

Caracterización de suelos y fertilización de frutales de altura media – alta en el Occidente de Honduras.

Francisco Fernando Cueva Manos

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.

Diciembre, 2003

EL ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Caracterización de suelos y fertilización de frutales de altura media – alta en el Occidente de Honduras.

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo en
el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Francisco Fernando Cueva Manos

HONDURAS
Diciembre, 2003

El autor concede a El 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.

Francisco Fernando Cueva Manos

Honduras
Diciembre, 2003

**Caracterización de suelos y fertilización de frutales de altura media –
alta en el Occidente de Honduras.**

Presentado por:

Francisco Fernando Cueva Manos

Aprobada

Carlos Gauggel Ph.D
Asesor Principal

Alfredo Rueda Ph.D.
Coordinador de Área
Fitotecnia

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

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

Antonio Flores Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley Ph.D.
Rector

DEDICATORIA

A mi Dios.

A toda mi familia por su apoyo.

A todas las personas que me han apoyado.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos por su cariño y darme todo su apoyo.

A mi abuela Erna por sus consejos y su cariño.

A mi prima Olga por creer en mí.

A Leana, por estar siempre conmigo.

A la familia Gauggel Arévalo, por todo su apoyo.

Al Dr. Odilo Duarte por su apoyo.

Al Lic. Bueso Arias por su ayuda y sus consejos.

Al Ing. Luis Álvarez por su ayuda.

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

A Eduardo Gurdían y Diana Moran por sus consejos y su amistad.

A J. López, J. Ledezma, G. Narváez, J. Raudales, L. De Jesús, A. Pineda, R. Arias, C. Soto, E. Solís, J. Rendón, L. Morante, J. Llapiz, D. Vilaplana, G. Paogoaga, J. Fernández, H. Galo, M. Martínez, R. Castro, E. Lardizábal, S. Orellana, C. Terrones y a todos mis amigos en Zamorano por su amistad sincera.

A CARE de Honduras por su apoyo.

A todos mis maestros por sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

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

A Banco de Occidente por su ayuda financiera para terminar mis estudios en Zamorano.

A CARE de Honduras por ayudar al desarrollo de esta tesis.

RESUMEN

Cueva, Francisco. 2003. Caracterización de suelos y fertilización frutales de altitud media – alta en el Occidente de Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 22 p.

El uso agrícola de suelos frágiles en laderas constituye uno de los retos más serio de la agricultura en Honduras, principalmente en áreas montañosas que están económica y socialmente deprimidas. CARE de Honduras está promoviendo los cultivos de naranja, mango y marañón para crear alternativas económicas en el Occidente del país. El objetivo de este estudio fue apoyar el esfuerzo de CARE desarrollando un plan integral de manejo de suelos para mejorar su productividad y sostenibilidad. Para lograr esto, se caracterizó morfológica, física y química de suelos típicos en las zonas propuestas. Esta caracterización comprendió: profundidad efectiva, color, textura, estructuras, poros, resistencia a la penetración de raíces, materia orgánica, pH, N, P, K, Ca y Mg, determinados por métodos convencionales usados por el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana. La mayor limitante morfológica y física de los suelos caracterizados es la profundidad efectiva limitada (menor a 0.5 m en promedio) por estratos de roca continua u horizontes arcillosos masivos. Debido a las pendientes fuertes predominantes en la zona, la pérdida de suelos por erosión es alta (mayor a 90 t/ha/año). Las propiedades químicas más limitantes son el pH fuertemente ácido y los bajos niveles de N, Ca y P. Los contenidos de materia orgánica del suelo son bajos debido a la pérdida de ésta por erosión. Considerando esta situación, se recomienda acondicionar el hueco de siembra para aumentar la profundidad efectiva del suelo, construir terrazas de conservación y usar cultivos de cobertura. Para mejorar las propiedades químicas del suelo se recomienda la aplicación de cal agrícola y fertilizantes de N, P, K y Mg a diferentes dosis dependiendo de las características químicas específicas de cada sitio. Se concluye que los suelos del área de estudio no son aptos para la agricultura convencional; sin embargo se puede hacer un uso sostenible con medidas de rehabilitación y conservación para aumentar y sostener su productividad.

Palabras clave: Conservación, erosión, índices de calidad, muestreo, pendiente.

Abelino Pitty

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firma.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de Cuadros.....	ix
Índice de Anexos.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
LEVANTAMIENTOS AGROLÓGICOS.....	3
CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS.....	3
MUESTREO PARA DETERMINAR LA FERTILIDAD DEL SUELO.....	3
ANÁLISIS QUÍMICOS.....	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	4
PROPIEDADES FÍSICAS Y MORFOLÓGICAS.....	4
PROPIEDADES QUÍMICAS.....	7
ÍNDICES DE CALIDAD Y POTENCIAL DE USO DEL SUELO.....	7
EROSIÓN HÍDRICA.....	7
CONCLUSIONES.....	13
RECOMENDACIONES.....	14
BIBLIOGRAFÍA.....	18
ANEXOS.....	19

