

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Caracterización detallada de los suelos de los sectores de Zorrales y Monte Redondo, de El Zamorano, Honduras para el establecimiento y renovación de pasturas

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de licenciatura.

Presentado por:

José Venancio Fernández Díaz

HONDURAS
Diciembre, 2003

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

José Venancio Fernández Díaz

Honduras
Diciembre, 2003

Caracterización detallada de los suelos de los sectores de Zorrales y Monte Redondo de El Zamorano, Honduras para el establecimiento y renovación de pasturas

Presentado por:

José Venancio Fernández Díaz

Aprobada

Carlos Gauggel Ph.D.
Asesor principal

Alfredo Rueda Ph.D.
Coordinador de área
Fitotecnia

Isidro Matamoros Ph.D.
Asesor

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

Gloria de Gauggel M.Sc.
Asesor

Antonio Flores Ph.D.
Decano Académico

Luis Caballero M.Sc.
Asesor

Kenneth L. Hoadley D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso.

A mis padres Venancio Fernández Fernández y Ana María Díaz de Fernández, con mucho cariño.

A todos aquellos que han dudado de mí.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos, por haber confiado en mí, por ayudarme y apoyarme en todos los momentos duros de esta vida y por su ejemplo de trabajo arduo y constante. Los amo mucho.

A Gabriela, por su cariño y apoyo incondicional.

A las familias Rodríguez Andino, Oviedo Díaz y Cerrato Díaz, por su apoyo en todo momento.

A la familia Rodríguez Azucena, por su confianza y apoyo brindado.

A la familia Gauggel Arévalo, por todo el apoyo, conocimiento y amistad que me brindaron en la realización de este estudio.

Al doctor Isidro Matamoros y su familia, por su sincera amistad y apoyo durante el tiempo que estuve en la escuela.

Al Ing. Luis Caballero, por su apoyo en la realización de este estudio.

A la Ing. Hilda Flores, Jackelin y Martha por su colaboración.

A Diana Moran y Eduardo Gurdíán, por su apoyo y amistad.

A Rodrigo Castro, gracias por el buen trabajo en equipo, buena suerte hermano.

A I. Vejarano, S. Ortega, C. Trejo, K. Tinoco, G. Castillo, A. Espinoza, H. Cáceres, L. De Jesús, J. Rendón, C. Soto, F. Cueva, J. López, J. Ledezma, H. Galo, M. Martínez, E. Solís, E. Lardizábal y todos mis demás amigos por su amistad.

A todas las persona que de alguna u otra manera participaron en la realización de este estudio.

A mi Alma Mater, por el conocimiento transmitido.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

A la Secretaría de Agricultura y Ganadería por ayudar al financiamiento parcial de mis estudios en Zamorano.

A USDA que a través de su programa “Food for Progress” ayudó en el financiamiento parcial de mis estudios.

Al Lic. Oscar Sanabria por haber financiado este estudio.

RESUMEN

Fernández, José. 2003. Caracterización detallada de los suelos de los sectores de Zorralles y Monte Redondo de El Zamorano, Honduras, para el establecimiento y renovación de pasturas. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 45 p.

La producción de forrajes es indispensable para la producción de leche, la cual es una de las actividades de más relevancia en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de identificar los factores edáficos (físicos, químicos y morfológicos) limitantes para el desarrollo óptimo de las pasturas cultivadas en Zamorano. Para esto se determinaron las propiedades físicas y morfológicas más relevantes como: profundidad efectiva, textura, estructura, poros, horizontes restrictivos y drenaje interno y externo. Las propiedades químicas determinadas fueron: M.O., pH, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn. En general los suelos estudiados poseen una profundidad efectiva muy limitada que oscila entre 3 y 15 cm, restringida por la ocurrencia de un horizonte masivo y compacto con alta resistencia a la penetración (mayor a 4.5 kg/cm^2), el cual se denomina pie de arado (Ad), formado como consecuencia de la labranza frecuente bajo condiciones de alta humedad del suelo. La mayor parte de los suelos estudiados poseen texturas arcillosas que en combinación con estructuras gruesas y muy gruesas (prismáticas) resultan en un drenaje interno muy pobre. Los contenidos de M.O., Cu y Zn son de niveles medios, los de N, P, Ca y Mg son relativamente bajos, mientras que los de K, Fe y Mn son altos. En conclusión, los suelos estudiados en su estado actual presentan un potencial restringido para la producción de forrajes ya que han sido físicamente degradados. Sin embargo, el potencial de estos suelos puede ser significativamente incrementado con la implementación de subsoleo con topo profundo para mejorar las condiciones físicas y la aplicación de cal dolomítica para mejorar las condiciones químicas del suelo.

Palabras clave: Distribución espacial, pasto, *Panicum maximum*, requerimiento nutricional, unidad de mapeo.

CONTENIDO

Portadilla		i
Autoría		ii
Página de firma		iii
Dedicatoria		iv
Agradecimientos		v
Agradecimientos a patrocinadores		vi
Resumen		vii
Contenido		viii
Índice de Cuadros		x
Índice de Figuras		xii
Índice de Anexos		xiii
1. INTRODUCCIÓN		1
2. OBJETIVOS		3
Objetivo general		3
Objetivo específico		3
3. MATERIALES Y MÉTODOS		4
ÁREA DE ESTUDIO		4
CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO		4
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO		4
Geomorfología		4
Clima		4
CARACTERIZACIÓN DEL SUELO		4
Trabajo de campo		4
Caracterización morfológica		5
Análisis químico		5
Índice de calidad de suelos		5
CARACTERIZACIÓN DE LOS PASTOS		5
Determinación de rendimiento en materia fresca y contenido de materia seca de las pasturas estudiadas		5
Determinación del estado nutricional de las pasturas estudiadas		6
DETERMINACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN DE LOS PASTOS ESTUDIADOS		6

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
USO ACTUAL DE LA TIERRA	7
PROPIEDADES MORFOLÓGICAS Y FÍSICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS	7
Profundidad efectiva	7
Horizontes maestros	8
Textura el suelo	8
Estructura y poros	8
Consistencia	8
Drenaje externo e interno	8
Erosión del suelo	9
PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS	9
Materia orgánica	9
Reacción del suelo (pH)	9
Macronutrientes	9
Micronutrientes	9
CALIDAD DE LOS SUELOS ESTUDIADOS	10
DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS	10
ESTADO DE LAS PASTURAS	10
5. CONCLUSIONES	22
6. REOMENDACIONES	23
7. BIBLIOGRAFÍA	26
8. ANEXOS	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1	Propiedades morfológicas y físicas de los suelos representativos de las áreas de Zorrales y Monte Redondo dedicadas a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	11
2	Características químicas de horizontes selectos de los suelos representativos de las áreas de Zorrales y Monte Redondo dedicadas a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	15
3	Rango de valores y desviación estándar de las propiedades químicas del primer horizonte de los suelos representativos de las áreas de Zorrales y Monte Redondo dedicadas a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	16
4	Índices de calidad actual, potencial y óptimo para cada perfil caracterizado de los suelos representativos de las áreas de Zorrales y Monte Redondo dedicadas a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	17
5	Rendimientos de materia fresca (M.F.) y seca (M.S.) de <i>Panicum maximum</i> de las áreas de estudio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	18
6	Características físicas de los perfiles de suelo en las áreas en donde se determinó el rendimiento de <i>Panicum maximum</i> de las áreas de estudio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	19
7	Análisis químico de los suelos en donde se determinó el rendimiento de <i>Panicum maximum</i> en las áreas de estudio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	20
8	Análisis foliares del <i>Panicum maximum</i> estudiado en el que se determinó el rendimiento en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	20
9	Recomendaciones del uso y enmiendas de los suelos estudiados dedicados a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	24

10	Niveles de fertilización recomendados por corte para <i>Panicum maximum</i> en las áreas de estudio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	25
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

- | | | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Mapa detallado de suelos, de Zorrales y Monte Redondo 4, 5 y 6,
Escuela Agrícola Panamericana..... | 21 |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1	Área de estudio demarcada dentro de fotografía.	27
2	Caracterización detallada de suelos.	28
3	Ubicación de los diferentes perfiles caracterizados.	29
4	Fotografías de los diferentes perfiles caracterizados.	30
5	Índices de calidad de suelo.	33
6	Leyenda del mapa detallado de suelos, de Zorrales y Monte Redondeo 4, 5 y 6, Escuela Agrícola Panamericana.....	39
7	Distribución de las propiedades químicas del área caracterizada.....	41
8	Costo promedio para la preparación de suelos.	45

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 60 años, los terrenos de la Escuela Agrícola Panamericana han sido utilizados en forma intensiva y manejados bajo diferentes criterios, muchas veces cultivándolos sin considerar sus características, causando daños en las propiedades físicas, morfológicas y químicas de los mismos. La ausencia de estudios de suelos de los terrenos de la EAP ha llevado a que ciertas decisiones de campo, como preparación de suelo y tipos de cultivos a sembrar, sean tomadas con base en prioridades económicas y operativas, sin tomar en cuenta el potencial productivo del suelo.

Con base en los datos obtenidos, en este estudio se establecen recomendaciones para el manejo y la renovación de pasturas, ya sea recomendando mantener aquellas que se encontraban en dichas áreas, o bien introduciendo pastos evaluados por la Escuela que se adapten mejor a las condiciones específicas del sitio. También se proponen medidas correctivas de tipo físico y químico que ayuden a minimizar los problemas presentes en las áreas estudiadas, para poder así mejorar la calidad y productividad de los suelos en forma sostenida.

Doran *et al.* (1994) sugiere que la calidad de suelo, es la capacidad del mismo para funcionar efectivamente en el presente y futuro. Los factores tomados en cuenta para definir la calidad de los suelos son tres: productividad, calidad del ambiente y la salud vegetal y animal; por lo que la calidad de suelo es: la capacidad del suelo de funcionar dentro de las fronteras de un ecosistema para mantener la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y promover la salud vegetal y animal. Los índices de calidad de suelos permiten determinar cuantitativamente los factores edáficos que limitan la producción de biomasa dentro del marco de un ambiente dado Gauggel¹.

La distribución espacial en este estudio se determinó vía transectos. El uso de transectos es una forma de organizar las observaciones de campo para conocer la variación de los suelos y la composición de las unidades de mapeo de manera sistemática (Cortés y Malagón, 1984). Este sistema ofrece la ventaja de poder ser utilizado en cualquier área de estudio. Utilizando el método de transectos de puntos en cuadrícula rígida se pueden establecer unidades cartográficas y su composición en áreas de alta variabilidad edáfica.

Los factores climáticos y edáficos son determinantes para la producción de forrajes, ya sea en ecosistemas modificados por el hombre o naturales. Los forrajes pueden crecer en una gran variedad de condiciones climáticas y edáficas; sin embargo, se hace difícil poder describir las condiciones exactas para cada tipo de forraje, ya que hay más de 5,000

¹ Gauggel, C. 2003. Índices de calidad de suelos. Zamorano, Honduras, EAP. (Comunicación personal)

especies de pastos y más de 11,000 especies de leguminosas que son utilizadas como forrajes. Los pastos tropicales ocupan un rango de temperatura que comprende de 20 a 30 °C para poder lograr una buena producción de materia seca, y en caso de las leguminosas las temperaturas óptimas oscilan entre los 25 a 30 °C. La mayoría de los forrajes dan buenos rendimientos en suelos profundos, bien drenados, con una buena capacidad de retener agua y un rango de pH entre 5 a 7 (Fageria *et al.* 1991).

Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuesis*) puede ser sembrado en alturas que van desde los 0 hasta los 1,000 msnm, con precipitaciones anuales mayores a los 800 mm. Crece en suelos con una fertilidad de media a alta, bien drenados y con un pH mayor a 4.5. Sin embargo, tolera encharcamientos superficiales temporales y sequías. Su producción de materia seca oscila entre las 10 a 45 tm/ha/año (Vélez *et al.* 2002).

Pasto Transvala (*Digitaria eriantha*) puede ser sembrado en alturas que van desde los 0 hasta los 1,200 msnm, con precipitaciones anuales mayores a los 700 mm. Se desarrolla en suelos con una fertilidad media a alta, bien drenados, muy friables y con un rango de pH entre 4.8 a 8. No tolera encharcamientos, pero sí resiste de cuatro a ocho meses de sequías. Su producción de materia seca oscila entre las 10 a 50 tm/ha/año (Vélez *et al.* 2002). Las cantidades de macro nutrientes removidos por este pasto con una producción promedio de 24 tm de ms/ha/año son: N, 299; P, 47; K, 358; Ca, 109; Mg, 67 y S, 45 kg/ha/año (Fageria *et al.* 1991).

