

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Caracterización de suelos y fertilización de frutales de clima templado en el Occidente de Honduras

Proyecto especial presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniera Agrónoma
en el grado académico de Licenciatura

Presentado por

Sindy Virginia Orellana Bojorquez

Zamorano, 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.

Sindy Virginia Orellana Bojorquez

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2003

Caracterización de suelos y fertilización de frutales de clima templado en el Occidente de Honduras

Presentado por

Sindy Virginia Orellana Bojorquez

Aprobado:

Carlos Gauggel, Ph. D.
Asesor principal

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

Odilo Duarte, Dr. Sci. Agr., M.B.A.
Asesor

Antonio Flores, Ph. D.
Decano Académico

Alfredo Rueda, Ph. D.
Coordinador Área temática
Fitotecnia

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

DEDICATORIA

A mi Dios y mi Virgencita linda por darme siempre la fuerza, esperanza y fe para seguir adelante para terminar otra etapa importante en mi vida.

A mis padres por darme la vida, su amor, su confianza y todos sus esfuerzos para darme siempre lo mejor.

A mis hermanos por creer en mí y darme todo su amor.

AGRADECIMIENTOS

A ti Dios por darme las fuerzas para terminar mis estudios y por ser la luz que ha iluminado mi vida.

A mis padres por hacer de mi vida lo mejor, por darme su apoyo, y su amor incondicional. Gracias a ustedes he podido alcanzar mis logros y triunfos en esta vida.

A Brenda por ser la mejor hermana y amiga del mundo. Gracias por tus consejos y apoyo incondicional y a mis hermanitos Luis y Diego José por su amor y todos sus detalles para seguir adelante.

A mis abuelos por darme sus sabios consejos para luchar con los retos en la vida.

A mis primas (Edna, Evelyn, Julita y Flor) por su apoyo, cariño y todos los bellos momentos desde pequeñas y a mis primitos por permitirme ser su ejemplo.

En memoria de mi tío Chonito (†) por estar cuidando de mis sueños.

A mis tías (Blaquita, Rosmary, Elisa y Rosita) por su eterno cariño. A mis padrinos por permitirme ser como una hija más en su familia. A mis tíos (Gonzalo, Byron, David, Juvenio y Gabriel) por su apoyo y aprecio.

A la familia Gauggel Arevalo por ser como mi segunda familia en Zamorano y brindarme su apoyo total.

A todos los maestros de Zamorano por brindarme sus conocimientos, en especial al Doctor Odilo Duarte por su apoyo y tiempo.

A Diana y Eduardo por su amistad y ayuda para la realización de mi tesis.

A la Ingeniera Hilda, Martita y Jackelin por su amistad y colaboración.

A mi amigas por siempre Mercedes, Marlen, Sonia, Elizabeth, Adriana, Andrea y Paola, gracias por su amistad sincera y consejos, por ser mis hermanitas del alma.

A mis amigos (Marco, Manuel y Eric), por su amistad tan linda, por cuidarme y por todos los momentos bellos en Zamorano.

A Francisco C., José M., Luis C., Ulises, Enrique A., Rafael D., Javier V. y todos mis amigos en Zamorano por su aprecio, ayuda y apoyo.

A Zamorano por ser un cambio en mi vida y hacerme una mujer fuerte.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

A Zamorano, por financiar la mitad de mis estudios durante 4 años.

A mis padres por darme el apoyo financiero durante los 4 años.

A CARE de Honduras por financiar el presupuesto para la realización de este estudio.

RESUMEN

Orellana, Sindy. 2003. Caracterización de suelos y fertilización de frutales de clima templado en el occidente de Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. 24 p.

El occidente de Honduras se caracteriza por el potencial productivo reducido de los recursos físicos. Como consecuencia, sus habitantes de escasos recursos están sometidos a períodos de inseguridad alimentaria. El objetivo fue desarrollar un programa integral de manejo de suelos en las áreas donde CARE de Honduras está promoviendo el cultivo de frutales de clima templado para mejorar los ingresos económicos de pequeños agricultores. En estos sitios se caracterizó: pendiente, topografía, vegetación, material parental y uso de la tierra. Para esto se determinaron las propiedades físicas y morfológicas siguientes: profundidad efectiva, color, textura, estructura, porosidad, horizontes maestros, drenaje interno y externo. Las propiedades químicas determinadas fueron: M.O., pH, N, P, K, Ca y Mg, usando la Solución Extractora Universal (Mehlich 3) para P, Ca, Mg, K, la combinación de cationes se determinó por absorción atómica y el P por colorimetría. En general, los suelos estudiados poseen una profundidad efectiva limitada que oscila entre 35 y 60 cm, restringida por horizontes arcillosos con estructuras masivas, roca continua y rangos variables de resistencia a la penetración de raíces desde 0.8 a 4.5 kg/cm². La mayoría de los suelos estudiados presentan texturas aptas en los primeros 30 cm del suelo para los cultivos de manzana, pera, melocotón y ciruelo; pero debajo de esta profundidad presentan texturas arcillosas limitantes para el desarrollo de estos cultivos. Los contenidos de nitrógeno, fósforo y calcio son bajos y el pH es en general fuertemente ácido. Bajo las condiciones actuales de manejo de los suelos, las tasas de erosión hídrica oscilan entre 180 y 200 t/ha/año. En conclusión, los suelos estudiados en su estado actual presentan limitaciones considerables, han sido fuertemente degradados y como consecuencia son suelos muy frágiles, por lo que se recomiendan prácticas específicas como elaboración de acequias con asociación de barreras vivas, protección del suelo con cobertura vegetal, incorporación de materia orgánica y la utilización de hoyos de plantación, para la rehabilitación, conservación y un manejo sostenible.

