

**Características del suelo en el cultivo del maíz
bajo labraza cero y labranza convencional en
suelos típicos del Valle de Quimistán,
Honduras**

Alejandro López Cintrón

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
Diciembre, 2004

Características del suelo en el cultivo del maíz bajo labraza cero y labranza convencional en suelos típicos del Valle de Quimistán, Honduras.

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo en
el grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Alejandro López Cintrón

HONDURAS
Diciembre, 2004

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas y jurídicas se reserva el derecho el autor

Alejandro López Cintrón

HONDURAS
Diciembre, 2004

**Características del suelo en el cultivo del maíz bajo labranza cero y
labranza convencional en suelos típicos del Valle de Quimistán,
Honduras.**

Presentado por:

Alejandro López Cintrón

Aprobada

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.
Asesor principal

Abelino Pitty, Ph. D.
Coordinador del área de
Fitotecnia

Carlos Gauggel, Ph. D.
Asesor

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Coordinador de Carrera
Ciencia y Producción
Agropecuaria

Eduardo Gurdian, Ing. Agr.
Asesor

Aurelio Revilla, M. S. A.
Decano Académico Interino

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios ser celestial y a la Virgen María por ser mi intercesora ante el Espíritu Santo.

A mi familia: Julio, Lorena, Tuco, Paty.

A mi abuela Patita.

A mi sobrina Nerea.

A todos los que me aconsejaron para este triunfo.

AGRADECIMIENTOS

A la familia Gauggel Arévalo por todo su apoyo, conocimiento y comprensión.

A la familia Aparicio por permitir este estudio, por su amistad y calor de familia brindado.

A Juan Carlos Sabillon por permitir el complemento del estudio en la Finca Lousiana.

A Eduardo Gurdian por su paciencia, conocimientos y ayuda durante todo el proceso de este triunfo.

A Dianita por su ayuda y amistad.

A la Ing. Hilda, Jackelin, Martha y Rosa por el apoyo y amistad.

Al Ing. Jorge Iván Restrepo, por su ejemplo, apoyo y amistad.

A mis amigos y clase GENOMA 04 por su valiosa amistad.

Al padrino Rogel Castillo y la madrina Suyapa de Castillo por sus consejos y amistad durante los cuatro años de carrera.

A Zamorano por la experiencia vivida y los conocimientos.

RESUMEN

López A, Arevalo G, Gauggel C, Gurdian E. 2004. Características del suelo en cultivo de maíz bajo labranza cero y convencional en suelos típicos del Valle de Quimistán, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 35p.

Los agudos procesos erosivos que soportan la mayoría de los suelos agrícolas, ganaderos y forestales en el mundo, han tenido su inicio en la pérdida gradual de la materia orgánica, por lo tanto, se tienen que buscar alternativas para frenar este proceso degradativo. Para esto, se desarrolló un estudio que comparó dos sistemas de labranza (convencional y cero). El objetivo del estudio fue determinar los cambios en las propiedades morfológicas, físicas y químicas del suelo bajo labranza convencional y labranza cero, y su efecto en los rendimientos del maíz, en el Valle de Quimistán, Departamento de Santa Bárbara, Honduras. La labranza convencional estuvo ubicada en la Finca Lousiana y la labranza cero en la Hacienda las Acacias. La zona tiene una precipitación promedio anual de 1200 mm, altura de 200 msnm, ubicadas a 15° 16'14'' N, 88°32'3'' E. Se evaluaron cuatro tratamientos por sistema con el híbrido de maíz Dekalb 353. Se recolectaron cuatro muestras de suelo determinando los nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn y Fe. Para el análisis foliar se recolectaron 10 hojas que cubrían el cogollo para evaluar a los nutrientes extraídos por la planta y se compararon con los resultados del análisis químico del suelo. Una de las principales limitantes químicas es la absorción de N en labranza cero, comparado con labranza convencional que se encuentra en niveles adecuados. Es necesario aumentar la dosis de aplicación de K ya que en ambos sistemas de labranza se encuentra bajo. El P está a niveles restringidos para la planta en labranza convencional, pero existe una disponibilidad adecuada en labranza cero. Se utilizó una separación de medias SNK para evaluar los parámetros agronómicos, con un nivel de significancia de 5%. La diferencia estadística en densidad es de 10,800 plantas/ha más en labranza convencional que en labranza cero. En rendimientos no existió diferencia estadística, pero labranza convencional produjo 0.5 t/ha menos que labranza cero. Existió una diferencia estadística de 24 g menos de producción por la planta en labranza convencional, comprado con labranza cero. En labranza cero existió mayor volumen de raíces con una diferencia estadística de 5.2 cm³ más que en labranza convencional. En la altura de plantas existió una diferencia estadística de 28 cm más en labranza cero que en labranza convencional. Se describieron ocho calicatas para conocer las características físicas del suelo y se analizaron los índices de calidad del mismo, en labranza convencional el índice de calidad actual es de 14 pudiendo llegar a un índice potencial de 20 y en labranza cero el índice de calidad actual es 13 pudiendo llegar a un índice potencial de 21. En los dos sistemas de labranza se encontraron limitantes físicas para el correcto desarrollo del sistema radical.

Palabras clave: Calicatas, índice de calidad de suelos, *Zea mays*.

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Resumen	vi
Contenido	vii
Índice de cuadros	viii
Índice de gráficos	ix
Índice de anexos	x

1. INTRODUCCION

2. MATERIALES Y METODOS	3
2.1 Caracterización del sitio de estudio	3
2.1.1 Localización	3
2.1.2 Topografía	3
2.1.3 Clima	3
2.2 Caracterización de unidades experimentales	3
2.2.1 Determinación de unidades experimentales	3
2.2.2 Métodos de labranza	4
2.2.2.1 Labranza Convencional	4
2.2.2.2 Labranza Cero	4
2.3 Variables Evaluadas	4
2.3.1 Unidades experimentales	4
2.3.2 Parámetros agronómicos evaluados	4
2.3.3 Caracterización de propiedades morfológicas y físicas de los suelos	5
2.3.4 Caracterización química de los suelos	5
2.3.5 Determinación de nutrientes en la planta	5
2.3.6 Biodisponibilidad de nutrientes	5
2.3.7 Resistencia a la penetración	6
2.3.8 Categoría de raíces	6
2.3.9 Índice de calidad de suelos	6
2.3.10 Cuantificación de la erosión	6

2.3.11	Análisis de costos	6
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
3.1	Variables agronómicas	7
3.2	Disponibilidad de nutrientes	7
3.2.1	Labranza Convencional	7
3.2.2	Labranza Cero	8
3.2.3	Comparación de los nutrientes en los dos sistemas de labranza	9
3.3	Efecto de la fertilización	10
	Efecto del fertilizante aplicado y la relación entre los requerimientos	
3.3.1	reales del cultivo	10
	Ajuste en el programa de fertilización para los dos sistemas de labranza	
3.3.2		11
	Factores físicos y morfológicos del suelo en los dos sistemas de	
3.4	labranza	12
3.4.2	Profundidad efectiva	12
3.4.2	Resistencia a la penetración de los dos sistemas de labranza	13
3.4.3	Comparación de raíces entre labranza convencional y labranza cero	13
	Comparación de raíces y resistencia a la penetración en labranza	
3.4.4	convencional	14
	Comparación de raíces y resistencia a la penetración en labranza	
3.4.5	Cero	15
	Indices de calidad actuales y potenciales en los dos sistemas de	
3.5	Labranza	15
3.6	Comparación de la pérdida de suelo en los dos sistemas de labranza	16
3.7	Comparación de costos en los dos sistemas de labranza	17
4.	CONCLUSIONES	18
5.	RECOMENDACIONES	19
6.	BIBLIOGRAFIA	20
7.	ANEXOS	21

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1	Efecto del tipo de labranza de suelos en variables agronómicas y rendimientos de maíz Dekalb 353, en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.----- 7
2	Disponibilidad de nutrientes suelo -planta en maíz Dekalb 353 en condiciones de labranza convencional en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----8
3	Disponibilidad de nutrientes suelo -planta en maíz Dekalb 353 en condiciones de labranza cero en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----9
4	Comparación de la disponibilidad de nutrientes suelo -planta en maíz Dekalb 353 bajo dos sistemas de labranza de suelo en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----9
5	Comparación del Fraccionamiento de los tres principales elementos en el cultivo del maíz según Bertch 2003, labranza convencional y labranza cero.-----10
6	Relación entre el fertilizante aplicado, los requerimientos del cultivo y efecto que se obtuvo en los dos sistemas de labranza de suelos en el valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----11
7	Ajuste del programa de fertilización en maíz Dekalb 353 en los dos sistemas de labranza de suelos en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.---11
8	Comparación de diferentes factores físicos que interactúan en los dos sistemas de labranza de suelo en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----12
9	Índice de calidad de suelos actual y potencial en los dos sistemas de labranza de suelos en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----16
10	Ecuación Universal de pérdida del suelo para los dos sistemas de labranza en maíz Dekalb 353 Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----17
11	Comparación de los principales costos incurridos por los dos sistemas de labranza de suelo en maíz Dekalb 353 Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----17

INDICE DE GRAFICOS

Figura	Página
1	Comparación de la resistencia a la penetración en los dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----13
2	Efecto del tipo de labranza de suelos en las raíces en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----14
3	Comparación de raíces y resistencia a la penetración según la profundidad en labranza convencional en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----14
4	Comparación de raíces y resistencia a la penetración según la profundidad en labranza cero en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----15

INDICE DE ANEXOS

Cuadro	Página
1	Descripción de calicatas en labranza convencional en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004-----21
2	Descripción de calicatas en labranza cero en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004 -----23
2	Resultados del análisis de suelos realizados a los dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras 2004 -----25
3	Resultados del análisis foliar realizados a los dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras 2004 -----26
5	Resistencia a la penetración en los dos sistemas de labranza e el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.-----27
6	Valor asignado según la categoría de raíces (tamaño y cantidad) a los dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz Dekalb 353, en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004 -----28

1. INTRODUCCION

A escala mundial, los granos básicos como maíz y sorgo juegan un papel importante en la alimentación humana y como suplemento alimenticio para animales como ganado porcino, bovino, aviar etcétera, por lo tanto es de vital importancia mantener y aumentar la producción de estos cultivos debido al rápido crecimiento de la población asociado con una mayor demanda de alimento.