Pasto Guinea (*Panicum maximum*) se establece en alturas que van desde los 0 hasta los 1,000 msnm, con precipitaciones anuales mayores a los 700 mm. Ocupa suelos con una fertilidad media a alta, bien drenados, muy friables y con un pH mayor a 4.8. No tolera encharcamientos, pero sí resiste hasta ocho meses de sequías. Su producción de materia seca oscila entre las 80 a 120 kg/ha/día bajo buenas condiciones de fertilidad, humedad y luminosidad (Vélez *et al.* 2002). Las concentraciones de macro nutrientes removidos por la Variedad Colonial con una producción promedio de 23 tm de materia seca/ha/año son: N, 288; P, 44; K, 363; Ca, 149; Mg, 99 y S, 45 kg/ha/año. Además las concentraciones de macro nutrientes en el tejido foliar de este pasto reportadas en Brasil son: P, 1.7%; K, 11.5%; Ca, 6.0%; Mg, 2.4% y S, 1.5% (Fageria *et al.* 1991).

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar detalladamente los suelos de los sectores Zorrales y Monte Redondo 4, 5 y 6 72 hectáreas en total, y determinar la capacidad agrícola (actual y potencial) con el fin específico de renovar pasturas y proponer un plan de manejo para dichas áreas.

Objetivos específicos:

1. Realizar la caracterización detallada de los suelos de los sectores de Zorrales y Monte Redondo 4, 5 y 6, para establecer su grado de aptitud actual y potencial, aplicando índices de calidad de suelos.
2. Identificar las áreas más aptas para las diferentes pasturas propuestas.
3. Proponer un programa de manejo integral de suelos para la renovación y producción sostenible de pasturas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Los sitios específicos de estudio fueron: Potreros de Zorrales y Monte Redondo 4, 5 y 6, 72 hectáreas en total, de la Escuela Agrícola Panamericana, (Figura 1).

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se seleccionaron las áreas de ganadería establecidas actualmente con pasturas, debido a la necesidad de suplir la creciente demanda de forrajes que enfrenta la Zamoempresa de Lácteos y Cárnicos (ZELACA), al incrementar el hato de vacas lecheras contando siempre con la misma extensión de terreno.

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Geomorfología. Todos los sitios de estudio se encuentran entre la parte baja del abanico aluvial y terrazas aluviales del Valle de Yeguaré, con 2 a 3 % de pendiente orientada al Este. Este complejo geomorfológico presenta alta variación textural, la cual oscila desde grava gruesa a arcillas de organización pobre y alta variabilidad vertical y horizontal.

Clima. La temperatura promedio anual es de 24 °C, con una máxima promedio de 27 °C y una mínima promedio de 22 °C. Se registra a su vez una precipitación promedio anual de 900 mm distribuida en los meses de mayo a noviembre, siendo septiembre el mes de mayor precipitación; la época seca ocurre de noviembre a abril.

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

La distribución espacial de suelos se determinó con barrenos, haciendo perforaciones de 1.2 m de profundidad o hasta llegar a estratos impenetrables con el barreno. Las barrenaciones se hicieron a lo largo de transectos espaciados a 100 m con observaciones cada 100 m (cuadrícula 100 * 100 m) utilizando para esto el barreno de cubeta.

Trabajo de campo. En cada perfil caracterizado vía barrenación se determinó: textura por horizonte (método de tacto), grosor de cada horizonte y colores indicativos de procesos de oxidación y reducción. Cada barrenación fue georreferenciada con GPS (Trimble Pro XR) y montadas sobre una fotografía aérea del área de la Escuela Agrícola Panamericana.

Caracterización morfológica. Se caracterizaron perfiles representativos de los suelos en las áreas de estudio en sitios típicos con respecto a familias texturales de suelos (unidades de mapeo), topografía, drenaje y vigor de crecimiento de los pastos, mediante calicatas excavadas con las siguientes dimensiones: 2.0 x 1.5 x 1.0 m. en donde se describieron los perfiles. La información recolectada fue la siguiente: color (Libreta Munsell), textura (método del tacto), estructura (siguiendo procedimientos estándares, FAO 1977), consistencia, poros, raíces, límite, profundidad efectiva, resistencia a la penetración (penetrometro de bolsillo) y densidad aparente (método del cilindro no disturbado).

Análisis químico. En el laboratorio de suelos de la EAP, se determinó carbono orgánico por el método de Walkley y Black, nitrógeno calculado a partir de la materia orgánica, materia orgánica calculada a partir del carbono orgánico, pH en una solución 1:1 suelo agua, bases extractables extraídas con la solución Mehlich 3 y determinadas por espectrofotometría de Absorción Atómica, CIC por sumatoria de bases, fósforo disponible extraído con Mehlich 3 y determinado por colorimetría, porcentaje de saturación de bases (bases extractables dividido entre CIC por 100) y Fe, Mn, y Zn extraídos con Mehlich3 y determinados por absorción atómica.

Índice de calidad de suelos. Los datos de las caracterizaciones morfológicas, físicas y químicas fueron interpretados usando las escalas para Índices de Calidad de Suelo reportadas por Barahona (2000) y ampliados por Gauggel (2003). Se desarrolló una matriz de índices que permitió identificar y cuantificar las propiedades del suelo más limitantes para la producción de pastos. Se establecieron los rangos de las propiedades químicas de los suelos y su desviación estándar. Se determinó la diferencia (Δ) para cada propiedad evaluada para determinar que propiedades físicas y químicas del suelo pueden ser mejoradas.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PASTOS

Se realizó una cosecha de los pastos *Panicum Maximum* cultivares Tobiata y Tanzania que se cultivan en el área de estudio, para determinar su rendimiento y su composición química. Cada pasto se cosechó en tres condiciones de vigor (bajo, medio y alto) en un área de un metro cuadrado cada uno; se describió el perfil de suelo y se tomó una muestra del mismo en cada área cosechada. En el caso del pasto Tobiata, se cosechó a los 42 días posteriores al primer riego y en el Tanzania se cosechó a los 49 días.

Determinación de rendimiento en materia fresca y contenido de materia seca de las pasturas estudiadas. Se pesó el material vegetativo cosechado, en un metro cuadrado, para cada uno de los vigos de los dos pastos estudiados para determinar su rendimiento en materia fresca por hectárea. Para cada uno de los vigos cosechados se tomó una muestra de 500 gr. de materia fresca, los que se secaron en un horno de convección forzada a 60 grados Celsius por 48 horas para determinar el contenido de materia seca en el pasto.

Determinación del estado nutricional de las pasturas estudiadas. Para cada una de las muestras cosechadas se realizó un análisis foliar en el que se determinó su contenido de macro y micro elementos, vía digestión húmeda de la materia seca y posterior absorción atómica de los elementos.

DETERMINACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN DE LOS PASTOS ESTUDIADOS.

Con base en los resultados de los análisis foliares hechos a las muestras de vigor alto para ambos pastos, se determinó el plan de fertilización de los mismos. Se obtuvo el requerimiento de nitrógeno, fósforo y potasio, multiplicando el porcentaje del elemento contenido en el tejido por el rendimiento del pasto en materia seca por hectárea. Este resultado constituye la recomendación de fertilización para suelos de fertilidad media. Para los suelos de fertilidad baja este resultado se multiplicó por 1.2 y para suelos de fertilidad alta este resultado se multiplicó por 0.8.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

USO ACTUAL DE LA TIERRA

Toda el área que comprende este estudio está dedicada a la explotación ganadera, destinada específicamente a la producción y explotación de cuatro pastos: *Cynodon nlemfuesis*, *Digitaria eriantha*, *Panicum maximum* cv Tobiatá y *Panicum maximum* cv Tanzania. Dichas áreas no han sido laboreadas desde la década de los sesenta, con excepción de los suelos de Zorrales Tres y Cuatro de los cuales hay noticias de su preparación reciente (2002) sin registros formales.

PROPIEDADES MORFOLÓGICAS Y FÍSICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Las propiedades físicas de los perfiles estudiados están resumidas en el Cuadro 1.

Profundidad efectiva. Se presenta una profundidad efectiva reducida que va de los tres a los quince centímetros, en la mayor parte de los casos, exceptuando el área comprendida por los potreros de Zorrales Tres y Cuatro, los cuales fueron subsolados en el año 2002 presentando una profundidad efectiva que llega a los noventa centímetros en algunas áreas relativamente pequeñas.

Ocurre una degradación de los suelos debido a la mecanización inadecuada y a la carencia de prácticas de manejo en estas áreas. La degradación del suelo se expresa en horizontes masivos, extremadamente firmes; con poros no conectados que ocurren de los seis a los treinta centímetros de profundidad (estos horizontes constituyen pies de arado Ad) y horizontes masivos, muy firmes con poros vesiculares que ocurren de los cero a los veinte cm (horizontes Ap). Ambos tipos de horizontes poseen alta resistencia a la penetración de raíces con valores usualmente mayores a los 4.5 kg/cm² y una baja conductividad hidráulica. Esto ocasiona problemas de anegamiento de agua en la superficie y de drenaje interno del suelo. La resistencia a la penetración decrece a medida que avanza la estación lluviosa. Esto se comprueba en el Cuadro 5 donde se caracterizaron perfiles en el mes de junio después de varias lluvias; sin embargo, en la estación seca, que en esta zona abarca de ocho a nueve meses debido a la mala distribución de las lluvias, la resistencia a la penetración incrementa significativamente (Cuadro 1). Esta condición sin duda afecta los rendimientos, por esto es de gran importancia reportar la resistencia a la penetración de raíces en suelos secos, ya que la planta pasa la mayor parte del tiempo bajo esas condiciones (Cuadro 1).

Horizontes maestros. Los suelos del área tienen horizontes Ap, Ad, E y Bw o Bg con horizontes C y 2C. Esto indica una evolución moderada del suelo con procesos conducentes a la generación de color y estructura en los horizontes Bw o Bg. En el caso de los horizontes Ap y Ad (pie de arado) se manifiesta el efecto degradativo de la labranza convencional llevada a cabo repetidamente bajo condiciones de humedad muy alta, lo que genera un horizonte compacto (Ad), muy firme, y de muy baja conductividad hidráulica, el cual ocurre comúnmente en el área de estudio. El horizonte E indica movimiento horizontal de agua con subsiguiente pérdida de arcilla, como consecuencia de dos factores: pendiente moderada del terreno (2%) y un horizonte impermeable del subsuelo que genera el movimiento lateral del agua. Los horizontes C y 2C en el mismo perfil indican discontinuidades litológicas con un alto grado de variación textural del suelo en el área estudiada. Esta diversidad de horizontes indica una alta variabilidad edáfica, la cual genera heterogeneidad en el desarrollo de los pastos.

Textura del suelo. Comúnmente ocurren texturas francas, franco arenosas, franco arcillosas y franco arcillo arenosas en los horizontes Ap y Ad. En los horizontes del subsuelo se presenta una mayor diversidad textural con texturas francas, franco arenosas, franco arcillo arenosas, arcillosas y arcillo arenosas, entre las más frecuentes (Cuadro 1). Las arcillas son del tipo 2:1: este tipo de arcilla se contrae en verano y se expande en invierno causando un grave daño a las raíces. En la época de invierno, aquellas que logran llegar a los horizontes arcillosos son estranguladas o reventadas por la expansión de la arcilla, como se observó en el campo durante la época seca en la que se realizó este estudio.

Estructura y poros. En la mayor parte del área estudiada se presenta un horizonte superficial muy delgado, con estructura granular fuerte de todos los tamaños, con muchos poros continuos. Bajo este horizonte, exceptuando los potreros de Zorrales Tres y Cuatro, ocurre un horizonte Ad el cual es masivo con poros vesiculares y colores con cromas menores a dos, lo que denota una condición de anegamiento del agua durante un tiempo considerable del año (Cuadro 1).