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Sumario de las propiedades físicas de los suelos típicos de las áreas de estudio.....	6
2.	Propiedades químicas de los horizontes A de los suelos de los sitios de estudio.....	8
3.	Índices de calidad actual y potencial de los suelos típicos de las áreas estudiadas.....	9
4.	Tasas de erosión con diferentes medidas de conservación en los suelos del área de estudio bajo diferentes longitudes y gradientes de las pendientes.....	10
5.	Características físicas de los sitios de estudio en los departamentos de Intibucá y Lempira.....	11
6.	Recomendaciones para la rehabilitación morfológica y física de los suelos estudiados.....	15
7.	Recomendaciones de fertilización con elementos mayores y encalado, para naranja, mango y marañón, en los suelos representativos de los sitios estudiados.....	16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Índices de calidad actual y potencial para suelos representativos de los diferentes sitios de estudio.....	19
2.	Propiedades morfológicas de perfiles de los suelos representativos de los sitios caracterizados.....	20

INTRODUCCIÓN

Los retos de la agricultura moderna demandan producir eficientemente dando un uso integral al suelo, manejando apropiadamente sus propiedades físicas, químicas, morfológicas y biológicas. La degradación de estas propiedades trae como consecuencia una pérdida en la productividad agrícola. Este estudio se enfocó en el manejo adecuado del suelo en pequeñas plantaciones de frutales (naranja, mango y marañón) en el Occidente de Honduras, debido a que se presenta un alto potencial de degradación en los suelos de la zona si estos no son manejados apropiadamente.

En el año 2002 CARE de Honduras comenzó a promover la siembra de estos cultivos entre pequeños agricultores en los departamentos de Lempira, La Paz e Intibuca, con el propósito de mejorar su nivel de vida. Zamorano contribuyó en este esfuerzo con el presente estudio.

Las altitudes de los sitios estudiados varían entre 600 – 2500 msnm, con pendientes hasta de 45 %, lo que hace a los suelos del área muy susceptibles a la erosión. La actividad productiva de la zona descansa en las técnicas tradicionales de producción con muy poca consideración a las prácticas de conservación de suelos. Esto se agrava por el hecho que la mayoría de los suelos de la zona son poco profundos. A continuación se presentan consideraciones edáficas, ambientales y nutricionales importantes para los cultivos de interés.

La naranja puede cultivarse desde zonas a nivel del mar hasta sitios a 2000 msnm. Las temperaturas óptimas oscilan entre los 25 – 30 °C. Los extremos en temperatura tolerados por el cultivo de naranja son 38 °C como máxima y 13 °C como mínima. El cultivo se desarrolla en suelos arenosos, hasta arcillosos siempre y cuando tengan buen drenaje interno. Los mejores suelos son los de origen aluvial, de textura media, profundos, fértiles, con un buen drenaje externo e interno y pH entre 5 y 6 (Samson, 1991). En general los cítricos tienen la capacidad de soportar 4 meses de sequía en suelos profundos que mantengan buenas reservas de humedad. El riego es fundamental en zonas donde la época seca excede los tres meses. Según Guerrero (1996), para obtener rendimientos de 30 t / ha, se requieren, 270 Kg de N, 60 de P₂O₅, 350 de K₂O, 40 de MgO y 30 de S, por hectárea por año. Las concentraciones de nutrientes en tejidos foliares para rendimientos óptimos son: N 3 – 3.2 %; P 0.15 – 0.25 %; K 0.9 – 1.10 % y Mg 0.17 – 0.44% (Jones y Worf, 1991).

Existen plantaciones de mango a más de 1000 msnm que presentan buenos resultados; sin embargo, se recomienda no cultivarlo a más de 600 msnm porque las temperaturas pueden

ser muy bajas. La temperatura óptima promedio para el cultivo del mango es de 21°C, siendo la máxima de 25 °C. El mango soporta temperaturas altas pero es fundamental tener una estación seca bien marcada antes de la floración. Los requerimientos hídricos varían con el tipo de suelo y la temperatura. Es recomendable contar con 150 mm de agua por mes (Samson, 1991). Según Samson (1991), el mango puede crecer en suelos arenosos, francos y hasta arcillosos pero que tengan buen drenaje interno y externo. El pH óptimo oscila entre 5.5 y 7.5 para la buena absorción de nutrientes. El mejor desarrollo radicular se da en suelos de texturas francas y arenosas, profundos y bien drenados (Jacob 1973). Según Guerrero (1996), para obtener rendimientos alrededor de 15 t/ ha son necesarios 100 Kg de N, 25 de P₂O₅, 110 de K₂O y 75 de MgO, por hectárea por año. Las concentraciones de nutrientes foliares para rendimientos óptimos en plantas adultas de mango son: N 1 – 1.5 %; P 0.08 – 0.25 %; K 0.4 – 0.9 %; Mg 0.20 – 0.5% y Ca 2 – 5 % (Jones y Worf, 1991).