La ampliación de la frontera agrícola, aunque frenada en los últimos años, produce una severa degradación de los recursos naturales debido a que se agotan; se han deforestado tierras a un ritmo de 70,000/ha/año en el mundo, creándose desequilibrios hidrológicos que dejan grandes pérdidas (Pineda 1996).

Los agudos procesos erosivos que soportan la mayoría de los suelos agrícolas, ganaderos y forestales en el mundo, han tenido su inicio en la pérdida gradual de materia orgánica. Los factores erosivos más importantes son la deforestación, el sobrepastoreo, los barbechos y la quema de residuos de cosechas. El mismo autor menciona que muchos expertos en conservación del suelo sostienen, arbitrariamente que un suelo determinado puede perder hasta 12 t/ha por año, sin alterar significativamente su productividad. Esta generalización es un poco riesgosa porque dependerá de los tipos de suelos. Para frenar el impacto de los procesos erosivos del suelo se deben realizar prácticas que tiendan a la conservación de este recurso (Crovetto 1999).

ASA (2004) menciona que el objetivo de la conservación es minimizar la pérdida de la tierra y el agua, mezclando diferentes cultivos. El objetivo es combinar las técnicas y los métodos para resguardar la tierra del agotamiento y deterioro por causas naturales o factores inducidos por los humanos. El uso de rastrojos es una técnica empleada en conservación ya que crea una superficie sobre el suelo conservando el agua, manejo y control de malezas.

La preparación del suelo en labranza convencional se utiliza como principal herramienta el arado de rejas o de discos, seguido por labores para refinar el suelo sin rastrojos en la superficie. El uso continuo de este sistema produce un deterioro de las condiciones físicas del suelo, predisponiéndolo a la erosión y pérdida de su productividad (Regnel 2004)

En Honduras se sabe que las pérdidas de suelo en terrenos de ladera fluctúan entre 78-207 t/ha/año, lo que equivale a una reducción de 5 a 14 mm de espesor, por lo tanto, este sistema esta siendo sustituido por sistemas de labranza de conservación que van desde labranza mínima hasta labranza cero (USAID, 1997). Para estas pérdidas de suelo se han planteado nuevas alternativas para mantener este recurso o se ha tratado de minimizar por medio de cultivos alternativos como el maíz que tienden a acumular 18 t/ha de materia seca, de los cuales 53% corresponde a la producción de mazorcas, mientras el restante 47% lo constituyen en hojas, tallos y panojas (Rengel 2004)

Existen ciertos factores que tienen incidencia sobre los rendimientos en el cultivo del maíz, como la humedad, factores adversos de suelo, plagas, manejo del cultivo, variedad entre otros

Se sabe que en el valle de Zamorano la principal limitante muchas veces es el período de sequía durante el crecimiento del maíz. Cuando esto sucede, se observan las plantas que crecen en los lotes de labranza convencional sufren de estrés hídrico, ya que donde se encuentra la mayoría de sus raíces 40cm es donde se seca primero después de un período de lluvia. Sin embargo, en labranza cero las plantas no sufren de este estrés, ya que sus raíces son capaces de extraer agua a mayor profundidad (Muñoz y Vega 1992).

El manejo eficiente del cultivo de maíz se basa en el conocimiento de las diferentes etapas de crecimiento durante el ciclo de vida, ya que el éxito está determinado por la constitución genética de la planta, las condiciones climáticas y edáficas predominantes por lo que el siguiente estudio tiene como objetivo relacionar estos factores en dos sistemas de labranza los cuales son: labranza convencional y labranza cero y los efectos de estos sistemas en las características físicas, químicas y morfológicas del suelo, el efecto en el rendimiento que cada sistema de labranza tienen en el cultivo del maíz y de esta manera determinar que labranza brinda mayores beneficios a los agricultores de la región del Valle de Quimistán, en Honduras.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Caracterización del sitio de estudio

2.1.1 Localización

Se seleccionó un terreno ubicado en la Hacienda las Acacias propiedad de la familia Aparicio y otro ubicado en La Finca Lousiana propiedad de Juan Carlos Sabillón, ambos sitios en el valle de Quimistán, Municipio de Macuelizo, Departamento de Santa Bárbara, Honduras, C.A. Las áreas de estudio se encuentran colindando con el Río Chamelecón, separadas en espacio a una distancia de 5 km.

2.1.2 Topografía

Los sitios de estudio se encuentran en una zona relativamente plana con una pendiente aproximada del 2% y una elevación de 210 msnm, el sitio de estudio en Las Acacias se encuentra en la tercera terraza aluvial del Río Chamelecón y el sitio de estudio en La finca Louisiana se encuentra en la primera terraza aluvial del mismo Río. El material parental de los suelos del área de estudio es sedimento aluvial, provenientes de deposición fuertemente influenciada por minerales volcánicos.

2.1.3 Clima

La temperatura promedio anual es de 29°C, la temperatura promedio máxima es de 36°C en el mes de mayo y la temperatura promedio mínima es de 20°C que usualmente fluctúa entre diciembre y febrero. El mes de mayor precipitación es junio, la época seca comprende de noviembre a mayo y la temporada de lluvia es de junio a octubre; en promedio la precipitación anual es de 1200 mm (EAPO 2004).

2.2 Caracterización de unidades experimentales

2.2.1 Determinación de unidad experimental

En los dos terrenos identificados previo al levantamiento de campo se definió en Las Acacias el lote con mayor tiempo en cero labranza (8 años) y se realizaron 10 barrenaciones para identificar el suelo con base en la textura (suelos Franco arcillosos). En la Finca Lousiana se identificó el lote que se utiliza normalmente en labranza convencional y se realizaron 12 barrenaciones para identificar el mismo tipo de suelo que el del lote seleccionado en las Acacias. Una vez identificados los suelos, se definieron cuatro parcelas de 25 m² en cada sistema de labranza, para un total de ocho unidades experimentales.

2.2.2 Métodos de labranza

2.2.2.1 Labranza convencional

En la Finca Lousiana utilizan el sistema de labranza convencional en los cultivos de caña y maíz híbrido Dekalb 353, la fecha de siembra fue el 28 de octubre 2003 el área del experimento sembrada fue de 12 ha (Lote 4). Se realiza un pase de subsolador, dos pases de rastra y la siembra se hace mecánicamente con una sembradora John Deere. Durante el cultivo se realizaron dos riegos por aspersión, el número de veces que se regó dependió de la precipitación durante el ciclo. Al momento de la siembra se aplicaron 1,100 kg/ha de fórmula 12-24-12, se realizó mecánicamente con la sembradora y 24 días después se realizó una aplicación de nitrógeno 6 qq / ha de urea con la fertilizadora. Se realizaron muestreos para conocer el nivel de incidencia de insectos dentro del cultivo, para lo cual se aplicó tres veces un insecticida contra *Spodoptera frugiperda* (cogollero).

2.2.2.2 Labranza cero

En la Hacienda Las Acacias se utiliza el sistema de siembra directa en los cultivos de maíz y sorgo, el híbrido de maíz que se evaluó fue Dekalb 353, la cual se sembró el 29 de octubre 2003. El área del experimento sembrada fue de 105 ha. No se realizó ninguna mecanización del terreno para su preparación.

La siembra se realizó mecánicamente sobre los rastrojos del cultivo anterior, con una sembradora John Deere cero labranza. Al momento de la siembra se aplicaron 1540 kg/ha de fórmula 12-24-12. El fertilizante se aplicó junto con la semilla.

Entre el día 15 y 18 después de la siembra se aplicó un herbicida selectivo para el control de *Rotoelia chochinchinensis* (caminadora), al día 24 después de la siembra se aplicó nitrato de amonio a razón de 1760 kg/ha, insecticida calendarizado contra *Spodoptera frugiperda* (cogollero y zinc en forma foliar). No existió la necesidad de regar el cultivo.