Consistencia. Ocurren consistencias friables en los horizontes superficiales Ap y en ciertos horizontes del subsuelo con texturas con contenidos moderados de arcilla, firmes en los horizontes Ad y muy firmes en aquellos horizontes con alto contenido de arcillas. La consistencia está directamente relacionada con la resistencia a la penetración en los suelos caracterizados. A menor resistencia a la penetración, más friable es el suelo (Cuadro 1).

Drenaje externo e interno. Debido al micro relieve ondulado, a capas arables de poco espesor y con muy pocos poros que no tiene una buena capacidad de almacenamiento de agua y a horizontes restrictivos (horizonte Ad) ocurre un encharcamiento frecuente. Sumado a esto, el pie de arado no permite el paso rápido del agua a través del perfil, por lo que ésta queda acumulada en la superficie del suelo. El pie de arado y horizontes arcillosos de estructura gruesa o masiva del subsuelo resultan en conductividades hidráulicas muy bajas, lo que causa un drenaje interno de pobre a muy pobre y un drenaje externo limitado en función de la pendiente la cual causa escorrentía (Cuadro 1).

Erosión del suelo. Se presentan áreas con problemas de erosión ocasional, dichas áreas están sembradas con pastos de crecimiento en macollas, los cuales no cubren por completo la superficie del suelo, permitiendo así la erosión del mismo en las áreas no protegidas. Estas áreas pueden ser fácilmente reconocidas en el campo, ya que en la base de las macollas se forman pedestales como consecuencia del proceso de erosión.

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Las propiedades químicas de los perfiles estudiados están resumidas en el Cuadro 2 y 3.

Materia Orgánica. Los contenidos de materia orgánica se presentan en niveles medios debido a que estas áreas han sido ocupadas con pasturas por mucho tiempo. El rango de materia orgánica oscila entre 1.80 % y 5.11 %. Esta decrece en el horizonte subsuperficial, oscilando entre 0.26 % y 1.40 % (Cuadros 2 y 3).

Reacción del suelo (pH). Se presenta un rango muy amplio de pH que va desde muy fuertemente ácidos (4.87) a neutros (6.53) en los horizontes superficiales, y subsecuentemente aumentando en el segundo horizonte encontrando valores entre 5.7 y 7.25. Sin embargo, la mayoría de los suelos tienen un pH ligeramente ácido. Esto denota un consumo diferencial de nutrientes entre el primer y segundo horizonte. Es entonces de esperar un amplio espectro de condiciones para la absorción de nutrientes. Esto sugiere que la homogenización química, especialmente del pH, debe ser implementada como uno de los medios para alcanzar uniformidad de los cultivos (Cuadros 2 y 3), a través de una absorción uniforme de nutrientes.

Macronutrientes. El contenido de nitrógeno es bajo, con un rango de 0.26 % a 0.07 %. El fósforo presenta una gran variación, con rango de 120 mg/kg, siendo ésta una excepción, a 3 mg/kg. Los niveles de potasio son altos, con un rango de 580 mg/kg a 150 mg/kg. El calcio presenta niveles medios, con un valor máximo de 1920 mg/kg y un mínimo de 890 mg/kg. Las concentraciones de magnesio son variables, con un rango de 240 mg/kg a 100 mg/kg. Las concentraciones de todos los macro nutrientes decrecen drásticamente en el subsuelo (Cuadro 2 y 3).

Micronutrientes. Los contenidos de hierro y manganeso son altos, en ambos casos todos los niveles están por encima de los niveles óptimos. El hierro ocurre en concentraciones mínimas de 143 mg/kg y el manganeso de 80 mg/kg. El cobre y zinc en la mayoría de las áreas, ocurren a niveles medios, la concentración máxima y mínima es de 3.7 mg/kg y 0.9 mg/kg para el cobre, y 2.3 mg/kg y 0.2 mg/kg para el zinc, respectivamente. Los niveles de todos estos elementos bajan drásticamente en el subsuelo (Cuadro 2 y 3).

CALIDAD DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

En su estado actual los suelos estudiados presentan un índice de calidad ponderado de 26, debido a la combinación de problemas físicos, químicos y morfológicos. Sin embargo, implementando enmiendas de tipo físicas y químicas, este índice puede ser llevados a un índice de calidad potencial ponderado de 37. Esta diferencia en el índice de calidad del suelo significa que actualmente se está desperdiciando un 30 % del potencial del suelo (Cuadro 4).

DISTRIBUCIÓN DE SUELOS

Los suelos de la porción sur y noreste de la zona de estudio (Zorrales 4 y 5 y Monte Redondo 4,5 y 6) son en general arcillosos pesados, con drenaje interno pobre. Ocurren ocasionalmente horizontes delgados francos con grava en el subsuelo. Por el contrario, los suelos de la parte central y noroeste (Zorrales 1,2 y 3) presentan horizontes francos sobre arcillosos o gravosos estratificados. En toda el área de estudio los horizontes arcillosos del subsuelo presentan tasas de conductividad hidráulica muy baja, lo cual resulta en drenaje interno muy pobre. La distribución espacial de los suelos estudiados se presenta en la (Figura 1.)

ESTADO DE LAS PASTURAS.

El vigor de los pastos en las áreas estudiadas es muy variable, encontrando áreas vigorosas y áreas pobres en distancias cortas que llegan a ser, en algunos casos, menores a un metro. Se presenta una relación inversa entre vigor del pasto y porcentaje de materia seca; a más bajo vigor, más contenido de materia seca presenta el pasto (Cuadro 5). Las características del suelo indican que una de las mayores causas de esta alta variabilidad, es la ocurrencia generalizada de los horizontes Ad (pié de arado) en diferentes grados de desarrollo. Esto causa anegamiento temporal del agua en el suelo, disponibilidad restringida de nutrientes y poca disponibilidad de agua. En el caso del potrero Zorrales uno se presenta una reducción en la variabilidad del vigor de los pastos debido a que esta área fue subsolada, destruyendo así, parcialmente el pie de arado y aumentando así la profundidad efectiva del suelo. Además se presenta una relación inversa entre el vigor del pasto y la resistencia a la penetración, teniendo que a menor resistencia a la penetración mayor vigor del pasto (Cuadro 6). Por otro lado, no se presentan relaciones de ningún tipo entre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de los pastos estudiados (Cuadro 7). Ocurre una relación directa entre el incremento en rendimiento de los pastos y el contenido de nitrógeno, potasio, cobre, hierro y zinc en las hojas para ambos pastos. Mientras que el fósforo, calcio, magnesio y manganeso no presentan tendencias bien definidas (Cuadro 8).

Cuadro 1. Propiedades morfológicas y físicas de los suelos representativos de las áreas de Zorralles y Monte Redondo dedicadas a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Perfil #	Unidad de mapeo	Horizonte	Profundidad (cm)	Color	Motas %	Textura	Fragmentos Gruesos	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)	Límite	
1	M F-	Ap/Ad	0 – 30	7.5YR ^{3/2}	F			bsa f g, g f t	fr	m c	m fmf	> 4.5	n o	
		Bw	30 – 45	10YR ^{4/2}	F			bsa d g	fi	p c, f d		f fmf	> 4.5	n p
		Bg	45 – 90	7.5YR ^{4/2}	F A			p d mg	fr	f d		p mf	> 4.5	n p
		Bg2	90 – 120x	10YR ^{2/1}	Ar	2.5YR _{4/8, 30}		p mf mg	mfi, mp	p pv		p mf	> 4.5	
2	M F+	Ap	0 – 28	10YR ^{2/2}	F			g f t	fr	m c	m fmf	> 4.5	n o	
		Bg	28 – 55	10YR ^{5/2}	F A			bsa d g	fr	f d		p fmf	> 4.5	n o
		2Bg	55 – 94x	10YR ^{4/1}	Ar	10YR _{6/8, 5}		p mf mg, ba f mg	mfi, mp	m pv		f mf	> 4.5	
		Ap	0 – 11	10YR ^{2/2}	F Ar			g f t	fr	m c		m fmf	> 4.5	n p
3	F-/M F+(Gg)	Ad	11 – 30	7.5YR ^{3/2}	F Ar A			m	fr	c d, p pv	f mf	> 4.5	n p	
		Bg	30 – 55	10YR ^{4/2}	F A	7.5YR _{3/2, 10}		ba f g	fr	m d	p mf	> 4.5	b p	
		2C	55 – 95x	10YR ^{4/1}	Ar	10YR _{6/8, 20}		pedregón 50%	m			a	> 4.5	

Unidad de mapeo: 1) Letras: M: texturas francas F-: texturas con arcillas livianas, F+: texturas con arcillas pesadas, Gg: fragmentos gruesos. **2)** Símbolos: —: divide el perfil de 0 a 60 cm. y de 60 a 90 cm., (): horizontes de poco grosor. /: divide horizontes de igual tamaño.

Textura: F: franco, Ar: arcilla, A: arena. Ar A: franco arenoso, F A: franco arcilloso, F Ar A: franco arcilloso arenoso.

Estructura: 1) Tipo: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. **2)** Grado: d: débil, f: fuerte, mf: muy fuerte. **3)** Clase: tt: todo tamaño, m: medianos, g: grueso, mg: muy gruesos.

Consistencia: fr: friable, fi: firme, mfi: muy firme, mp: muy plástico.

Poros: 1) Cantidad: a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. **2)** Forma: c: continuos, d: discontinuos.

Raíces: 1) Cantidad: a: ausentes, p: pocas, f: frecuentes, m: muchas. **2)** Grosor: mf: muy finas, f: finas, fmf: finas y muy finas, de: deformadas.

Límite: 1) Anchura: b: brusco, n: neto, g: gradual, d: difuso. **2)** Relieve: o: ondulado, p: plano.

Cuadro 1. Continuación

Perfil #	Unidad de mapeo	Horizonte	Profundidad (cm)	Color	Motas %	Textura	Fragmentos Gruesos	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)	Límite
4	F-(Gg) Gg	Ap	0-13	10YR ^{3/2}		F Ar		ba d g	fr	p c	m fmf	> 4.5	n p
		Ad	13-28	7.5YR ^{3/3}		F Ar A		ba d mg	fi	m d	p mf	> 4.5	n p
		Bw	28-39	7.5YR ^{4/4}		F Ar A		ba d g	fr	f d	p mf	> 4.5	b p
		2C	39x			Ar	pedregón 80 %	m					
5	E- Gg	Ap	0-15	10YR ^{3/2}		F Ar		g d t, m	fr	p c, p d	m fmf	> 4.5	n p
		Ap2	15-30	10YR ^{3/2}		F Ar A		bsa d g, m	fi	p c, f d	p mf	> 4.5	g p
		Bg	30-55	7.5YR ^{3/2}		F Ar A		bsa d g, m	fr	p c, f d	p mf	> 4.5	b o
		2C	55-79			Ar	pedra 80 %	m			a	> 4.5	b o
		2Cg	79-100x	10YR ^{2/1}		Ar		m	mfi, mp		a	> 4.5	
		Ap	0-8	10YR ^{2/2}		F		g f t t	fr	p c, f d	m fmf	> 4.5	n o
		Ad	8-18	10YR ^{2/2}		F		m	fi	f d	p mf	> 4.5	n o
		E	18-30	10YR ^{4/2}		F A		bsa d mg	m fi	p c, m d	p mf	> 4.5	n o
		Bg	30-70	10YR ^{4/2}		Ar		p mf mg, ba f g	mfi, mp	f pv	p mf	> 4.5	n o
		Bg2	70-110x	10YR ^{4/6}		Ar		p mf mg, ba f g	mfi, mp	f pv	a	> 4.5	

Unidad de mapeo: 1) Letras: M: texturas francas F-: texturas con arcillas livianas, F+: texturas con arcillas pesadas, Gg: fragmentos gruesos. **2)** Símbolos: —: divide el perfil de 0 a 60 cm. y de 60 a 90 cm., () : horizontes de poco grosor. /: divide horizontes de igual tamaño.

Textura: F: franco, Ar: arcilla, A: arena, Ar A: franco arenoso, F A: franco arcilloso, F Ar A: franco arcilloso arenoso.

Estructura: 1) Tipo: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. **2)** Grado: d: débil, f: fuerte, mf: muy fuerte. **3)** Clase: tt: todo tamaño, m: medianos, g: grueso, mg: muy gruesos.

Consistencia: fr: friable, fi: firme, mfi: muy firme, mp: muy plástico.

Poros: 1) Cantidad: a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. **2)** Forma: c: continuos, d: discontinuos.

