

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Efecto de la salud y calidad de suelos sobre
la producción de plátano (*Musa* AAB) var.
Curraré enano en la finca La Pita, Casa
Quemada, San Pedro Sula, Honduras**

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

Presentado por

Moisés Enrique Castellanos Oseguera

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2005

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.

Moisés Enrique Castellanos Oseguera

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2005

Efecto de la salud y calidad de suelos sobre la producción de plátano (*Musa AAB*) var. Curraré enano en la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras.

Presentado por:

Moisés Enrique Castellanos Oseguera

Aprobada:

Gloria Arévalo de Gauggel, M. Sc.
Asesor Principal

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador Área Fitotecnia/CCPA

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

Abelino Pitty, Ph.D.
Director Interino Carrera de Ciencia
y Producción Agropecuaria

Francisco Cueva, Ing. Agr.
Asesor

George Pilz, Ph. D.
Decano Académico

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

DEDICATORIA

A Dios por ser el quien está sobre todas las cosas.

A mi abuela paterna Gregoria Rodríguez (Q.D.D.G.) por haber sido para mí un ejemplo de humildad y de amor al trabajo.

A mis padres Santos Moisés Castellanos Rodríguez y Emilia del Carmen Oseguera Barahona, con todo el respeto y cariño que se merecen.

A mis hermanos Luís Antonio, Rosa Emilia y Rosa Linda.

A mis abuelos maternos Juan Bautista Oseguera y Maria de Jesús Barahona y mi abuelo paterno Juan Moisés Castellanos.

A mi patria querida Honduras.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por su grata compañía y guía.

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

Al ingeniero Harry Panting y su familia, por su amistad y apoyo brindados durante la realización de este trabajo.

Al ingeniero Eduardo Maradiaga y su familia, por su amistad y confianza brindada durante el período de la pasantía.

A todo el personal de la finca La Pita, por su amistad, apoyo y gratitud demostrados durante el tiempo que estuve con ellos en la pasantía.

A la ingeniero Gloria Arévalo de Gauggel por su confianza, apoyo, amistad y exigencia durante la realización de este trabajo.

A mis amigos Allan Arévalo y Carlos Ac a quienes considero mis hermanos mayores, por su amistad, confianza y consejos brindados, que Dios los bendiga y los acompañe siempre.

Al doctor Carlos Gauggel por su enseñanza y consejos brindados.

Al ingeniero Francisco Cueva por brindarme su amistad, apoyo y confianza.

Al ingeniero Luís de Jesús, la ingeniero Hilda Flores y el personal del laboratorio de suelos Jacqueline, Martha y Rosa por su amistad y apoyo.

A mis compañeros y amigos tesisistas; José Pantoja, Laura Patiño, Verónica Santillán, José Mite, Carlos Morales, Enrique Ferrufino, Ronald Navarrete y Ricardo Patiño por haberme brindado la oportunidad de trabajar a su lado y su apoyo y amistad brindados.

A todos mis colegas de la clase Némesis, quienes no coloco su nombre ya que no alcanzarían las paginas de esta tesis para escribirlos, por su amistad, apoyo, confianza y hermandad mostrados, que Dios los guarde y los acompañe siempre.

A mi Alma Mater, por el conocimiento transmitido.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), por ayudar al financiamiento parcial de mis estudios en zamorano.

Al programa de ayudas “Food for Progress”, por ayudar a financiar parcialmente mis estudios en Zamorano.

Al ingeniero Harry Panting, por haber financiado este trabajo.

RESUMEN

Castellanos O, Moisés. 2005. Efecto de la salud y calidad de suelos sobre la producción de plátano (*Musa* AAB) var. Curraré enano en la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras. Proyecto especial de graduación del Programa de Ingeniería Agronómica, El Zamorano, Honduras. 57 p.