Palabras clave: Índices de calidad de suelo, rehabilitación de suelos, profundidad efectiva del suelo, Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

Abelino Pitty, Ph.D.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de anexos.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
Selección del Área de Estudio.....	4
Clima.....	4
Levantamiento Agrológico.....	4
Análisis Químico de Suelos.....	5
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
Profundidad Efectiva.....	6
Horizontes, Color y Materia Orgánica.....	6
Texturas y Relaciones Hídricas.....	6
Estructura.....	10
Consistencia y Resistencia a la Penetración.....	10
Análisis Químico.....	10
Erosión.....	11
Índice de Calidad de Suelos.....	11
CONCLUSIONES.....	16
RECOMENDACIONES.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	21

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Sumario de propiedades morfológicas y físicas de los suelos de los sitios estudiados en los departamentos de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras.....	8
2. Propiedades físicas de los suelos de las áreas de estudio y su relación con la erosión del suelo en los sitios de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras.....	9
3. Características físicas de los suelos en los sitios de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras.....	12
4. Propiedades químicas de los horizontes Ao, A y Ap de los suelos caracterizados en perfiles representativos en los sitios de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras	13
5. Rangos máximos, mínimos y promedio de propiedades químicas en los sitios de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras para determinar la fertilidad del suelo.....	14
6. Índices de Calidad de Suelos Actual y Potencial representativos en los sitios de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras.....	15
7. Recomendaciones para el manejo de los suelos de acuerdo a sus limitantes físicas.....	19
8. Recomendaciones de fertilización y encalado para los cultivos de manzana, pera, melocotón y ciruela en los departamentos de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras para el establecimiento en los primeros dos años.....	20
9. Espaciamiento de acequias y barreras vivas recomendadas para los diferentes gradientes de pendientes en los departamentos de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras.....	20

ÍDICES DE ANEXOS

Anexo	Pág.
1. Propiedades morfológicas de los suelos representativos de las áreas estudiadas en Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras.....	23
2. Índices de calidad para los diferentes parámetros edáficos determinados en los suelos de las áreas estudiadas en Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras.....	25

INTRODUCCIÓN

Este estudio propone un programa de manejo, rehabilitación y conservación de suelos en las áreas donde CARE de Honduras está promoviendo el cultivo de frutales de clima templado, para mejorar los ingresos económicos de pequeños agricultores de la zona.

La región frutícola de los departamentos de Lempira, La Paz e Intibucá registra un cambio en el sistema productivo tradicional debido a que son las únicas zonas importantes en la producción de algunos frutales de clima templado: manzana, durazno, pera y ciruela. Estas regiones presentan distintas condiciones topográficas y edáficas debido a su origen y edad geológicas. La zona en general se caracteriza por el reducido potencial productivo de los recursos físicos y el alto riesgo de pérdida de las cosechas como consecuencia de las frecuentes y prolongadas sequías. Como consecuencia de esto, los habitantes de escasos recursos de esta región están sometidos a episodios periódicos de inseguridad alimentaria.

La superficie de la región es de 9,100 km², de la cual el 97% posee una fisiografía irregular caracterizada por numerosas elevaciones, que van desde los 1000 a los 2500 msnm. Está constituida básicamente por las sierras de Montecillos de Opalaca y la meseta de La Esperanza. Las pendientes son frecuentemente mayores a 30% con suelos muy susceptibles a la erosión (SERNA, 2000). La vegetación nativa es el bosque montano de pino y de roble, con bosque montano nublado en el centro y noroeste de la región. En el extremo sur, correspondiente al departamento de Valle, y en el sudoeste del departamento de Intibucá, limitando con El Salvador, hay zonas de bosque árido espinoso y matorral (SERNA, 2000).

El clima de la región es variable y se encuentran zonas con climas lluvioso tropical, semi seco y seco, predominante en la mayoría del área. El régimen pluviométrico varía entre un mínimo de 500 a 800 mm hasta un máximo de 1600 a 2000 mm con dos períodos bien diferenciados de precipitación lluviosa de mayo hasta diciembre y seco de enero a mayo (SERNA 2000).

Los árboles frutales requieren un suelo bien drenado, por lo menos entre 90 a 120 cm de profundidad efectiva¹. Los suelos poco profundos no pueden sostener la biomasa de un árbol adulto, durante los periodos secos, a menos que tengan riego. Por lo tanto los suelos profundos, de texturas medias, friables y bien estructurados son muy deseables para el cultivo de frutales con diferencias notables en la adaptación de las diferentes especies (Fernández, 1996).

¹ Comunicación personal. Acondicionamiento físico de frutales. Ph D. Carlos Gauggel. Zamorano, Honduras.2003

Los suelos con un nivel freático alto también restringen la profundidad de enraizamiento de los árboles frutales. En suelos pobremente drenados, los árboles frutales son afectados por enfermedades de las raíces las cuáles disminuyen severamente los rendimientos (Lalatta, 1988). Los frutales de pepita (manzana y peral) toleran bien los suelos de textura fina. Por el contrario, los frutales de hueso (melocotonero y ciruelo), se desempeñan bien en suelos de textura más gruesa (Fernández, 1996). En general el pH óptimo para la mayoría de frutales de clima templado ocurre en el rango de 5.5-6.5 (Lalatta, 1988).

Los requerimientos edáficos para los diferentes cultivos de interés son los siguientes: suelos bien drenados, franco arcillosos, con estructura granular, blocosa estable o suelos arenosos descansando sobre horizontes arcillosos bien estructurados son excelentes para los manzanos, ya que su capacidad de laboreo y de reserva de agua son significantes (Trocme, 1972). La tolerancia de este cultivo al encharcamiento y asfixia radical es moderada (Fernández, 1996). El manzano para su crecimiento óptimo requiere periodos largos de temperaturas relativamente bajas en invierno. Las temperaturas medias, superiores a 24 °C, les son desfavorables (Fernández, 1996). En general, la dosis de fertilización para manzana en etapa productiva (adulto) es alrededor de 60Kg/ha de N, 30 de P₂O₅ y 60 de K₂O (Vivancos, 1997).

Para el peral los suelos francos con estructura granular o en bloques medianos, finos y muy finos son óptimos para el desarrollo radicular (Trocme, 1972). El peral tolera relativamente bien el encharcamiento. Su cultivo exige en general, temperaturas más elevadas que la manzana, y crece bien en climas áridos, de temperaturas moderadas a cálidas (Fernández, 1996). La dosis de fertilización recomendada para el peral en la etapa adulto es de aproximadamente de 50Kg/ha de N, 20 de P₂O₅ y 40 de K₂O (Vivancos, 1997.)