Raíces: 1) Cantidad: a: ausentes, p: pocas, f: frecuentes, m: muchas. **2)** Grosor: mf: muy finas, f: finas, fmf: finas y muy finas, de: deformadas.

Límite: 1) Anchura: b: brusco, n: neto, g: gradual, d: difuso. **2)** Relieve: o: ondulado, p: plano.

Cuadro 1. Continuación

Perfil #	Unidad de mapeo	Horizonte	Profundidad (cm)	Color	Motas %	Textura	Fragmentos Gruesos	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)	Límite	
7	M F+	Ap	0-6	10YR ^{2/2}	F	F		g ft	fr	m c	m fmf	> 4.5	b p	
		Ad	6-38	10YR ^{2/2}	F	F		m	fi	p c, m d	p mf	> 4.5	n p	
		E	38-80	7.5YR ^{4/4}	F A	F A		bsa d g	fr	p c, m d	p mf	> 4.5	n p	
		Bg	80-104x	10R ^{4/2}	Ar	Ar		p mf mg, ba f g	mfi, mp	f pv	a	> 4.5		
8	M(F-) F-	Ap	0-10	10YR ^{2/2}	F A	F A		g ft	fr	m c	m fmf	0.7	b p	
		Ad	10-30	10YR ^{2/2}	F A	F A		m	fi	p c, m d	a	> 4.5	g o	
		Bw	30-55	7.5YR ^{3/3}	F A	F A		ba d m	fr	p c, m d	a	> 4.5	g p	
		Bw2	55-75	7.5YR ^{3/4}	F Ar A	F Ar A		m	fr	f d	a	> 4.5	n p	
		2Bw	75-102x	5YR ^{3/4}	Ar A	Ar A		m	mfi, mp	f d	a	> 4.5		
		Ap	0-3	10YR ^{2/2}	F	F		g ft	fr	m c	m fmf		2.16	b p
9	M(F+) F+	Ad	3-30	10YR ^{2/2}	F	F		m	fi	f d	p mf	> 4.5	n o	
		E	30-46	10YR ^{4/3}	F A	F A		bsa d g	fr	f d	p mf	> 4.5	n p	
		Bg	46-80	7.5YR ^{3/1}	5YR _{5/8} , 20	Ar	Ar		p mf mg, ba f g	mfi, mp	f pv	p mf	> 4.5	n o
		Bg2	80-100x	10YR ^{4/2}	5YR _{5/8} , 40	Ar A	Ar A		p mf mg, ba f g	mfi, mp	f pv	p mf	> 4.5	

Unidad de mapeo: 1) Letras: M: texturas francas F-: texturas con arcillas livianas, F+: texturas con arcillas pesadas, Gg: fragmentos gruesos. **2)** Símbolos: —: divide el perfil de 0 a 60 cm. y de 60 a 90 cm., (): horizontes de poco grosor. /: divide horizontes de igual tamaño.

Textura: F: franco, Ar: arcilla, A: arena, Ar A: arcillo arenoso, F A: franco arenoso, F Ar: franco arcilloso, F Ar A: franco arcillo arenoso.

Estructura: 1) Tipo: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. 2) Grado: d: débil, f: fuerte, mf: muy fuerte. 3) Clase: tt: todo tamaño, m: medianos, g: grueso, mg: muy gruesos.

Consistencia: fr: friable, fi: firme, mfi: muy firme, mp: muy plástico.

Poros: 1) Cantidad: a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. 2) Forma: c: continuos, d: discontinuos.

Raíces: 1) Cantidad: a: ausentes, p: pocas, f: frecuentes, m: muchas. 2) Grosor: mf: muy finas, f: finas; fmf: finas y muy finas, de: deformadas.

Límite: 1) Anchura: b: brusco, n: neto, g: gradual, d: difuso. 2) Relieve: o: ondulado, p: plano.

Cuadro 1. Continuación

Perfil #	Unidad de mapeo	Horizonte	Profundidad (cm)	Color	Motas %	Textura	Fragmentos Gruesos	Estructura	Consistencia	Poros	Raíces	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)	Límite	
10	<u>M(Gg)</u> F+	Ap	0-6	10YR ^{3/1}		F A		g f tt	fr	m c	m fmf	> 4.5	n o	
		Ad	6-20	10YR ^{2/2}		F A		m	fr	p d	p fmf	> 4.5	g o	
		Ad2	20-35	10YR ^{2/2}		F A		m	fr	p d	p mf	p mf	> 4.5	n o
11	<u>F-(F+)</u> F+	Cqm	35-52	7.5YR ^{3/3}		F Ar A	piedra 30 %	m	m fi	p d	p mf	> 4.5	g o	
		2Cqm	52-70	7.5YR ^{3/1}		Ar A	piedra 30 %	m	m fi	p d	p mf	p mf	> 4.5	n o
		2Cg2	70-100x	10YR ^{4/2}	10YR _{4/6, 10}	Ar A		m	m fi			a	> 4.5	
12	<u>M(F+)</u> F+	Ap	0-6	10YR ^{3/1}		F		g f tt	fr	m c	m fmf	> 4.5	b p	
		Ad	6-20	10YR ^{3/1}		F Ar		m	fi	f d	p mf	p mf	> 4.5	n o
		Bg	20-60	10YR ^{2/1}		Ar		p mf mg, ba f g	mf, mp	mf, mp	f pv	p mf de	> 4.5	g p
		Bg2	60-90	5Y ^{2.5/1}		Ar		ba f g	mf, mp	mf, mp	f pv	p mf de	> 4.5	n o
		Cg	90-100x	2.5Y ^{5/2}		Ar		m	mf, mp	mf, mp		a	> 4.5	
		Ap	0-10	10YR ^{2/2}		F		g f tt	fr	fr	m c	m fmf	> 4.5	n o
12	<u>M(F+)</u> F+	Ad	10-20	10YR ^{4/1}		F		m	fi	p c, m d	f mf	> 4.5	g o	
		E	20-25	10YR ^{4/1}		F A		m	fr	p c, m d	f mf	f mf	> 4.5	n o
		Bg	25-56	7.5YR ^{2.5/1}		Ar		p mf mg, ba f g	mf, mp	mf, mp	f pv	p mf de	> 4.5	g o
12	<u>M(F+)</u> F+	Bg2	56-90	10YR ^{2/1}		Ar		p mf mg, ba f g	mf, mp	f pv	p mf de	> 4.5	n o	
		Bg3	90-110x	10YR ^{5/4}		Ar		p mf mg, ba f g	mf, mp	f pv	f pv	p mf de	> 4.5	n o

Unidad de mapeo: 1) Letras: M: texturas francas F-: texturas con arcillas livianas, F+: texturas con arcillas pesadas, Gg: fragmentos gruesos. **2)** Símbolos: —: divide el perfil de 0 a 60 cm. y de 60 a 90 cm., (): horizontes de poco grosor. /: divide horizontes de igual tamaño.

Textura: F: franco, Ar: arcilla, A: arena, Ar A: franco arenoso, F A: franco arcilloso, F Ar A: franco arcilloso arenoso.

Estructura: 1) Tipo: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. **2)** Grado: d: débil, f: fuerte, mf: muy fuerte. **3)** Clase: tt: todo tamaño, m: medianos, g: grueso, mg: muy gruesos.

Consistencia: fr: friable, fi: firme, mfi: muy firme, mp: muy plástico.

Poros: 1) Cantidad: a: ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. **2)** Forma: c: continuos, d: discontinuos.

Raíces: 1) Cantidad: a: ausentes, p: pocas, f: frecuentes, m: muchas. **2)** Grosor: mf: muy finas, f: finas, fmf: finas y muy finas, de: deformadas.

Límite: 1) Anchura: b: brusco, n: neto, g: gradual, d: difuso. **2)** Relieve: o: ondulado, p: plano.

Cuadro 2. Características químicas de horizontes selectos de los suelos representativos de las áreas de Zorralles y Monte Redondo dedicadas a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Perfil #	Unidad de mapeo	Horizonte	Profundidad (cm)	pH	----- % -----										----- ppm (extractable) -----						Relación C/N
					M.O.	N _{total}	C	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn						
1	M	Ap/Ad	0-30	5.2	4.34	0.22	2.52	14	472	1520	210	0.9	275	94	2.3	11.6					
	F-	Bw	30-45	5.7	2.31	0.12	1.34	2	384	1680	240	1.5	139	88	0.4	11.6					
2	M	Ap	0-28	6.22	1.80	0.09	1.04	10	434	1350	210	2.1	175	117	0.9	11.5					
	F+	Bg	28-55	6.75	0.26	0.01	0.15	1	246	810	130	1.5	75	40	0.1	11.7					
3	F-/M	Ap	0-11	6.2	5.11	0.26	2.97	120	486	1720	240	1.9	287	96	2.5	11.6					
	F+(Gg)	Bg	30-55	6.05	1.40	0.07	0.81	2	250	940	130	1.4	76	95	0.3	11.5					
4	F-(Gg)	Ap	0-13	5.26	3.98	0.20	2.31	9	248	1150	120	2.7	331	91	0.8	11.6					
	Gg	Bw	28-39	6.63	1.02	0.05	0.59	1	318	2740	310	2.7	51	31	0.2	11.6					
5	F-	Ap	0-15	6.15	3.28	0.16	1.90	33	470	1870	180	2.7	229	148	1.6	11.6					
	Gg	Bg	30-55	6.53	0.76	0.04	0.44	2	148	1240	130	1.5	70	65	0.3	11.5					
6	M(F+)	Ap/Ad	0-18	6.53	1.34	0.07	0.78	3	370	1450	140	2.7	143	105	0.2	11.6					
	F+	E	18-30	7.25	0.39	0.02	0.22	1	180	1110	100	1.6	87	35	0.1	11.3					
7	M	Ap/Ad	0-38	6.05	3.28	0.16	1.90	6	374	1820	180	2.0	179	138	0.4	11.6					
	F+	E	38-80	6.47	0.51	0.03	0.30	1	132	1140	120	0.9	132	197	0.1	11.7					
8	M(F-)	Ap/Ad	0-30	5.71	2.98	0.15	1.73	7	150	1240	130	1.4	166	160	0.8	11.6					
	F-	Bw	30-55	6.16	1.04	0.05	0.60	2	114	960	110	1.1	101	120	0.1	11.6					
9	M(F+)	Ap/Ad	0-30	6.1	2.76	0.14	1.60	3	580	1470	170	3.7	222	142	0.9	11.6					
	F+	E	30-46	6.55	0.52	0.03	0.30	1	304	1110	130	1.2	85	51	0.1	11.5					
10	M(Gg)	Ap/Ad	0-20	5.67	4.47	0.22	2.59	17	222	1070	120	1.7	177	85	0.8	11.6					
	F+	Ad2	20-35	5.73	3.45	0.17	2.00	4	248	1060	110	2.1	148	91	0.6	11.6					
11	M(Gg)	Ap/Ad	0-20	6.08	2.69	0.13	1.56	20	322	1920	220	2.6	170	82	0.5	11.6					
	F+	Bg	20-60	7.07	1.15	0.06	0.67	2	260	3880	420	4.3	61	38	0.2	11.6					
12	M(F+)	Ap/Ad	0-20	4.87	3.37	0.17	1.95	13	180	890	100	2.1	374	95	1.2	11.6					
	F+	E	20-25	6.37	0.58	0.03	0.33	2	106	920	110	1	125	54	0.1	11.5					

M.O. = Materia Orgánica

Cuadro 3. Rango de valores y desviación estándar de las propiedades químicas del primer horizonte de los suelos representativos de las áreas de Zorralles y Monte Redondo dedicadas a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Valor	pH		%		ppm (extractable)							
	M.O.	N _{total}	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn		
Óptimo	3 - 5	0.2 - 0.5	13 - 20	98 - 195	1000 - 6000	180 - 250	2 - 3	90 - 100	60 - 70	1 - 5		
Mínimo	1.34	0.07	3	150	890	100	0.9	143	82	0.2		
Máximo	5.11	0.26	120	580	1920	240	3.7	374	160	2.5		
Promedio	3.28	0.16	21	359	1456	168	2.2	227	113	1.1		
Desviación Estándar	1.09	0.05	32	136	332	45.9	0.7	73.9	27	0.7		

El nivel óptimo presente es el nivel de fertilidad media para cualquier suelo.

