

COMPARACION DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA EN MAIZ*

Laureano Guerrero J.
Luis A. Restrepo H.**

1. INTRODUCCION

En el año 1776 Charles Alewbold diseñó y construyó el primer arado metálico patentado para operaciones de labranza de suelos, basado en la información técnica que se venía desarrollando desde los fenicios, 402 años a. de J.C. Desde esa época hasta la creación del tractor agrícola, al finalizar el siglo pasado, fue la más importante herramienta de trabajo.

La década del 50 marcó en los países desarrollados la época de oro de la mecanización, tanto por el número de máquinas e implementos, como por la iniciación de investigaciones en los aspectos propios de mecanización y fue en esta misma década cuando los países en desarrollo, entre ellos Colombia, adoptaron las tecnologías de mecanización e importaron los equipos agrícolas que aún hoy se utilizan y el sistema de uso que ellos conllevan.

Las técnicas de mecanización evolucionaron rápidamente en los países desarrollados hacia una reducción de labranza, buscando máximos rendimientos y eficiencia en la operación de equipos; este fenómeno no se presentó en Colombia en donde se continuó con los antiguos sistemas, llegando a consumos de energía superiores a 150 HP/hr/Ha en contraste con los 16-60 HP/hr/Ha, utilizados en los países desarrollados.

Siendo el objetivo principal de la labranza, el control de malezas, se usa simultáneamente esta operación con los herbicidas, con un resultado de aumento en los costos de producción. No se conoce el balance adecuado entre ambos insumos, maquinaria

para labranza y herbicidas, pero existe la necesidad inaplazable de investigar sobre ese aspecto para determinar el punto óptimo, técnico y económico.

La labranza de los suelos fomenta la erosión al dejar expuestas partículas constitutivas del mismo, al impacto del agua lluvia y al eliminar la vegetación y los residuos que reducen la velocidad del agua de escorrentía. En Colombia se pierden anualmente 426.000.000 toneladas de suelo por efecto de la erosión.

Desde el punto de vista de economía de costos y energía, de conservación de suelos y de fomento y desarrollo de técnicas mejoradas de producción tendientes a una mejor utilización de los recursos de agua y suelo, se justifican las investigaciones en reducción de operaciones de labranza.

Los objetivos del presente ensayo son:

- Estudio y comparación del efecto que sobre las propiedades físicas del suelo ejerce el sistema de labranza.
- Analizar y comparar el comportamiento del cultivo del maíz y su producción bajo diferentes sistemas de labranza.
- Comparar los costos entre tres sistemas de labranza.
- Observar el efecto de los sistemas de labranza sobre la población de malezas.

* Contribución del Programa de Maquinaria Agrícola de la División de Ingeniería Agrícola del ICA.

** Respectivamente: Ingeniero Agrónomo e Ingeniero Agrónomo, Director Nacional del Programa de Maquinaria Agrícola del ICA - Tibaitatá.

El trabajo original fue realizado por los Ingenieros Agrónomos José Fernando Restrepo y José Fernando Ocampo A. como Tesis de Grado. La Dirección estuvo a cargo del Ingeniero Agrónomo Luis Alfonso Restrepo H.

2. REVISION DE LITERATURA

Por un lapso suficientemente amplio, el sistema de labranza ha sido muy similar y las variaciones que ha tenido no han sido sustanciales por lo que se ha denominado sistema convencional de labranza (Puyana, 1973).

Hoy en día ese concepto de labranza está cambiando rápidamente con los nuevos procedimientos usados en la preparación del suelo y el mejoramiento de los herbicidas.

Según Phillips y Young (1973), las operaciones al realizarse en un sistema de labranza convencional son: una arada, una rastrillada con off-set, dos rastrilladas con tandem y una nivelada.