El melocotonero requiere suelos bien aireados que tengan a la vez una capacidad de reserva de agua satisfactoria. Los suelos de texturas medias y de estructura granular y bloques finos, muy finos y medios resultan en plantas más vigorosos comparados con los arenosos típicos, ya que unen a su aireación satisfactoria, una mayor capacidad de reserva de agua (Fernández, 1996). Este cultivo posee mayor resistencia al déficit hídrico y no tolera el encharcamiento ya que tiene una notable capacidad de mantener las hojas en crecimiento vegetativo, pero desde el punto de vista agronómico, el melocotonero es afectado seriamente por la sequía, reduciendo el tamaño de los frutos y la regularidad de la maduración (Lalatta, 1988). Crece bien en zonas con veranos cálidos, baja humedad ambiental e intensidad luminosa alta. Las temperaturas medias alrededor de 24 °C son favorables para el desarrollo del fruto (Fernández, 1996). Usualmente la dosis recomendada de fertilizante en la etapa reproductiva del melocotonero es de 70Kg/ha de N, 30 de P₂O₅ y 60 de K₂O (Vivanco, 1997).

En ciruelo se desarrolla muy bien en suelos de texturas medias, permeables, profundos, con abundante porosidad y fértiles, donde presenta buen vigor, regularidad en las cosechas y frutos grandes (Trocme, 1972). La tolerancia de este cultivo al encharcamiento y asfixia radical es intermedia, es capaz de soportar hasta 20 días bajo estas condiciones (Fernández, 1996). Las temperaturas óptimas para el desarrollo del fruto están

comprendidas entre 17 °C y 20 °C. La dosis recomendada de fertilizantes en la etapa reproductiva del cultivo es de 50Kg/ha de N, 25 de P₂O₅ y 50 de K₂O (Vivanco 1997).

Objetivo general

Desarrollar un programa integral de manejo de suelos para el establecimiento de cultivos frutales de clima templado, de interés en la zona del Occidente de Honduras.

Objetivos específicos

- Determinar los factores nutricionales relevantes de cultivos frutales de interés en la zona de estudio y diseñar programas específicos de fertilización para cada cultivo.
- Caracterizar morfológica, física y químicamente los suelos representativos de las áreas de estudio para desarrollar un plan integral de manejo de suelos (fertilización, rehabilitación y nutrición).
- Proponer un modelo de conservación y rehabilitación de suelos para el uso sostenible de este recurso en las áreas específicas de interés.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos aplicados en este estudio fueron los siguientes:

Selección del área de estudio

Los sitios para el establecimiento de los cultivos de manzana, pera, melocotón y ciruelo fueron seleccionados por CARE de Honduras entre productores de escasos recursos económicos en los departamentos de Intibucá, Lempira y La Paz. Estos sitios varían en clima, elevación, propiedades edáficas, pendiente, topografía y condiciones de drenaje interno y externo de los suelos. Pero todos se encuentran a alturas mayores a 1000 msnm. En estos sitios se tomaron muestras de suelos compuestas entre 0-20 cm de profundidad para análisis químicos.

Clima

La temperatura promedio en las áreas de estudio es alrededor de los 20 °C con máximas promedio de 29 °C y mínimas de 10 °C. Se tomaron datos climáticos históricos de las estaciones meteorológicas más próximas a los sitios de estudio para inferir en las condiciones climáticas y en el comportamiento de los cultivos de interés.

Levantamiento agrológico

Caracterización de suelos y topografía

La caracterización morfológica de suelos se realizó por medio de calicatas tipo cajas en el suelo cuyas medidas fueron 0.7 x 0.7 m con una profundidad de 0.7 m, en la cual se identificaron los Horizontes Maestros para describir las propiedades físicas y morfológicas del suelo.

En los sitios de estudio se caracterizó: pendiente topografía, vegetación, material parental y uso de la tierra. En las calicatas en cada Horizonte Maestro se determinó: color (tablas Munsell), textura, estructura, consistencia, porosidad, raíces, limite, profundidad efectiva y densidad aparente con el densímetro de bolsillo. La resistencia a la penetración se determinó con el penetrómetro de bolsillo. Se determinó el gradiente de la pendiente con el nivel de mano Sunnton. Las caracterizaciones topográficas a mayor escala (posición geomorfológica, drenaje externo y elevaciones) se determinaron en mapas topográficos del Instituto Geográfico Nacional disponibles para la zona.

Análisis químico de suelos

Los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio de suelos de Zamorano, se determinó: pH (1:1, suelo: agua), materia orgánica (Walkley y Black), nitrógeno total (calculado de la materia orgánica), P extraído con la Solución Extractora Universal (Mehlich 3) y su concentración determinada colorimetricamente, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, se extrajeron en la solución Mehlich 3 y determinados por absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Profundidad efectiva

La profundidad efectiva de los suelos osciló de 35 cm (Gualingo, La Paz) hasta 110 m (Caona, San Andrés, Lempira). Todos los suelos estudiados presentaron profundidades efectivas limitadas por horizontes arcillosos y en algunos casos estructuras masivas, roca continua o arcillolitas masivas. Esto restringe el crecimiento de la raíz debido a su impermeabilidad y su resistencia a la penetración (Cuadro 1). Debido a esto se requerirá de acondicionamiento físico del hueco al momento de la siembra para garantizar un desarrollo normal del cultivo de interés.

Horizontes, color del suelo y Materia Orgánica

Los horizontes superiores (Ao, A y Ap) en los suelos estudiados oscilan entre 35 hasta 60 cm, de grosor (Cuadro 1). Estos horizontes tienen un grado de susceptibilidad a la erosión (valor K) de bajo a moderado (Cuadro 2). No obstante, el grosor de los horizontes superiores ha sido fuertemente influenciado por las altas tasas de erosión imperantes localmente debido a que la materia orgánica se ha ido perdiendo a lo largo del tiempo, por la susceptibilidad de los suelos a la erosión y la ausencia de prácticas de conservación. Los tonos de los colores de los horizontes van desde 2.5YR hasta 10YR, indicando variaciones en el contenido de materia orgánica y grado de oxidación. El tipo de mineral presente en la mayoría de los horizontes es el óxido de hierro como lo indican los colores pardos y pardo rojizos de los horizontes Bw. Estos colores en los horizontes Bw, C y Cr, indican estabilidad adecuada de los agregados y buen drenaje interno del suelo. Los horizontes C y Cr, poco profundos con alto contenido de grava o roca parcialmente meteorizada, constituyen una limitación severa para el desarrollo del cultivo.

