

744

# EFFECTO DE LA LABRANZA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICAS DE UN USTERT Y SOBRE LA PRODUCCION DE MAIZ EN EL VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA

Alirio Castaño C. <sup>1</sup> - Oscar Herrera G.<sup>2</sup>-  
Edgar E. Madero M. <sup>2</sup>

## COMPENDIO

En el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP), durante 1996-2, se emplearon los tratamientos: labranza convencional (discos), labranza cincel, labranza rastra (rastra pesada), labranza combinada (discos + cincel) y un testigo absoluto (cero labranza); se estudiaron seis indicadores de propiedades físicas a 5-15 y 15-25 cm. Se tomaron muestras de suelo y del rendimiento del cultivo, siguiendo la metodología de la variable regionalizada; la información obtenida se analizó utilizando los diagramas de interpolación simple (kriging) de la geoestadística. La labranza combinada favoreció mejor el acondicionamiento de la cama de semillas y la promoción del crecimiento de raíces - alojamiento a una profundidad de 25 cm (el l. Pen. permaneció en el rango 0.38-0.84 MPa, catalogado como de fácil crecimiento de raíces, en el 85-100 % del área de la parcela experimental) sin degradación de las propiedades físicas -. No se encontró efecto de estos métodos de labranza sobre el rendimiento del maíz. Materia orgánica y limo influyeron impidiendo la degradación que promovieron algunos tratamientos, ya que en aquellos sitios donde el contenido de materia orgánica fue mayor (1.59-2.13% en L. Conv.) y el de limo menor (<31.57% en L. Conv.), la compactación tendió a disminuir (l. Pen. <0.38 MPa en L. Conv.).

**Palabras clave :** labranza, vertisol, indicadores físicos, producción de maíz *Zea mays*, geoestadística, variable regionalizada, kriging

## ABSTRACT

### EFFECT OF TILLAGE ON SOME PHYSICAL PROPERTIES OF AN USTERT AND ON CORN YIELD

The study was conducted on an 1% fine clay loam/loam isohyperthermic Typic Hapluster. The testing procedure was carried out in 1996-2 at the experimental station of the Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Four tillage methods and a control were tested: disk plowing, chiseling, harrowing, combined disk-chisel plowing and no-tillage; six physical properties indicators in depth of 5-15 and 15-25 cm were assessed. The sampling methodology for physical properties of soil and for corn yield measurement was accounted by the regionalized variable method, and the analysis of results was carried out accounting the geostatistical method of kriging. Combined disk-chisel plowing showed the best results on top level compaction and underground hard layer without soil degradation. Not effect due to tillage treatments on corn yield was detected. A medium organic matter content and a low silty content of soil improved the soil resistance to compaction due to tillage treatments.

**Keys Words :** tillage, vertisol, physical properties, corn yield, geostatistycs, regionalized variable, kriging

## INTRODUCCION

Debido al elevado contenido de arcillas expandibles, los vertisoles tienden a ser muy plásticos; cuando su contenido de humedad supera el límite plástico (LP), bajo esfuerzos externos pasan al "estado plástico" y, si se les aplica la fuerza de la maquinaria de labranza, la masa de suelo reduce la porosidad, la aireación y la capacidad de infiltrar y retener el agua; suelo y subsuelo

manifiestan en húmedo una consistencia firme o muy firme y se hacen poco productivos; y en el otro extremo de humedad, secos al aire, también manifiestan extrema dureza debido a la contracción que se opera en sus coloides. Por lo anterior, un vertisol en estado plástico no debe ser sometido a ningún esfuerzo externo (labranza), porque se deterioran las condiciones físicas (Ashburner y Sims, 1984).

<sup>1</sup> Estudiante de Pregrado Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira; <sup>2</sup> Profesores Asociados. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. AA. 237.

En cuanto a su efecto sobre las propiedades físicas del suelo, todo parece indicar que la labranza reducida o mínima y la cero labranza tienen mejores efectos en suelos de textura gruesa, en tanto que una labranza más completa parece ser apropiada en suelos de textura fina. (Griffith et al, 1970; Hill y Cruse, 1985; González y Terreros, 1986; Rojas, 1986; Salas et al, 1986; Yang y Quintero, 1987; Meneses, 1988; Hill, 1990; Florentino, 1990; Amézquita et al, 1991; Montenegro, 1991; Rodríguez y Soto, 1992).

Los trabajos precedentes en la misma localidad y suelo, mostraron que se trata de un 1 % franco fino/franco isohipertérmico mezclado Haplustert Típico, compactado superficialmente, con un estrato endurecido a la profundidad 15-25 cm (Rivera, 1995). Carrillo et al (1997) y Rodríguez (1999) establecieron que los cuatro métodos de labranza propuestos en dichos estudios (y que son los mismos de éste) aflojaron el suelo a la profundidad de labranza facilitando la penetración de raíces, pero algunos de ellos mostraron tendencia degradativa evidenciada en un incremento del índice de plasticidad. Igualmente encontraron que la humedad, el contenido de materia orgánica y la textura controlaron el comportamiento de indicadores físicos como el índice de penetrabilidad, la densidad aparente y el coeficiente de dispersión y que, a su vez, textura y materia orgánica influyeron en el contenido de humedad; razón por la cual debieron emplear la metodología de los mapas isorrítmicos para delimitar el efecto de estas variables sobre la condición física del suelo, del efecto de tratamientos.