En la segunda mitad de este siglo se ha sentido la necesidad de disminuir las labores de labranza debido a los costos de producción y la necesidad de conservación del suelo. Al respecto Pérez *et al.* (1970) al referirse a la preparación de suelos afirman: "conviene tener presente la idea de que es preciso dar solamente el mínimo de pases necesarios. Con ello además de conseguir economía en la operación se evita la pulverización de la capa superior del suelo y la posible formación de costras".

Woodruf (1974), define la mínima labranza como la siembra y cuidado de un cultivo sin las labores convencionales dadas al suelo. Afirma que existen poderosas razones para que este sistema se popularice puesto que ahorra dinero, tiempo, agua y suelo a la vez que se obtienen buenas producciones.

En relación con la erosión Meyer (1961), anota que las pérdidas de suelo en el sistema de mínima labranza son muy inferiores a las causadas por la labranza convencional, especialmente en suelos pendientes.

Phillips y Young (1973) dentro de la clasificación de los sistemas de siembra más empleados en el mundo, establecen que el de siembra sin labranza es aquel en el que no se realiza ninguna preparación de suelos por medios mecánicos.

De acuerdo con Gill (1958), los sistemas de siembra sin labranza son buenos para aquellos suelos muy susceptibles a compactación en los que el uso de cualquier equipo agrícola produce incremento en los valores de resistencia a la penetración.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACION.

El presente trabajo se realizó para dos cosechas de maíz (Semestre A y B) en la Granja Montelindo de propiedad de la Universidad de Caldas, ubicada en el municipio de Palestina a 1.050 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 22,8°C y una precipitación media anual de 2.282.8 mm.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se utilizó un diseño de bloques al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones.

Tratamiento No. 1. Labranza convencional
1 arada + 2 rastrilladas

Tratamiento No. 2. Mínima labranza
2 rastrilladas

Tratamiento No. 3. Siembra sin labranza
Siembra directa

3.3. ESPECIFICACIONES DEL EXPERIMENTO:

SEMESTRE A

Semilla	H-207
Distancia entre surcos	80 cm.
Distancia entre plantas	17 cm.
Densidad de siembra	22.5 kg/Ha.
Area total por tratamiento	1.134 m ²
Area total por parcela	378 m ²

SEMESTRE B

Semilla	H-207
Distancia entre surcos	90 cm.
Distancia entre plantas	17 cm.
Densidad de siembra	22.5 kg/Ha
Area total por tratamiento	1.069.2 m ²
Area total por parcela	356.4 m ²

3.4. DATOS A TOMAR.

En el trabajo original se tomaron 16 diferentes tipos de datos así: once (11) en el cultivo, cuatro (4) en el suelo y costos por uso de maquinaria. En esta síntesis solo se tratarán cinco de ellos a saber:

- Altura de plantas a los 20, 40 y 60 días.
- Número promedio de mazorcas por planta.
- Producción en grano.
- Densidad aparente del suelo.
- Curvas de retención de humedad del suelo.

3.5. AGROQUIMICOS E IMPLEMENTOS UTILIZADOS:

En la Tabla 1 se ilustran los agroquímicos e implementos utilizados en el experimento.

TABLA 1. Agroquímicos utilizados durante el experimento.

Semestre	Producto	Dosis por Ha	Epoca de aplicación
A	Gramoxone Gesaprin combinado Dipterex 3% g.*	1,75 Lit. 2,00 kg 20,00 kg	Después de siembra Después de siembra 20 días después de siembra.
	Fertilizante 10-30-10	150,00 kg	Durante la siembra
B	Gramoxone Gesaprin combinado Lazo	1,75 Lit. 2,00 kg 1,00 Lit.	Después de siembra Después de siembra Después de siembra
	Fertilizante 10-30-10 Urea foliar al 1%	150,00 kg	Durante siembra 30 días después de siembra.