El marañón se puede establecer desde el nivel del mar hasta 1000 msnm. El clima seco es propicio para el cultivo ya que el marañón es resistente a la sequía desarrollándose normalmente hasta con precipitaciones de 900 mm al año. Sin embargo, se reportan plantaciones en lugares donde la precipitación es menor a 500 mm por año. La temperatura media promedio para el buen desarrollo del cultivo es de 30°C (López, 1999) y no tolera las temperaturas bajas. El marañón puede desarrollarse en un rango amplio de suelos, con excepción de suelos arcilloso donde se puede presentar anegamiento en épocas de lluvia. Los suelos frecuentemente usados para el cultivo del marañón son de texturas gruesas con contenido nutricional relativamente bajo. El rango de pH en el cual se cultiva el marañón es amplio, entre 4.5 y 6.5. La fertilización comienza a la plantación y se acostumbra aplicar 100 gr de fertilizante 10-30-10 por árbol. Según Jacob (1973), en esta primera fertilización la cantidad de P es alta, para asegurar una buena formación de raíces. A finales del primer año, es necesario hacer la segunda fertilización con una fórmula que incluya más N y K, la dosis se va aumentando cada año, hasta llegar a los seis años, donde se aplican 3 Kg por árbol. Las concentraciones nutricionales óptimas en el tejido de la hoja en plantas adultas son: N 1.65 – 2.75 %; P 0.16 – 0.25 %; K 0.89 – 1.44 %; Mg 0.02 – 0.05 % y Ca 0.03 – 0.12%.

El estudio tuvo como objetivo general desarrollar un plan integral de manejo de suelos para el establecimiento de cultivos frutales de interés en las zonas de altura media en el Occidente de Honduras y como objetivos específicos identificar los factores nutricionales limitantes de cultivos frutales de altura media de interés en la zona escogida por CARE y proponer programas de nutrición para cada cultivo al igual que estudiar las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos representativos de las áreas de estudio para desarrollar un plan integral de manejo sostenible y finalmente proponer un modelo de conservación y rehabilitación de suelos con fines de sostenibilidad del recurso en las áreas propuestas para los diferentes cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Levantamientos agrológicos

Se determinaron las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos típicos de las unidades geomorfológicas (paisaje) representativas de las zonas propuestas para los cultivos de interés. Para caracterizar los suelos morfológica y físicamente se utilizó el método de la caja que consiste en hacer una fosa en el suelo de 70 x 70 y 70 cm de profundidad. para identificar los horizontes maestros y sus características. Seguidamente, se perfora con barreno en el centro de la caja hasta encontrar el horizonte impermeable, material parental o roca continua impenetrable. En cada horizonte se determinó textura, color, estructura, poros, raíces, resistencia a la penetración, límites y profundidad efectiva. Se caracterizó la vegetación natural de la zona en áreas aledañas al sitio y la cobertura actual (cultivo o maleza) sobre el suelo.

Características topográficas.

Se determinó el grado de la pendiente con el nivel de mano Sunnton. Se utilizaron estudios topográficos del Instituto Geográfico Nacional (1:50000) para caracterizar las áreas donde están disponibles y determinar forma y orientación del relieve.

Muestreo para determinar la fertilidad del suelo.

CARE seleccionó a los productores que participaron en este estudio de acuerdo a la elevación de los sitios y al ingreso económico del productor. Se escogieron sitios representativos, con condiciones climáticas, edáficas y topográficas típicas de las unidades de producción que participaron en el programa CARE. Se hicieron dos tipos de muestreos, uno para describir los perfiles típicos de suelos de la zona de estudio, para lo cual se tomaron muestras de cada uno de los horizontes maestros para analizarlos químicamente. El otro muestreo se hizo al azar en cada una de las parcelas propuestas, a una profundidad de 0-20 cm, en las cuales se tomaron muestras compuestas por 10 submuestras.

Análisis Químicos.

Los análisis de suelos se hicieron en el Laboratorio de Suelos de la E. A. P. Se determinó pH, materia orgánica, N total, P disponible, K, Ca, Mg extractables, Fe, Mn, Cu y Zn en muestras selectas. Las concentraciones de P, K, Ca, y Mg fueron extraídos con la solución Mehlich 3 y determinados por absorción atómica y el P se determinó por colorimetría. El N se determinó de la materia orgánica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Físicas y Morfológicas

La profundidad efectiva es limitante para el desarrollo de los cultivos propuestos en todos los suelos estudiados. Esta limitante es ocasionada especialmente por horizontes arcillosos y masivos que restringen el crecimiento radical por su impermeabilidad y su alta resistencia a la penetración de raíces a bajos contenidos de humedad. La profundidad efectiva osciló entre 35 cm en Caona, San Andrés, Lempira (siendo este el menos profundo) y 80 cm en Agua Caliente Sur, Intibucá. (Cuadro 1).

El grosor de los horizontes superiores oscila entre 13 cm (Agua Caliente Sur, Intibuca), y 30 cm (San Francisco de Candelaria, Lempira). El limitado grosor indica que estos suelos han sido sujetos a tasas de erosión severas. Los colores de los horizontes superiores comúnmente encontrados son 2.5 YR y 10 YR con valores y cromas variables, indicando contenidos variables de materia orgánica; probablemente debido a pérdidas por tasas de erosión variables en los sitios estudiados. Esto fue corroborado por los análisis químicos. En el subsuelo ocurren horizontes Bt (argílicos) y Bg, Bw (cámbicos), de colores variados indicando diferentes estados de oxidación del hierro y manganeso, los cuales dependen de las condiciones específicas de drenaje de cada sitio. En los sitios donde se encuentran horizontes Bg, la falta de oxígeno constituye una limitante severa para el desarrollo del cultivo (Cuadro 1).