2.3 Variables evaluadas

2.3.1 Unidades experimentales

Se definieron dos tratamientos los cuales fueron: labranza convencional y labranza cero, en cada tratamiento se establecieron cuatro parcelas de 25 m², las cuales consistieron de 5×5 m con siete surcos, para un total de ocho unidades experimentales (4 réplicas por tratamiento). En cada réplica se evaluaron tres parámetros: físicos-morfológicos, químicos y parámetros agronómicos.

2.3.2 Parámetros agronómicos evaluados

Los parámetros agronómicos evaluados fueron: altura de planta, volumen de raíces, densidad y rendimientos.

Para la altura de planta se midió desde el suelo hasta el inicio de la espiga (órgano masculino) en la etapa de senescencia donde ya no existió crecimiento de la planta.

El volumen de raíces se midió iniciando en el segundo nudo de las raíces adventicias hasta treinta centímetros dentro del suelo, al tener las raíces fuera del suelo se introdujeron dentro de un volumen conocido de agua en una probeta, la diferencia de agua desplazada representó el volumen de raíces por planta dado en centímetros cúbicos (cm³). En cada parcela la densidad se evaluó contando la totalidad de plantas dentro de los siete surcos y posteriormente se extrapolaron los datos obtenidos a la totalidad de área evaluada, para obtener la densidad general en cada sistema de labranza.

Para el rendimiento se cosecharon todas las parcelas manualmente, luego se procedió a desgranarla y se pesó el grano, existiendo una diferencia de humedad entre los dos tratamientos para lo cual se utilizó la fórmula de corrección $PF = PI \times 100 - HI / 100 - HF$. (PF = peso final, PI peso inicial, HI humedad inicial, HF humedad final).

2.3.3 Caracterización de propiedades morfológicas y físicas de los suelos

En cada uno de los perfiles del suelo se determinó: profundidad de los horizontes, horizontes maestros, color (tabla Munsell), textura (método al tacto), estructura, consistencia en húmedo, poros, raíces, límite entre horizontes y resistencia a la penetración que fue determinada con el penetrómetro de bolsillo (Anexo 1 y 2).

2.3.4 Caracterización química de los suelos

El muestreo de suelos para análisis químico se realizó a 30 cm de profundidad; se tomaron cuatro sub-muestras al azar para tener una muestra compuesta por cada parcela, con el fin de analizar el contenido de nutrientes y determinar su nivel de fertilidad mediante análisis químico de laboratorio.

Estos análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) por medio de los siguientes métodos: materia orgánica y nitrógeno (Walkley and Black), reacción del suelo (pH) en relación 1:1 en agua, los macro y micro elementos extractados con Melich 3. Los resultados del análisis químico de suelo se usaron como referencia para establecer recomendaciones de fertilidad en el cultivo del maíz (Anexo 3).

2.3.5 Determinación de nutrientes en la planta

El muestreo foliar se realizó tomando la hoja que cubre al cogollo al momento de llenado de grano (aproximadamente 70 días después de la siembra). Se recolectaron 10 hojas por parcela, con el fin de determinar que nutrientes disponibles del suelo para la planta por medio de análisis químicos de laboratorio. Se determinó la concentración Ca, K, Mg, Cu, Fe; Mn, Zn por el método de digestión húmeda, P por colorimetría y N por Kjeldahl (Anexo 4).

2.3.6 Biodisponibilidad de nutrientes

Se interpretaron los niveles de cada nutriente en el suelo y en la hoja comparándolos con los estándares establecidos para cada uno. De esta manera se identificó si el nutriente estaba en cantidades bajas, medias o altas en el suelo y en la planta. Se integraron estos resultados para establecer la relación entre el nutriente extraído por la planta según el análisis foliar y el nutriente presente en el suelo y poder determinar en que sistema de labranza existe una mejor disponibilidad de macro y micro elementos. Los rangos establecidos dictaron la pauta para poder realizar recomendaciones tendientes a que en cada sistema se logre una mejora circunstancial en la producción.

2.3.7 Resistencia a la penetración

La resistencia a la penetración es la resistencia que opone el suelo a ser penetrado. Las raíces para poder crecer desafían esta resistencia dentro de un sustrato o suelo. Para medirla se realiza una prueba de campo con penetrómetro de bolsillo que determina esta fuerza, y de esta forma se evaluó la resistencia a la penetración de todos los horizontes en las ocho calicatas.

Para estimar la resistencia a la penetración de cada perfil se realizó un promedio ponderado por horizontes a profundidades uniformes cada 15 cm y así comparar el efecto del sistema de labranza. Los resultados se compararon con la categoría de raíces en cada horizonte (Anexo 5).

2.3.8 Categoría de raíces

Para comparar el desarrollo de raíces bajo los dos sistemas de labranza se asignó un valor numérico según la cantidad y tipo de raíces que se encontraron en cada horizonte.

De esta manera se encontró un valor numérico que permitió comparar el efecto en las raíces de los dos sistemas de labranza. La categoría 1 representa las raíces muy finas y finas, frecuentes, abundantes y muy abundantes siendo la mejor categoría.

Consecuentemente las categorías entre 2 a 6 expresan diferentes tamaños y abundancia que decrece en categoría al aumentar el número asignado. La última categoría 7 y 8 expresan raíces muy gruesas y ausencia de las mismas respectivamente (Anexo 6).

2.3.9 Índice de calidad de suelos

Son valores del suelo asignados a cada propiedad física y morfológica en cada sistema de labranza según las características predominantes, mencionando: textura, estructura, drenaje, profundidad efectiva, fragmentos gruesos, resistencia a la penetración, conductividad hidráulica, erosión, agua disponible y densidad aparente (Gauggel, 2003).

Según la importancia de cada factor se le asigna cierto valor a cada parámetro lo que determina un índice con un valor actual para las condiciones del suelo, y según la rehabilitación recomendada un índice potencial que podrían alcanzar los tipos de suelo en los dos sistemas de labranza estudiados.

2.3.10 Cuantificación de erosión

Se cuantificó la pérdida potencial del suelo mediante la ecuación universal de la pérdida de suelos (EUPS), ésta relaciona cinco factores que definen la cantidad de pérdida de suelo según las características de lluvia, la longitud y pendiente que tenga cada lote, cobertura del suelo según el cultivo y edad, el sistema de labranza y prácticas de conservación que se realicen en los terrenos.

2.3.11 Análisis de costos

Se hizo un análisis de los costos de los insumos utilizados en cada sistema de labranza como: fertilizantes, cantidad de semillas por hectárea, preparación del suelo según la labranza, mano de obra y riego. Y comparar que sistema de labranza brinda mayor beneficio económico al tener menos costos por hectárea.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Variables agronómicas

En labranza cero existió una diferencia estadística comparado con el sistema de labranza convencional, en mayor altura, volumen de raíces y gramos por planta. La densidad de plantas en cada sistema de labranza fue estadísticamente diferente, con 10,600 plantas menos en la labranza cero. No existió ninguna diferencia significativa en los dos sistemas de labranza en el tonelaje por hectárea (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del tipo de labranza de suelos en variables agronómicas y rendimientos de maíz Dekalb 353, en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Sistema del labranza	Plantas ha ⁻¹	Altura	Raíces	t ha ⁻¹	g pl ⁻¹
Convencional	69.400 a*	2.17 b	40.5 b	5.45 a	78 b
Cero	58.600 b	2.45 a	45.3 a	5.96 a	102 a

α 0.05, * Letras diferentes tienen significancia estadística.

3.2 Disponibilidad de nutrientes

3.2.1 Labranza convencional

Según los análisis químicos realizados al suelo y foliar se pudieron definir los niveles de los nutrientes presentes y la disponibilidad de estos para el cultivo del maíz. Al nivel de suelo, el pH es alcalino debido a la alta presencia de calcio, a pesar de estos niveles muy altos la reacción violenta con HCL 10% indica que este elemento está precipitado y no está disponible para la planta. La cantidad de materia orgánica es muy baja y el N se encuentra a disponibilidad adecuada para la planta, por lo tanto se debe al efecto de la fertilización y de la presencia de este elemento en el suelo (Cuadro 2).

Los elementos Ca, Fe, Mn y Zn están a un nivel alto, niveles normales de Cu; Se encuentran bajos N, P, K, Mg. En la planta existe un nivel alto de Fe, los elementos N, Ca, Mg, Cu, Mn y Zn están a un nivel normal, los nutrientes P y K están bajos.

Por lo que se tiene un nivel alto de Fe en el suelo y la planta, una adecuada absorción de la planta al nivel de N, Mg, Cu y una disponibilidad limitada de Ca, Mn y Zn.

Pero se tomaría como contradicción que la presencia del hierro un microelemento está disponible a pH alto, pero como el calcio al estar precipitado no entra en solución de suelo entonces no afecta a este elemento y se observa que la planta absorbe hierro sin limitación (Anexo 3 y 4).