* Se aplicó solamente en el tratamiento convencional debido a que en este se presentó un ataque de cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

3.6. EQUIPOS E IMPLEMENTOS UTILIZADOS:

- Tractor agrícola.
- Guadaña de 1,50 m de ancho de corte.
- Arado integral de 3 discos de 26".
- Rastrillo offset 20 discos de 24" 80 libras/disco.
- Sembradora de dos surcos, convencional.
- Sembradora de dos surcos para siembra directa.
- Aspersora de 500 litros con aguilón de 7,50 m.
- Anillos infiltrómetros.
- Muestreadores de suelo para densidad aparente.
- Equipo de laboratorio para determinar densidad aparente y retención de humedad.

4. RESULTADOS

Corresponden a dos siembras del cultivo (Semestres A y B).

4.1. EN EL CULTIVO.

4.1.1. Altura de plantas: El desarrollo del cultivo presentó diferencias durante los primeros 20 días a favor de los tratamientos mínima labranza y siembra sin labranza, para el primer semestre, para el segundo no hubo diferencias entre tratamientos. Tablas 2 y 3.

TABLA 2. Promedio de altura de plantas (cm) a los 20 días para los dos semestres.

Semestre	Tratamientos	Repeticiones			Promedio
		I	II	III	
A	Convencional	13,12	14,38	13,44	13,64
	Mínima labranza	17,21	16,88	15,18	16,42
	Siembra directa	19,00	18,73	18,39	18,70
B	Convencional	31,26	36,86	37,73	35,28
	Mínima labranza	43,04	34,72	44,90	40,88
	Siembra directa	36,23	42,32	36,76	38,43

TABLA 3. Prueba de Duncan para altura de planta a los 20 días para los dos semestres.

Semestre	Repeticiones			Nivel de Significación
	I	II	III	
A	_____			1%
	_____			5%
B	_____			1%

A los 40 días se conservaron las diferencias ya mencionadas al nivel del 1%, para el primer cultivo y se presentaron diferencias para la segunda siembra entre el tratamiento No. 3, siembra sin labranza, y los demás tratamientos. Tablas 4 y 5.

A los 60 días no hubo diferencias significativas al nivel del 5% para ninguna de las dos siembras pero sí las hubo a nivel del 1%, para los dos cultivos, entre los tratamientos de mínima labranza y siembra sin labranza con el de labranza convencional. Tablas 6 y 7.

TABLA 4. Promedio de altura de plantas a los 40 días (cm).

Semestre	Tratamientos	Repeticiones			Promedio
		I	II	III	
A	Convencional	28,79	28,98	28,30	28,69
	Mínima labranza	60,86	44,98	43,62	49,82
	Siembra directa	47,23	41,77	47,90	45,63
B	Convencional	105,14	123,47	106,12	111,57
	Mínima labranza	90,86	88,46	115,93	98,41
	Siembra directa	124,60	154,94	152,61	144,05

TABLA 5. Prueba de Duncan para la altura de plantas a los 40 días.

Semestre	Repeticiones			Nivel de Significación
	I	II	III	
A	_____			5%
B	_____			5%

TABLA 6. Promedio de altura de plantas a los 60 días (cm).

Semestre	Tratamiento	Repeticiones			Promedio
		I	II	III	
A	Convencional	85,89	87,99	84,96	86,28
	Mínima labranza	130,48	140,87	131,80	151,08
	Siembra directa	131,80	140,52	112,25	128,19
B	Convencional	130,00	217,00	235,00	194,00
	Mínima labranza	213,00	239,00	234,00	228,00
	Siembra directa	241,00	215,00	239,00	231,00

TABLA 7. Prueba de Duncan para la altura promedio de plantas a los 60 días.

Semestre	Repeticiones			Nivel de Significación
	I	II	III	
A	_____			5%
	_____			1%
B	_____			5%
	_____			1%

4.1.2. Número de mazorcas por planta. Al nivel del 5% no hubo diferencias entre los tratamientos para ninguna de las dos siembras. Al nivel del 1% el número promedio de mazorcas para la labranza convencional fue significativamente inferior al de los otros tratamientos, para la primera siembra. Para el segundo cultivo solamente fue significativamente inferior al de siembra sin labranza. Tablas 8 y 9.