Las texturas de los suelos caracterizados son variables oscilando de francas hasta franco arcillosas, todas aptas para los cultivos de interés, excepto en San Francisco, Candelaria, Lempira, donde ocurren horizontes Bg, arcillosos con grava abundante, lo cual presenta una limitante considerable para el drenaje interno del suelo y para el desarrollo radical del cultivo propuesto (Cuadro 1).

La estructura de los horizontes A es comúnmente granular y de grado débil o bloques angulares y subangulares. Con menor frecuencia ocurren horizontes carentes de estructura (masivos). La estructura granular fina puede ser perdida de la parte superior del suelo por la facilidad con la cual puede ser removida por la escorrentía en suelos de baja densidad aparente como los de la zona de estudio. En los horizontes B, la estructura está aconstituida por bloques gruesos angulares y subangulares con tendencia a la masividad. Esto limita la porosidad del suelo haciendo las tasas de permeabilidad de agua bajas, llegando a ocasionar restricciones severas en el drenaje interno del suelo y en el desarrollo radical (Cuadro 1).

La mayoría de los suelos estudiados tienen resistencia a la penetración de raíces que oscila entre 1.67 y > 4.5 kg/cm². Suelos donde los valores exceden 2.3 kg/cm² de presión, presentan barreras severas para el desarrollo radical y el establecimiento de los cultivos propuestos (Cuadro 1). Las raíces de los cultivos existentes se ven limitadas en los horizontes B por texturas extremas (arena y arcilla), reducción en la cantidad de poros y tendencia a la pérdida de la estructura (masificación).

Cuadro 1. Sumario de propiedades físicas de los suelos típicos de las áreas de estudio.

Sitio	Cultivo	Profundidad Efectiva (cm)	Estructura	Textura		Limitante	Resistencia a la Penetración kg/cm ²	Drenaje Externo	Drenaje Interno
				0-30	30-60				
Agua Caliente Sur(San Juan, Intibucá)	Mango	0- 80	G Tt fu/ BSA g d BSA md/ fu	Fr arc	Fr arc	Roca consolidada.	1.67	Clase 3. Moderadamente bien drenado.	Bien drenado
San Francisco Candelaria Lempira Cofradía	Mango	0- 60	BSA Tt BSA g/mg Md	Fr arc	Fr arc c grava	Roca en descomposición.	> 4.5	Clase 6. Excesivamente drenado.	Bien drenado
Yamaranguila., Lempira Caona, San Andres, Lempira	Naranja	0-60	BA Tt fu P g fu/ BA g fu	Arc	Arc	Horizonte arcilloso con grava.	>4.5	Clase 6. Excesivamente drenado.	Escasamente drenado
El Sitio, Mapulaca, Lempira	Marañón	0-55	BSA g d G Tt BSA m/fu	Fr lim	Fr arc lim	Roca en descomposición.	> 4.5	Clase 6. Extremadamente bien drenado, con riesgo de escorrentía.	Muy escasamente drenado
San Juan, Intibucá	Naranja	0-30	B A Tt fu P g fu	Arc	Arc	Roca consolidada.	>4.5	Clase 6. Extremadamente bien drenado.	Escasamente drenado
Semane, Yamaranguila, Lempira	Mango	0-40	G Tt fu BSA g d G Tt BSA m	Fr	Fr arc	Roca consolidada.	2.12	Clase 6. Extremadamente bien drenado.	Bien drenado

Textura: F, franco; Arc, arcilloso, Are, arenoso; L, limoso; c g, con grava; m g, mucha grava. **Estructura:** B, bloques; SA, subangulares; A, angulares; G, gradual; fu, fuerte; d, débil; Md, moderado; g, gruesos; m g, muy gruesos; P, prismas; Tt, todos tamaños. **Poros:** Pl, planos; V, Verticales; cc, continuos; c, comunes; G, gruesos; ca, caóticos; md medianos; p, pocos; fi, fino; mfi, muy finos; m, muchos Tt, todos tamaños. **Raíces:** m, muchas; fi, finas; mfi, muy finas; po, pocas. **Limite:** gr, gradual; cl, claro; pl, plano.

Propiedades químicas

La reacción del suelo (pH) oscila entre muy ácida y ligeramente ácida con promedios de 5.3. La reacción del suelo indica que la disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio será muy limitada para el desarrollo normal de los cultivos propuestos (Cuadro 2). Es por esta razón que se debe hacer una corrección del pH, elevarlo a un nivel que permita a la planta una óptima absorción de nutrientes, mediante aplicaciones de cal agrícola.

Los contenidos de materia orgánica de los suelos estudiados son muy variables, oscilan entre valores muy bajos (0.2%) a valores moderadamente altos (9.4%), Cuadro 2. En los sitios donde los contenidos de materia orgánica son menores a 3%, es fundamental aplicar enmiendas orgánicas con el fin de mejorar las condiciones físicas y químicas de los suelos y mantener su productividad.