En Centro América, el cultivo del plátano es de gran importancia económica y alimenticia. En los últimos años, la productividad de las áreas destinadas a este cultivo ha disminuido como consecuencia del deterioro acelerado de los factores físicos, químicos y biológicos del suelo. Por eso se plantean los índices de calidad y de salud de suelos para determinar el estado actual y potencial del suelo. El objetivo principal de este estudio fue determinar la relación entre la calidad y la salud del suelo con el desempeño productivo del cultivo de plátano y establecer una correlación entre los mismos. El estudio se realizó en una finca de plátano ubicada 10 km al oeste de San Pedro Sula, Honduras. Se establecieron tres tratamientos según los niveles de rendimiento, analizando la correlación existente entre los índices de salud y calidad de suelos con las variables agronómicas y de rendimiento evaluadas. La caracterización de los suelos se realizó mediante barrenaciones espaciadas en transectos de 50 m y la descripción de perfiles en suelos representativos mediante calicatas. Para determinar la calidad y salud de suelos se implementó la metodología establecida en Zamorano y la Universidad de Wisconsin, respectivamente. La mayor limitante que presentaron estos suelos fue la presencia de horizontes compactos Ad (pie de arado) en la mayoría de los lotes, lo que limita el buen desarrollo de las raíces, estos a la vez presentan una posibilidad de mejoría de un 18% sobre su estado actual, para alcanzar un índice de calidad potencial de 45.7 sobre un máximo de 56.5. La salud de los suelos se presentó en un rango de salud media a saludable presentando un valor máximo de 3.1 y un mínimo de 2.1, sobre un máximo posible de 4. No se encontró correlación entre los índices de calidad de suelo con las variables agronómicas y rendimiento, pero sí se observaron correlaciones entre los índices de salud de suelo y las variables agronómicas y rendimiento ($P \leq 0.05$). La falta de correlación entre los índices de calidad de suelo con la producción no quiere decir que estos índices no se puedan aplicar en la evaluación de los suelos en este cultivo. Posiblemente, la falta de correlación se deba a la no inclusión de factores biológicos, ambientales y de manejo dentro de dichos índices. Se recomienda adicionar como parámetros de evaluación para los índices de calidad de suelos factores biológicos que incidan en el potencial productivo de los mismos, subsolar a una profundidad de 60 cm en dirección de la pendiente y un segundo pase en forma diagonal a un ángulo de 45 grados para romper el pie de arado, aplicar materia orgánica en los lotes que presenten niveles bajos, ajustar la fertilización según la condición de suelo y realizar estudios de suelos en las nuevas áreas destinadas a producción, tomando en cuenta los índices de calidad y salud de suelos.

Palabras clave: Biodisponibilidad de nutrientes, caracterización, correlación, textura.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Hoja de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	x
Índice de anexos.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1 Localización.....	3
2.2 Distribución de áreas por productividad.....	3
2.3 Caracterización física y morfológica de los suelos.....	3
2.4 Caracterización química de los suelos.....	4
2.5 Unidades de mapeo.....	4
2.6 Mapa de suelos.....	4
2.7 Estado nutricional de las plantas.....	5
2.8 Biodisponibilidad de nutrientes.....	5
2.9 Índices de calidad de suelos.....	5
2.10 Índices de salud de suelos.....	6
2.11 Diseño experimental y tratamientos.....	6
2.12 Variables medidas.....	6
2.13 Relación entre calidad y salud de suelos con la producción.....	7
2.14 Análisis estadístico.....	7
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
3.1 Propiedades morfológicas y físicas de los suelos.....	8
3.1.1 Distribución espacial de los suelos.....	8
3.1.2 Clases de suelo.....	8
3.1.3 Horizontes maestros.....	8
3.1.4 Textura.....	11
3.1.5 Estructura y poros.....	11
3.1.6 Resistencia a la penetración de raíces.....	11
3.2 Propiedades químicas de los suelos.....	18
3.2.1 Materia orgánica.....	18
3.2.2 Reacción del suelo (pH).....	18
3.2.3 Macronutrientes.....	18
3.2.4 Micronutrientes.....	18
3.3 Estado nutricional de las plantas.....	20
3.4 Calidad de los suelos.....	20
3.5 Salud de los suelos.....	20