4.1.3. Producción: La producción para el primer cultivo se obtuvo en parcelas de 216 m² y no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, al nivel del 5%, pero sí al nivel del 1%.

Para la segunda siembra las parcelas fueron de 291,6 m² y a la prueba de Duncan se encontraron diferencias, al nivel del 1%, entre la labranza mínima y la convencional, no así entre aquella y la siembra sin labranza.

TABLA 8. Número promedio de mazorcas por planta.

Semestre	Tratamiento	Repeticiones			Promedio
		I	II	III	
A	Convencional	0,77	0,81	0,60	0,72
	Mínima labranza	0,98	0,95	0,94	0,95
	Siembra directa	0,99	1,02	0,66	0,89
B	Convencional	1,00	0,84	1,00	0,94
	Mínima labranza	0,96	1,00	1,05	1,00
	Siembra directa	0,85	1,00	1,00	0,95

TABLA 9. Prueba de Duncan para el número promedio de mazorcas por planta.

Semestre	Repeticiones			Nivel de Significación
	I	II	III	
A	_____			5%
	_____			1%
B	_____			5%
	_____			1%

TABLA 10. Producción por parcela, primer semestre kg/216 m². Segundo semestre kg/291.6 m².

Semestre	Tratamientos	Repeticiones			Promedio
		I	II	III	
A	Convencional	50,50	74,50	87,50	70,83
	Mínima labranza	65,25	55,20	70,00	63,58
	Siembra directa	52,00	39,00	23,50	38,16
B	Convencional	23,00	28,25	33,00	28,08
	Mínima labranza	38,50	38,00	47,25	41,25
	Siembra directa	28,00	47,25	39,00	38,08

TABLA 11. Prueba de Duncan para la producción por parcela.

Semestre	Repeticiones			Nivel de Significación
	I	II	III	
A	_____			5%
	_____			1%
B	_____			5%
	_____			1%

4.2. EN EL SUELO.

4.2.1. Densidad aparente. Las muestras se tomaron para dos profundidades 0-20 cm y 20-35 cm, con un muestreador cilíndrico que no disturba el suelo. Se hicieron tres muestreos así: antes de la siembra, después de la primera cosecha y después de la segunda cosecha.

Este parámetro es un indicador de la porosidad del suelo, factor muy importante para el desarrollo de los cultivos.

4.2.2. Retención de humedad. Una de las propiedades más afectadas por el uso de maquinaria agrícola

es la capacidad de retención de humedad por parte del suelo, como también los valores de capacidad de campo o capacidad de saturación. Estos parámetros son afectados negativamente cuando se usa maquinaria en forma excesiva en la preparación de suelos o cuando se trabaja en terrenos con altos contenidos de humedad. El efecto directo es causar compactación reduciendo el espacio poroso. Cuando se grafican los resultados de retención de humedad, los daños causados por la maquinaria se traducen en el aplanamiento de las respectivas curvas. Ver Figuras 1, 2 y 3.

TABLA 12. Valores de densidad aparente para dos profundidades en los tres tratamientos.

Tratamiento	Profundidad (cm)	Antes 1a. siembra	Después 2a. cosecha	Después 2a. cosecha
Convencional	5-20	1.07	1.04	1.13
	20-35	0.99	0.92	1.11
Mínima labranza	5-20	0.99	1.12	1.15
	20-35	0.99	1.16	1.16
Siembra directa	5-20	1.05	1.18	1.18
	2-35	1.00	1.18	1.13