Texturas y relaciones hídricas

Se encontraron suelos con texturas variables las cuales en su mayoría poseen un contenido de moderado a alto de arcilla. Las texturas varían desde franco limosas y francos arcillosos a arcillosos. En la mayoría de los suelos estudiados, ocurren texturas aptas para los cultivos propuestos en los primeros 30 cm del suelo; pero debajo de esta profundidad, ocurren texturas limitantes como los horizontes arcillosos con excepción de Planes (Yamaranguila) y Corintios (Lempira). Los suelos de los sitios en Gualingo (La Paz), Planes y Clarineros poseen grava engarzada en una matriz arcillosa en todo el perfil. Esto ocasiona una limitante severa para el buen drenaje interno del suelo y para el desarrollo radical del cultivo. Los excesos de arcilla también resultan en una alta retención de nutrientes. La conductividad hidráulica es función del contenido de arcilla y poros

(tamaño, continuidad y cantidad) por lo que se ve muy limitada en los horizontes arcillosos masivos del subsuelo o donde el suelo ocurre sobre roca o arcillolita masiva. La infiltración de agua en los suelos estudiados oscila de buena a pobre lo que en algunos casos acelera el proceso de erosión. La retención de humedad es baja en los horizontes superiores del suelo y muy alta en horizontes arcillosos del subsuelo (Cuadro 1). Esta amplia variabilidad en propiedades físicas del suelo ocasionará huertos heterogéneos y rendimientos variables entre los sitios plantadas con el mismo cultivo. También pueden presentarse enfermedades de las raíces en los sitios con subsuelos arcillosos que poseen alta retención de humedad y en consecuencia drenaje interno pobre.

Cuadro 1. Sumario de propiedades morfológicas y físicas de los suelos de los sitios estudiados en los departamentos de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras.

Sitio	Cultivo	Prof. Ef. (cm)	Textura		Estructura		R. P. kg/cm ²	Clase Drenaje ¹	
			0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm		externo	interno
Caona, San Andrés, Lempira	manzana	0-110	FArL	FArL	g	g bsa mf d	0.80	6	6
Congolón, Lempira	manzana	0-70	FArL	FArL	g bsa mf m-f	g bsa mf m-f	0.80	4	4
Zacate Blanco, Yamaranguila Intibucá	ciruela	0-60	FL	FAr	g ba mf m	bsa fmf m-d	1.75	4	4
Ingrula, Guajiquiro, La Paz	manzana	0-50	F L	FArL	bsa d-m	bsa d-m	1.30	4	6
Corintios, Santa Ana, Lempira	melocotón	0-50	Ar L	ArL	bsa md f-m	bsa mf f-m	2.73	4	4
Gualingo, Santa Elena, La Paz.	ciruela	0-35	FAr	Ar	ba md m-f	bsa mf m	4.50	4	2
Planes, Yamaranguila Intibucá.	pera	0-50	Ar L	Ar	bsa md m	ba mf d	1.00	4	3
Clarinero, Yamaranguila Intibucá.	pera	0-35	FArL	Ar	ba md f-m	ba mf f-m	2.95	3	2

Prof. Ef.: Profundidad Efectiva, **R.P:** Resistencia a la Penetración **Clase Drenaje¹:** Clase 3 (Moderadamente bien drenado), Clase 4 (Bien drenado), Clase 6 (Excesivamente drenado)**Textura:** F, franco; A, arena; Ar, arcilla; L, limo

Estructura: g, granular; ba, bloques angulares; bsa, bloques sub angulares; f, fina; m, mediana g; gruesa ; d, débil; m, moderada; f, fuerte.

Cuadro 2. Propiedades físicas de los suelos de las áreas de estudio y su relación con la erosión del suelo en los sitios de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras

Sitio	Rocas superficial ¹	Cond. Hidráulica	Factor R ³	Factor K ³	Riesgo de Erosión
Caona, San Andrés, Lempira	Clase 0	12 cm/h cl. rap.	176	0.29	Laminar, moderada
Congolón, Lempira	Clase 0	12 cm/h cl. rap.	411	0.32	Laminar, moderada
Zacate Blanco, Yamaranguila, Intibucá	Clase 0	12 cm/h cl. rap.	353	0.39	Laminar, alta
Ingrula, Guajiquiro, La Paz	Clase 2	12 cm/h cl. rap.	235	0.40	Laminar, alta
Corintios, Santa Ana, La Paz	Clase 0	12 cm/h cl. rap.	235	0.20	Laminar, moderada
Gualingo, Santa Elena, La Paz	Clase 3	10 cm/h cl. rap	235	0.37	Laminar, alta
Planes, Yamaranguila, Intibucá	Clase 0	6 cm/h cl. mod. rap	294	0.35	Laminar, moderada
Clarinero, Membrillo, Yamaranguila, Intibucá	Clase 2	6 cm/h cl. mod. rap.	264	0.40	Laminar, alta

Cond. Hidráulica: Conductividad hidráulica; cl. rap. (clase rápida); cl. mod. rap. (clase moderadamente rápida).

¹ **Rocas superficial:** Clase 0 (ausencia de rocas); Clase 2 (Pedregoso 10%); Clase 3 (muy pedregoso 30%).

³ **Factores en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo:** R, erosividad de lluvia; K, erodabilidad del suelo.

Estructura

Los tipos de estructuras de los horizontes superiores de los suelos estudiados (horizonte A) son granulares, bloques angulares y sub angulares (con grados débiles, moderados y fuertes) de todos los tamaños. En el subsuelo ocurren horizontes con estructuras en bloques gruesos y muy gruesos o sin desarrollo estructural (Cuadro 1). En el subsuelo con estructuras gruesas el espacio poroso se va reduciendo paulatinamente y esto restringe el desarrollo de las raíces, el flujo de agua y el intercambio de gases con la atmósfera. Los suelos con estructura granular son aptos para el crecimiento radical pero se debe tener presente que estos suelos poseen baja densidad aparente debido a su origen volcánico (Cuadro 3). Estos suelos son más susceptibles a la erosión en pendientes fuertes dado su susceptibilidad a ser arrastrados por la escorrentía. Las condiciones arriba discutidas hacen necesario acondicionar el hueco de plantación para mejorar el ambiente radical para el establecimiento de los cultivos propuestos e implementar prácticas de conservación.