3.6	Descripción de las áreas donde se determinó rendimiento.....	22
3.6.1	Propiedades morfológicas y físicas.....	22
3.6.2	Propiedades químicas.....	22
3.6.3	Estado nutricional de las plantas.....	22
3.7	Relación de los índices de salud y calidad de suelos con la producción.....	25
3.7.1	Relación entre la condición del suelo con el rendimiento.....	25
3.7.2	Relación entre la condición del suelo con las variables de producción.....	26
3.7.3	Relación entre la salud del suelo con las variables de producción.....	28
3.7.4	Predicción de la producción.....	29
3.8	Biodisponibilidad de nutrientes y fertilización.....	30
4.	CONCLUSIONES	31
5.	RECOMENDACIONES	32
6.	BIBLIOGRAFÍA	33
7.	ANEXOS	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página	
1	Descripción de las clases de suelos en las que se agruparon los perfiles de suelo y expresadas como unidad de mapeo.....	4
2	Escala de salud de suelos desarrollada por la universidad de Wisconsin (Zamorano/USAID 2002) modificada y ajustada.....	6
3	Clases de suelo y familias texturales encontradas en la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras.....	9
4	Descripción de las características morfológicas y físicas de los suelos representativos de las áreas dedicadas a la producción de plátano en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.....	12
5	Características químicas de los suelos de 00 a 30 cm de la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras, 2005.....	19
6	Niveles foliares de nutrientes en las áreas de producción de plátano de la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.....	21
7	Características físicas de los suelos de acuerdo al nivel de rendimiento en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.....	23
8	Características químicas de los suelos de acuerdo al nivel de rendimiento en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.....	24
9	Niveles foliares de nutrientes, de acuerdo al nivel de rendimiento en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.....	24
10	Índices de salud, calidad actual y calidad potencial de suelos de acuerdo a niveles de rendimiento.....	25
11	Relación entre los índices de calidad y salud de suelos con las variables agronómicas y de producción.	27
12	Correlaciones entre salud de suelos y variables de producción.....	28
13	Recomendaciones de manejo de la fertilización, tomando en cuenta las situaciones de disponibilidad de nutrientes observados en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Propiedades y pesos usados para la evaluación de los índices de calidad morfológicos, físicos y químicos.....	34
2	Índices de calidad actual, potencial y óptimo para cada perfil caracterizado de los suelos representativos de las áreas dedicadas a la producción de plátano en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.....	35
3	Índices de calidad actual y potencial de acuerdo las características de los suelos de la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.....	36
4	Índices de salud de suelos para los perfiles de los suelos representativos de las áreas de producción de plátano en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.....	39
5	Mapa de distribución de texturas en el lote # 8.....	42
6	Mapa de distribución de texturas en el lote La Isla.....	42
7	Mapa de distribución de texturas en el lote # 4.....	43
8	Mapa de distribución de texturas en el lote # 5.....	43
9	Mapa de distribución de texturas en el lote # 1.....	44
10	Mapa de distribución de texturas en el lote Cruce Arriba.....	44
11	Mapa de distribución de texturas en el lote # 9.....	45
12	Mapa de distribución de texturas en el lote Cruce Abajo.....	45
13	Mapa de distribución de texturas en el lote # 2.....	46
14	Mapa de distribución de texturas en el lote # 3.....	46
15	Distribución de las clases de suelo presentes en la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras.....	47
16	Matriz de disponibilidad de nutrientes para cada uno de los lotes de la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras.....	48
17	Recomendaciones de fertilización para cada uno de los lotes de la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras.....	49

1. INTRODUCCIÓN

El plátano es un cultivo tropical, que puede producirse durante todo el año y obtener cosechas continuas. En Centro América, el cultivo del plátano es de gran importancia económica y alimenticia, ya que constituye un rubro de primer orden en la dieta de sus habitantes y representa una fuente de empleo y un flujo constante de ingresos, más si se establece como cultivo para exportación (OIRSA 2002).