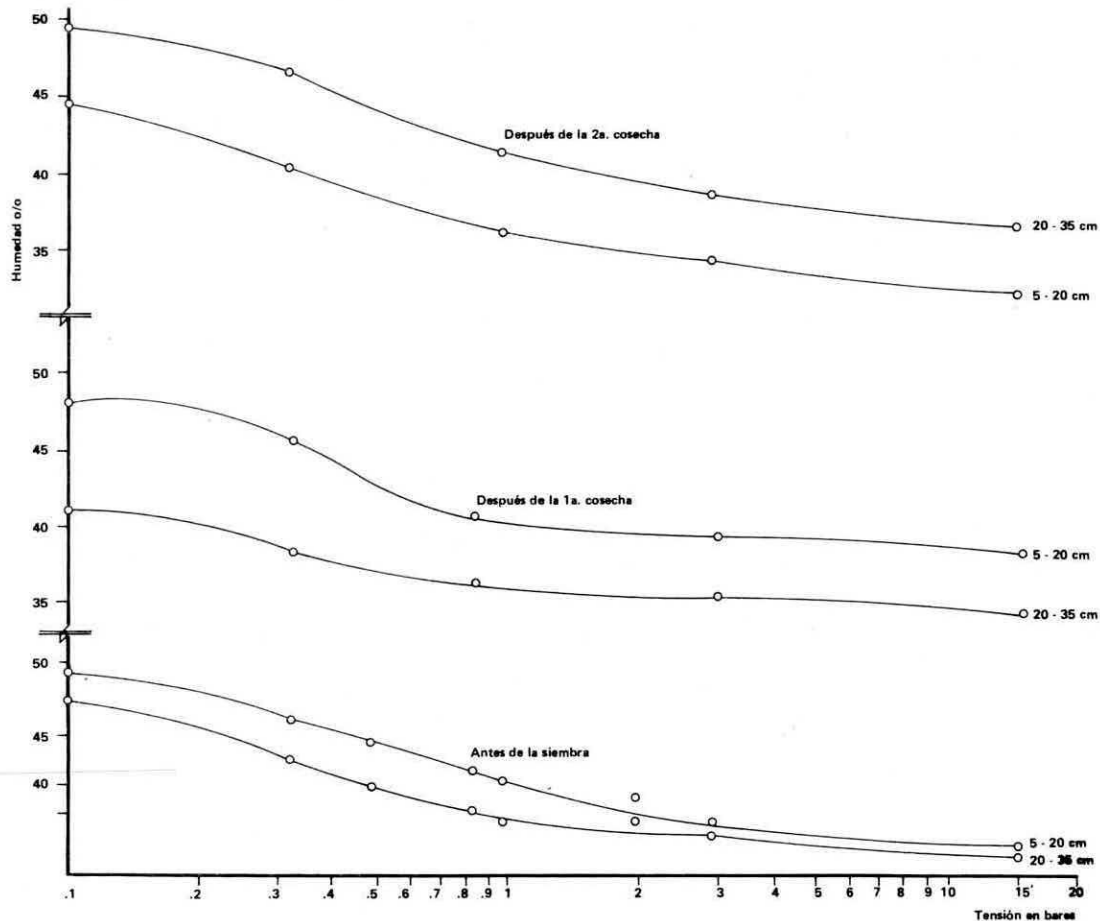


FIGURA 1. Retención de humedad para labranza convencional.