Consistencia y resistencia a la penetración

Los rangos de resistencia a la penetración de raíces de los suelos caracterizados fueron muy amplios desde 0.8 a 4.5 kg/cm². Las mediciones se hicieron a diferentes estados de humedad del suelo lo cual explica esta variabilidad. El 50 % presentan valores menores a 2 kg/cm², estos no presentan ninguna resistencia a la penetración de las raíces. Un 30 % de estos suelos presentan valores entre 2 y 3.25 kg/cm² lo cual es una resistencia a la penetración moderada y el 20 % presentan valores mayores a 3.25 kg/cm², los cuales son severamente restrictivos para el desarrollo radical de cualquiera de los cultivos propuestos (Cuadro 1). En general la resistencia a la penetración de raíces es adecuada para el desarrollo normal de las raíces de los cultivos propuestos con la excepción del sitio en Gualingo Santa Elena (La Paz) y en menor grado en los sitios de Clarinero, Membrillo (Yamaranguila) y Corintios, Santa Ana (Lempira). Los estratos de roca y arcillolita masivas presentan valores extremadamente altos de resistencia a la penetración de raíces y mejorar esta condición es prácticamente imposible dado el grosor de estos horizontes.

Análisis químico

El pH del suelo es en general fuertemente ácido por lo que se espera limitaciones en la disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio. Es necesario subirlo a valores alrededor de 6.2 para asegurar una mejor biodisponibilidad de estos nutrimentos para el desarrollo normal de los cultivos propuestos. En general, los contenidos de nitrógeno, fósforo y calcio en el suelo son bajos, con pocas excepciones donde la concentración de estos nutrimentos ocurre cerca de los valores óptimos (Cuadro 4). Por otro lado, las concentraciones de potasio y magnesio son variables y en algunos sitios llegan a ser altas. Sin embargo, la aplicación de fertilizantes es necesaria, de mayor o menor grado, para asegurar la biodisponibilidad de nutrientes para la planta. Considerando las características químicas de los suelos de las áreas de estudio se espera muy baja disponibilidad de fósforo la cual es agudizada por minerales amorfos de origen volcánico de común ocurrencia en los suelos estudiados. Los valores máximos y mínimos de las propiedades

químicas de los suelos muestreados en cada parcela del cultivo para fines de fertilidad (Cuadro 5) indican alta variabilidad química en el ambiente radical. Esto significa que se debe hacer un muestreo y analizar cualquier nuevo sitio por desarrollarse dado que los requerimientos nutricionales pueden ser significativamente diferentes a los reportados en este estudio.

Erosión

Las características del suelo (Cuadro 2) indican valores variables de erosividad de lluvia (factor R) y erodabilidad del suelo (factor K). Sin embargo las gradientes fuertes de las pendientes y la longitud de las mismas resultarán en tasas de erosión relativamente altas. Bajo las condiciones actuales de manejo de los suelos las tasas de erosión hídrica oscilan entre 180 y 200 t/ha/año, estimada con la Ecuación Universal de pérdida de suelo. No obstante, esta tasa puede ser reducida a un rango entre 5 y 18 t/ha/año si se implementan las prácticas de conservación de suelos indicadas en la sección de recomendaciones.

Índices de calidad de suelos

Los índices de calidad de suelos son bajos, lo que indica un potencial también bajo de los suelos del área de estudio para la producción agrícola. Estos índices mejoran modestamente con enmiendas de rehabilitación de suelos indicando la poca vocación agrícola y la fragilidad de los suelos del área de estudio (Cuadro 6). Es indispensable frenar su degradación y rehabilitar, hasta donde sea posible, su potencial de producción de biomasa. De esta discusión se deriva que el mejor uso agrícola de estos suelos es establecer plantaciones de frutales con la superficie debidamente protegida.

Cuadro 3. Características físicas de los suelos en los sitios de Lempira, la Paz e Intibucá en Honduras

Sitio	Elevación msnm	Pendiente	Material Parental	Posición Geomorfológica	Vegetación	Clima
Caona, San Andrés, Lempira	1675	3%, Ondulado. Clase 2	Sedimentos volcánicos	Cara de pendiente	Cultivos de manzana y café	Bimodal
Congolón, Lempira	1910	1 %, Plano o casi plano1. Clase 1	Sedimentos volcánicos	Pie de monte	Cultivos de manzana y maíz	Templado-frío
Zacate Blanco, Yamaranguila Intibucá	2080	40 %, Colinado. Clase 5	Sedimentos volcánicos	Ladera alta	Bosque latifoliado húmedo, cultivos de ciruela, maíz y melocotón	Templado-frío
Ingrula, Guajiquiro, La Paz	1955	50 %, Fuertemente socavado. Clase 6	Sedimentos volcánicos	Cara de ladera en terrazas	Bosque latifoliado y cultivo de manzana	Templado-frío
Corintios, Santa Ana, Lempira	1630	8%, Ondulado. Clase 3	Sedimentos volcánicos	Pie de monte	Bosque latifoliado, cultivos de melocotón, maíz y plátano	Templado-frío
Gualingo, Santa Elena, La Paz	1720	50%, Fuertemente socavado. Clase 6	Sedimentos volcánicos consolidados	Cara de ladera media	Bosque de coníferas con presencia de liquidambar y cultivo de ciruelo	Templado-frío
Planes, Yamaranguila Intibucá	1990	8%, Ondulado. Clase 3	Sedimentos volcánicos	Pie de monte	Cultivos de frijol, papa, maíz y ciruelo	Templado-frío
Clarinero, Yamaranguila. Intibucá.	1730	25%, Colinado. Clase 4	Sedimentos volcánicos	Cara de ladera media	Bosque de coníferas y de hoja ancha, cultivo de pera, tomate y cebolla	Templado-frío

Pendiente: Clase1 (llano); Clase 2 (suavemente inclinado); Clase 3 (inclinado); Clase 4 (moderadamente escarpado); Clase 5 (escarpado); Clase 6 (muy escarpado). **Bimodal:** estaciones secas y lluviosas bien definidas; **Elev:** elevación ; .

Cuadro 4. Propiedades químicas de los horizontes Ao, A y Ap de los suelos caracterizados en perfiles representativos en los sitios de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras

Sitio	pH	%		mg/kg			
		M.O.	N	P	K	Ca	Mg
Caona, San Andrés, Lempira	5.29	9.42	0.47	2	496	1750	190
Congolón, Lempira	4.63	11.37	0.57	2	280	600	64
Zacate Blanco, Yamaranguila, Intibucá	5.38	9.51	0.48	3	546	850	170
Ingrula, Guajiquiro, La Paz	5.62	4.40	0.22	10	572	2250	280
Corintios, Santa Ana, Lempira	5.36	7.12	0.36	5	336	1280	220
Gualingo, Santa Elena, La Paz	5.27	4.55	0.23	10	282	1060	100
Planes, Yamaranguila, Intibucá	4.30	6.58	0.33	40	426	690	80
Clarinero, Membrillo, Yamaranguila, Intibucá	4.63	6.46	0.32	116	346	840	160

Cuadro 5. Rangos máximos, mínimos y promedio de propiedades químicas en los sitios de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras para determinar la fertilidad del suelo.