En general, la producción agrícola está relacionada estrechamente con la nutrición vegetal, proceso bastante complejo que no depende exclusivamente de la presencia de determinados elementos en el suelo, sino también de ciertas acciones e interacciones con la planta y el medio ambiente. Estas interacciones son fundamentales para que los nutrientes sean convertidos a formas asimilables y puedan ser absorbidos, translocados, transformados y utilizados en los diferentes procesos fisiológicos de la planta (Belálcazar 1993).

Según Belálcazar (1993), la mayoría de los suelos en América Latina dedicados al cultivo del plátano tienen la capacidad de proporcionarle, si no la totalidad, al menos gran parte de los elementos que la planta requiere para producir. Por lo tanto si un suelo presenta buena fertilidad y a pesar de ello se recurre a un programa de fertilización, es muy probable que no se observe un incremento considerable en la producción.

A pesar de la aplicación de técnicas e insumos de alto costo, incluyendo el uso intensivo de agroquímicos en las plantaciones comerciales de plátano en América Latina y el Caribe, se ha registrado en los últimos diez años una reducción considerable en la productividad, debido al cambio y deterioro acelerado de los factores físicos, químicos y biológicos del suelo (CATIE 2004). Es por esta razón que los factores como salud de suelos, calidad de suelos y estado nutricional de la planta deben ser tomados en cuenta para tratar de obtener los mejores resultados al momento de la cosecha.

El término calidad de suelos indica la capacidad del mismo para funcionar efectivamente en el presente y futuro. Dentro de los factores más importantes que determinan la calidad del suelo se puede mencionar: textura, agua disponible, estructura, profundidad efectiva, reacción del suelo (pH), materia orgánica, macro y micro nutrientes y el porcentaje de saturación de bases entre otros, los cuales han sido tomados en cuenta dentro de los índices de calidad de suelos establecidos por Gauggel (2003).

Otro de los índices asociados con la buena relación entre el suelo y la planta es el índice de salud de suelos. La salud de suelos se refiere al estado actual de las propiedades dinámicas del suelo que pueden cambiar a corto plazo. Un suelo saludable es sinónimo de un suelo agrícola altamente productivo (Ochoa 2004).

La realización de estudios de suelos ayuda a establecer las condiciones actuales que el sitio presenta para el cultivo. Mediante la implementación de los índices de calidad de suelos se puede conocer un valor numérico que indica el estado actual de dicho suelo, el valor óptimo al que podemos llevar ese suelo y las posibilidades que hay de mejorar el estado actual del sitio en estudio.

La utilización de técnicas de mapeo como los transectos de puntos en cuadrícula ayudan a organizar las observaciones de campo y conocer la variación de los suelos y la composición de las unidades de mapeo de manera sistemática dentro de un sitio de estudio determinado.

El objetivo principal de este estudio fue determinar la relación que existe entre la calidad y la salud del suelo, con el desempeño productivo del cultivo de plátano y establecer una correlación entre los mismos.

Como objetivos específicos se tuvieron: establecer correlaciones entre los índices de calidad y de salud de suelos con la producción de plátano, identificar las áreas dentro de la finca que presenten las mejores condiciones para la producción de plátano tomando en cuenta los índices de salud y calidad de suelos y proponer un plan de fertilización para la finca.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en la finca La Pita situada a 10 km al oeste de la ciudad de San Pedro Sula, Honduras, a una elevación de 60 msnm, con una extensión de 75 ha, dentro de las coordenadas 15° 24' 40" latitud Norte y 88° 06' 00" longitud Oeste. Está ubicada en la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-t) con transición a subtropical de acuerdo a la clasificación ecológica de Holdrige, presentando una precipitación anual de 1,330 mm y una temperatura media anual de 26 °C (López *et al.* 1992).

2.2 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POR PRODUCTIVIDAD

Dentro de los lotes de la finca se ubicaron tres niveles de rendimiento (alto, medio y bajo) de acuerdo a las características físicas de la planta (altura, grosor del tallo, tamaño y color de hojas) y las características del racimo determinadas según el porcentaje de frutos de primera calidad (20-26 cm de largo y un peso de 255-312 g) por racimo. De acuerdo a estos parámetros se estableció que el porcentaje de dedos de primera calidad para la condición de alta producción fuese de 80-95%/racimo, para mediana producción de 60-79%/racimo y baja producción de 40-59%/racimo.