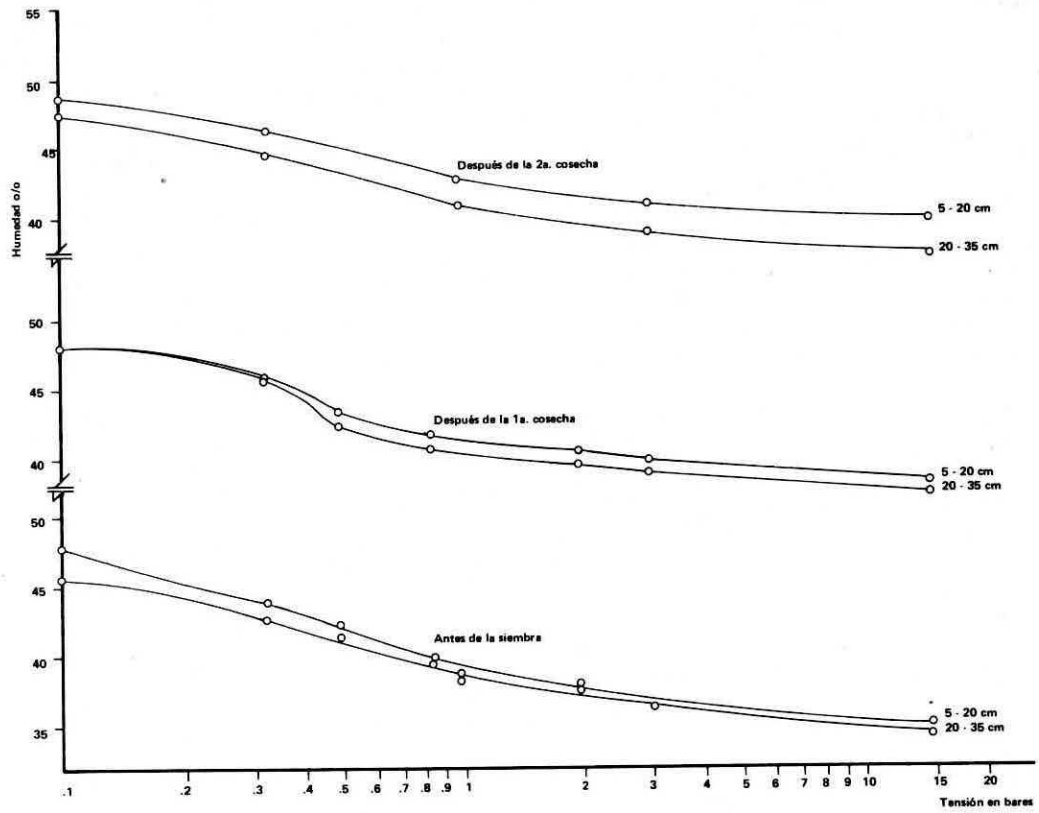


FIGURA 2. Retención de humedad para mínima labranza.

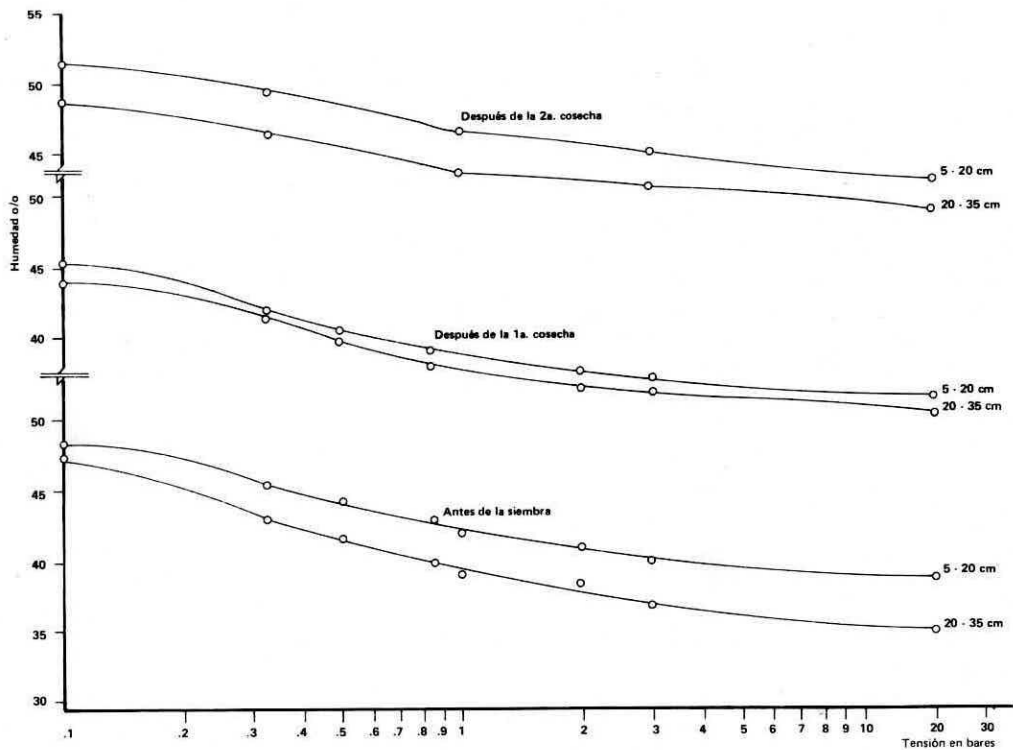


FIGURA 3. Retención de humedad para siembra sin labranza.