Los contenidos de nitrógeno, fósforo y calcio de los suelos estudiados son bajos y cualquier cultivo que se establezca en estos sitios demandará la aplicación de estos nutrimentos (Cuadro 2). La disponibilidad de fósforo se ve especialmente limitada por la mineralogía volcánica de los suelos en general. Los minerales volcánicos como el alofano fijan fósforo haciéndolo no disponible para las plantas. Los contenidos de potasio y magnesio son ligeramente bajos por lo que las necesidades nutricionales de estos elementos para los cultivos de interés tienen que ser suplidas con la aplicación de fertilizantes.

Índices de calidad y potencial de uso del suelo

Los índices de calidad de los suelos estudiados en su estado actual son en general bajos (Cuadro 3). Esto indica que el establecimiento de los cultivos propuestos será difícil, su desarrollo lento y los rendimientos esperados bajos, si no se implementan las medidas de rehabilitación de suelos indicadas en la sección respectiva. Las limitaciones mayores de la calidad del suelo son las profundidades efectivas restringidas, resistencia a la penetración de raíces alta y las pérdidas de suelo por erosión hídrica (Cuadro 4). La calidad del suelo puede ser modestamente mejorada con la aplicación de enmiendas para evitar la erosión y mejorando la profundidad efectiva (Cuadro 3).

Erosión Hídrica

La erosión hídrica en los suelos estudiados es severa bajo las condiciones imperantes en los sitios de estudio (Cuadro 4). Sin embargo, esta puede ser reducida a tasas tolerables con la implementación de las prácticas de conservación indicadas en la sección de recomendaciones.

Cuadro 2. Propiedades químicas de los horizontes A de los suelos de los sitios de estudio.

Sitio	pH		Materia Orgánica (%)		N (%)		P (ppm)		K (ppm)		Ca (ppm)		Mg (ppm)	
	Rango	Prom	Rango	Prom	Rango	Prom	Rango	Prom	Rango	Prom	Rango	Prom	Rango	Prom
San Juan, Intibucá.	4.5-5.2	4.9	1.4-3.7	2.4	0.07-0.2	0.1	1.0-3.0	1	100-172	136	150-640	388	60-190	118
Yamaranguila, Lempira.	4.5-5.1	4.8	1.1-6.8	2.6	0.05-0.3	0.1	1- 73	12	142-310	227	350-1370	762	90-320	189
Candelaria, Lempira.	-	5.6	-	4.3	-	0.2	-	16	-	508	-	2310		370
San Andres, Lempira.	5-5.4	5.1	2.4-9.4	6.0	0.12-0.5	0.3	1.0-4.0	2	118-644	358	490-1750	1112	100-230	170
Mapulaca, Lempira.	5.5-6.6	6.	1.7-8.7	5.2	0.1-0.4	0.3	-	37	398-692	545	2030-2620	2325	470-480	475

Rango óptimos: pH 6, Materia orgánica > 5%, N 0.2 – 0.5, P 13 – 20, K 98 – 195, Ca 1000 – 6000, Mg 180 – 250.

Prom = Promedio

- = Solamente se muestreo un sitio

Cuadro 3. Índices de Calidad Actual y Potencial de los suelos típicos de las áreas estudiadas.

Sitio	Índice de Calidad* Actual Total	Índice de Calidad Potencial Total
Agua Caliente, San Juan, Intibucá.	25.7	37.4
Semane, Yamaranguila, Lempira.	16.8	24.8
San Francisco, Candelaria, Lempira.	26.3	32.3
Caona, San Andres, Lempira	24.3	32
El Sitio, Mapulaca, Lempira.	20.9	28.2

* El índice de calidad es un valor numérico que se le da a las diferentes características del suelo dependiendo éste de la influencia que tenga dicha característica sobre el suelo. Este valor va de 1 – 10, siendo 1 las peores condiciones y 10 una característica en el rango óptimo. En este estudio el índice óptimo fue de 46 unidades.

Cuadro 4. Tasas de erosión con diferentes medidas de conservación en los suelos del área de estudio bajo diferentes longitudes y gradientes de las pendientes.

Sitio	Factor LS*	Pendiente (%)	Erosión** t/ha/año
San Juan, Intibucá	10	40	97
	1.7	15	17
	0.55	7	5
Yamaranquilla, Lempira	10	40	162
	1.7	15	28
	0.55	7	9
Candelaria, Lempira	10	40	65
	1.7	15	11
	0.55	7	4
San Andres, Lempira	10	40	189
	1.7	15	32
	0.55	7	10
Mapulaca, Lempira	10	40	
	1.7	15	32
	0.55	7	10

* LS = Es la longitud y el gradiente de la pendiente.

** $E = LS * P * C * R * K$

Valor de P = 0.06; C = 0.20; R 0.4 y 0.7 para los diferentes valores de R y K en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

Cuadro 5. Características físicas de los sitios de estudio en los departamentos de Intibucá y Lempira.