Cuadro 2. Disponibilidad de nutrientes suelo -planta en maíz Dekalb 353 en condiciones de labranza convencional en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Variables	Suelo	Nivel	Foliar	Nivel	Interpretación
pH	8.13				Alcalino
MO	1.69	Bajo			
Nutrientes	%		%		
N	0.09	Bajo	3.21	Normal	Adecuada disponibilidad
	ppm				
P	9	Bajo	0.24	Bajo	Niveles bajos de fertilización
K	89	Bajo	1.97	Bajo	Niveles bajos de fertilización
Ca	7625	Alto	0.48	Normal	Disponibilidad limitada
Mg	150	Bajo	0.18	Normal	Adecuada disponibilidad
Na					
	ppm		ppm		
Cu	3.4	Normal	17.50	Normal	Adecuada disponibilidad
Fe	129	Alto	136.75	Alto	Niveles altos
Mn	114	Alto	34.25	Normal	Disponibilidad limitada
Zn	2.9	Alto	48.00	Normal	Disponibilidad limitada

3.2.2 Labranza Cero

Se definieron los niveles de los nutrientes y la disponibilidad de estos para el cultivo del maíz en labranza cero.

Al nivel de suelo el pH se encuentra ligeramente ácido por debajo de seis, pero en el rango adecuado para el maíz. La materia orgánica está en un nivel medio pero no se correlaciona con N ya que este nutrimento se encuentra limitado a nivel del suelo, el Mg, Cu, Fe y Mn se encuentran altos, K, Ca, Zn se encuentran normales y P están a un nivel bajo por lo que es necesario fraccionar la aplicación de este elemento sin aumentar las dosis que son las adecuadas (Cuadro 3).

En la planta el Fe se encuentra alto, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn están normales y N esta bajo en la planta, por lo que se tiene un nivel alto de Fe en el suelo y la planta, una adecuada absorción de la planta al nivel de P, K, Ca, Zn y una disponibilidad limitada de N, Mg, Cu, Mn. Al igual que en labranza convencional el Fe se encuentra a niveles altos y la planta los absorbe sin limitación (Anexo 3 y 4).

Cuadro 3. Disponibilidad de nutrientes suelo -planta en maíz Dekalb 353 en condiciones de labranza cero en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Variables	Suelo	Nivel	Foliar	Nivel	Interpretación
pH	5.85				Ligeramente ácido
MO	2.78	medio			
Nutriente	%		%		
N	0.14	Bajo	2.65	Bajo	Niveles bajos de fertilización
	ppm				
P	9	Bajo	0.27	Normal	Adecuada disponibilidad
K	137	Normal	2.30	Normal	Adecuada disponibilidad
Ca	2053	Normal	0.30	Normal	Adecuada disponibilidad
Mg	453	Alto	0.20	Normal	Disponibilidad limitada
	ppm		ppm		
Cu	4.8	Alto	15	Normal	Disponibilidad limitada
Fe	244	Alto	100	Alto	Niveles altos
Mn	99	Alto	53	Normal	Disponibilidad limitada
Zn	1.8	Normal	26	Normal	Adecuada disponibilidad

3.2.3 Comparación de los nutrientes en los dos sistemas de labranza:

Al momento de comparar la absorción de nutrientes por la planta y su disponibilidad en los sistemas de labranza se encuentran diferencias importantes ya que los dos sistemas tienen diferente disponibilidad y absorción de cada nutriente.

En labranza convencional se tiene una disponibilidad adecuada de N, Mg, Cu, niveles bajos de fertilización para el K, absorción limitada para el P y la disponibilidad es limitada para Ca, y Zn. En labranza cero se tiene una disponibilidad adecuada de P, K, Ca, Zn, absorción limitada de N y una disponibilidad limitada de Mg, Cu.

Los dos únicos elementos que tienen relación las dos labranzas es el Fe y el Mn, por lo que el Fe está en niveles altos para las dos labranzas y el Mn tiene una disponibilidad limitada para los dos sistemas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de la disponibilidad de nutrientes suelo -planta en maíz Dekalb 353 bajo dos sistemas de labranza de suelo en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Nutriente	Labranza convencional	Labranza cero
N	Disponibilidad adecuada	Absorción limitada
P	Absorción limitada	Disponibilidad adecuada
K	Niveles bajos de fertilización	Disponibilidad adecuada
Ca	Disponibilidad limitada	Disponibilidad adecuada
Mg	Disponibilidad adecuada	Disponibilidad limitada
Cu	Disponibilidad adecuada	Disponibilidad limitada
Fe	Niveles altos	Niveles altos
Mn	Disponibilidad limitada	Disponibilidad limitada

Zn

Disponibilidad limitada

Disponibilidad adecuada

3.3 Efecto de la fertilización**3.3.1 Efecto del fertilizante aplicado y la relación entre los requerimientos reales del cultivo**

Según Bertch, 2003 para obtener una producción entre 5.5 y 6 toneladas la planta requiere nitrógeno entre 120 y 170 kg/ha, de fósforo entre 22 y 39 kg/ha y de potasio entre 88 y 146 Kg/ha/ciclo, fraccionándolos en etapas iguales del cultivo según el Cuadro 5.

Cuadro 5. Comparación del fraccionamiento de los tres principales elementos en el cultivo del maíz según Rengel 2004, labranza convencional y labranza cero.

Fraccionamiento de aplicación de elementos (%)									
Días	Según Rengel♦			Labranza Convencional			Labranza Cero		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
0-5				24	100	100	31	100	100
5-24	12	10	9	76			69		
27-34	13	10	30						
34-41	21	9	10						
41-46	18	21	31						
46-53	9	20	11						
62-66	28	7	14						
76-88									

♦Rengel 2004, Crecimiento y acumulación de nutrientes en maíz.

En el sistema evaluado la aplicación de fertilizante se hizo como se muestra en el cuadro 6, en dicho cuadro se compara la cantidad de cada nutriente aplicado en cada sistema, el nivel de aplicación en relación al propuesto por Bertch 2003 y el efecto en la planta (Cuadro 5).

En labranza Convencional el N que se aplicó fue a un nivel adecuado y el efecto es eficiente en la planta. El nivel de P aplicado es alto, pero el efecto del mismo es ineficiente para la planta y K se aplicó en cantidades bajas y existe una eficiencia limitada para la planta, por lo que se tiene que mejorar el sistema de aplicación de fertilizantes con P y K.

En labranza cero el nivel de aplicación de N es adecuado, pero tiene una absorción ineficiente por la planta para su bajo nivel. El P se aplicó en niveles muy altos por lo que se tiene una eficiencia limitada para la planta. El K se aplicó en niveles bajos, pero tiene un efecto muy eficiente ya que la absorción por la planta es adecuada (Cuadro 6).

Cuadro 6. Relación entre el fertilizante aplicado, los requerimientos del cultivo y efecto que se obtuvo en los dos sistemas de labranza de suelos en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Nutriente	Requerido♥	Labranza convencional			Labranza cero		
		Aplicado kg/ha	Nivel de Aplicación	Efecto	Aplicado kg/ha	Nivel de Aplicación	Efecto
N	120 -170	164	Adecuado	Eficiente	174	Adecuado	Ineficiente
P ₂ O ₅	22 – 39	78	Alto	Ineficiente	109	Muy alto	Ef.♣ Limitada
K ₂ O	88-146	39	Bajo	Baja aplic.	54	Bajo	Muy Ef.♣

♥Según Bertch 2003 para una producción entre 5.5 y 6 t/ha.

♣Eficiencia

3.3.2 Ajuste en el programa de fertilización para los dos sistemas de labranza

En el Cuadro 6 se presenta la relación de los efectos de aplicación de fertilizantes en el cultivo del maíz, con base en estos resultados se sugieren ajustes al programa de fertilización para ambos sistemas de labranza (Cuadro 7).

En labranza convencional se recomienda mantener los niveles de N; P aplicarlo localizado e incorporar el fertilizante para una mejor absorción del mismo y aumentar las dosis; K subir las dosis fraccionar las aplicaciones y se debe aplicar riego o hacer la fertilización cuando inicie la temporada de lluvia. Para el resto de elementos se tiene que mantener el mismo nivel.

En labranza cero la aplicación de N se debe fraccionar y aplicar en el suelo húmedo, ideal regar al momento de su aplicación y mantener sus dosis actuales. El P se debe localizar e incorporar al momento de la aplicación manteniendo la dosis actual. Se deben subir las dosis de K aunque los niveles en la planta estén adecuados. El Ca, Fe y Zn mantener los niveles actuales (Cuadro7).

Cuadro 7. Ajuste del programa de fertilización en maíz Dekalb 353 en los dos sistemas de labranza de suelos en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Nutriente	Ajuste del Programa de Fertilización	
	Labranza convencional	Labranza cero
N	Mantener	Fraccionar y Regar
P	Localizar e incorporar	Localizar e incorporar
K	Subir, fraccionar y regar	Subir dosis
Ca	Mantener	Mantener
Mg	Mantener	Mantener
Cu	Mantener	Mantener
Fe	Mantener	Mantener
Mn	Mantener	Mantener
Zn	Mantener	Mantener

3.4 Factores físicos y morfológicos del suelo en los dos sistemas de labranza

Se evaluaron las características del suelo para determinar si constituyen un impedimento para el correcto crecimiento de las raíces los cuales fueron: profundidad efectiva, textura, estructura, resistencia a la penetración (Anexos 1 y 2).