5. DISCUSION

5.1. EN EL CULTIVO.

5.1.1. Altura de planta. De acuerdo con las tablas presentadas en la parte de resultados sobre las alturas de plantas para los 20-40 y 60 días y las pruebas de Duncan para las respectivas alturas, se puede afirmar que el desarrollo del cultivo sí es afectado por los tratamientos de labranza. Varios investigadores del tema afirman que los tratamientos de mínima labranza y siembra sin labranza son superiores en desarrollo al de labranza convencional, en períodos de excesivo verano o excesivo invierno y dan como fundamento de su tesis el hecho de que estos tratamientos permiten un mayor almacenamiento de agua y no se sellan superficialmente con las lluvias. En este experimento hubo una diferencia marcada en el crecimiento del primer cultivo, en los primeros 60 días, a favor de los tratamientos de siembra sin labranza y labranza mínima. En la segunda siembra se presentó un crecimiento más uniforme para los tratamientos. Sin embargo, la altura del cultivo para la siembra sin labranza fue significativamente superior.

5.1.2. Número promedio de mazorcas. Parece no existir una influencia marcada de los sistemas de labranza sobre el número de mazorcas por planta, en cambio es más notable la diferencia de los promedios del primer cultivo frente a los del segundo, lo que indica que el número de mazorcas está influenciado más por otros factores que por el tipo de preparación del suelo.

5.1.3. Producción. Si bien es cierto que estadísticamente sólo existen diferencias para el 1% de probabilidad, entre los tratamientos, lo que significaría que la producción es casi independiente del sistema de labranza utilizado, también lo es el hecho de que los promedios de producción del tratamiento de mínima labranza siempre fueron superiores a los demás tratamientos. Esto tiene una especial significación pues dejaría como mínimo en pie de igualdad, a la mínima labranza frente a la convencional en lo que a producción se refiere.

5.2. EN EL SUELO.

5.2.1. Densidad aparente. El uso de maquinaria agrícola produce alteraciones en los valores de la densidad aparente, lo que equivale a decir que altera la relación entre poros y partículas sólidas del suelo. De acuerdo a la Tabla 11 para la primera siembra el sistema de labranza convencional mejora la porosidad del suelo mientras que los otros tratamientos la deterioran, pero esta situación no persiste y para la segunda siembra el tratamiento que más afecta la porosidad es el convencional mientras que el de labranza mínima permite conservarla y el de siembra sin labranza ofrece una notoria recuperación. Es

lógico que a medida que se reducen los pases de máquinas sobre el terreno se reduzca la compactación de éste.

Hay que tener presente que la porosidad tiene gran influencia sobre el desarrollo radicular del cultivo y algunos autores como Veihmeyer consideran que cuando los valores de la densidad aparente son iguales o superiores a 1,6, el enraizamiento se dificulta.

5.2.2. Retención de humedad. Si se analizan las gráficas 1, 2 y 3, sobre retención de humedad para tres épocas, encontramos varios puntos importantes.

En la labranza convencional la capacidad de saturación se reduce después de la primera cosecha, en los 35 cm de profundidad. Después de la segunda cosecha se recupera la capacidad de saturación a niveles similares a los que presentaba antes de la primera siembra. Como lo indica la Figura 1, el suelo para la primera siembra presenta una buena retención de humedad, hasta una tensión de 3 bares, mientras que después de la primera cosecha el suelo retiene una cantidad suficiente solamente hasta una tensión de 1 bar. Esto significa que en un período seco el cultivo va a sufrir rápidamente y el punto de marchitez permanente se presentará a tensiones muy bajas, después de la segunda cosecha el comportamiento de la retención es similar al que presentaba antes de la primera siembra.