En los citados trabajos se detectaron los primeros indicios de que la labranza vertical (cincales y cincales + discos) puede ser una alternativa para el manejo mecanizado de este ustert, especialmente la combinación de discos y cincales, en ese orden, ya que condujo al menor índice de penetrabilidad en los dos niveles, a una densidad aparente relativamente baja, un alto punto de marchitez permanente, una elevada porosidad total en profundidad y la mayor conservación de la humedad superficial en el tiempo (Carrillo et al, 1997); la labranza con rastra no es una buena alternativa para enfrentar el endurecimiento subsuperficial (15–25 cm), pues no actúa a dicho nivel; y la labranza convencional es una labor administrativamente desventajosa por ser muy lenta, además de que exige unas condiciones de humedad del suelo al momento de la labranza difíciles de conseguir en esta localidad, lo cual representa mayores riesgos de degradación, como en efecto ocurrió en uno de los ensayos (Rodríguez, 1999).

Los efectos de las formas de labranza sobre aspectos del desarrollo de los cultivos como longitud y penetración

de raíces, estado fitosanitario, presencia de arvenses, altura de plantas y rendimiento, son variables y a menudo contradictorios, dependiendo del tipo de suelo en donde hayan sido realizados los ensayos y de las condiciones ambientales y técnicas de su ejecución. Mientras unos autores han encontrado que la labranza completa, tradicional o convencional favorece el desarrollo y la productividad de cultivos, para otros, este tipo de labranza ocasiona disminuciones del rendimiento acumulativas en el tiempo; en tanto que terceros no han encontrado diferencias significativas en los rendimientos al probar diversos métodos de labranza (González y Terreros; 1986; Yang y Quintero, 1987; Meneses, 1988; Betancourth y Rodríguez, 1989; Hill, 1990; Hayhoe et al, 1993; Carrillo et al, 1997 y Rodríguez 1999).

Todo lo anterior conduce a la conclusión de que no existe un patrón definido de comportamiento de los cultivos transitorios con respecto al método de labranza utilizado, al menos en el corto plazo, probablemente debido al efecto de otras variables aleatorias (¿el clima sería una de ellas?), aún no controlado en la mayoría de los experimentos de campo.

En el ámbito experimental el suelo se ha considerado como un factor no controlado, estimándose que cualquier variación se puede controlar mediante la aleatorización de los tratamientos, bajo el supuesto de que la unidad experimental es homogénea y con una distribución normal, quedando el efecto diferencial del suelo enmascarado dentro del error experimental. La ausencia de consideración del efecto del factor suelo en los resultados experimentales es más que todo el reflejo de la imposibilidad de los métodos estadísticos clásicos de evaluar al suelo como un cuerpo continuo, cuyas propiedades presentan una dependencia espacial marcada (Matheron, 1971; Vieira, 1983; citados por Buitrago, 1995).

El surgimiento de la geoestadística permite solucionar en parte la problemática anterior; los principios de la geoestadística toman en cuenta la dependencia espacial que existe entre observaciones separadas por una distancia. En ciencia del suelo, la teoría de las variables regionalizadas prevé la utilización de la estructura de la varianza en el espacio o en el tiempo, para evaluar el dominio representado por una muestra (Matheron, 1963, 1971; Reichardt y Vieira, 1986; Xu y Webster, 1984; Vieira et al, 1981).

Nielsen et al, (1983), indicaron que el método de coleccionar muestras o hacer medidas para un análisis geoestadístico se lleva a cabo de acuerdo con un plano espacial determinado, realizando una toma de muestras o medida regionalizada. Dichos autores involucran también procesos geoestadísticos de interpolación

conocidos con los nombres de "Kriging" (interpolación simple) y "Cokriging" (interpolación compuesta), mediante los cuales se pueden estimar valores en los sitios en donde no se colectaron muestras, utilizando el proceso de interpolación conocido como Kriging puntual, generándose diagramas de las estimaciones y errores asociados a la estimación. Los mapas isorrítmicos basados en la interpolación ponderada Kriging se sitúan entre las técnicas de separación de unidades de suelo de relativa homogeneidad en relación con la variabilidad espacial de los valores de algún parámetro.

El presente estudio forma parte del Programa de Investigación en Suelos, Línea de Manejo y Conservación de Suelos, sublínea "Efecto de la labranza en las propiedades físicas de un vertisol ústico y la producción de cultivos transitorios" de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. En su orden, es el cuarto de cinco proyectos que conforman la sublínea; estuvo orientado por el objetivo general de conocer los efectos de varios métodos de labranza sobre la condición física de un ustert y sobre la producción de maíz y por los siguientes objetivos específicos:

- Comparar, en condiciones superficiales de humedad cercanas a capacidad de campo, el efecto de los siguientes métodos de labranza: no-labranza, labranza convencional con arado de discos, labranza con arado de cindeles, labranza con rastra pesada de discos y labranza combinada con arado de cindeles y de discos, sobre los siguientes indicadores físicos de un vertisol ústico adensado superficialmente: humedad, penetrabilidad, coeficiente de dispersión, límite plástico, límite líquido e índice de plasticidad.
- Determinar el efecto de estos métodos de labranza sobre el rendimiento del maíz *Zea Mays* L.