Departamento	Nivel de Fertilidad	pH	%		P	mg/kg			
			M.O	N		K	Ca	Mg	
Lempira	Promedio	4.99	7	0.30	3	237	854	126	
	Baja	Máximo	5.36	11	0.60	9	374	2490	383
		Mínimo	4.6	3	0.20	1	124	220	57
	Media	Promedio	5.1	9	0.40	3	487	1317	191
		Máximo	5.32	12	0.60	7	644	1750	230
		Mínimo	4.9	5	0.30	1	256	1120	156
La Paz	Promedio	5.3	4	0.20	4	252	772	100	
	Baja	Máximo	6.31	6	0.30	22	580	960	132
		Mínimo	4.85	1	0.04	1	94	540	70
		Promedio	5.27	6	0.30	6	399	1623	256
	Media	Máximo	5.8	14	0.70	33	638	3150	660
		Mínimo	4.51	3	0.20	1	100	700	84
	Alta	Promedio	5.33	10	0.50	24	697	2385	422
		Máximo	5.47	18	0.90	44	1230	2630	686
		Mínimo	5.14	5	0.30	3	260	1780	250
Intibucá	Promedio	4.81	8	0.40	3	304	672	98	
	Baja	Máximo	5.06	12	0.60	8	612	990	160
		Mínimo	4.56	1	0.03	1	120	430	40
	Media	Promedio	4.90	7	0.40	22	271	1159	166
		Máximo	5.40	16	0.80	73	474	2150	270
		Mínimo	4.60	0.5	0.03	2	142	640	120

Cuadro 6. Índices de Calidad de Suelos Actual y Potencial representativos en los sitios de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras

Sitio	Índice Actual de Suelo (I.A.S)¹	Índice Potencial de Suelos (I.P.S)¹
Caona, San Andrés, Lempira	45	57
Congolón, Lempira	43	57
Zacate Blanco, Yamaranguila, Intibucá	40	56
Ingrula, Guajiquiro, La Paz	37	57
Corintios, Santa Ana, Lempira	35	53
Gualingo, Santa Elena, La Paz	27	53
Planes, Yamaranguila, Intibucá	38	53
Clarineró, Membrillo, Yamaranguila, Intibucá	32	53

¹ No tienen unidades

Índice Actual del suelos es como se encuentra la situación física y química del suelo actualmente

Índice Potencial del suelo es como llegaría hacer un suelo óptimo aplicando un manejo integral de suelos, siendo 40 un rango optimo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten formular las siguientes conclusiones:

1. Los suelos de las áreas estudiadas presentan limitaciones considerables para el establecimiento de los cultivos propuestos por CARE. Entre las limitantes más severas están las siguientes: poca profundidad efectiva de los suelos, alto riesgo de erosión hídrica, altas pendientes y disponibilidad de nutrientes limitada.
2. Los suelos del área estudiada han sido fuertemente degradados y como consecuencia son suelos muy frágiles, pero la implementación de enmiendas para la rehabilitación de éstos mejorará su potencial agrícola.
3. Las limitantes químicas del suelo más relevantes son contenidos bajos de potasio, calcio, magnesio, baja disponibilidad de fósforo y pH fuertemente ácido. Todas estas características representan graves problemas para el buen crecimiento de cualquier cultivo.
4. La producción sostenible de los cultivos de manzana, pera, melocotón y ciruela propuestos por CARE, demanda un programa integral de manejo de suelo para su conservación efectiva ya que la mayor parte de estos sitios poseen fuertes pendientes. Este programa se detalla en la sección de recomendaciones.
5. En general los cultivos propuestos son aptos para las áreas caracterizadas, siempre y cuando se implementen las recomendaciones y se le suministre agua en las épocas secas. Es importante buscar variedades que toleren las temperaturas altas y secas.

RECOMENDACIONES

Las características morfológicas, físicas, químicas de los suelos estudiados y su potencial para el desarrollo de los cultivos propuestos demanda la implementación de las enmiendas que a continuación se presentan:

1. Hacer agujeros de plantación de 1 m de profundidad x 1 m de diámetro, dependiendo de la especie y rellenarlo con materia orgánica descompuesta para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, para crear condiciones favorables a la planta en las etapas de enraizamiento y desarrollo (Cuadro 7). No se debe usar aserrín como materia orgánica, a no ser que esté añejado. Hacer uso de micorrizas en los agujeros.
2. Dada las circunstancias de pH fuertemente ácido que presentan la mayoría de los suelos del área de estudio, se recomienda realizar enmiendas de cal de 1 t/ha/año a 6 t/ha/año para los diferentes sitios de Lempira, La Paz e Intibuca (Cuadro 8). Se recomienda aplicar cal dolomítica en los suelos que son deficientes en Ca y Mg y cal agrícola para los suelos deficientes en Ca.
3. Las dosis recomendadas de fertilizante para las áreas de estudio (Cuadro 8) se basaron en análisis químicos de suelos. De acuerdo a estos resultados se clasificó su fertilidad en baja, media y alta por cada sitio. Estas dosis se deben aplicar durante los primeros dos años al tercer año se debe adicionar un 30% a lo recomendado para el primer año. Los siguientes años se debe aplicar el doble de la cantidad recomendada para el primer año. La aplicación del fertilizante se puede hacer en banda pero debe ir suficientemente distanciada del tronco del árbol (30 cm) para no producir quemaduras a los tejidos.
4. Siendo la pérdida de suelo por erosión hídrica la mayor limitante para el establecimiento de los cultivos de las zonas de estudio, se deben tomar medidas de control que permitan la producción sostenible de estos cultivos (Cuadro 7). La estrategia propuesta se basa en mantener la superficie del suelo protegida en todo momento con cobertura, hacer un uso racional de malezas para este fin siempre y cuando se mantenga bajo control. Otra practica es la implementación de acequias de conservación asociadas con barreras vivas para acortar la longitud de la pendiente y por ende reducir la erosividad de la escorrentía. Entre las especies recomendadas como barreras vivas se encuentran las siguientes: pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), pasto jaragua (*Andropogon gayanus*), gandul (*Cajanus cajan*), maguey (*Agave sp*), sábila (*Aloe vera*), piña (*Ananas comosus*) y flor de izote (*Yucca elephantipes*). Las acequias de conservación se deben hacer en pendientes mayores a 12 %. El espaciamiento de las acequias es igual al de las barreras vivas (Cuadro 9). Estas

barreras se deberán sembrar contiguo a las acequias en el margen a favor de la pendiente. Con la implementación de estas medidas se estima que las tasas de erosión pueden ser sustancialmente reducidas a valores menores de 7 t/ha/año.