2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MORFOLÓGICA DE LOS SUELOS

La distribución espacial de los suelos se determinó con barrenaciones a lo largo de transectos espaciados a 50 m (cuadrícula 50 × 50 m). Cada barrenación se hizo a la profundidad de 1 m o hasta llegar a estratos impenetrables utilizando para esto el barreno de cubeta, determinando la textura (método de tacto) cada 20 cm de profundidad (siguiendo procedimientos estándares, FAO 1977 para un estudio ultradetallado de suelos). De acuerdo a las características de textura encontradas, se realizó un mapa de distribución espacial de suelos para establecer áreas homogéneas por sus características de suelo y relación con la producción. Después se procedió a caracterizar cada unidad de suelo mediante la descripción de perfiles representativos, a través de calicatas con las siguientes dimensiones 1.5 × 1.0 × 1.0 m. En cada uno de estos perfiles se determinó: Número y profundidad de horizontes, color (Libreta Munsell, Wasahable edition 2000), textura (método de tacto), estructura, consistencia, poros, raíces, límite entre horizontes, resistencia a la penetración de raíces (Penetrómetro de bolsillo, Forestry 2005). Cada perfil se clasificó según su familia textural para identificar la unidad de suelo que representaba.

2.4 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS SUELOS

En cada uno de los perfiles descritos, se tomó una muestra de suelo de los primeros 30 cm de profundidad para su respectivo análisis químico en el Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), donde se determinó: Materia orgánica por el método Walkley & Black; nitrógeno estimado a partir de la materia orgánica; pH en solución 1:1 suelo:agua; macronutrientes (fósforo, potasio, calcio y magnesio) extraídos con Mehlich 3 y medidos con absorción atómica; micronutrientes (cobre, hierro, manganeso y zinc) extraídos con Mehlich 3 y medidos con absorción atómica; boro y azufre extraídos con solución de sulfato de calcio y medidos con absorción atómica. En los primeros 12 perfiles se establecieron diferencias de rendimiento, para determinar como la fertilidad del suelo afecta la producción.

2.5 UNIDADES DE MAPEO

Con base en la distribución de la textura dentro de cada perfil, se agruparon los suelos con características similares y se establecieron cuatro clases de suelo expresadas como unidades de mapeo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de las clases de suelos en las que se agruparon los perfiles de suelo y expresadas como unidad de mapeo.

Clase	Característica	Color en el mapa
I	Presenta dominancia de texturas francas dentro del perfil.	Verde
II	Texturas francas en el primer horizonte del perfil y presencia de arcillas livianas y/o grava fina en los horizontes del subsuelo.	Azul
III	Arcillas livianas en los primeros treinta centímetros de suelo, con presencia de texturas francas y/o grava fina en los horizontes del subsuelo.	Amarillo
IV	Dominancia de arcillas pesadas dentro del perfil de suelo.	Rojo

2.6 MAPA DE SUELOS

Con base en los datos obtenidos de las barrenaciones en cuadrícula, se agruparon los suelos en unidades de mapeo, estas unidades se representaron espacialmente en un mapa de distribución de suelos por familias texturales en los diferentes lotes de la finca.

2.7 ESTADO NUTRICIONAL DE LAS PLANTAS

Se tomó una muestra foliar de la parte media de la tercera hoja más joven al momento de la floración (Emisión de bacota o bellota). En el Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (EAP) se analizó el contenido de macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y de micronutrientes (cobre, hierro, manganeso, zinc y boro) vía digestión húmeda y posterior absorción atómica de los elementos. Estos datos fueron comparados con los niveles foliares óptimos del cultivo reportados por Gauggel (2004) para establecer deficiencias o excesos de nutrientes en la hoja.

2.8 BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

Con base en los niveles de nutrientes en el suelo y en la hoja, en cada una de las unidades se estableció la disponibilidad de nutrientes para la planta. Esto se logró relacionando los niveles (alto, medio o bajo) en el suelo, comparándolos con los rangos obtenidos para cada uno de los nutrientes mediante el análisis foliar. Esta comparación se hace a través del uso de la matriz de disponibilidad de nutrientes, en la cual se presentan diferentes escenarios de acuerdo a los resultados obtenidos, según el método establecido por Gauggel (2004).