3.4.1 Profundidad efectiva

En labranza convencional la profundidad efectiva mínima fue de 11 cm y la máxima de 56 cm, en las 4 calicatas descritas las profundidades en las cuales se restringe el crecimiento de las raíces para el cultivo del maíz. Las principales limitantes física en las cuatro calicatas fueron: compactación (definida cuando la resistencia a la penetración es $>4.5 \text{ kg/cm}^2$), estructura prismas muy gruesos (pmg) y masividad del suelo. La textura predominante en este sistema de labranza fue franco arcilloso y franco arcillo arenoso.

En labranza cero la profundidad limitante para el crecimiento de las raíces fue de 57 cm y la mínima de 5 cm. Por lo que se tienen características adversas para el buen desarrollo del maíz. Las principales limitantes físicas en las cuatro calicatas son la compactación (definida cuando la resistencia a la penetración es $>4.5 \text{ kg/cm}^2$), estructura prismas muy gruesos (pmg) y la textura que predomina en esos suelos es arcilloso y franco arcilloso sobre arcilla y arcilla limosa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de diferentes factores físicos que interactúan en los dos sistemas de labranza de suelo en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Calicata	Labranza convencional			Labranza cero		
	Limitante			Limitante		
	cm	Tipo	Textura	cm	Tipo	Textura
1	11	Compactación	FAr/ FArA ☉	57	Compactación	FAr / Ar ☉
2	32	Compactación	FAr/ FArA	5	Estructura pmg♥	Ar / Ar L
3	55	Estructura pmg♥	FArA / Ar	5	Compactación	Ar / Ar L
4	36	Masividad	FAr	13	Compactación	FAr / Ar

☉ FAr/ FArA: Franco Arcilloso / Franco Arcillo Arenoso, FAr: Franco arcilloso, Ar: Arenoso, ArL: Arcillo limoso. ♥Prismas muy gruesos

3.4.2 Resistencia a la penetración de los dos sistemas de labranza

Los resultados de esta característica se ponderaron en ambos sistemas de labranza a profundidades similares que se muestran en el anexo 3 y la resistencia a la penetración (kg/cm^2) para los dos sistemas de labranzas se representan en la Figura 1.

En labranza convencional los primeros 15 cm. tienen una baja resistencia a la penetración $1.2 \text{ kg}/\text{cm}^2$ menor que en labranza cero. A partir de esta profundidad la resistencia a la penetración aumenta drásticamente a $3.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ hasta 40cm, a mayor profundidad la resistencia a la penetración se mantiene a niveles mayores de $3.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

En labranza cero la resistencia a la penetración en los primeros 15 cm. es de $3.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$. A partir de allí decrece con la profundidad hasta $2.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ a los 45 cm. Donde vuelve a aumentar hasta $3.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ a los 80cm. A los 30 cm. las dos labranzas tienen valores iguales y por debajo es más blando el suelo de cero labranza.

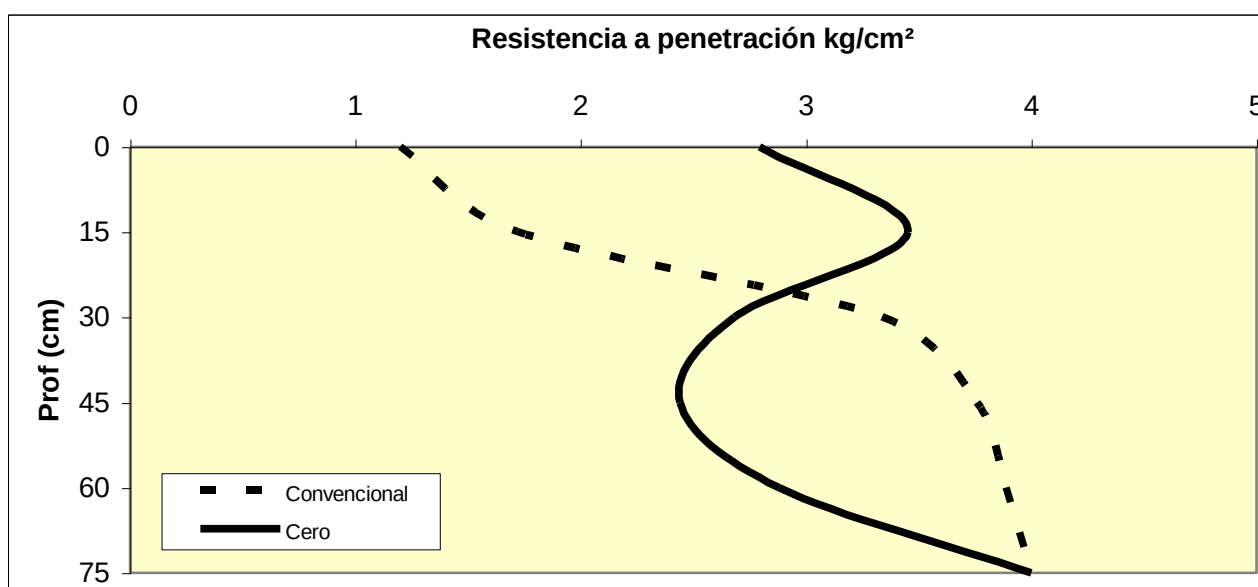


Figura 1. Comparación de la resistencia a la penetración en los dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

3.4.3 Comparación de raíces entre labranza convencional y labranza cero

En la Figura 2 se representa la distribución de raíces en profundidad en los dos sistemas de labranza. Las categorías de raíces fueron asignadas como se muestra en el Anexo 6.

Se observa un ligero desarrollo radical favorable a labranza convencional hasta la profundidad de quince centímetros (categoría 2). A partir de esta profundidad labranza cero se mantiene constantes en la categoría de 3 hasta 30 cm y la labranza convencional aumenta la categoría de raíces a 5 entre 15 a 40 cm de profundidad, donde coinciden nuevamente las dos labranzas y decrecen ambos sistemas hasta la categoría de 8 donde hay ausencia total de raíces.

Esto significa que el desarrollo de raíces en labranza cero es uniforme hasta aproximadamente 30 cm. luego decrece regularmente hasta los 60cm (Anexo 6).

En labranza convencional la distribución de raíces es alta hasta 25cm y a partir de esa profundidad reduce drásticamente su distribución y cantidad hasta los 60cm. En los dos sistemas de labranza a partir de 60cm las raíces son escasas o ausentes (Figura 2).

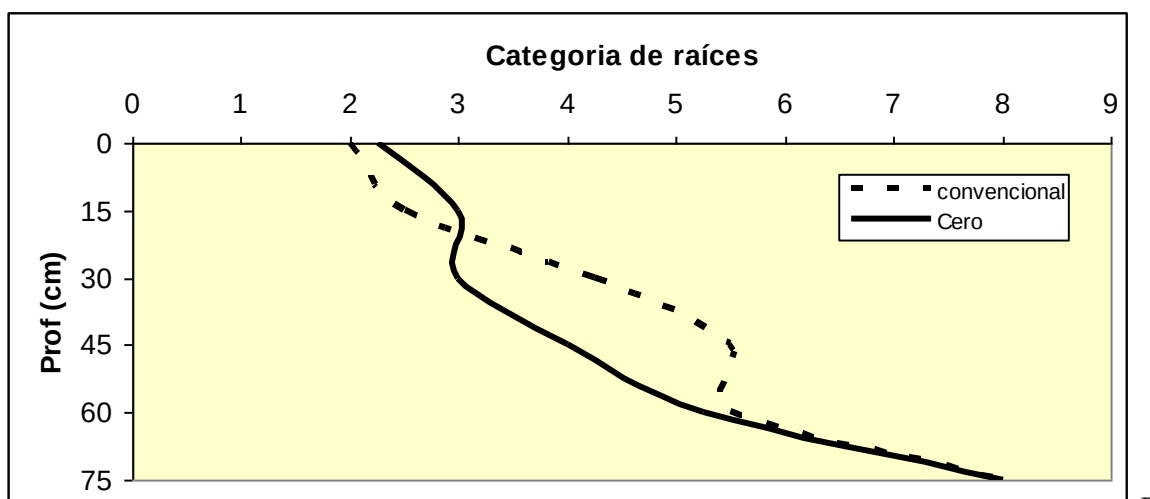


Figura 2. Efecto del tipo de labranza de suelos en las raíces en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

3.4.4 Comparación de raíces y resistencia a la penetración en labranza convencional

La relación que existe entre la resistencia a la penetración y el crecimiento del sistema radicular en maíz, es un decrecimiento de raíces (cantidad y calidad) según aumenta la resistencia a la penetración, cuando la resistencia aumenta a un valor de 3.5 kg/cm² y hay un efecto brusco en el cambio de categoría de raíces pasado de cuatro a seis hasta que desaparecen las raíces en el suelo (Figura 3).