## METODOLOGIA

El ensayo se llevó a cabo en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira (CEUNP), situado en 2° 06' LN y 65° 03' LO. La localidad pertenece a la formación Bosque Seco Tropical (BS-); tiene una altitud de 980 m, una temperatura media anual de 24 °C, precipitación media anual de 1009 mm y humedad relativa del 69%.

### Diseño experimental

El diseño experimental fue un BCS (bloques completos sistemáticos), ya que se asignaron los

tratamientos para permitir el desplazamiento de los equipos. Las dimensiones de las parcelas fueron de 20 m x 10 m.

Los tratamientos fueron:

- Convencional (Un pase con arado de discos, cuatro pases de rastra pesada y dos de pulidor).
- Con cindeles (Un pase con arado de cincel, cuatro pases de rastra pesada y dos de pulidor).
- Con rastra pesada (Cuatro pases de rastra pesada y dos de pulidor).
- Combinada (Un pase con arado de discos, un pase con arado de cincel, cinco<sup>3</sup> pases de rastra pesada y dos de pulidor).
- Testigo absoluto. La siembra se efectuó de forma manual, sin labranza previa.

### Recolección de muestras para determinar rendimiento

El rendimiento se midió en peso de maíz-mazorca a la humedad de cosecha<sup>4</sup>. El muestreo consistió en hallarle las coordenadas X y Y a cada una de las plantas cosechadas (se cosecharon una por una todas las plantas de la población), para lo cual se utilizó un decámetro que se extendió a lo largo de cada uno de los surcos; de esa manera se determinó la ubicación en centímetros de cada una de las plantas en su respectivo surco; con esta información y la distancia entre surcos que ya se conocía por la distancia entre tolvas de la sembradora utilizada en la siembra, se procedió a elaborar el registro de ubicación de las plantas cosechadas en cada una de las parcelas, con el fin de conocer la variabilidad espacial de dicha producción.

A cada planta se le cosecharon las mazorcas y se procedió a pesarlas; el rendimiento se expresó como peso de maíz-mazorca en fresco, en estado de grano-leche, en gramos por planta (g/planta); no se establecieron promedios sino que se determinó la distribución espacial del rendimiento individual de cada planta.

### Recolección de muestras del suelo

En una red rígida de 50 puntos, a distancia variable entre 1 y 10m (Nielsen *et al.*, 1983), y a dos profundidades (5-15, 15-25cm), se realizaron las pruebas con el penetrómetro de cono o se colectaron las muestras (500 g c/u) para determinar humedad por gravimetría; límite plástico por el método del cordón enrollado; límite líquido por el método de Casagrande; y

<sup>3</sup> Fue necesario un pase adicional de rastra pesada después del pase de cincel, ya que este último se efectuó después de los cuatro primeros pases de rastra.

<sup>4</sup> Un fenómeno climático de lluvias y vientos fuertes que afectó al cultivo en el estado de floración encamó el 70% de las plantas y no permitió llevar el cultivo hasta su madurez productiva; por ello sólo se pudo evaluar el peso de maíz-mazorca en estado de grano-leche.

el coeficiente de dispersión con la metodología descrita por González (1983).

### Procesamiento y análisis de la información

Para valorar el comportamiento de los indicadores físicos del suelo se utilizó la escala calificativa del Cuadro 1.

**CUADRO 1. Escala calificativa de las propiedades físicas**

Propiedad Física	Calificación
Materia Orgánica (%)	<1.0 Baja
	1 - 1.5 Media Baja
	1.5 - 2.0 Media
	2.0 - 2.5 Media Alta
	>2.5 Alta
Humedad (%)	13 - 17 Baja
	17 - 20 Media Baja
	20 - 23 Media
	23 - 26 Alta
Índice de Penetrabilidad (MPa)	<1.0 Bajo
	1.0 - 2.0 Medio
	>2.0 Alto
Límite Plástico (%)	8 - 13 Bajo
	13 - 17 Medio
	>17 Alto
Índice de Plasticidad (%)	<10 Poco plástico
	10 - 15 Ligeramente plástico
	>15 Plástico
Coeficiente de Dispersión (%)	9 - 13 Muy bajo
	13 - 17 Bajo
	17 - 21 Medio bajo
	21 - 25 Medio
	>25 Alto

Fuente : Soil Survey Manual. USDA, 1983

Las características físicas del suelo y el rendimiento se analizaron con la metodología de variable regionalizada o geoestadística, empleando el programa de computadora GS23 para conocer la variabilidad espacial y la correlación de cada una de las propiedades físicas evaluadas.