2.9 ÍNDICES DE CALIDAD DE SUELOS

Para determinar la calidad física y química de los suelos, se implementó la metodología definida por Gauggel (2003) y utilizada por Fernández (2003), en la cual se evalúan las características: textura, agua disponible, estructura, profundidad efectiva, fragmentos gruesos, resistencia a la penetración de raíces (kg/cm^2), drenaje mediante conductividad hidráulica (siguiendo procedimientos estándares, FAO 1977), para determinar el índice de calidad físico del suelo; macro y micronutrientes, materia orgánica y reacción del suelo (pH) para determinar el índice de calidad químico del suelo. En esta metodología cada propiedad tiene un peso específico que se multiplica por un rango de valores establecido de uno a diez, siendo uno el más limitante y diez el óptimo en cada propiedad. En el índice de calidad 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 el valor máximo posible, este índice representa un suelo con un cien por ciento de aptitud agrícola (Anexo 1). La comparación entre el índice actual y óptimo, permite conocer qué tan distante está el suelo estudiado de ser un suelo óptimo. La comparación entre el índice actual y el potencial indica cuanto se puede mejorar las propiedades de un suelo mediante enmiendas físicas ó químicas (Fernández 2003). Este índice de calidad corresponde a la sumatoria de la calidad física y química del suelo.

2.10 ÍNDICES DE SALUD DE SUELOS

Se utilizó la metodología desarrollada por la Universidad de Wisconsin (Zamorano/USAID 2002), en la cual se establecen rangos (modificados y ajustados) para cada estado de salud de suelos (Cuadro 2) donde se evalúan características como: presencia de lombrices, facilidad de laboreo, erosión, estructura del suelo, color del suelo, retención de agua, descomposición y contenido de materia orgánica, fertilidad, olor, textura, reacción del suelo (pH), disponibilidad de nutrientes, apariencia del cultivo, raíces, tallo, resistencia a plagas y enfermedades, salud humana y animal, fauna silvestre y agua superficial (Anexo 4).

Cuadro 2. Escala de salud de suelos desarrollada por la Universidad de Wisconsin (Zamorano/USAID 2002) modificada y ajustada.

Calificación	Rango
Suelo saludable	2.8 – 4
Suelo de salud media	1.4 – 2.7
Suelo enfermo	0 – 1.3

2.11 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Este estudio no aplicó un diseño experimental clásico, ya que se pretendió tomar datos de la relación suelo-planta. Para ello se establecieron tres niveles de rendimiento (alto, medio y bajo) cada uno con cuatro repeticiones en distintos lotes dentro de la finca. En cada una de las repeticiones se describieron perfiles de suelo mediante calicatas y se evaluaron las variables establecidas para encontrar la relación existente ente el estado de los suelos y la producción.

2.12 VARIABLES MEDIDAS

Las variables medidas en el suelos fueron: textura (método de tacto), estructura, color (Libreta Munsell, Washable edition 2000), poros, raíces, resistencia a la penetración de raíces (Penetrómetro de bolsillo, Forestry 2005), horizontes maestros, contenido de macro y micronutrientes, reacción del suelo (pH), materia orgánica. En la planta se evaluaron las variables: Número de manos por racimo, estado nutricional (Análisis foliar), altura (Hasta el primer par de hojas), peso del racimo, dedos comerciales por racimo (dedos de 1^{ra}= 255-312 g, dedos de 2^{da}= 198- 230 g y dedos de 3^{ra}= 142-170 g) y dedos no comerciales por racimo (dedos merma \leq 170 g).

2.13 RELACIÓN ENTRE CALIDAD Y SALUD DE SUELOS CON LA PRODUCCIÓN

Para determinar la relación que existe entre los índices de calidad de suelos y los índices de salud de suelos con la producción, se realizó un análisis de correlación de dichos índices con las variables agronómicas y de producción estudiadas. También se realizó un análisis de regresión entre dichos índices con las variables de producción; dedos de primera calidad por racimo y peso total de dedos por racimo, ya que, estas dos variables son las más importantes desde el punto de vista económico.