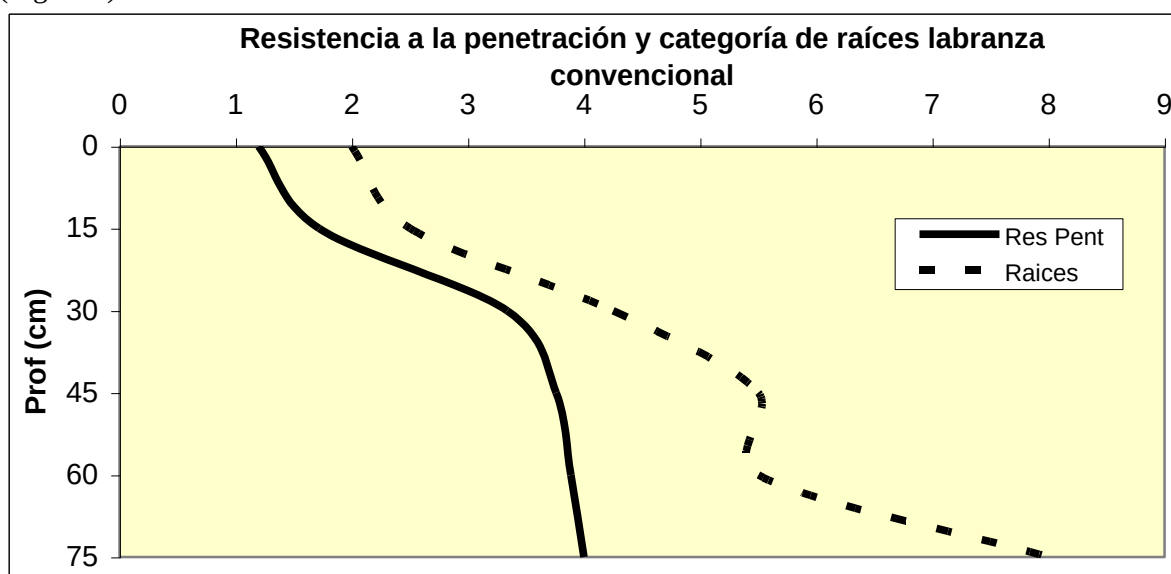


Figura 3. Comparación de raíces y resistencia a la penetración según la profundidad en labranza convencional en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004

3.4.5 Comparación de raíces y resistencia a la penetración en labranza cero

La relación en el sistema de labranza cero entre la categoría de raíces y resistencia a la penetración y demuestra un grado de compactación mayor en los primeros 20cm si se compara con labranza convencional.

Hay un aumento de la resistencia a la penetración en los primeros 15 cm. por lo que hay una disminución en la calidad y categoría de raíces de 2 a 3, luego disminuye la resistencia a la penetración de 3 a 5 y el crecimiento de raíces se mantiene constante en la profundidad de 15 a 30 cm de profundidad, luego las dos curvas mantienen con un comportamiento normal ya que aumenta la resistencia a la penetración y la presencia de raíces disminuye hasta desaparecer a 75 cm de profundidad.

La resistencia a la penetración es más uniforme en toda la profundidad en el sistema de labranza cero, en labranza convencional se genera un horizonte superficial mullido que cambia bruscamente a un horizonte duro a los 20 cm. de profundidad; La distribución de raíces es más uniforme en labranza cero comparado con labranza convencional (Figura 4).

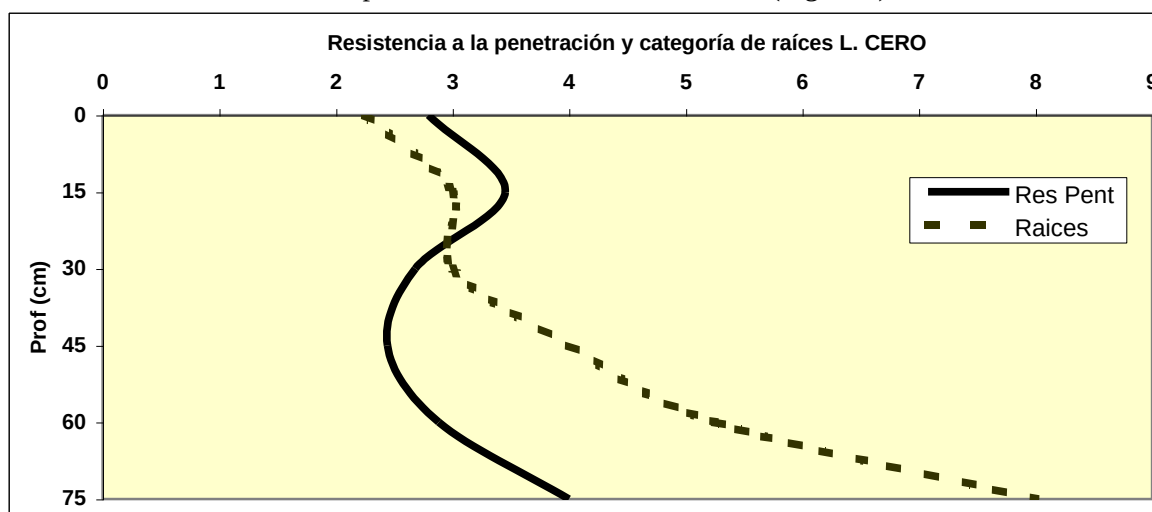


Figura 4. Comparación de raíces y resistencia a la penetración según la profundidad en labranza cero en el cultivo de Maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

3.5 Índices de calidad actuales y potenciales en los dos sistemas de labranza

En el Cuadro 9 se muestran los índices de calidad actuales y potenciales y se observa que existe una leve diferencia en el índice promedio actual entre los dos sistemas de labranza, 14 en labranza convencional y 13 en labranza cero, pero si se compara cada calicata en específico se puede observar mayor variabilidad en labranza convencional que en labranza cero.

En labranza convencional el índice promedio actual es de 14 pudiendo llegar a 21, que sería una mejora significativa para el cultivo de maíz si se realiza la adecuación necesaria como subsoleo, mejorar drenaje y aumentar profundidad efectiva, entre otras.

En la calicata 1 de labranza convencional se tiene un valor alto en el índice de calidad del suelo 20 casi el igual al potencial 22. En las calicatas 2 y 3 se tienen valores similares que con mejoramiento puede llegar a un nivel de 22 y 16 respectivamente, la calicata 4 muestra un índice de calidad muy bajo en la actualidad pudiendo llegar a un nivel potencial máximo de 18. Este sistema de labranza indica que el sistema de labranza no es uniforme.

En labranza cero el índice promedio actual es de 13 parecido al sistema de labranza convencional pudiendo alcanzar un índice potencial de 21. En la calicata 1 y 2 se tienen niveles de índices de calidad similares pudiendo mejorarlos a 27 y 22 respectivamente. Las calicatas 3 y 4 muestran un nivel de índice de calidad bajo pudiendo llegar a un nivel normal de 20 y 16 respectivamente. La variabilidad de índices es menor lo que indica mayor uniformidad del suelo bajo este sistema (Cuadro 9).

Cuadro 9. Índice de calidad de suelos actual y potencial en los dos sistemas de labranza de suelos en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Calicata	Labranza Convencional			Labranza Cero		
	Indices de calidad			Indices de calidad		
	Actual	Potencial	ICA-ICP♦	Actual	Potencial	ICA-ICP♦
1	21	22	1	17	27	1
2	14	22	8	15	22	8
3	14	16	2	11	20	2
4	8	18	10	11	16	10
Promedio	14	20	5	13	21	5
Desviación Estándar	5	3	4	3	5	4

♦ICA: Índice de calidad actual, ICP: Índice de calidad potencial.

3.6 Comparación de la pérdida de suelo en los dos sistemas de labranza

Existe una clara diferencia en los dos sistemas de labranza en la pérdida de suelo. Para labranza convencional hay una tasa potencial de pérdida de suelo de 34.43 t/ha/año, a pesar de las características edáficas que presenta ya que encuentra en la primera terraza aluvial y la pendiente es del 3%, con una distancia menor a 150 m del río Chamelecón, la diferencia es la falta de cobertura sobre el suelo a comparación de labranza cero.

Aunque los dos sistemas de labranza tienen características edáficas parecidas, tercera terraza aluvial, 3% de pendiente, con una distancia de 300 m de río Chamelecón, en labranza cero la tasa de pérdida de suelo es de 16.2 t/ha/año se reduce bastante la cantidad a comparación de labranza convencional por el mulch de rastrojos que deja el cultivo anterior (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de la pérdida potencial de suelo y variables de la ecuación universal de erosión del suelo para los dos sistemas de labranza en maíz Dekalb 353 Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Variables♣	Labranza Convencional	Labranza Cero
Factor R	600	600
Factor K	0.3	0.3
Factores LS	0.3	0.4
Factor C	0.5	0.4
Factor P	0.5	0.3
t/ha/año	34.4	16.2

♣R: factor de erosividad según la lluvia, K: factor de erodabilidad, LS: relación entre la pendiente y el largo de la pendiente, C: cobertura del suelo según el cultivo, P: prácticas de conservación utilizadas en los cultivos.

3.7 Comparación de costos en los dos sistemas de labranza:

La diferencia que existe entre el manejo de labranza cero y labranza convencional es respecto a costos es mínima. En labranza convencional los costos totales son de L 7,910 (US\$457), a diferencia de cero labranza se incurre en el costo de riego y en este ciclo de maíz se utilizaron dos riegos.