Cuadro 7. Recomendaciones para el manejo de los suelos de acuerdo a sus limitantes físicas

Sitio	Cultivo	Limitante edáfica	Recomendaciones
Caona, San Andrés, Lempira	manzana	Erosión moderada, pendiente 3%	Mantener cobertura vegetal, incorporación de materia orgánica
Congolón, Lempira	manzana	Erosión moderada, pendiente 1%	Mantener cobertura vegetal, hacer agujeros de plantación con incorporación de materia orgánica
Zacate Blanco, Yamaranguila Intibucá	ciruelo	Pendiente 40%, erosión alta, profundidad efectiva	Establecer barreras vivas, acequias espaciadas a 5 m, hacer agujeros profundos con incorporación de materia orgánica, mantener cobertura vegetal
Ingrula, Guajiquiro, La Paz	manzana	Pendiente 50%, erosión alta, drenaje, profundidad efectiva	Establecer barreras vivas, acequias espaciadas a 5 m, hacer agujeros profundos con incorporación de materia orgánica, mantener cobertura vegetal
Corintios, Santa Ana, Lempira	melocotón	Erosión moderada, textura, pendiente 8%	Mantener cobertura vegetal, hacer agujeros de plantación con incorporación de materia orgánica, establecer barreras vivas plantación a curvas de nivel y hacer canales de drenaje a cada planta
Gualingo, Santa Elena, La Paz	ciruelo	Pendiente 50%, textura, pedregosidad, erosión alta, drenaje, profundidad efectiva	Establecer barreras vivas, siembra en bancales y acequias espaciadas a 5 m, hacer agujeros profundos con incorporación de materia orgánica, mantener cobertura vegetal
Planes, Yamaranguila Intibucá	pera	Pendiente 8%, erosión moderada, textura, profundidad efectiva	Mantener cobertura vegetal, hacer agujeros de plantación con incorporación de materia orgánica, establecer barreras vivas, plantar a curvas de nivel y hacer canales pequeños de drenaje a cada planta
Clarinero, Yamaranguila Intibucá	pera	Pendiente 25 %, erosión moderada, textura, profundidad efectiva	Mantener cobertura vegetal, hacer agujeros de plantación con incorporación de materia orgánica, establecer barreras vivas y acequias espaciadas a 3 m

Cuadro 8. Recomendaciones de fertilización y encalado para los cultivos de manzana, pera, melocotón y ciruela en los departamentos de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras para el establecimiento en los primeros dos años.

Departamento	Fertilidad	kg/ha			Cal (t/ha)		
		N	P	K	Agrícola	Dolomítica	
Lempira	Baja	Promedio	60	40	60		4.6
		Máxima	50	30	70	2.9	
		Mínima	90	60	80		3.2
	Media	Promedio	50	40	40	4.2	
		Máxima	50	30	30	3.1	
		Mínima	60	40	60		4.5
La Paz	Baja	Promedio	80	30	60		3.2
		Máxima	50	10	30		0
		Mínima	100	60	90		5
	Media	Promedio	60	20	60	3.0	
		Máxima	40	10	30	1	
		Mínima	100	60	100		6.0
	Alta	Promedio	60	10	20	3.0	
		Máxima	40	10	10	2.5	
Intibucá	Baja	Mínima	60	50	50		5.0
		Promedio	50	40	30		4.0
		Máxima	100	70	70		6.0
	Media	Promedio	60	10	70		5.0
		Máxima	40	0	30	1.0	
		Mínima	100	50	80		5.5

Cuadro 9. Espaciamiento de acequias y barreras vivas recomendadas para los gradientes de pendientes en los departamentos de Lempira, La Paz e Intibucá en Honduras

(%)	(m)
Gradiente de la Pendiente	Espaciamiento de barreras vivas y acequias
2	30.5
4	19.0
6	15.0
8	13.4
10	12.0
12	10.5

BIBLIOGRAFÍA

Fernández, R. 1996. Planificación y diseño de plantaciones de frutales. Editorial Mundi Prensa. 2 ed. Madrid, España. 22º p.

Lalatta, F. 1988. Fertilización de árboles frutales. Editorial CEAC, S.A. Barcelona España. 171 p.

SERNA. 2000. Primer informe nacional sobre la implementación de la convención de desertificación en Honduras. Consultado el 5 de feb.2003. Disponible en: <http://www.unccd.int/cop/reports/lac/national/2000/honduras-spa.pdf>.

Trocme, S. 1972. Suelo y fertilización en fruticultura. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 366 p.

Vivancos, A. 1997. Tratado de fertilización. Editorial Mundi Prensa. 3 ed. Barcelona España. 613 p.

ANEXOS

Anexo 1. Propiedades morfológicas de los suelos representativos de las áreas estudiadas en Lempira, la Paz e Intibucá en Honduras