Con la información derivada de los semivariogramas ajustados (amplitud, umbral, varianza aleatoria), el programa elaboró los mapas de distribución geográfica de los valores de todas las propiedades evaluadas en cada profundidad de muestreo (Kriging puntual). Tales mapas fueron superpuestos y/o cruzados con los mapas

resultantes de textura (arcilla, arena, limo, arcilla+arena, arcilla+limo, arena+limo) y materia orgánica<sup>5</sup>; tal cruzamiento permitió obtener nuevos mapas con áreas compatibles y áreas de conflicto que hicieron posible determinar la influencia o no de la textura y de la materia orgánica sobre las demás características, con el fin de separar dicha influencia del efecto de tratamientos; así mismo, se superpusieron entre sí los mapas de las restantes propiedades evaluadas con la misma finalidad. Las áreas compatibles y áreas de conflicto (conflicto alude a restricciones físicas), se cuantificaron en valores porcentuales del área total de cada parcela, de manera visual y subjetiva<sup>6</sup>.

En relación con la evolución en el tiempo de algunos indicadores físicos del suelo, se compararon los datos del semestre 1995-2, obtenidos en el trabajo de Rodríguez (1999), con los del semestre 1996-2 logrados en el presente estudio, tomando como referentes la escala del Cuadro 1 y la citada cualificación de áreas compatibles o restrictivas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Respuesta general del suelo

Los resultados permiten afirmar que hubo en cada parcela áreas donde fue palpable el efecto de la acción de las diferentes herramientas a favor del alivio físico del suelo frente al testigo absoluto; ésta se hizo evidente al examinar los valores de resistencia a la penetración, los cuales estuvieron moderadamente bajos en la mayor parte del área (entre el 60 y 70%) en ambas profundidades (5-15 y 15-25 cm). Mientras que en el testigo absoluto se presentaron valores más altos (en más del 60% del área). Tales cifras significan mayor dureza del suelo en el testigo absoluto, como heredada de manejos anteriores o por reacomodamiento de partículas por acción del agua (Figuras 1 y 2).

El límite plástico mostró una cierta tendencia degradativa tanto en los tratamientos como en el testigo absoluto, con valores relativamente bajos en más del 60% del área (Cuadro 2). En cuanto a los tratamientos, probablemente está ocurriendo un leve proceso degradativo, debido a las herramientas, agravado por los bajos contenidos de materia orgánica (<2.4%); con relación al testigo, el proceso degradativo se explicaría como heredado de manejos anteriores.

Con relación al coeficiente de dispersión (porcentaje de arcilla dispersable), sus valores estuvieron muy bajos en más del 85% del área, para todos los tratamientos y

<sup>5</sup> Los valores de estos indicadores fueron tomados del trabajo de Rodríguez en 1999 (aunque este trabajo se realizó en 1995-2, sólo se publicó en el año citado); tales propiedades no fueron determinadas en la presente investigación, porque las experiencias de dicho trabajo han mostrado que estas propiedades son muy estables, por lo cual no ameritan determinaciones frecuentes. <sup>6</sup> Edgar Madero. Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Información Personal.