En la mínima labranza (Figura 2), la capacidad de saturación aumenta un poco, tanto después de la primera como de la segunda cosecha, lo que da una idea de la recuperación del suelo en su estructura con esta práctica mecanizada. Para las tres épocas el suelo presenta una retención de humedad suficiente hasta los 3 bares de presión. Es decir, que la retención no ha sido afectada notoriamente ni en la primera ni en la segunda cosecha con este sistema de labranza.

En la siembra sin labranza (Figura 3), la capacidad de saturación disminuye después de la primera cosecha pero se recupera ventajosamente después de la segunda. El agua disponible es suficiente hasta una tensión de 3 bares para las tres épocas, lo cual indica el poco daño que esta labor mecanizada causa al suelo.

En síntesis el sistema que más afectó la retención de humedad fue el convencional.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En los suelos de la Granja Montelindo de la Universidad de Caldas, puede sembrarse maíz, con éxito, reduciendo la preparación de suelos mediante el sistema de mínima labranza y aún de siembra sin labranza.
- Los sistemas de mínima labranza y siembra sin labranza pueden contribuir a la recuperación y conservación de las características físicas del suelo de la Granja mencionada.

- Debe realizarse un estudio detallado de suelos para una clasificación precisa, por fases, que determine los problemas existentes en el perfil para en base a ellos planear los sistemas de preparación.
- Se debe realizar investigaciones sobre reducción de labranza para otros cultivos representativos de la región.

7. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Granja Montelindo, propiedad de la Universidad de Caldas, a 1.050 m.s.n.m.

Los objetivos del ensayo fueron: analizar y comparar el comportamiento del cultivo del maíz, bajo tres sistemas de labranza y determinar el comportamiento que sobre las propiedades físicas del suelo ejercen los diferentes sistemas de preparación del suelo.

Los principales resultados obtenidos indican que la reducción en las labores de labranza no afectan, sustancialmente, el desarrollo del cultivo ni la producción. Algunas propiedades físicas del suelo como la retención de humedad y la densidad aparente son más estables cuando se reducen las labores de preparación del suelo.

8. SUMMARY

Comparison of three different tillage systems in corn (*Zea mays* L.).

An experiment was conducted at the Montelindo form, of the Universidad de Caldas (Colombia) with an altitude of 1.050 m. Above sea level.

The objectives of the experiment were:

To analyze and compare the behavior of corn (*Zea mays*) under three different tillage systems, and to determine the effect of them on some of the physical properties of the soil. The main results obtained show that the reduction in the number of tillage operations do not substantially affect neither the development of the crop nor its production. Some of the soil physical properties such as soil moisture content and the apparent specific gravity are more stable when the number of tillage operations is reduced.

9. BIBLIOGRAFIA

1. GILL, W.R. Soil bulk density changes due to moisture changes in soil trans. *ASAE* 2:104-107. 1959.
2. MAYER, L.D. *et al.* Minimum tillage for coom. *Agric. Eng.* 42:72-76. 1961.
3. PEREZ, A. *et al.* Implementos agrícolas, uso y graduación. Servicio Shell para el Agricultor. Cagua-Venezuela pp. 8-11. 1970.
4. PHILLIPS, S.H. and YOUNG, H.N. Notillage farming. Reiman Ed. USA. 224 p. 1973.
5. PUYANA, H.J.O. Labranza mínima en Colombia. Seminario U. Nal. ICA. 1973.
6. RESTREPO, H.J.F. y OCAMPO, A.J.E. Evaluación de siembras mecanizadas sin labranza previa en maíz. Universidad de Caldas. Tesis de Grado. 105 p. 1976.
7. WOODRUF, Mc. Maíz en ladera sin erosión. El surco latinoamericano L. P.7. 1974.