Sitio	Elevación (msnm)	Pendiente (%)	Material Parental	Vegetación y uso actual	Posición Geomorfológica
Agua Caliente Sur, San Juan Intibucá	1,065	Ondulado, 3%. Clase 2, suavemente inclinado.	Sedimentos volcánicos sobre rocas básicas intrusivas	Cultivo de mango, con incorporación de materia orgánica al suelo. 15% de área cubierta por malezas	Cúspide.
Semane, Yamara nguila, Lempira	1,340	Fuertemente ondulado, 15%. Clase 4, Moderada - mente escarpado	Sedimentos volcánicos con substrato de roca metamórfica sobre rocas básicas intrusivas	Cultivo de mango. Terrazas de piedra escalonadas.	Cara de ladera media.
San Francisco de Candalaria, Lempira	290	Colinado, 40%. Clase 5, escarpado	Sedimentos volcánicos sobre rocas básicas intrusivas	Cultivo de mango, con caña de azúcar formando barreras vivas.	Cara de ladera media.
Cofradía Yamanguila, Lempira	935	Colinado, 17.5 %. Clase 4, Moderada - mente escarpado	Sedimentos volcánicos sobre rocas básicas intrusivas	Cultivo de naranja, rodeado de bosque de pino y roble.	Cara de ladera media.

Continuación cuadro 5.

Sitio	Elevación (msnm)	Pendiente (%)	Material Parental	Vegetación y uso actual	Posición Geomorfo- lógica
Caona, San Andres, Lempira	1,630	Colinado, 23%. Clase 4, Modera- damente escarpa- do.	Sedimentos volcánicos sobre rocas básicas intrusivas	Cultivo de naranja, pequeñas áreas de café y plátano.	Cara de ladera media.
El Sitio, Mapu - laca, Lempira	160	Colinado, 26%. Clase 5, Escarpa- do.	Ceniza volcánica consolidada sobre rocas básicas intrusivas	Cultivo de marañón y producción de granos básicos (maíz, sorgo y fríjol).	Cara de ladera media.
San Juan Intibucá	1630	Colinado, 17.5%. Clase 5, Escarpa- do.	Sedimentos volcánicos sobre rocas básicas intrusivas	Cultivo de naranja. Cobertura vegetal con fríjol mucuna. Zona montañosa con pino y roble, presencia de pasto <i>Andropogon sp.</i>	Ladera baja.

CONCLUSIONES

En la zona de estudio se encontraron frecuentemente áreas deficientes en N y P, así como también algunas áreas que presentan altos contenidos de K. Desde el punto de vista nutricional el principal problema de la zona es el pH de los suelos, ya que este es en general ácido y representará una seria limitante en la disponibilidad de nutrientes.

Las limitantes físicas identificadas en este estudio para el desarrollo de raíces de los cultivos propuestos fueron la profundidad efectiva del suelo y la resistencia a la penetración de raíces. La profundidad efectiva promedio es 0.5 m y los cultivos propuestos requieren por lo menos 0.80 m para tener un buen desarrollo radical. La resistencia a la penetración refleja el alto grado de compactación de los suelos lo que constituye una seria limitante para el establecimiento y desarrollo de los cultivos de interés.

Es de vital importancia la implementación de prácticas de conservación de suelos, ya que la mayoría de estos poseen pendientes mayores del 15% con alto riesgo de erosión, lo cual se ve reflejado en los bajos rendimientos de los cultivos.

RECOMENDACIONES

Para frutales en las zonas media – altas se recomienda plantarlos en agujeros de de 1m de diámetro y 1m de profundidad y rellenarlos con una mezcla de 40% de materia orgánica y 60% suelo, para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, de esta forma la planta tendrá condiciones favorables en las etapas de enraizamiento y desarrollo que son fundamentales para el éxito de la plantación. No se debe usar aserrín como fuente de materia orgánica, salvo que esté añejado.

Aplicar al agujero de siembra 350 gr de micorriza para mejorar las condiciones radicales de los cultivos.

Corregir el pH del suelo, para llevarlo a 6 unidades de pH, esto con la finalidad de mejorar la disponibilidad de nutrientes. Los volúmenes requeridos para mejorar esta condiciones varían entre 2.2 y 5.5 t/ha de cal agrícola.

Implementar prácticas de conservación de suelos. Esto debe incluir barreras vivas, siembra en terrazas o construyendo aseQUIAS de intercepción del flujo de agua, cultivos de cobertura especialmente frijOL u otra leguminosa que pueda generar un ingreso adicional al productor y a la vez incrementar los niveles de fertilidad del suelo. La siembra de cultivos de cobertura reduciría en gran medida la erosión hídrica. Es de gran importancia para propiciar la producción sostenible de estos suelos aplicar e incorporar al suelo materia orgánica. Las prácticas de conservación específicas para cada sitio estudiado se detallan en el Cuadro 6.

Aplicar las dosis de N, P, K y Mg indicadas en el Cuadro 6. El Ca se proveerá por medio de la cal agrícola.

Realizar análisis foliares al primer o segundo año de la plantación para detectar excesos o deficiencias de nutrientes y ajustar las dosis de fertilizantes propuestas en este trabajo.

Cuadro 6. Recomendaciones para la rehabilitación morfológica y física de los suelos estudiados.