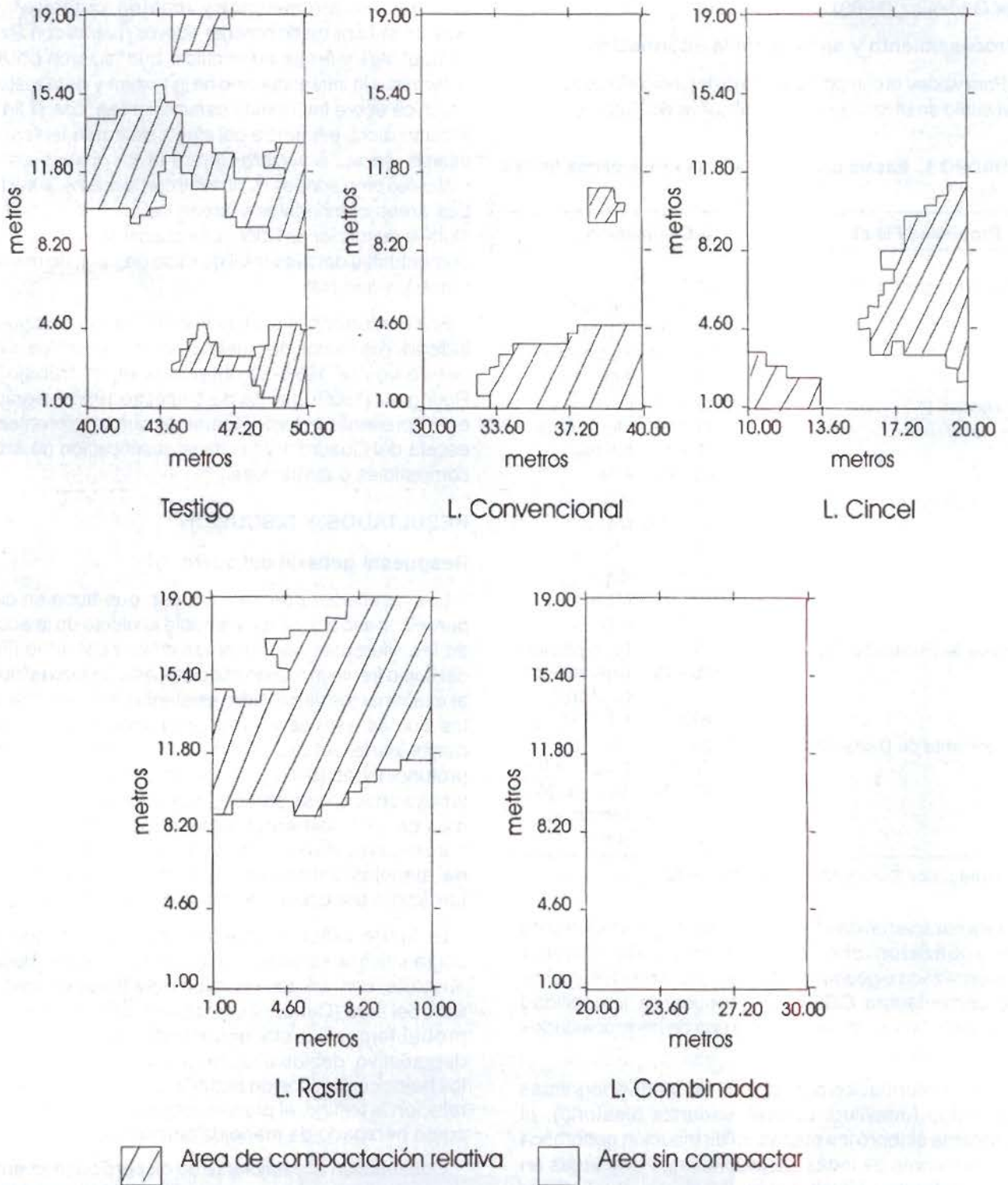


Figura 1. Distribución geográfica de las áreas de restricción física (compactación) en las parcelas de los tratamientos, en la profundidad 5.15 cm.

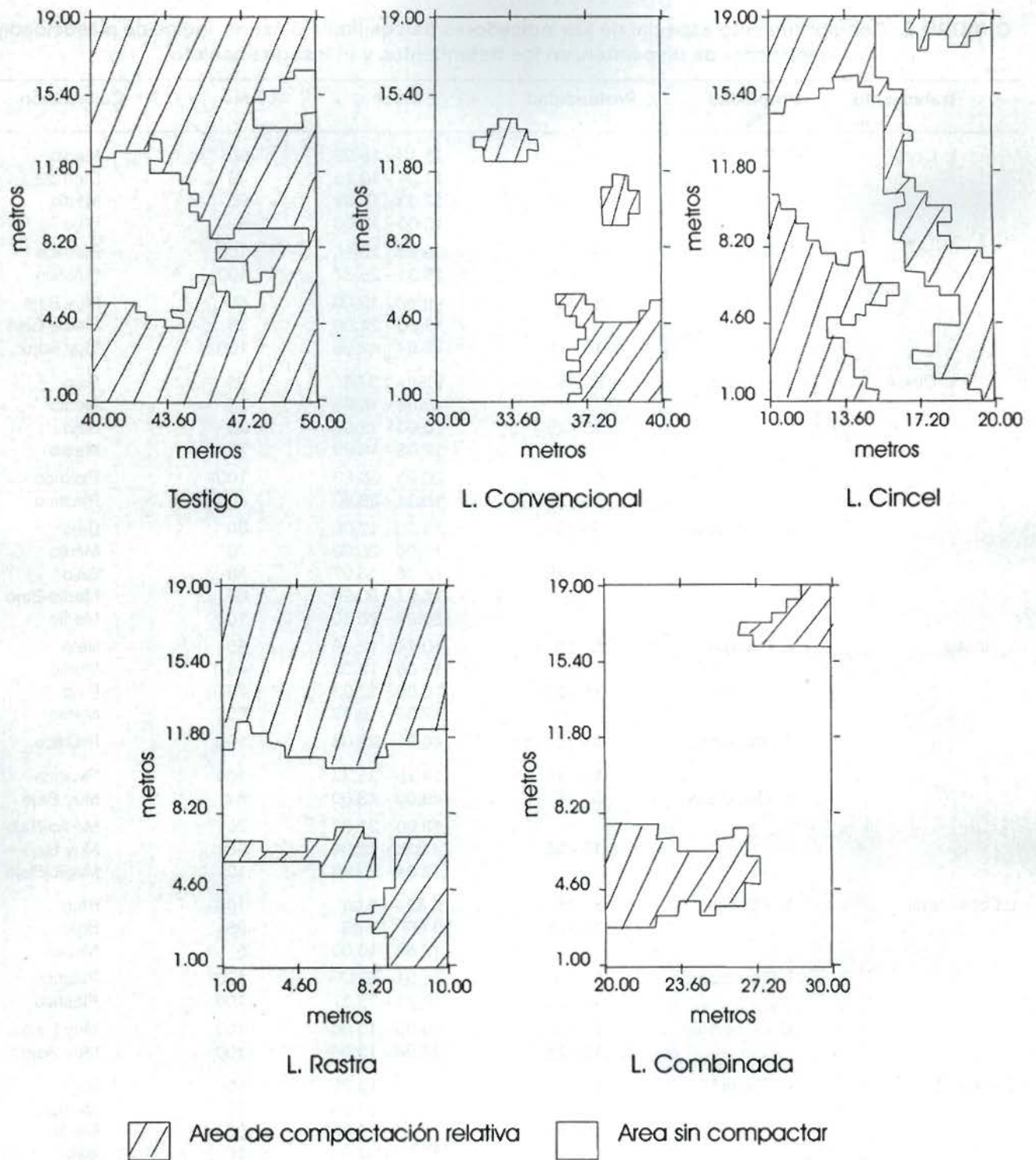


Figura 2. Distribución geográfica de las áreas de restricción física (compactación) en las parcelas de los tratamientos, en la profundidad 15-25 cm.