En labranza cero los costos aproximados son de L 6,545 (US\$366) y el costo mayor es el de fertilizante ya que aplican dosis más altas del mismo a comparación de labranza convencional. La diferencia entre las dos labranzas es de L 1,365 (US\$91) por hectárea por ciclo, que favorece a labranza cero (Cuadro11).

Cuadro 11. Comparación de los principales costos incurridos por los dos sistemas de labranza de suelo en maíz Dekalb 353 Valle de Quimistán, Santa. Bárbara, Honduras, 2004.

Insumos	Labranza Convencional			Insumos	Labranza Cero		
	Precio/ unidad♠	Cantidad	US/ha		Precio/ unidad♠	Cantidad	US/ha
12-24-12	17	1,100 kg	85	12-24-12	17	1540 kg	119
Urea	18	1,320 kg	106	Nitrato de amonio	16	1760 kg	128
Semilla	72	1.2 kg	86	Semilla	72	1 kg	72
Preparación de suelos	22	2	44	1 Tractorista	44	1	44
Jornales	5	4	20	1 Ayudante	3	1	3
Tractorista	50	1	50				
Riego	33	2	66				
Total			457	Total			366

♠ En lempiras según unidades (kg). Cambio L 18.3 por 1US.

4. CONCLUSIONES

En los suelos estudiados, los cambios morfológicos bajo los dos sistemas de labranza se evidencian en la resistencia a la penetración siendo más uniforme a través del suelo en la labranza cero. La labranza convencional genera un primer horizonte mullido y bajo el cambian rápidamente las condiciones del suelo.

La labranza convencional tiene horizontes con estructura menos limitante hasta la profundidad de 55 cm que aparecen prismas gruesos. La labranza cero se ve limitada por una estructura de prismas muy gruesos a una profundidad de 5 cm. Al comparar estos sistemas se observa que para el cultivo del maíz, existe mayor probabilidad de crecimiento de raíces en labranza convencional.

El efecto en las propiedades químicas es variable y se destaca disponibilidad adecuada de N, Mg y Cu, baja de Ca, Zn y K en labranza convencional. En labranza cero hay disponibilidad adecuada de P, K, Ca, Zn y limitada de N, Mg y Cu.

El elemento más afectado por el sistema de labranza es el N ya que disminuye su disponibilidad en labranza cero.

Los rendimientos no son afectados por el sistema de labranza pero existe un potencial de mejorarlo con labranza cero si se mejora la disponibilidad de nutrientes ya que estas variables agronómicas (volumen de raíces, altura de la planta) son mejores en labranza cero.

Los costos difieren en US\$91/ha siendo más barata labranza cero, debido al tipo de insumos y prácticas diferentes en los dos sistemas de labranza.

La pérdida de suelo es mayor en labranza convencional con una tasa de pérdida de suelo de 34.43 t/ha/año, comparada con labranza cero con una tasa de 16.2 t/ha/año.

A pesar que no existe diferencia en rendimientos por hectárea, hay mayor beneficio en labranza cero brindada por la capa de materia orgánica (mulch de 5 cm), aunque para la siembra de granos básicos como el maíz y el sorgo existen mas limitantes si lo comparamos con labranza convencional, ya que en labranza cero existen: texturas pesadas (suelos arcillosos), horizontes compactados y prismas muy gruesos a los 5 cm.

5. RECOMENDACIONES

En el sistema de labranza convencional se debe subsolar a una profundidad de 60 cm. En labranza cero pasar un cincel a los 30 cm para romper los horizontes compactados.

En ambos sistemas las dosis de aplicación de nitrógeno se debe fraccionar, aumentar las dosis de potasio. Aplicar el fósforo en banda para aumentar la disponibilidad de lo mismos para cuando la planta lo necesite.

En labranza convencional se debe mantener la aplicación de Mg, Cu, Fe, Ca, Mn, y Zn, fraccionar el nitrógeno.

En cero labranza se tiene que mantener la dosis de N, pero aplicar fraccionada, mantener el P, K Ca, Fe, Zn y subir la dosis de Mn, Cu y Mg.

En labranza convencional es necesario buscar grano del mismo calibre que la sembradora para tener una densidad de siembra adecuada.

Se debe aumentar en ambos sistemas de labranza la densidad de siembra, ya que este híbrido tiene la capacidad de demostrar su máximo potencial de producción hasta 120,000 plantas por hectárea.

6. BIBLIOGRAFIA

- America Society of Agronomy (ASA). 2004. En línea. Consultado 23/01/2004.
<http://www.agronomy.org>
- Bertch F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Editores: Centro de Investigaciones Agronómicas. San José, Costa Rica. 56-60p.
- Brady C, Well R. 1999. La naturaleza y propiedades del suelo. Editorial Prentice Hall. New Jersey, USA. 934P.
- Crovetto A. 1999. Agricultura de conservación. Editorial EUMEDIA. Madrid, España. 305p.
- Escuela Agrícola Pompilio Ortega (EAPO). 2004. Entrevista personal. El Virrey, Valle de Qumistán, Sta. Bárbara-Honduras.
- Gauggel C, 2003. Índices de calidad de suelos para las propiedades morfológicas, físicas y químicas. Sección de suelos, Zamorano. Honduras. 7 p.
- Pineda R. 1996, Manual de manejo y conservación de agua. El suelo, los fertilizantes y la fertilización. Editorial Noriega Limusa. México D.F. 834 p.
- Rengel L. 2004. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en maíz (*Zea mays*) en Venezuela. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Editor Dr. José Espinoza. Venezuela. 5-8 p.
- Muñoz R y Vega A, 1992. Manejo del suelo y sus repercusiones en los factores agronómicos y económicos. Memorias del IV Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. Editor: Abelino Pitty. Tegucigalpa, Honduras. 128-133 p.
- USAID, 1997. Proyecto del mejoramiento del uso y productividad de la tierra LUPE. manual Práctico de manejo de suelos en laderas. Honduras. 1-20 p.

Anexo 1. Descripción de calicatas en labranza convencional en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Unidad de mapeo	Hor♦	Prof (cm)	Color	Motas	%	Tex♦	Estruc♦	Con♦	Poros	Raíces	(kg/ cm²)	Lim♦
Calicata 1	O/Ap	0 - 7	7.5 YR 3/3			FAr♣	bs m/f f g f f♣	f♣	r p t c v t c♣	m mf♣	1.05	o g
	Ap2	7 -- 20	7.5 YR 3/3			FAr	ba m/f m	f	t f mg c v f mf	p mf	2.1	p g
	Bw	20 - 36	5YR 4/4			Ar	b mf m	f	t p mf c v f mf	p f	1.6	p d
	Bw2	36 - 57	2.5 YR 4/6			Ar	bs mg d	f	v f mf t p mf c	p f	2.75	p g
	BwC	57 - 78	7.5 YR 4/6			Ar	ba g d	f	v f mf t p mf c	p mf	3.9	p d
	C	78 - 100X	7.5 YR 5/8			Ar	m	fi	v p mf	p mf	>4.5	
Calicata 2	O/Ap	0 - 4	7.5 YR 3/2			Ar	g t f ba m f	f	r t cn v f mf	m tg	1	p d
	Ad	4 -- 17	7.5 YR 3/2			Ar	p m g ba g d	fi	t p mf d cn	p mf	4.2	o d
	Ad/Bg	17 - 27	5 YR 3/1	2.5YR 5/5	10	Ar	p g d ba m m	p	v f mf	p mf	4.45	o g
	Bg	27 - 45	2.5 YR 5/3			Ar	ba t d	p	v p mf	m f	2.35	p d
	Bg2	45 - 75X	5 YR 5/3			ArL	ba g d	p	v p mf	m mf	2.5	
Calicata 3	O/Ap	0 - 5	7.5 YR 3/1			Ar	bsa mf f g t f	f	r f t c v f t	p mf	1	p d

Continuación Anexo1.

Unidad de mapeo	Hor♦	Prof (cm)	Color	Motas	%	Tex♦	Estruc♦	Con♦	Poros	Raíces	(kg/ cm²)	Lim♦
	Ad	5 -- 24	7.5 YR 2.5/1			Ar♣	p g m♣	fi♣	v p mf t p mf d cn♣	p mf♣	4.2	o d♣
	Ad2	24 - 40	7.5 YR 2.5/1	2.5YR 4/8	2	Ar	p d g / m	p	v p mf	p mf	4.45	o g
	Bg	40 - 62	gley 2 5/5pb			Ar	p d f	p	v p mf	m f	2.35	p d
	C	62 - 87X	5Y 6/2			ArL	m	p	v p mf	m mf	2.5	
Calicata 4	O/Ap	0 - 2	7.5 YR 3/1			FAr	g t f ba t f	f	v p mf t p m	f tg	0.5	p d
	Ad	2 -- 13	10 YR 4/1			FAr	ba t d	f/fi	t f mg cn	p mf	3.05	o d
	Ad2	13 - 28	7.5 YR 2.5/1	2.5YR 4/8	2	Ar	ba m m	p	v p mf t p mf v	p f	3.2	o g
	Bg	28 - 50	5 YR 3/1	2.5YR 5/3	40	Ar	ba t g	p	v p f t p mf cn	p f	2.15	o g
	C	50 - 68x	5 Y 4/4			Ar	m	pg	t p mf cn	a	2.05	

♦Hor: horizontes, Cut: cutanes, Nat: naturaleza, Tex: textura, Est: Estructura, (kg/cm²): resistencia a la penetración.