Sitio	Cultivo	Limitante física	Factor K	Factor R	Recomendaciones
Agua Caliente, San Juan, Intibucá	Mango	Textura y pegregosidad	04	4500	Mantener cobertura vegetal con especies que tengan valor económico. A la hora de la plantación hacer agujeros profundos con incorporación de materia orgánica. (40% de materia orgánica, 60% suelo) Aplicar 350 gr de micorriza en cada agujero.
Semane, Yamaranguila, Lempira	Mango	Pendiente (15%) y pedregosidad	0.6	5000	Implementación de abonos verdes, barreras vivas, y acequias espaciadas a 5 m para cortar la fuerza del agua.
San Francisco, Candelaria, Lempira	Mango	Pendiente (40%)	0.4	3000	Establecimiento de barreras vivas de pasto o caña. Cobertura vegetal. Elaboración de acequias espaciadas a 3m.
Caona, San Andres, Lempira	Naranja	Pendiente (23%)	0.7	5000	Cobertura vegetal, curvas a nivel, barreras vivas y acequias espaciadas a 3 m.
El Sitio, Mapulaca, Lempira	Marañón	Pendiente (26%)	0.7	5000	Plantas para abonos verdes, barreras vivas, acequias espaciadas a 3 m para cortar la fuerza del agua.

Cuadro 7. Recomendaciones de fertilización con elementos mayores y encalado, para naranja, mango y marañón, en los suelos representativos de los sitios estudiados.

Cultivo	Fertilidad	N	P ₂ O ₅ Kg/ha/año	K ₂ O	Mg	Cal Agrícola t/ha
San Juan, Intibucá						5.17
Naranja	Promedio	340	75	350	50	
	Baja	370	75	375	100	
	Alta	300	75	300	35	
Mango	Promedio	120	30	100	90	
	Baja	160	30	110	130	
	Alta	100	30	80	75	
Marañón	Promedio	120	100	100	50	
	Baja	140	100	80	75	
	Alta	120	100	60	40	
Mapulaca, Lempira						-
Naranja	Promedio	350	72	350	40	
	Baja	400	100	375	70	
	Alta	220	50	100	0	
Mango	Promedio	120	40	100	90	
	Baja	180	75	120	120	
	Alta	100	15	50	60	
Marañón	Promedio	120	75	80	75	
	Baja	190	120	100	100	
	Alta	80	40	30	45	

- pH 6.06 no se aplicar cal.

Continuación cuadro 7.

Cultivo	Fertilidad	N	P₂O₅	K₂O	Mg	Cal Agrícola t/ha
Kg/ha/año						
Yamaranguila, Lempira						5.5
Naranja	Promedio	340	50	100	40	
	Baja	370	75	300	80	
	Alta	270	30	50	0	
Mango	Promedio	120	25	50	75	
	Baja	200	75	100	140	
	Alta	100	10	30	0	
Marañón	Promedio	120	50	50	50	
	Baja	200	100	80	100	
	Alta	100	10	30	0	
Candelaria, Lempira						2.2
Naranja	Promedio	360	70	100	0	
	Baja	360	100	350	20	
	Alta	360	60	30	0	
Mango	Promedio	120	35	50	25	
	Baja	120	70	100	30	
	Alta	120	25	10	15	
Marañón	Promedio	120	50	25	0	
	Baja	120	100	50	0	
	Alta	120	40	0	0	
San Andres, Lempira						4.3
Naranja	Promedio	300	75	150	50	
	Baja	360	75	350	75	
	Alta	250	75	50	60	
Mango	Promedio	110	75	70	90	
	Baja	130	75	120	100	
	Alta	70	75	30	75	
Marañón	Promedio	120	60	40	60	
	Baja	160	60	90	75	
	Alta	100	60	20	50	

BIBLIOGRAFÍA

Guerrero, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Barcelona, España, Ediciones Mundi-Prensa, 206 p.

Jacob, A. 1973. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 4 ed. México, D.F., Ediciones Euroamericanas, 626 p.

Jones, B., Worf, B. 1991. Plant análisis handbook. Micro Macro Publishing. United State, p 630.

López, J. 1999. Uso integral del falso fruto del marañón (*Anacardium occidentale* L.) en la elaboración de pasas y vino con niveles reducidos de taninos. Tesis Lic. Ing. Agr. EAP, Tegucigalpa, Honduras. 70 p.

Samson, J. A. 1991. Fruticultura Tropical. 2 ed. México, D.F., Editorial Limusa, 396 p.

ANEXOS

Anexo 1. Índices de calidad actual y potencial para suelos representativos de los diferentes sitios de estudio.