**CUADRO 2. Comportamiento espacial de los indicadores físicos límite plástico, índice de plasticidad y coeficiente de dispersión, en los tratamientos y el testigo absoluto**

Tratamiento	Propiedad %	Profundidad	Valor	Area	Calificación	
L. Conv.	L. Plástico	5 - 15	13.13 - 16.92	60	Medio	
			11.24 - 13.13	40	Bajo	
		15 - 25	12.03 - 16.09	95	Medio	
			10.00 - 12.03	5	Bajo	
	I. Plasticidad	5 - 15	19.99 - 26.16	100	Plástico	
		15 - 25	18.31 - 25.37	100	Plástico	
	C. Dispersión	5 - 15	<9.00 - 13.00	85	Muy Bajo	
		15 - 25	17.00 - 21.00	15	Medio-Bajo	
	L. Cíncel	L. Plástico	5 - 15	9.32 - 13.06	65	Bajo
				13.06 - 14.93	35	Medio
15 - 25			10.00 - 12.03	25	Bajo	
			12.03 - 16.09	75	Medio	
I. Plasticidad		5 - 15	20.23 - 26.63	100	Plástico	
		15 - 25	18.31 - 28.90	100	Plástico	
C. Dispersión		5 - 15	13.00 - 17.00	30	Bajo	
			17.00 - 25.00	70	Medio	
		15 - 25	12.96 - 16.97	30	Bajo	
			16.97 - 20.99	60	Medio-Bajo	
L. Rastra		L. Plástico	5 - 15	10.74 - 12.06	55	Bajo
				12.06 - 13.38	45	Medio
			15 - 25	10.00 - 12.03	75	Bajo
				12.03 - 16.09	25	Medio
	I. Plasticidad	5 - 15	16.91 - 23.08	100	Plástico	
		15 - 25	14.78 - 25.37	100	Plástico	
	C. Dispersión	5 - 15	<9.00 - 13.00	80	Muy Bajo	
			13.00 - 21.00	20	Medio-Bajo	
		15 - 25	< 8.92- 12.94	90	Muy Bajo	
			12.94 - 20.98	10	Medio-Bajo	
	L. Combinada	L. Plástico	5 - 15	9.32 - 13.06	100	Bajo
			15 - 25	9.66 - 13.89	95	Bajo
				13.89 - 16.00	5	Medio
		I. Plasticidad	5 - 15	16.91 - 26.17	100	Plástico
15 - 25			18.31 - 25.37	100	Plástico	
C. Dispersión		5 - 15	<9.00 - 13.00	100	Muy Bajo	
		15 - 25	<8.94 - 12.96	100	Muy Bajo	
Testigo Abs.	L. Plástico	5 - 15	11.19 - 13.06	90	Bajo	
			13.06 - 14.93	10	Medio	
		15 - 25	12.03 - 16.09	85	Medio	
			10.00 - 12.03	15	Bajo	
	I. Plasticidad	5 - 15	16.91 - 23.08	100	Plástico	
		15 - 25	18.31 - 25.37	100	Plástico	
	C. Dispersión	5 - 15	<9.00 - 13.00	100	Muy Bajo	
		15 - 25	<8.94 - 12.96	100	Muy Bajo	

el testigo; el 15% del área restante presentó rangos bajos y medios.

En lo referente al límite plástico, sus valores mostraron que el efecto degradativo de la labranza no es de largo alcance en el tiempo o, en otras palabras, que fue relativamente fácil de superar, dada la capacidad amortiguadora de este suelo (Cuadro 2).

Con respecto al índice de plasticidad (con valores inferiores a 28.90), se trata de una propiedad del suelo que se puede considerar estable (siempre que no haya excesos de sodio) y que difícilmente puede cambiar, debido a manejos extremos del suelo, si no hay cambios en otras características que la determinan, como materia orgánica y arcillas; el índice de plasticidad estuvo en el rango plástico en las dos profundidades (Cuadro 2), que es el esperado para esta posición fisiográfica (pie de abanico aluvial) y distribución de materiales relativamente más finos.

En cuanto al contenido de humedad al momento de tomar las muestras, estuvo dentro de lo esperado para este suelo (por encima del 26% volumétrico), en más del 60% del área. Las fracciones materia orgánica y limo sobresalieron por su influencia en el suelo, pues, aunque los contenidos de materia orgánica para este

suelo no fueron elevados, se reflejó su presencia, sobre todo en lo relativo a la retención de humedad; se encontró correlación de los mayores límites plásticos con los mayores contenidos de materia orgánica y viceversa; al mismo tiempo, se observó que las áreas o zonas con restricciones (compactación o relación directa entre índice de penetrabilidad y humedad) coincidieron con las áreas de más bajos valores de materia orgánica. Así mismo, la fracción limo reflejó su presencia, ya que en las áreas en donde su contenido fue mayor se encontraron los mayores problemas restrictivos del suelo (compactación).