M.O. = Materia Orgánica

Cuadro 4. Índices de calidad actual, potencial y óptimo para cada perfil caracterizado de los suelos representativos de las áreas de Zorralles y Monte Redondo dedicadas a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Perfil #	Unidad de Mapeo	Área (ha)	% del área total	Índice		
				Actual	Potencial	Óptimo
1	$\frac{M}{F-}$	6.0	8.8	34.8	38.3	54.5
2	$\frac{M}{F+}$	12.0	17.6	27.9	35.8	54.5
3	$\frac{F-/M}{F+(Gg)}$	4.0	5.9	24.3	35.4	54.5
4	$\frac{F-/M}{F+(Gg)}$	1.6	2.3	24.2	31.5	54.5
5	$\frac{F-}{Gg}$	4.5	6.6	23.8	42.0	54.5
6	$\frac{M(F+)}{F+}$	1.9	2.8	22.3	34.6	54.5
7	$\frac{M}{F+}$	5.8	8.5	28.3	40.7	54.5
8	$\frac{M(F-)}{F-}$	2.6	3.8	28.1	41.7	54.5
9	$\frac{M(F+)}{F+}$	7.6	11.1	20.2	33.6	54.5
10	$\frac{M(Gg)}{F+}$	1.0	1.5	24.4	33.9	54.5
11	$\frac{F-(F+)}{F+}$	9.9	14.5	25.6	35.8	54.5
12	$\frac{M(F+)}{F+}$	11.4	16.7	25.1	35.9	54.5
		$\Sigma = 68.3$	$\Sigma = 100$	25.8%	36.6%	54.5%

Los índices de calidad de suelos permiten cuantificar las propiedades físicas, morfológicas y químicas del suelo. Para esto cada propiedad tiene un peso específico que se multiplica por un rango de valores establecido según se encuentre la propiedad. En este caso las propiedades que se tomaron en cuenta para determinar los índices fueron: textura, estructura, drenaje, profundidad efectiva, fragmentos gruesos, resistencia a la penetración, agua disponible, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, cobre, hierro, manganeso y zinc. En el índice actual cada propiedad se multiplica por el valor actual de la propiedad. En el índice potencial cada propiedad se multiplica por el valor al cual la propiedad tomada en cuenta puede aumentar a través de enmiendas realizadas al suelo. En el índice óptimo cada propiedad se multiplica por su valor máximo, este índice representa un suelo con un cien porciento de aptitud agrícola. La comparación entre el índice actual y el óptimo nos permite saber que tan distante esta el suelo estudiado de ser un suelo óptimo. La comparación entre el índice actual y el potencial nos indica cuanto podemos mejorar las propiedades de un suelo mediante enmiendas físicas o químicas.

Cuadro 5. Rendimientos de materia fresca (M.F.) y seca (M.S.) de *Panicum maximum* de las áreas de estudio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Cultivar	Ubicación	Vigor	Rendimiento de M. F.		M. S. en el pasto (%)	Rendimiento M. S. (kg/ha)
			(kg/m ²)	(kg/ha)		
Tanzania	Monte Redondo 3	Bajo	1.7	17,000	25.3	4,294
		Medio	2.5	25,000	22.7	5,670
		Alto	4.0	40,000	21.3	8,536
Tobiatá	Zorrales 7	Bajo	0.9	9,000	23.7	2,136
		Medio	1.8	18,000	19.8	3,560
		Alto	2.8	28,000	18.8	5,252

Cuadro 6. Características físicas de los perfiles de suelo en las áreas en donde se determinó el rendimiento de *Panicum maximum* de las áreas de estudio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Cultivar	Ubicación	Vigor	Rendimiento M. S. (kg/ha)	Horizonte	Profundidad (cm)	Resistencia a la		Densidad aparente (g/cm ³)
						penetración kg/cm ²	Resistencia a la penetración (kg/cm ²) ponderada	
				Ap	0-3	0.50		N.D.
		Bajo	4,294	Ad	3-16	2.05	1.6	1.44
				E	16-20	1.05		N.D.
				Ap	0-8	0.40		1.22
		Medio	5,670	Ad	8-26	1.95	1.15	1.40
				E	26-34	1.90		N.D.
				Ap	0-10	0.20		1.35
		Alto	8,536	Ad	10-23	1.95	1.1	1.37
				E	23-32	2.90		N.D.
				Ad	0-29	3.85		1.36
		Bajo	2,136	E	29-37	3.15	3.85	N.D.
				Bg	37-50	0.80		1.54
				Ap	0-10	1.29		1.13
		Medio	3,560	Ad	10-35	3.95	2.62	1.39
				E	35-44	3.50		N.D.
				Ap	0-13	1.10		0.56
		Alto	5,252	Ad	13-40	3.90	2.08	1.34
				E	40-50	3.35		N.D.

La ponderación de la resistencia a la penetración se obtiene al multiplicar la profundidad hasta los 20 centímetros por su resistencia a la penetración y luego dividiéndola entre 20. Ejemplo $(3\text{cm} \times 0.5) + (13\text{cm} \times 2.05) + (4\text{cm} \times 1.05) / 20\text{cm}$
N.D. = No determinada

Cuadro 7. Análisis químico de los suelos en donde se determinó el rendimiento de *Panicum maximum* en las áreas de estudio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Cultivar	Ubicación	Vigor	Rendimiento (kg/ha)		pH	----- % -----			----- ppm (extractable) -----						
			M. F.	M. S.		M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Tanzania	Monte	Bajo	17,000	4,294	5.19	4.42	0.22	9	170	990	90	2.8	321	69	1.4
	Redondo	Medio	25,000	5,670	5.20	4.36	0.22	39	166	1100	100	2.6	368	65	2.0
	3	Alto	40,000	8,536	5.34	3.14	0.16	10	156	1160	110	3.1	271	116	1.4
Tobiatá	Bajo	Bajo	9,000	2,136	5.92	3.31	0.17	23	386	1310	170	2.1	257	94	1.2
	Zorrales 7	Medio	18,000	3,560	5.97	3.06	0.15	15	232	1400	170	1.8	243	46	1.1
	Alto	Alto	28,000	5,252	5.96	3.31	0.17	9	332	1380	170	1.8	238	47	1.6

M.F. = Materia Fresca

M.S. = Materia Seca

Cuadro 8. Análisis foliares del *Panicum maximum* estudiado en el que se determinó el rendimiento en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Cultivar	Ubicación	Vigor	Rendimiento (kg/ha)		----- % -----							----- ppm -----						
			M. F.	M. S.	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn					
Tanzania	Monte Redondo 3	Bajo	17,000	4,294	0.73	0.22	2.13	0.19	0.10	16	52	65	14					
		Medio	25,000	5,670	1.02	0.23	2.85	0.21	0.14	21	66	131	21					
		Alto	40,000	8,536	1.45	0.25	3.08	0.21	0.16	34	71	109	36					
Tobiatá	Zorrales 7	Bajo	9,000	2,136	1.24	0.34	3.28	0.24	0.13	13	52	76	16					
		Medio	18,000	3,560	1.25	0.28	4.11	0.18	0.10	17	61	68	21					
		Alto	28,000	5,252	1.33	0.22	4.40	0.22	0.10	29	116	80	30					

M.F. = Materia Fresca

M.S. = Materia Seca

5. CONCLUSIONES

Los suelos estudiados presentan problemas severos de compactación muy cerca de la superficie; dicha compactación reduce drásticamente la tasa de infiltración y percolación del agua a través del perfil de suelo y limita severamente el desarrollo radical de los pastos. Los horizontes arcillosos, gravosos o parcialmente cementados en el subsuelo también restringen severamente el movimiento del agua y en consecuencia, el desempeño de las raíces. La rehabilitación de estos suelos requiere la implementación de subsoleo profundo y drenes interceptores del flujo superficial e interno del agua, como requisito para la implementación de un programa de labranza mínima.

1. La caracterización detallada de suelos indica que en su índice de estado actual (26) los suelos presentan grandes limitaciones para el desarrollo de los pastos de interés; sin embargo, implementando las prácticas indicadas en la sección de recomendaciones de este estudio, su índice de calidad potencial puede llegar a (37), lo que indica que los suelos pueden ser mejorados significativamente. Sin embargo, por sus propiedades no llegan a desarrollar el máximo índice potencial ideal, el cual para un suelo es de (55).
2. Todos los suelos caracterizados pueden ser utilizados con los pastos *Cynodon nlemfuesis*, *Digitaria eriantha* y *Panicum maximum* cvs Tobiata y Tanzania, siempre y cuando se implementen las labores de rehabilitación de suelos indicadas en este estudio.
3. La caracterización de suelos hecha en este estudio indica claramente que el manejo integral de los suelos debe comprender la rehabilitación física (corregir pies de arados y mejorar drenaje interno), y la homogenización de gradientes químicos, especialmente del pH, para llevar a cabo un programa de labranza mínima y garantizar la producción sostenible de pasturas.

6. RECOMENDACIONES

Debido a la degradación de los suelos estudiados, éstos deberán ser sometidos a enmiendas conducentes a su rehabilitación para mejorar sustancialmente las características del suelo que en su estado actual limitan la producción.

La secuencia de las enmiendas propuestas para la rehabilitación de los suelos del área estudiada es la siguiente:

1. Implementar laboreo de subsolado para crear porosidad en el suelo y destruir pies de arados (horizontes Ad). El primer pase debe hacerse con subsolador de topo a 80 cm. de profundidad, perpendicular a la pendiente, y el segundo a 50 cm. de profundidad, con un ángulo de 45 grados con respecto al primer pase. Dicho trabajo deberá hacerse con un tractor de oruga (D-8 o su equivalente), los tractores de llantas no ofrecen la tracción adecuada en los suelos estudiados.
2. Aplicación e incorporación de cal dolomítica en las dosis y unidades indicadas en el Cuadro 8. La incorporación se debe hacer con una rastra pesada (32 pulgadas de diámetro de los discos) a una profundidad de 20 cm, seguido por un pase de rastra liviana o pulidora.
3. Dedicar las áreas estudiadas a un programa de labranza mínima, o cero labranza, dependiendo de la evolución de los procesos degradativos del suelo, utilizando equipos como el "Aerway" utilizado para la aireación del suelo por medio del movimiento del suelo en sus primeros 15 a 25 cm.
4. Establecer un programa de monitoreo de la evolución de las propiedades físicas del suelo, posterior a la adecuación propuesta en este trabajo. Para esto se escogera una parcela al azar para cada unidad de mapeo, (por cada 15 hectáreas), con un área de un metro cuadrado, donde se determinará la biomasa del pasto, contenido nutricional en el tejido foliar y las propiedades morfológicas, físicas y químicas del suelos por medio del método de mini calicatas con una superficie de 70 cm * 70 cm y 50 cm de profundidad. Estas determinaciones se deberán hacer cada año.
5. Implementar el programa de nutrición vegetal propuesto en el Cuadro 9 de acuerdo con los niveles nutricionales del suelo.
6. Hacer más análisis foliares tomando en cuenta más vigores en los pastos, para afinar el plan de fertilización de las pasturas.

Cuadro 9. Recomendaciones del uso y enmiendas de los suelos estudiados dedicados a la producción de pastos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Unidad de Mapeo	Perfil #	Índice de calidad actual de suelos	Pasto recomendado	Prácticas de laboreo	Espaciamiento / profundidad del drenaje (m)	Aplicación de cal dolomítica (t/ha)	Índice de calidad potencial de suelos
$\frac{M}{F-}$	1	34.75	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 50 cm de profundidad o subsuelo con topó a 90 cm.	10 / 0.8	4.0	38.30
$\frac{M}{F+}$	2 y 7	28.01	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 50 cm de profundidad o subsuelo con topó a 90 cm.	10 / 0.8	N.R.	37.34
$\frac{M(F-)}{F-}$	8	28.05	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 70 cm de profundidad.	10 / 0.8	2.0	41.65
$\frac{M(F+)}{F+}$	6, 9 y 12	23.07	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 50 cm de profundidad o subsuelo con topó a 90 cm.	10 / 0.8	1.5 – 5.0	34.90
$\frac{M(Gg)}{F+}$	10	24.35	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 40 cm de profundidad.	N.R.	N.R.	33.90
$\frac{F-(M)F+}{F+}$		N.D.	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 50 cm de profundidad o subsuelo con topó a 90 cm.	10 / 0.8	N.R.	N.D.
$\frac{F-M}{F+(Gg)}$	3	24.25	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 50 cm de profundidad o subsuelo con topó a 90 cm.	10 / 0.8	N.R.	35.35
$\frac{F-(F+)}{F+}$	11	25.60	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 50 cm de profundidad o subsuelo con topó a 90 cm.	10 / 0.8	N.R.	35.75
$\frac{F-Gg}{Gg}$	5	23.80	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 40 cm de profundidad.	N.R.	N.R.	42.00
$\frac{F-(Gg)}{Gg}$	4	24.15	<i>C nlemfuesis,</i> <i>D eriantha y P maximum</i>	Subsuelo a 40 cm de profundidad.	N.R.	3.0	31.45

La aplicación de cal depende del pH y ppm de Ca en cada perfil descrito.
 Si se implementa el subsuelo con topó no se deberá implementar el drenaje subterráneo.
 N.D. = No determinado, área muy pequeña.
 N.R. = No requerido.