2.14 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis se basó en un estudio de correlación entre las variables agronómicas y de producción establecidas con los valores de salud y calidad actual de suelos. Este análisis se realizó mediante la prueba de correlación Pearson con un valor de significancia de $P \leq 0.05$, de igual manera se realizó un análisis de regresión entre las variables dedos de primera por racimo y peso total de dedos por racimo con los índices de salud y calidad de suelos observados. Este análisis se efectuó con el uso del paquete estadístico MINITAB[®].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PROPIEDADES MORFOLÓGICAS Y FÍSICAS DE LOS SUELOS

3.1.1 Distribución espacial de los suelos.

Dentro de la finca se presentaron suelos con texturas livianas (franco arenosas) y texturas pesadas (arcillas finas y muy finas). Las texturas livianas se presentan en los lotes más cercanos al río (lotes 3, 9, Cruce arriba, Cruce abajo, Isla). Las texturas pesadas se presentaron en los lotes más alejados del río (lote 1, 2, 4, 5, 8) ocasionando esto una mala conductividad hidráulica dentro del perfil, lo que genera daños a la rizósfera en períodos de anegamiento (Anexo 5 - 14).

3.1.2 Clases de suelo.

Con base en la clasificación de suelos explicada en Materiales y Métodos (Cuadro 1), dentro de la finca la mayoría de los suelos descritos se ubican en las clases II y III siendo la clase III la más representativa con un 72% del área de la finca equivalente a 44.15 ha (Anexo 15), presentándose como la mayor limitante la clase textural franco arcillosa, el bajo contenido de nitrógeno y materia orgánica y la presencia de horizontes compactos Ad (Cuadro 3).

3.1.3 Horizontes maestros.

Los suelos del área presentan horizontes Ap (Horizonte superficial), Ad (Compactados), Bw (Presencia de estructura) ó Bg (Gleysados) con horizontes C y 2C; en la mayoría de los casos se presentaron horizontes sepultados como es el caso de horizontes Ab, Bwb y horizontes 2AC (Cuadro 4), mostrándose discontinuidad dentro de los perfiles de suelo. Esto indica poca evolución del suelo con períodos alternos de deposición de sedimentos en su mayoría traídos por el río Chamelecón. La presencia de horizontes Ad (pie de arado) indica un efecto de degradación del suelo, producto del uso excesivo de equipos de labranza convencional en períodos de producción anteriores al cultivo ya establecido o por la preparación de las tierras para cultivo en condiciones de alta humedad del suelo. Esta diversidad de horizontes indica una alta variabilidad edáfica, la cual genera heterogeneidad en el desarrollo de las plantas.

Cuadro 3. Clases de suelo y familias texturales encontradas en la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras.

Clase	Familia textural	Perfiles	Símbolo en el mapa	Índice de calidad actual de suelo ξ	Limitante (s)	Índice de calidad potencial de suelo ξ	Índice de salud de suelos
I	Franca	2	M	35.3	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo.	51.3	3.1
		8	M	39.3	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, alto contenido de Fe y Zn.	45.3	2.7
		13	M	35.7	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, presencia de horizonte compacto.	46.7	3.0
II	Franca / Arcilla liviana	1	$\frac{M}{F-(g)}$	40.5	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo.	47.1	3.1
		3	$\frac{M/F-}{F-}$	38.5	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, presencia de horizonte compacto.	47.1	3.1
		4	$\frac{M/F-}{F-}$	42.0	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo.	45.8	3.1
		6	$\frac{M}{F-}$	39.0	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, presencia de estructura laminar.	47.0	2.3
		14	$\frac{M/F-}{g}$	37.1	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, alto contenido de Fe.	44.4	3.1
		16	$\frac{M/F-}{M}$	38.3	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, alto contenido de Fe y Zn.	46.5	3.1
		21	$\frac{M/F-}{F-/g}$	40.5	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, alto contenido Zn y S en el suelo.	44.8	3.0
		22	$\frac{M/F-}{M/g}$	39.5	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, alto contenido de Fe, Zn y S.	45.3	2.5
		23	$\frac{M/g}{F-}$	37.0	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, alto contenido de Fe, Zn y S.	46.4	2.5