### Rendimiento del cultivo

Los datos de la producción de maíz, medidos como peso de maíz-mazorca por planta no permiten hablar de efectos de tratamientos, pues sus valores fueron similares (rangos medio y medio alto) en todos los tratamientos y el testigo, debido, probablemente, a los problemas de "encame" del 70% de las plantas, ocasionado por las lluvias y vientos fuertes que no le permitieron al cultivo llegar a su madurez productiva (Cuadro 3); en el testigo, los rangos mencionados ocuparon un área mayor (90% vs. un 60% del área en los tratamientos). Es de anotar el caso de la labranza rastra, en el cual se encontró coincidencia en ambos

**CUADRO 3. Rendimiento del cultivo como peso de mazorca fresca en g/planta, en cada uno de los tratamientos**

Tratamientos	Peso mazorca g/planta	Area (%)	Calificación
Labranza convencional	< 54.4	55	Baja
	54.4 - 89.6	20	Baja
	89.6- 124.9	10	Media
	124.9-195.4	15	Media
Labranza cincel	<76.2	40	Baja
	76.2 - 122.8	45	Media
	122.8 - 169.4	10	Media-alta
	169.4 - 262.6	5	Alta
Labranza rastra	< 83.7	10	Baja
	83.7 - 109.5	30	Baja
	109.5 - 135.5	45	Media
	135.2 - 186.7	15	Media-Alta
Labranza combinada	< 78.1	40	Baja
	78.1 - 115.4	40	Media
	114.4 - 152.6	10	Media-Alta
	152.6 - 227.1	10	Alta
Testigo absoluto	< 90.5	10	Baja
	90.5 - 126.4	50	Media
	126.4 - 162.2	25	Media-Alta
	162.2-233.9	15	Alta



niveles, entre las zonas que presentan restricción física y las de bajo rendimiento del cultivo, aunque debe tenerse en cuenta que la producción también estuvo intervenida por los factores aleatorios ya mencionados (Figura 3).

#### Respuesta del suelo a labranza combinada

Dado que este tratamiento se destacó como el de mejores resultados para enfrentar los problemas de adensamiento de este suelo, en lo sucesivo se procederá a compararlo con el testigo absoluto.

El bajo índice de penetrabilidad acorde con valores moderados de humedad, encontrado en las dos profundidades en casi toda el área de la parcela de

penetrabilidad cambió de los rangos alto y medio al rango bajo en toda el área de la parcela en el primer nivel y en el 85% del área en el segundo; y que el coeficiente de dispersión evolucionó de los rangos alto y medio a muy bajo en el 100% del área en los dos niveles; esta evolución favorable se puede explicar porque el volteo previo del suelo con el arado de discos le permitió actuar al arado de cinceles en condiciones óptimas de humedad (por debajo del límite plástico, es decir, suelo sólido o en estado no-plástico), lo que hizo que este tratamiento fuera el de menor degradación del suelo. En cuanto a la humedad, este tratamiento no se distinguió de los demás (Cuadro 4).

**CUADRO 4. Evolución en el tiempo de los indicadores físicos en labranza combinada**

Propiedad física	Prof. (cm)	1995-2		1996-2	
		%Area	Calific.	%Area	Calific.
Humedad (%)		90	Media	95	Baja
		10	Baja	5	Media
Ind. Penetrab. (MPa)	5 - 15	65	Medio	100	Bajo
		35	Alto	-	-
Coef. Dispers. (%)		85	Medio	100	Muy bajo
		15	Alto	-	-
Humedad (%)		85	Media	100	Baja
		15	Baja	-	-
Ind. Penetrab. (MPa)	15 - 25	50	Bajo	85	Bajo
		50	Alto	15	Med. bajo
Coef. Dispers. (%)		85	Medio	100	Muy bajo
		15	Alto	-	-

labranza combinada, reveló una muy buena condición para la cama de semillas y el lecho de raíces, originada por este tratamiento (Figuras 1 y 2).

El coeficiente de dispersión, aunque en algo más de la mitad del área aumentó con los incrementos en el contenido de arcillas, confirma las buenas condiciones del suelo en los dos niveles, porque predominaron las áreas con bajos coeficientes de dispersión, menores de 13.00% en el nivel superficial y 12.96% en la segunda profundidad.

La materia orgánica fue muy baja en los dos niveles y tuvo poco control, en este caso, sobre las variables indicadoras de efectos degradativos.

La evolución en el tiempo de los indicadores físicos del suelo da lugar a afirmar que también en este aspecto la labranza combinada se distingue como el tratamiento de mejor comportamiento, dado que el índice de

En contraste con la labranza combinada, en el testigo absoluto se observó que para el primer nivel de profundidad, en el 40% del área el índice de penetrabilidad incrementó de 0.31 a 1.90 MPa, a una humedad constante en el rango de 16.26-19.04%, lo que significa que esta área está relativamente compactada frente al 60% restante de la unidad experimental. Esto coincidió parcialmente con las áreas de mayor porcentaje de limo (32.98-34.95), lo cual estaría advirtiendo sobre la susceptibilidad de degra-

dación por la mecanización en los terrenos con más limo. Como en esta parcela no se realizó ninguna labranza, la degradación anterior posiblemente es el producto de manejos pasados.