Cuadro 10. Niveles de fertilización recomendados por corte para *Panicum maximum* en las áreas de estudio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Cultivar	Fertilidad del suelo	----- kg/ha -----		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Tanzania	Baja	149	60	380
	Media	124	50	317
	Alta	99	40	253
Tobiatá	Baja	84	34	334
	Media	70	29	278
	Alta	56	23	223

7. BIBLIOGRAFÍA

BARAHONA, R. 2000. Caracterización detallada de los suelos de San Nicolás y prácticas recomendadas para su uso sostenible. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras 51 p.

CORTES, A.; MALAGON, D. 1984. Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá, Colombia. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 360 p.

DORAN, J.; COLEMAN, D.; BEZDICEK, D.; STEWART, B. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. 2 ed. Soil Science Society of America, Inc Estados Unidos. 244 p.

FAGERIA, N.; BALIGAR, V.; JONES, C. 1991. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. Marcel Dekker, Inc.. Nueva York, Estados Unidos. 476 p.

FAO. 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. 2 ed. Roma. 73 p.

GAUGGEL, C. 2003. Índices de calidad de suelos para las propiedades morfológicas, físicas y químicas. Zamorano, Honduras. Inédito 7 p.

VELEZ, M.; HINCAPIE, J.; MATAMOROS, I.; SANTILLAN, R.. 2002. Producción de ganado lechero en el trópico. 4 ed. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras. 326 p.

Anexo 1. Área de estudio demarcada dentro de fotografía. Escala, 1 : 14,800.



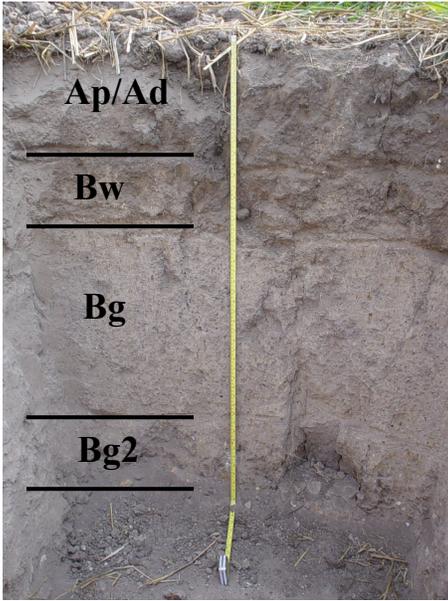
Anexo 2. Caracterización detallada de suelos. Escala, 1 : 13,060.



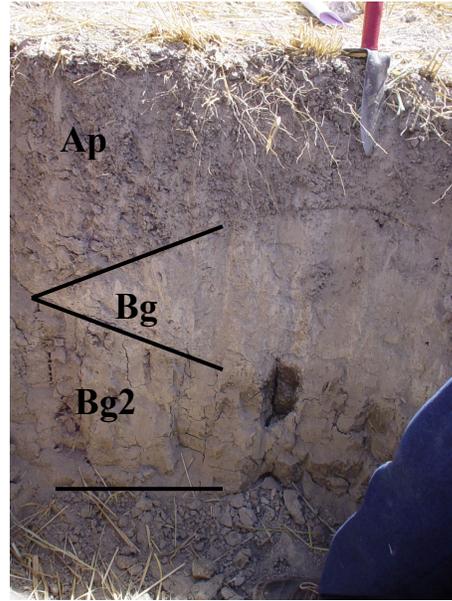
Anexo 3. Ubicación de los diferentes perfiles caracterizados.

Perfil #	Ubicación	Unidad de mapeo	Coordenadas (UTM)	
			x	y
1	Zorrales 1	$\frac{M}{F-}$	499,694.07	1,548,120.77
2	Zorrales 1	$\frac{M}{F+}$	499,844.53	1,547,807.50
3	Zorrales 2	$\frac{F-/M}{F+(Gg)}$	500,080.80	1,548,008.51
4	Zorrales 2	$\frac{F-/M}{F+(Gg)}$	500,148.98	1,548,027.32
5	Zorrales 3	$\frac{F-}{Gg}$	500,361.74	1,547,923.88
6	Zorrales 4	$\frac{M(F+)}{F+}$	500,546.30	1,547,709.35
7	Zorrales 4	$\frac{M}{F+}$	500,592.73	1,547,812.21
8	Zorrales 4	$\frac{M(F-)}{F-}$	500,720.27	1,547,828.66
9	Zorrales 5	$\frac{M(F+)}{F+}$	500,875.43	1,547,791.63
10	Monte Redondo 6	$\frac{M(Gg)}{F+}$	500,984.76	1,547,254.43
11	Monte Redondo 6	$\frac{F-(F+)}{F+}$	500,720.86	1,547,024.04
12	Monte Redondo 5	$\frac{M(F+)}{F+}$	500,700.29	1,547,315.56

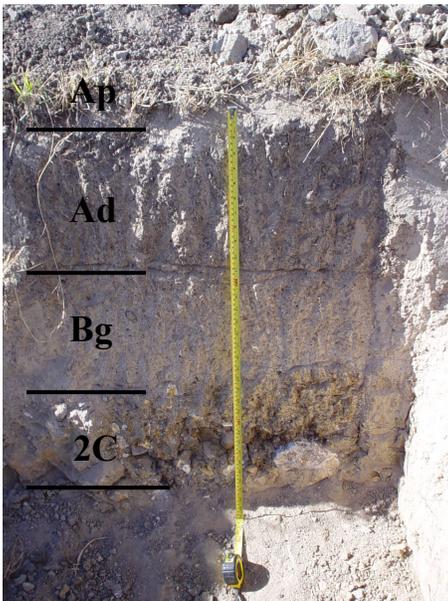
Anexo 4. Fotografías de los diferentes perfiles caracterizados.