♣**Textura:** A = Arenoso, FA= Franco arenoso, F= Franco, FL= Franco Limoso, L= Limoso, FArA= Franco Arcillo Arenoso, FAr= Franco Arcilloso, FArL= Franco Arcillo Limoso, ArA= Arcillo Arenoso, ArL= Arcillo Limoso, Ar=Arcilloso, AF:: Arena franca Gg = piedra y grava, g = arena y arena gruesa. **Estructura:** g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prisma, m: masivo. **Grado:** d: débil, m: moderado, f: fuerte. **Clase:** mf: muy finos, f: finos, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos. **Consistencia:** np: no plástico, lp: ligeramente plástico, p: plástico mp: muy plástico. **En húmedo:** s: suelto, mf: muy friable, f: friable, fi: firme, mfi: muy firme. **En seco:**s: suelto, b:blando, ld: ligeramente duro d:duro, md: muy duro ed: extremadamente duro. **Poros:** **Tamaño:**t: todos los tamaños, g: gruesos, m: medianos,f: finos, mf: muy finos, a: ausentes. **Forma:** p: planares, v: vesiculares, t: tubulares, r: reticulares. **Frecuencia:** a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. **Continuidad:** c: conectados, nc: no conectados. **Raíces:** **Tamaño:** tg: todos los grosores, mf: muy finas, f: finas, m: medianas, g: gruesas, mg: muy gruesas. **Cantidad:** a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. **Límite:** **Topografía:** p: plano, o: ondulado, i: irregular. **Nitidez:** a: abrupto, g: gradual, d: difuso.

Anexo 2. Descripción de calicatas en labranza cero en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Unidad de mapeo	Hor♦	Prof (cm)	Color	Motas	%	Tex♦	Estruc♦	Con♦	Poros	Raíces	(kg/ cm²)	Lim♦
Calicata 1	O/Ap	0 - 7	7.5 YR 3/3			FAr♣	bs m/f f g f f ♣	f♣	r p t c v t c♣	m mf♣	1.05	o g♣
	Ap2	7 -- 20	7.5 YR 3/3			FAr	ba m/f m	f	t f mg c v f mf	p mf	2.1	p g
	Bw	20 - 36	5YR 4/4			Ar	b mf m	f	t p mf c v f mf	p f	1.6	p d
	Bw2	36 - 57	2.5 YR 4/6			Ar	bs mg d	f	v f mf t p mf c	p f	2.75	p g
	BwC	57 - 78	7.5 YR 4/6			Ar	ba g d	f	v f mf t p mf c	p mf	3.9	p d
	C	78 - 100X	7.5 YR 5/8			Ar	m	fi	v p mf	p mf	>4.5	
Calicata 2	O/Ap	0 - 4	7.5 YR 3/2			Ar	g t f ba m f	f	r t cn	m tg	1	p d
	Ad	4 -- 17	7.5 YR 3/2			Ar	p m g ba g d	fi	v f mf t p mf d cn	p mf	4.2	o d
	Ad/Bg	17 - 27	5 YR 3/1	2.5YR 5/5	10	Ar	p g d ba m m	p	v f mf	p mf	4.45	o g
	Bg	27 - 45	2.5 YR 5/3			Ar	ba t d	p	v p mf	m f	2.35	p d
	Bg2	45 - 75X	5 YR 5/3			ArL	ba g d	p	v p mf	m mf	2.5	
Calicata 3	O/Ap	0 - 5	7.5 YR 3/1			Ar	bsa mf f g t f	f	r f t c v f t	p mf	1	p d

Continuación Anexo 2.

Unidad de mapeo	Hor♦	Prof (cm)	Color	Motas	%	Tex♦	Estruc♦	Con♦	Poros	Raíces	(kg/ cm ²)	Lim♦
	Ad	5 -- 24	7.5 YR 2.5/1			Ar	p g m	fi	v p mf t p mf d cn	p mf	4.2	o d
	Ad2	24 - 40	7.5 YR 2.5/1	2.5YR 4/8	2	Ar	p d g / m	p	v p mf	p mf	4.45	o g
	Bg	40 - 62	gley 2 5/5pb			Ar	p d f	p	v p mf	m f	2.35	p d
	C	62 - 87X	5Y 6/2			ArL	m	p	v p mf	m mf	2.5	
Calicata 4	O/Ap	0 - 2	7.5 YR 3/1			FAr	g t f ba t f	f	v p mf t p m	f tg	0.5	p d
	Ad	2 -- 13	10 YR 4/1			FAr	ba t d	f/fi	t f mg cn	p mf	3.05	o d
	Ad2	13 - 28	7.5 YR 2.5/1	2.5YR 4/8	2	Ar	ba m m	p	v p mf t p mf v	p f	3.2	o g
	Bg	28 - 50	5 YR 3/1	2.5YR 5/3	40	Ar	ba t g	p	v p f t p mf cn	p f	2.15	o g
	C	50 - 68x	5 Y 4/4			Ar	m	pg	t p mf cn	a	2.05	

♦Hor: horizontes, Cut: cutanes, Nat: naturaleza, Tex: textura, Est: Estructura, (kg/cm²): resistencia a la penetración.

♣**Textura:** A = Arenoso, FA= Franco arenoso, F= Franco, FL= Franco Limoso, L= Limoso, FArA= Franco Arcillo Arenoso, FAr= Franco Arcilloso, FArL= Franco Arcillo Limoso, ArA= Arcillo Arenoso, ArL= Arcillo Limoso, Ar=Arcilloso, AF:: Arena francaGg = piedra y grava, g = arena y arena gruesa. **Estructura:** g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prisma, m: masivo. **Grado:** d: débil, m: moderado, f: fuerte. **Clase:** mf: muy finos, f: finos, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos. **Consistencia:** **Plasticidad:** np: no plástico, lp: ligeramente plástico, p: plástico mp: muy plástico. **En húmedo:** s: suelto, mf: muy friable, f: friable, fi: firme, mfi: muy firme. **En seco:** s: suelto, b: blando, ld: ligeramente duro, d:duro, md: muy duro ed: extremadamente duro. **Poros:** **Tamaño:** t: todos los tamaños, g: gruesos, m: medianos, f: finos, mf: muy finos, a: ausentes. **Forma:** p: planares, v: vesiculares, t: tubulares, r: reticulares. **Frecuencia:** a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. **Continuidad:** c: conectados, nc: no conectados. **Raíces:** **Tamaño:** tg: todos los grosores, mf: muy finas, f: finas, m: medianas, g: gruesas, mg: muy gruesas. **Cantidad:** a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. **Límite:** **Topografía:** p: plano, o: ondulado, i: irregular. **Nitidez:** a: abrupto, g: gradual, d: difuso.

Anexo3.Resultados del análisis de suelos realizados a los dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras 2004.

Anexo 4.Resultados del análisis foliar realizados a los dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras 2004.

Anexo 5. Resistencia a la penetración en los dos sistemas de labranza e el cultivo de maíz Dekalb 353 en el Valle de Quimistan, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

Profundidad (cm)	Resistencia a la Penetración									
	Cero					Convencional				
	Calicata				Promedio	Calicata				Promedio
	1	2	3	4		1	2	3	4	
00 - 15	1.6	3.3	3.1	3.1	2.8	1.7	0.5	1.1	1.5	1.2
15 - 30	1.8	4.4	4.3	3.3	3.5	1.3	0.7	2.0	2.9	1.7
30 - 45	2.1	2.8	3.8	2.2	2.7	3.4	4.5	2.6	2.9	3.3
45 - 60	3.0	2.4	2.4	2.1	2.4	3.7	4.5	3.0	3.8	3.8
60 -75	4.5	2.5	2.5	2.1	2.9	3.3	3.3	4.5	4.5	3.9

Anexo 6. Valor asignado según la categoría de raíces (tamaño y cantidad) a los dos sistemas de labranza en el cultivo de maíz Dekalb 353, en el Valle de Quimistán, Santa Bárbara, Honduras, 2004.

VALOR							
1	2	3	4	5	6	7	8
MF - A	M- A	MF - P	G -MA	MF -MP	M –MP	MG - F	A
MF - F	M - F	F- P	G -A	F – MP	G – MP	MG - P	
MF - MA	M - MA	M - P	G -F	G –P	MG – MA		
F- MA	TT				MG – A		
F- A							

CATEGORIA			
TAMAÑO		CANTIDAD	
Muy finas	MF	Muy pocas	MP
Finas	F	Pocas	P
Medianas	MF	Frecuentes	F
Gruesas	G	Abundantes	A
Muy gruesas	MG	Muy Abundantes	MA
Todo Tamaño	TT	AUSENCIA	A