El coeficiente de dispersión fue bajo ( $\leq 13.00\%$ ) y no correlacionó con ninguna característica, o sea que no fue indicador de tendencias degradativas.

En la segunda profundidad, en un 70% del área se está presentando un fenómeno degradativo residual por compactación, porque para una humedad entre 14.12 y 17.29%, el índice de penetrabilidad pasó de 0.84-1.26 a 1.26-1.68 MPa y no bajó ni en las zonas en donde aumentó la humedad hasta 20.46% (Figura 2).

No se encontró ninguna relación del rendimiento del cultivo con las propiedades físicas del suelo ni efecto de este tratamiento sobre el rendimiento (Cuadro 3).



## BIBLIOGRAFIA

- AMEZQUITA, E. et al. Efecto de la labranza en algunas propiedades físicas en un suelo andino. En: Suelos Ecuatoriales. S.C.C.S. Vol 21, 1 (1991), p. 68-75.
- ASHBUNER, J. y SIMS, B. Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza. San José, Costa Rica : IICA, 1984. 473 p. (Serie Libros y Materiales Educativos).
- CARRILLO, A. L. ; HERRERA, O. A. y MADERO, E. E. Alivio físico de un vertisol ústico mediante prácticas mecánicas y su efecto sobre la producción de soya *Glycine max* Merr. En: Acta Agron. Vol 47. 2 (1997): 32-38.
- GONZALEZ, A. Anotaciones sobre física de suelos. Palmira : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1983. 108 p.
- GONZALEZ, W. y TERREROS, G. Producción de soya bajo tres sistemas de labranza. Palmira, 1986, 94 p. Tesis (Ing. Agr.). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- GRIFFITH, D. R. et al. Evaluation of tillage planting systems for corn production. Purdue University. 36 p. (Research Progress Report, paper 368, february 1970).
- HILL, R. L. and CRUSE, R. M. Tillage effects on bulk density and soil strength of two mollisols. En: Soil Sc. Soc. Am. J. Vol 49, 5 (1985), p. 1270 - 1273.
- HILL, R. L. Long-Term conventional and No-tillage effects on selected soil physical properties. En: Soil Sc. Soc. Am. J. Vol 5, 4 (1990): 161-166.
- MATHERON, G. Principles of geostatistics. En: Economy Geology. Vol 58, 6 (1963), p. 1246-1266.
- MENESES, O. Efecto de cuatro de sistemas de labranza e incorporación de abono verde sobre las propiedades físicas de un suelo del CNIAP. Palmira, 1988, 111 p. Tesis (M. Sc.). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- MONTENEGRO, G. Interpretación de las propiedades físicas del suelo. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelo, plantas y aguas para riego. Bogotá : S.C.C.S., 1991. 134 p.
- NIELSEN, D. R.; TILLOTSON, P. M. and VIEIRA, S.R. Analysing field measured soil water properties. En: Agr. Water Manag, Amsterdam, Vol 6, 2 (1983.), p. 93-109.
- REICHARDT, K.; VIEIRA, S. R. y LIBARDI, P.L. Variabilidad espacial de solos e experimentacao de campo. En: Revista Brasileira de Ciencia do Solo. Vol 10, (1986), p. 1-6.
- RIVERA G., M.V. Variabilidad espacial de algunas características físicas de un vertisol del Valle del Cauca. Palmira, 1995, 72 p. Tesis (Ingeniero Agrónomo) . Universidad Nacional de Colombia.
- RODRIGUEZ, C. Efecto de cuatro métodos de labranza sobre las propiedades físicas de un Vertisol Ustico y sobre la producción de sorgo *Sorghum bicolor* en el Valle del Cauca. Palmira, 1999, 100 p. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia.
- RODRIGUEZ, J. C. y SOTO, V. M. 1992. Influencia de tres sistemas de preparación en algunas propiedades del suelo. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1992. 103 p.
- ROJAS, G. Comparación de tres sistemas de labranza del suelo en maíz durante cuatro temporadas. En: Ciencia e Investigación Agraria (Chile), Vol. 12, 1 (1986), p. 9-12.
- SALAS, H.; NUÑEZ, F. y RAINERO, H. 1986. Sistemas de labranza para sorgo granífero y maní en rotación. En: Gaceta Agronómica (Argentina), Vol 6, 32 (1986), p. 396,398-402,404-408,410-412.
- USDA. Soil Survey Handbook. Washington : Soil Survey Staff (handbook # 18). 1983
- VIEIRA, W. R.; HATFIELD, J. L.; BIGGARD, J.W. and NIELSEN, D.R. 1981. Spatial variability of field measured infiltration rate. En: Soil Sci. Soc. Am. J. Vol 45, 5 (1981), p. 1082-1086.
- XU, J. y WEBSTER, R. A geostatistical study of top soil properties in Zhanguri Country China Catena. Giessen. Vol 11, 5 (1984), p. 13-26.
- YANG, S. Y QUINTERO, R. Efecto de los métodos de preparación del suelo en el desarrollo y producción de la caña de azúcar en el Valle del Cauca. En: Suelos Ecuatoriales, Vol 17, 2 (1987), p. 64-71.