Sitio	Horz.	cm	Color	Textura	Estructura	Const.	Poros	Raíces	Límite	kg/cm ²
		Prof.								R. a la P
Caona, San Andrés, Lempira	Ap1	0-25	10 YR 2/1	FArL	g	fr	m c	m tt	p g	0.8
	Ap2	25-53	10 YR 2/1	FArL	g	fr	m tt	c fmf	p g	
	Bw	53-110	10 YR 2/2	FArL	g bsa mf d	fr	P mf c	c f	p g	
	Bw2	110x	7.5 YR 3/3	FArL	bsa g d	fr	m tt pv c	a	p g	
Congolón, Lempira	Ap	0-10	10 YR 4/3	FArL	g bsa mf m-d	fr	m fmf c	c f	nd	0.8
	Bw	10-70x	10 YR 4/3	FArL	g bsa mf m-d	fr	m c ca	c mf	nd	
Zacate Blanco, Yamaranguila, Intibucá.	Ao	1-15	10 YR 2/1	FL	g ba mf m	fr	m fmf ca v	m tt	p c	1.75
	A	15-35	10 YR 2/2	FArL	bsa fmf m-d	fr	f mf ca v.	c fmf	p g	
	AB	35-50	7.5 YR 3/3	FAr	bsa f d	fr	f mf ca c d	c tt	nd	
Ingrula, Guajiquiro, LaPaz	A	0-50	10 YR 2/2	FL	bsa f d-m	fr	M fmf ca v c d	m tt	p c	1.3
	AB	50-90	10 YR 3/3	FArL	nd	fr	nd	a	nd	
	Bw	90-100	7.5 YR 3/3	FAr	nd	frm	nd	a	nd	
	Bw2	100-110	7.5 YR 4/4	Ar	nd	frm	nd	a	nd	
Corintios, Santa. Ana, Lempira.	Cr	110x	10 YR 3/4	Ar	nd	frm	nd	a	nd	2.73
	Ap	0-15	10 YR 3/2	ArL	bsa mf f-m	fr	P fmf ca c d	c fmf	o c	
	A	15-35	10 YR 2/1	ArL	bsa mf f-m	fr	F mf d	c fmf	o c	
	ABw	35-50	10 YR 2/2	ArL	bsa f d	fr	P fmf c ca.	c fmf	o c	
	Bw	50-80x	2.5YR 2.5/1	Ar	nd	frm	nd	nd	nd	

Anexo 1. Continuación

Sitio	Horiz.	cm Prof.	Color	Textura	Estructura	Const.	Poros	Raíces	Límite	kg/cm² R. a la P
Gualingo, Santa Elena, L.P.	Ap	0-15	10 YR 3/1	FAr	ba mf m-f	fr	c fmf ca v c d	p f	o c	4.5
	B	15-35	10 YR 6/3	Ar	bsa mf m	fr	c fmf c d	p fmf	o c	
	BCr	35-50	10 YR 4/2	Ar	nd	fr	nd	nd	nd	
	Cr	50-80x	5 Y 8/4	FarA	nd	fr	nd	nd	nd	
Planes, Yamaranguila Inibucá.	Ap	0-20	5 YR 3/2	Ar L	bsa mf m	fr	p fmf c d ca	m fmf	p c	1
	B	20-100	7.5 YR 5/6	Ar	ba mf d	fr - frm,	p fmf ca v c d	p f	p c	
	Cr	100x	7.5 YR5/8	Ar	nd	frm	nd	nd	nd	
Clarinero, Yamaranguila Intibucá	Ap	0-20	10 YR 3/1	FArL	ba mf f-m	fr-frm	p fmf v ca	c fmf	p c	2.95
	A	20-35	10 YR 3/2	F Ar	ba mf m	fr	p ho fmf v ca d	p mf	p c	
	Bw	35-60	10 YR 5/4	Arc	ba mf f-m	fr- frm	c mf ca d	a	p c	
	BC	60-100	10 YR 6/6	FAr	nd	frm	nd	nd	nd	

R. a la P: Resistencia a la penetración, **Horiz.:** horizonte, **Prof.:** profundidad

Textura: F, franco; A, arena; Ar, arcilla; L, limo

Estructura: g, granular; ba, bloques angulares; bsa, bloques sub angulares; mf, muy fina; f, fina; m, mediana; g, gruesa; d, debil; m, moderada; f, fuerte; nd, no descritas.

Poros: c, comunes; m, muchos; p, pocos; f, finos; mf, muy finos, tt, todos los tamaños; c, continuos; d, discontinuos; v, verticales; ca caóticos; ho, horizontal.

Raíces: a, ausentes; m, muchas; c, comunes; p, pocas; f, finas; mf, muy finas; tt, todos los tamaños.

Límite: o, ondulado; p, plano; c, claro; g, gradual. **Consistencia:** fr, friable; frm, firme.

Anexo 2. Índices de calidad para los diferentes parámetros edáficos determinados en los suelos de las áreas estudiadas en Lempira, la Paz e Intibucá en Honduras

Sitio	Índice	T	E	D	P.E	pH	N	P	K	Ca	Mg	M.O	M.I.	R.P	C.H.	Er	A.D	I.T
Caona, San Andrés, Lempira	Potencial	5	4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	5	4	4	4	5	57
	Actual	5	3	2	3	1	1	1	4	1	1	4	5	4	2	3	5	45
Congolón, Lempira	Potencial	5	4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	5	4	4	4	5	57
	Actual	5	3	4	2	1	3	1	4	1	1	4	5	4	2	1	5	43
Zacate Blanco, Yamaranguila, Intibucá	Potencial	4	4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	5	4	4	4	5	56
	Actual	4	3	4	2	1	2	1	3	1	1	4	5	3	2	2	5	40
Ingrula, Guajiquiro, La Paz	Potencial	5	4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	5	4	4	4	5	57
	Actual	5	3	3	2	1	1	3	3	1	1	3	1	4	2	1	5	37
Corintios, Santa Ana, Lempira	Potencial	2	4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	5	4	4	4	5	54
	Actual	2	3	4	2	1	2	1	4	1	1	4	5	1	2	2	2	35
Gualingo, Santa Elena, La Paz	Potencial	1	4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	5	4	4	4	5	53
	Actual	1	2	1	2	1	1	3	4	1	1	3	1	1	3	2	2	27
Planes, Yamaranguila, Intibucá	Potencial	1	4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	5	4	4	4	5	53
	Actual	1	3	3	2	1	2	4	4	0.5	1	3	5	4	3	2	2	38
Clarinero, Membrillo, Yamaranguila, Intibucá	Potencial	1	4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	5	4	4	4	5	53
	Actual	1	3	3	2	1	2	4	4	0.5	1	3	1	1	3	1	2	32

T, textura; E, estructura; D, drenaje; P.E. profundidad efectiva; N, nitrógeno; P, fósforo; K, potasio; Ca, calcio; Mg, magnesio; M.O, materia orgánica; M.I, material inerte; R.P, resistencia a la penetración; C.H. conductividad hidráulica; Er. erosión; A.D. agua disponible; I.T. índice total.

Cada Índice tiene su valor siendo 1 el más bajo y 10 el más alto

Índice Actual del suelos es como se encuentra la situación física y química del suelo actualmente, siendo 40 un rango optimo.

Índice Potencial del suelo es como llegaría hacer un suelo óptimo aplicando un manejo integral de suelos