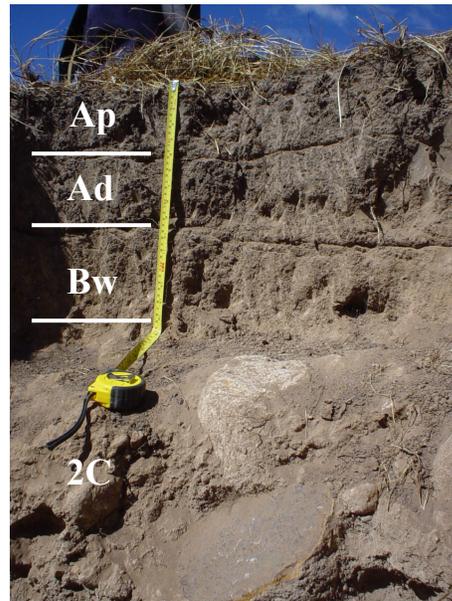
Perfil 1



Perfil 2

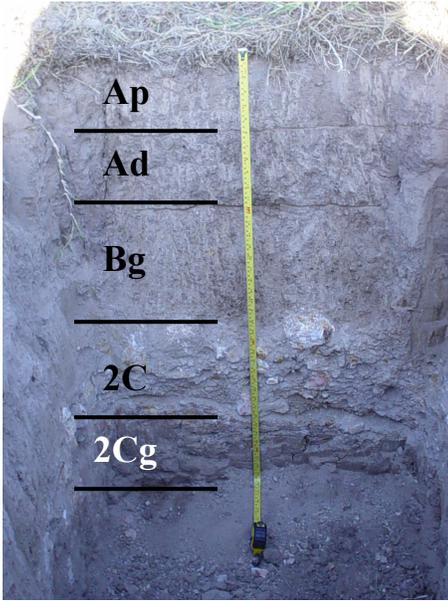


Perfil 3

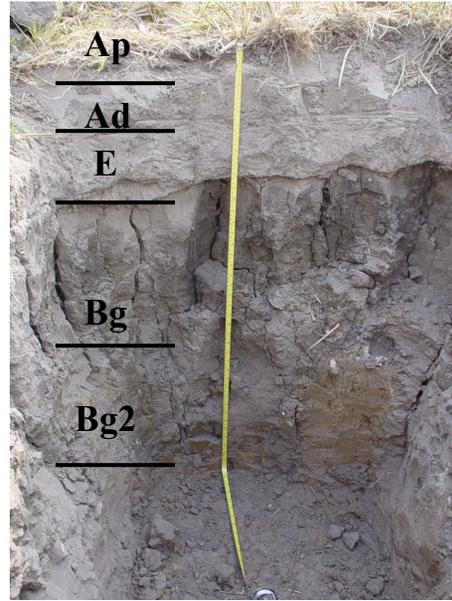


Perfil 4

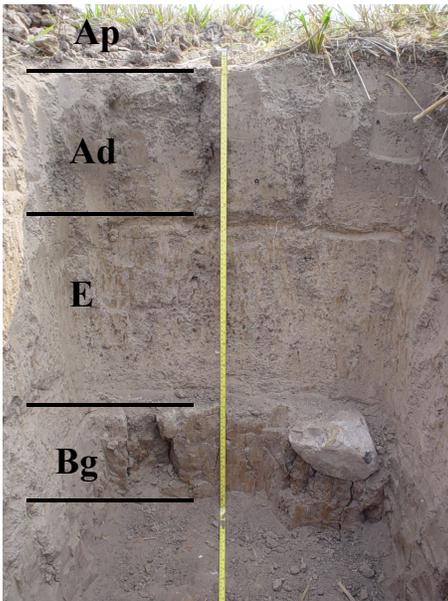
Anexo 4. Continuación



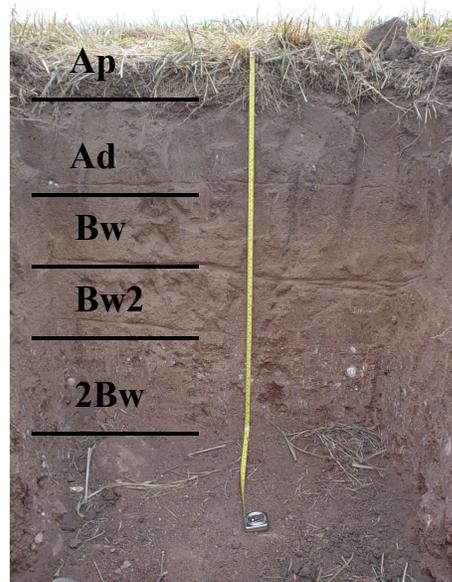
Perfil 5



Perfil 6

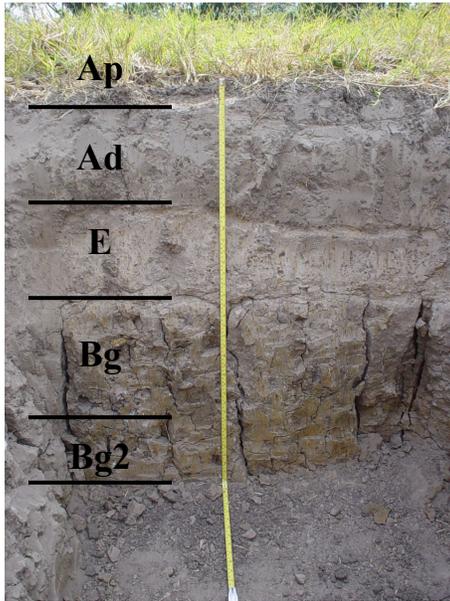


Perfil 7

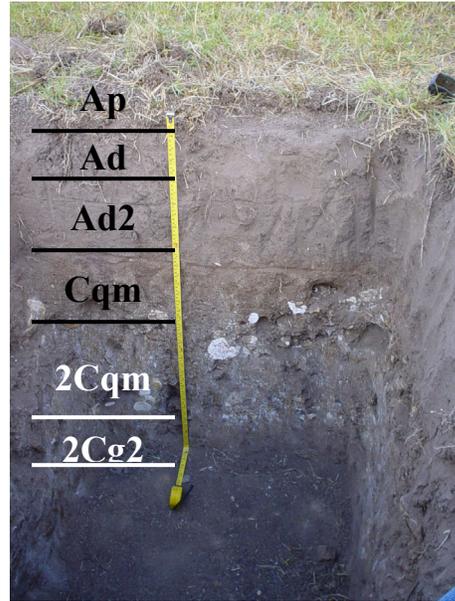


Perfil 8

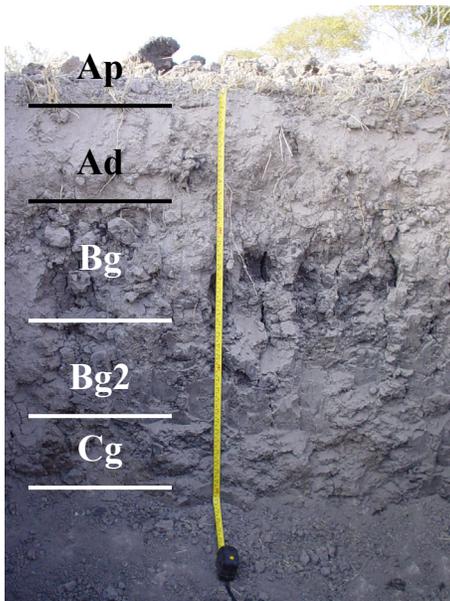
Anexo 4. Continuación



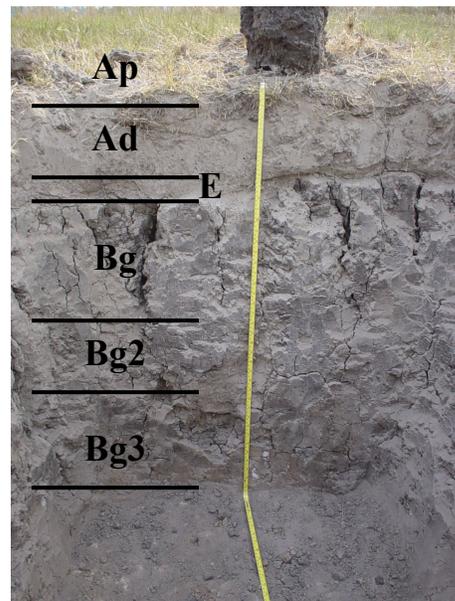
Perfil 9



Perfil 10



Perfil 11



Perfil 12

Anexo 5. Índices de calidad de suelo.

Perfil 1						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	3.60	3.60	0.00	6.00	
Estructura	0.35	2.45	2.45	0.00	3.50	
Drenaje	0.35	2.45	2.45	0.00	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	2.40	2.40	0.00	4.00	
Frag. Grueso	0.45	4.50	4.50	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	0.35	0.00	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.00	1.75	0.75	2.50	
M.O.	0.40	2.80	2.80	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	1.60	4.00	2.40	4.00	
Fósforo	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Potasio	0.40	3.20	3.20	0.00	4.00	
Magnesio	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Calcio	0.10	0.90	1.00	0.10	1.00	
Cobre	0.10	0.70	1.00	0.30	1.00	
Hierro	0.10	0.40	0.40	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.90	0.90	0.00	1.00	
Zinc	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Σ	5.45	34.75	38.30	3.55	54.50	

Perfil 2						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	1.20	1.20	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	2.45	2.10	3.50	
Drenaje	0.35	2.45	2.45	0.00	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	1.60	1.60	0.00	4.00	
Frag. Grueso	0.45	4.50	4.50	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.75	1.75	0.00	2.50	
M.O.	0.40	1.60	1.60	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	0.80	4.00	3.20	4.00	
Fósforo	0.40	3.20	4.00	0.80	4.00	
Potasio	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Magnesio	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Calcio	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Cobre	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Hierro	0.10	0.50	0.50	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.80	0.80	0.00	1.00	
Zinc	0.10	0.50	1.00	0.50	1.00	
Σ	5.45	27.90	35.75	7.85	54.50	

Anexo 5. Continuación

Perfil 3						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	1.20	1.20	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	2.45	2.10	3.50	
Drenaje	0.35	1.05	2.80	1.75	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	2.40	2.00	4.00	
Frag. Grueso	0.45	1.35	1.35	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.75	1.75	0.00	2.50	
M.O.	0.40	3.20	3.20	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	1.60	4.00	2.40	4.00	
Fósforo	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Potasio	0.40	3.20	4.00	0.80	4.00	
Magnesio	0.10	0.90	1.00	0.10	1.00	
Calcio	0.10	0.90	1.00	0.10	1.00	
Cobre	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Hierro	0.10	0.30	0.30	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Zinc	0.10	0.40	1.00	0.60	1.00	
Σ	5.45	24.25	35.35	11.10	54.50	

Perfil 4						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	1.20	1.20	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	0.35	0.00	3.50	
Drenaje	0.35	2.45	2.45	0.00	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	2.40	2.00	4.00	
Frag. Grueso	0.45	0.90	0.90	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.00	1.75	0.75	2.50	
M.O.	0.40	2.40	2.40	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	1.60	4.00	2.40	4.00	
Fósforo	0.40	3.60	4.00	0.40	4.00	
Potasio	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Magnesio	0.10	0.90	0.90	0.00	1.00	
Calcio	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Cobre	0.10	0.90	0.90	0.00	1.00	
Hierro	0.10	0.30	0.30	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Zinc	0.10	0.50	1.00	0.50	1.00	
Σ	5.45	24.15	31.45	7.30	54.50	

Anexo 5. Continuación

Perfil 5						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	1.20	1.20	0.00	6.00	
Estructura	0.35	1.40	2.45	1.05	3.50	
Drenaje	0.35	1.05	2.45	1.40	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	2.40	2.00	4.00	
Frag. Grueso	0.45	1.35	1.35	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.25	1.75	0.50	2.50	
M.O.	0.40	2.00	2.00	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	1.20	4.00	2.80	4.00	
Fósforo	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Potasio	0.40	3.60	3.60	0.00	4.00	
Magnesio	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Calcio	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Cobre	0.10	0.90	0.90	0.00	1.00	
Hierro	0.10	0.40	0.40	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.60	0.60	0.00	1.00	
Zinc	0.10	0.80	10.00	9.20	1.00	
Σ	5.45	23.80	42.00	18.20	54.50	

Perfil 6						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	1.20	1.20	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Drenaje	0.35	1.05	2.45	1.40	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	1.60	1.20	4.00	
Frag. Grueso	0.45	4.50	4.50	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.75	1.75	0.00	2.50	
M.O.	0.40	1.20	1.20	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	0.80	4.00	3.20	4.00	
Fósforo	0.40	0.80	4.00	3.20	4.00	
Potasio	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Magnesio	0.10	0.90	1.00	0.10	1.00	
Calcio	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Cobre	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Hierro	0.10	0.60	0.60	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Zinc	0.10	0.30	1.00	0.70	1.00	
Σ	5.45	22.30	34.60	12.30	54.50	

Anexo 5. Continuación

Perfil 7						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	3.00	3.00	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	2.45	2.10	3.50	
Drenaje	0.35	2.10	2.80	0.70	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	2.40	2.00	4.00	
Frag. Grueso	0.45	4.50	4.50	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	3.00	3.00	0.00	5.00	
pH	0.25	1.25	1.75	0.50	2.50	
M.O.	0.40	2.00	2.00	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	1.20	4.00	2.80	4.00	
Fósforo	0.40	1.60	4.00	2.40	4.00	
Potasio	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Magnesio	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Calcio	0.10	0.90	1.00	0.10	1.00	
Cobre	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Hierro	0.10	0.40	0.40	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.90	1.00	0.10	1.00	
Zinc	0.10	0.30	1.00	0.70	1.00	
Σ	5.45	28.25	40.70	12.45	54.50	

Perfil 8						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	3.00	3.00	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	2.45	2.10	3.50	
Drenaje	0.35	1.40	2.45	1.05	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	2.40	2.00	4.00	
Frag. Grueso	0.45	4.50	4.50	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	4.50	4.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.25	1.75	0.50	2.50	
M.O.	0.40	2.00	2.00	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	1.20	4.00	2.80	4.00	
Fósforo	0.40	2.00	4.00	2.00	4.00	
Potasio	0.40	2.80	4.00	1.20	4.00	
Magnesio	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Calcio	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Cobre	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Hierro	0.10	0.60	0.60	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.60	0.60	0.00	1.00	
Zinc	0.10	0.50	1.00	0.50	1.00	
Σ	5.45	28.05	41.65	13.60	54.50	

Anexo 5. Continuación

Perfil 9						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	1.20	1.20	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	2.45	2.10	3.50	
Drenaje	0.35	1.05	2.45	1.40	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	1.60	1.20	4.00	
Frag. Grueso	0.45	4.50	4.50	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.25	1.75	0.50	2.50	
M.O.	0.40	1.60	1.60	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	1.20	4.00	2.80	4.00	
Fósforo	0.40	0.40	4.00	3.60	4.00	
Potasio	0.40	2.40	2.40	0.00	4.00	
Magnesio	0.10	0.90	0.90	0.00	1.00	
Calcio	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Cobre	0.10	0.80	0.80	0.00	1.00	
Hierro	0.10	0.40	0.40	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.60	0.60	0.00	1.00	
Zinc	0.10	0.50	1.00	0.50	1.00	
Σ	5.45	20.20	33.55	13.35	54.50	

Perfil 10						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	1.20	1.20	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	2.45	2.10	3.50	
Drenaje	0.35	1.05	2.45	1.40	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	1.60	1.20	4.00	
Frag. Grueso	0.45	1.35	1.35	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.25	1.75	0.50	2.50	
M.O.	0.40	2.80	2.80	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	1.60	4.00	2.40	4.00	
Fósforo	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Potasio	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Magnesio	0.10	0.90	1.00	0.10	1.00	
Calcio	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Cobre	0.10	0.90	1.00	0.10	1.00	
Hierro	0.10	0.50	0.50	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.90	0.90	0.00	1.00	
Zinc	0.10	0.50	1.00	0.50	1.00	
Σ	5.45	24.35	33.90	9.55	54.50	

Anexo 5. Continuación

Perfil 11						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	1.20	1.20	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	2.45	2.10	3.50	
Drenaje	0.35	1.05	2.45	1.40	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	1.60	1.20	4.00	
Frag. Grueso	0.45	4.50	4.50	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	1.25	1.75	0.50	2.50	
M.O.	0.40	1.60	1.60	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	0.80	4.00	3.20	4.00	
Fósforo	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Potasio	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Magnesio	0.10	0.90	0.90	0.00	1.00	
Calcio	0.10	0.90	1.00	0.10	1.00	
Cobre	0.10	0.90	0.90	0.00	1.00	
Hierro	0.10	0.50	0.50	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Zinc	0.10	0.40	1.00	0.60	1.00	
Σ	5.45	25.60	35.75	10.15	54.50	

