relaciones de manejo del suelo con el cultivo en mínima labranza, a fin de generalizar sobre los efectos benéficos o perjudiciales que puedan presentarse.

ABSTRACT

In 1983, a trial was carried out at the Alanje Experiment Station of the Panamanian Agricultural Research Institute to determine what changes occur in the physico-chemical characteristics of the soil as a result of soil tillage and what effects this may have on yields of upland rice. Two tillage practices, conventional and minimum, were compared under three different insect controls: no control, soil pest control and foliar pest control. Soil penetrability and available water were determined at two depths during the most important crop growth phases, and samples were taken to determine nutrient availability, water content and bulk density. With the sole exception of soil penetrability which was greater under conventional tillage none of the variables measured were significantly changed by tillage method. Insect control type and date and depth of sampling produced significant differences in these variables. However, the similar behavior of the soil under both tillage methods resulted in there being no significant differences in yields.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLISON, F.E. Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier, Amsterdam, 1973. 637 p.
2. BAVER, L.D.; A. GARDNER y R. GARDNER. Física de Suelos. Unión Tipográfica. Editorial Hispanoamericana. México, UTEA, 1975. pp. 113-493.

3. BLEVINS, R.L. y Col. Influence of no tillage in soil moisture. *Agronomy Journal*. USA. 63:573-576. 1971.
4. FENSTER, C.R. Stubble mulching. En *Soil Conservation Society for farmers*. 1971. pp. 29-34.
5. GAVANDE, A.S. Física de Suelos, Principios y aplicaciones. México, LIMUSA, 1976. pp. 75-290.
6. GRIFFITH, D.R.; J.V. MANNING y W.C. MOLDENHAUER. Conservation tillage in the eastern Corn Belt. *Journal Soil and Water Conservation*. USA. 32:20-28. 1977.
7. KOON, J.L.; J.C. HENDRICK y R.E. HERMANSON. Some effects of surface cover geometry on infiltration rate. *Water Resources Research*. USA. 6:246-253. 1970.
8. LAL, R. Role of mulching techniques in tropical soil water and water management. IITA, Technical Bulletin. Ibandan, Nigeria (1):1-37. 1974.
9. PHILLIPS, S.E. y Col. No tillage agriculture. *Science*. USA. 208:1108-1113. 1980.
10. SAUNDERS, J.L. y SHENK, M.D. Relación entre el tipo de labranza y la incidencia de plagas en los sistemas de producción de pequeños agricultores. En *Memoria del Curso sobre Control Integrado de Plagas en Sistemas de Producción para Pequeños Agricultores*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1979. pp.113-117.