Propiedad	Peso	San Juan, Intibucá		Yamaranguila, Lempira		Candelaria , Lempira		San Andres ,Lempira		Mapulaca ,Lempira	
		I. A.	I. P.	I.A.	I.P	I.A.	I.P.	I.A.	I.P.	I.A.	I.P.
Textura	0.6	4.8	4.8	1.2	1.2	4.8	4.8	3	3	3.2	3
Estructura	0.35	2.45	2.45	1.4	1.4	1.4	1.4	2.45	2.45	1.4	1.4
Drenaje	0.35	2.45	2.45	1.05	1.05	1.75	1.75	1.4	1.4	1.05	1.05
Prof. Efectiva	0.4	2.4	2.4	1.6	1.6	2.4	2.4	1.6	1.6	1.6	1.6
Res. Penetracion	0.35	3.5	3.5	0.35	0.35	0.35	0.35	0.7	0.7	0.35	0.35
Agua disponible	0.5	4.5	4.5	1.5	1.5	4	4	4	4	4	4
pH	0.25	1	2.5	0.25	2.5	1	2.5	1	2.5	1.25	2.5
M.O.	0.4	0.8	0.8	1.6	1.6	2	2	2.4	2.4	3.2	3.2
N	0.4	0.8	4	0.8	4	1.2	4	1.6	4	1.6	4
P	0.4	0.4	4	2	4	4	4	0.4	4	0.4	4
K	0.4	1.6	4	4	4	2.8	4	4	4	2	2
Mg	0.1	0.5	1	0.6	0.6	0.1	0.1	1	1	0.1	0.1
Ca	0.1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.7	1	0.8	1
Total		25.7	37.4	16.8	24.8	26.3	32.3	24.3	32	20.9	28.2

Índice total optimo = 46

I. A.= Índice actual

I. P. = Índice potencial.

Anexo 2. Propiedades morfológicas de perfiles de los suelos representativos de los sitios caracterizados.

Horizonte	Profundidad cm	Color	Motas %	Textura	Estructura	Poros	Raíces	Consistencia	Resistencia a la penetración Kg/cm ²	Limite
Perfil 1. Agua Caliente Sur, (San Juan, Intibucá) Cultivo MANGO										
Ap	0-13	10YR 3/2		F Arc	G Tt fu / BSA g d	pcfí- P m fi c	m fi mfi	Friable	0.70	
Bt	13-45	7.5YR 5/6		F Arc	BSA Md fu	p mfi c Pl m fi c	m Tt		2.64	cl pl
Cr	45-80 80 roca	5YR 4/6	5 10YR6/2	F Arc						
Perfil 2. Semane, Yamaranguila, Lempira Cultivo MANGO										
Ap	0-10	10YR 3/3		F	G Tt fu	Tt c	m fi	Friable	2.85	
Bt	10-20	5YR ¾		F Arc	BSA g d G Tt	M Tt	m Tt	Friable	1.4	
Bt2	20-40 40 roca	5.5YR 4/3	10YR6/8	Arc L	BSA Md d			Friable		
Perfil 3. San Francisco de Candelaria, Lempira Cultivo MANGO										
Ap	0-30	10YR 4/3		F Arc	BSA Tt	p c fi/ Pl m fi cc	m fi mfi	Friable	3.4	cl pl
Bw	30-60	7.5YR 4/4		F Arc	BSA g/mg Md	p ca md Pl md	po fi mfi		+4.5]	
BC	60-100	7.5YR 4/4		F c g					-	
Cr	100+			Sed Vole						
Perfil 4. Cofradía Yamaranguila, Lempira Cultivo NARANJA										
Ap	0-20	2.5YR 6/1	7.5YR5/6	Arc	BA Tt fu	p ca G Pl c G	m fi	Friable	+4.5	gr pl
Bg	20-43	2.5Y4/ 1	10YR5/6	Arc	P g fu/ BA g fu	p fi Pl V c	po fi		+4.5	cl pl
BCg	43-100	2.5YR 5/2		Arc						
C	100x	2.5YR 5/4		Arc c m g						

Continuación anexo 2.

Horizonte	Profundidad	Color	Motas %	Textura	Estructura	Poros	Raíces	Consistencia	Resistencia a la penetración Kg/cm ²	Limite
	cm									
Perfil 5. Caona, San Andres, Lempira						Cultivo NARANJA				
Ap	0-15			F L	G d	p c Tt- Pl c Tt	m fi mfi	Friable	3.05	Gr pl
Bt	15-30 30 + roca			F Arc L	BSA M Md	p c Tt- Pl c	C fi	Firme	3.85	
Perfil 6. El Sitio, Mapulaca, Lempira.						Cultivo MARAÑÓN				
Ap	0-15	10YR 4/3		F L	BSA g d	cc fi mfi c Pl c	m Tt	Firme	+4.5	Gr pl
Cr/A	15- 55			F L	G Tt	M md fi	c fi	Friable		Gr pl
Cr	55x	10YR 4/2		F Arc L	BSA Md fu	p c md fi Pl c md fi	C fi	Friable		Gr pl

Abreviaturas utilizadas:

Textura: F, franco; Arc, arcilloso, Are, arenoso; L, limoso; c g, con grava; m g, mucha grava.

Estructura: B, bloques; SA, subangulares; A, angulares; G, gradual; fu, fuerte; d, débil; Md, moderado; g, gruesos; m g, muy gruesos; P, prismas, Tt, Todos tamaños.

Poros: Pl, planos; V, Verticales; cc, continuos; c, comunes; G, gruesos; ca, caoticos; md medianos; p, pocos: fi, fino; mfi, muy finos; m, muchos Tt, todos tamaños.

Raíces: m, muchas; fi, finas; mfi, muy finas; po, pocas;

Limite: gr, gradual; cl, claro; pl, plano.