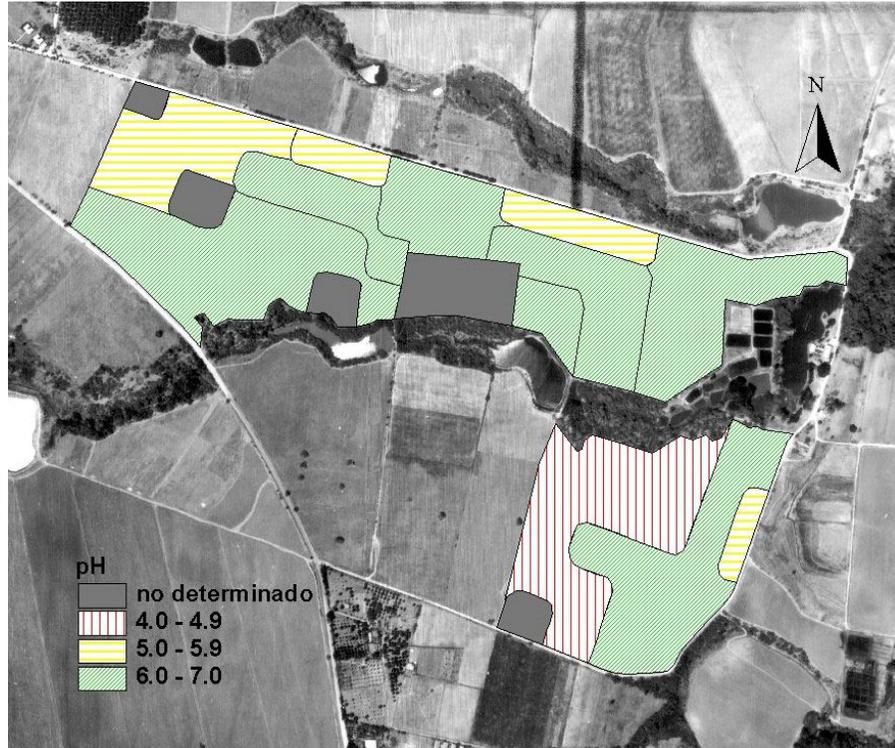
Perfil 12						
Propiedad	Peso	Índice Actual	Índice Potencial	$\Delta P - A$	Índice Óptimo	
Textura	0.60	1.20	1.20	0.00	6.00	
Estructura	0.35	0.35	2.45	2.10	3.50	
Drenaje	0.35	1.05	2.45	1.40	3.50	
Prof. Efectiva	0.40	0.40	1.60	1.20	4.00	
Frag. Grueso	0.45	4.50	4.50	0.00	4.50	
Res. Penetración	0.35	0.35	1.40	1.05	3.50	
Agua Disp	0.50	1.50	1.50	0.00	5.00	
pH	0.25	0.75	1.75	1.00	2.50	
M.O.	0.40	2.00	2.00	0.00	4.00	
Nitrógeno	0.40	1.20	4.00	2.80	4.00	
Fósforo	0.40	4.00	4.00	0.00	4.00	
Potasio	0.40	3.60	4.00	0.40	4.00	
Magnesio	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Calcio	0.10	0.80	1.00	0.20	1.00	
Cobre	0.10	1.00	1.00	0.00	1.00	
Hierro	0.10	0.10	0.10	0.00	1.00	
Manganeso	0.10	0.90	0.90	0.00	1.00	
Zinc	0.10	0.60	1.00	0.40	1.00	
Σ	5.45	25.10	35.85	10.75	54.50	

Anexo 6. Leyenda del mapa detallado de suelos, de Zorralles y Monte Redondeo 4, 5 y 6, Escuela Agrícola Panamericana.

Unidad de mapeo	Textura		Estructura		Drenaje interno	Limitante de la profundidad efectiva
	0 – 60	60 – 120	0 – 60	60 – 120		
$\frac{M}{F-}$ 6.0	Predominantemente arcillas livianas con pequeñas áreas que contienen arcillas pesadas.		Granular sobre bloques subangulares y masivo en algunas áreas.		Muy pobre, colores grises	Pie de arado frecuente en ciertas áreas (>4.5 kg/cm ²) y arcillas pesadas en el subsuelo.
	Franco sobre horizontes ocasionales delgados de arcillas livianas.		Granular sobre masivo sobre bloques subangulares débiles y masivo en algunas áreas.		Muy pobre, colores grises	Pie de arado en ciertas áreas (>4.5 kg/cm ²) y arcillas pesadas en el subsuelo.
$\frac{M(F-)}{F-}$ 17.8	Arcilla pesada (> 50 % arcilla).		Granular sobre masivo.		Moderado	Pie de arado (>4.5 kg/cm ²) y horizontes masivos en el subsuelo.
	Franco sobre horizontes delgados de arcilla liviana.		Granular sobre masivo.		Moderado	Pie de arado (>4.5 kg/cm ²) y horizontes masivos en el subsuelo.
$\frac{M(F++)}{F+}$ 20.9	Arcilla liviana sobre arcilla pesada.		Granular sobre masivo extremadamente firme.		Muy pobre, colores grises	Pie de arado (>4.5 kg/cm ²) y arcillas pesadas en el subsuelo.
	Franco sobre un horizonte delgado de arcilla pesada.		Granular sobre masivo.		Muy pobre, colores grises	Pie de arado (>4.5 kg/cm ²) y fragmentos gruesos.
$\frac{M(Gg)}{F+}$ 1.0	Arcilla pesada (> 50 % arcilla).		Granular sobre masivo.		Muy pobre, colores grises	Pie de arado (>4.5 kg/cm ²) y fragmentos gruesos.
	Franco sobre un horizonte delgado de fragmentos gruesos.		Granular sobre masivo.		Muy pobre, colores grises	Pie de arado (>4.5 kg/cm ²) y fragmentos gruesos.

Anexo 6. Continuación

Unidad de mapeo	Área (ha)	Textura		Estructura		Drenaje interno	Limitante de la profundidad efectiva
		0 – 60	60 – 120	0 – 60	60 – 120		
$\frac{F-(M)F+}{F+}$	1.0	Arcilla liviana con horizontes ocasionales delgados francos sobre horizonte delgado de arcilla pesada.	Arcilla pesada (> 50 % arcilla).	Granular sobre masivo extremadamente firme.	Prismas muy gruesos fuertes que parten a bloques angulares gruesos fuertes.	Muy pobre, colores grises	Pie de arado (>4.5 kg/cm ²) y arcillas pesadas en el subsuelo.
$\frac{F-M}{F+(Gg)}$	4.0	Arcilla liviana sobre horizontes francos ocasionales.	Horizonte de arcilla pesada (> 50 % arcilla) con y sobre fragmentos gruesos.	Granular sobre bloques angulares y masivo en algunas áreas.	Masivo	Muy pobre, colores grises	Pie de arado frecuente en ciertas áreas (>4.5 kg/cm ²) y arcillas pesadas en el subsuelo.
$\frac{F-(F+)}{F+}$	9.9	Arcilla liviana sobre un horizonte delgado de arcilla pesada.	Arcilla pesada (> 50 % arcilla).	Granular sobre masivo extremadamente firme.	Prismas muy gruesos fuertes que parten a bloques angulares gruesos fuertes.	Muy pobre, colores grises	Pie de arado (>4.5 kg/cm ²) y arcillas pesadas en el subsuelo.
$\frac{F-Gg}{Gg}$	4.5	Arcilla liviana	Fragmentos gruesos y grava de todos los tamaños.	Granular masivo sobre bloques subangulares masivos.	Grano simple	Muy pobre, colores grises	Horizonte de fragmentos gruesos después de 60 cm.
$\frac{F-(Gg)}{Gg}$	4.4	Arcilla liviana sobre un horizonte delgado de fragmentos gruesos.	Fragmentos gruesos y grava de todos los tamaños.	Granular de todos los tamaños y granos simples.	Grano simple	Excesivo	Horizonte de fragmentos gruesos y grava entre 30 y 40 cm.

Anexo 7. Distribución de las propiedades químicas del área caracterizada.

Distribución del pH en las áreas caracterizadas.



Distribución del contenido de materia orgánica en las áreas caracterizadas.

Anexo 7. Continuación



Distribución del contenido de nitrógeno en las áreas caracterizadas.

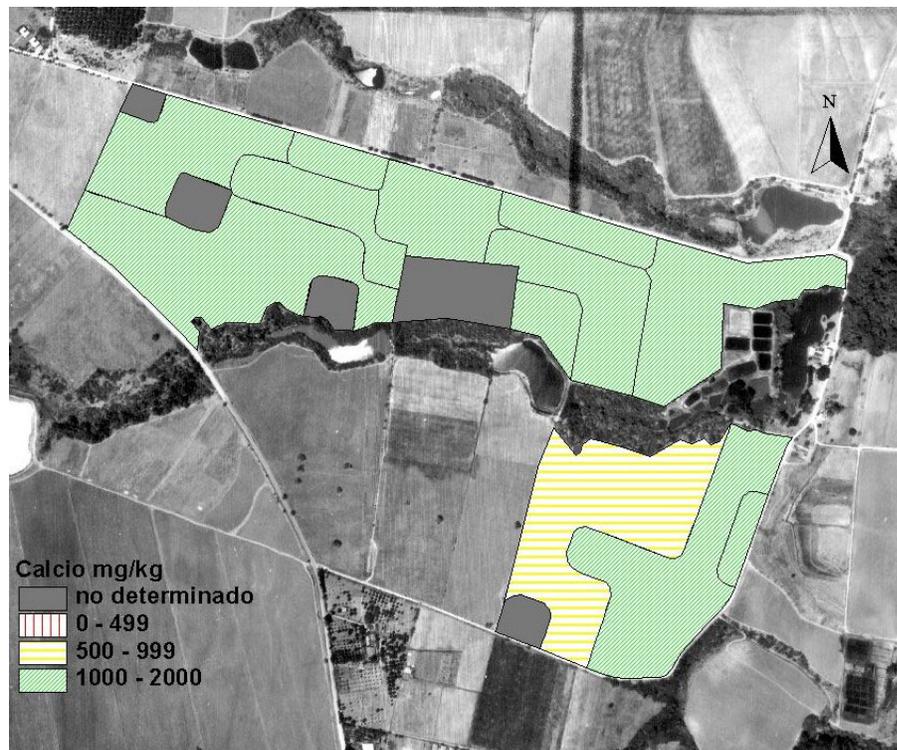


Distribución del contenido de fósforo en las áreas caracterizadas.

Anexo 7. Continuación

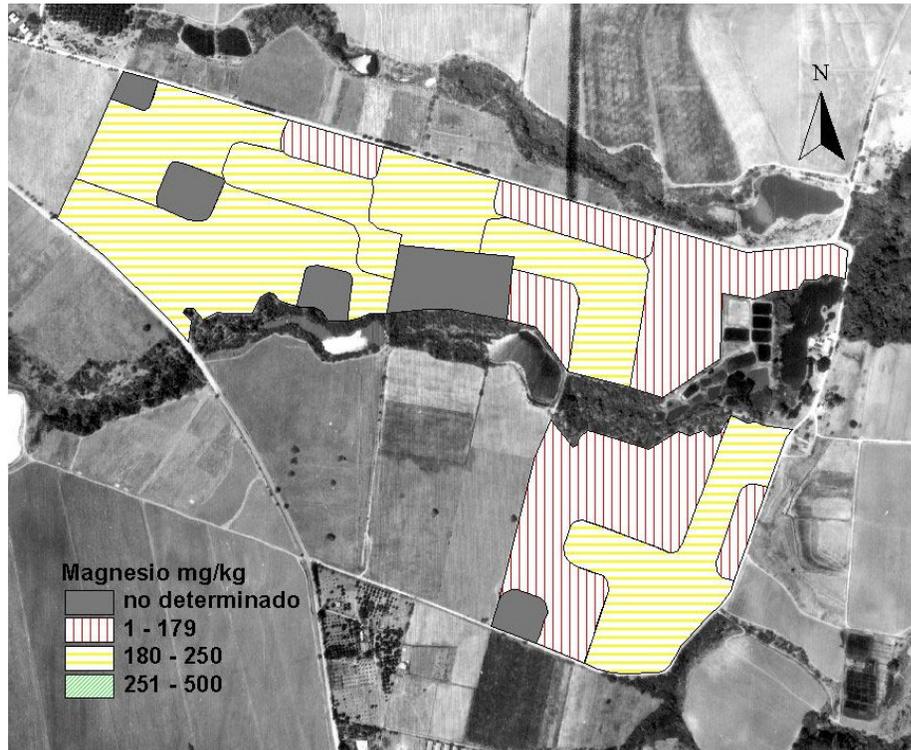


Distribución del contenido de potasio en las áreas caracterizadas.



Distribución del contenido de calcio en las áreas caracterizadas.

Anexo 7. Continuación



Distribución del contenido de magnesio en las áreas caracterizadas.

Anexo 8. Costo promedio para la preparación de suelos.

Actividad	Costo por hectárea	Fuente de información
Subsoleo	\$ 300.00	Costa Norte de Honduras
Rastra pesada	\$ 150.00	Costa Norte de Honduras
Rastra liviana	\$ 150.00	Costa Norte de Honduras
Drenes colectores	\$ 300.00	Costa Norte de Honduras
Cal dolomítica	\$ 58.00	Zamorano
Total/hectárea	\$ 958.00	