Simbología: 1) M: Familia textural franca (Texturas francas, arenas francas, franco arenosa, franco limosa), F-: Texturas finas (franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso), F+: Texturas arcillosas (franco arcillosa, arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa), Gg: Gravetas finas y gruesas 2) Símbolos: ---: divide el perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm. M.O. materia orgánica, N. nitrógeno, S. azufre, Zn. zinc, Fe. hierro. ξ : Sobre un máximo posible de 56.5.

Cuadro 3. Continuación

Clase	Familia textural	Perfiles	Símbolo en el mapa	Índice de calidad actual de suelo ξ	Limitante (s)	Índice de calidad potencial de suelo ξ	Índice de salud de suelos
III	Arcillas livianas	5	$\frac{F-}{F-/g}$	39.9	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo.	45.8	2.5
		7	F-	37.3	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, presencia de horizonte compacto.	47.7	2.6
		10	$\frac{F-}{M/F-}$	36.5	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, presencia de horizonte compacto.	47.3	2.1
		15	$\frac{F-/M}{F-/M}$	37.4	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, presencia de horizonte compacto.	46.3	2.3
		18	$\frac{F-/M}{g/F-}$	33.1	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, presencia de horizonte compacto, textura arcillosa.	44.1	2.3
		19	$\frac{F-/M}{g/F-}$	37.5	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo.	45.1	3.0
		20	$\frac{F-/M}{M/g}$	35.8	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, alto contenido de Fe y Zn, presencia de horizonte compacto.	44.1	2.5
		24	F-	36.6	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, alto contenido de Fe, Zn y S.	45.6	2.3
IV	Arcillas pesadas con arcillas livianas	9	$\frac{F-}{F+}$	33.4	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, presencia de horizonte compacto, textura arcillosa.	41.5	2.2
		11	$\frac{F+/F-}{F-}$	37.5	Bajo contenido de N en el suelo, alto contenido de Fe, Zn y S, presencia de horizonte compacto, textura arcillosa.	43.9	2.2
		12	$\frac{F+}{F-/F+}$	35.3	Bajo contenido de N en el suelo, alto contenido de Fe, Zn y S, presencia de horizonte compacto, textura arcillosa.	41.7	2.2
		17	F-	36.3	Bajo contenido de M.O. y N en el suelo, alto contenido de Fe, presencia de horizonte compacto y textura arcillosa.	45.2	2.6

Simbología: 1) M: Familia textural franca (Texturas francas, arenas francas, franco arenosa, franco limosa), F-: Texturas finas (franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso), F+: Texturas arcillosas (franco arcillosa, arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa), Gg: Gravas finas y gruesas 2) Símbolos: ---: divide el perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm . M.O. materia orgánica, N. nitrógeno, S. azufre, Zn. zinc, Fe. hierro. ξ : Sobre un máximo posible de 56.5.

3.1.4 Textura.

Comúnmente se observaron texturas franco arenosas, franco limosas, franco arcillo arenosas, franco arcillo limosas, franco arcillosas y arcillosas en los horizontes Ap y Ad, predominando las franco arenosas y franco arcillo limosas. En los horizontes inferiores se presentó una mayor diversidad textural como arenas francas, arenas medias, franco arenosas, franco arcillo arenosas, franco arcillo limosas, franco arcillosas y arcillosas (Cuadro 4). El tipo de arcilla presente pertenece a las del tipo 2:1, ya que se observó que durante la época seca se forman grietas sobre la superficie del suelo y durante la época de lluvias estas grietas se cierran (las arcillas se contraen y expanden), causando así daño físico a las raíces.

3.1.5 Estructura y poros.

En la mayor parte del área estudiada se presentaron estructuras de bloques angulares y subangulares finos, medianos y gruesos, también se presentaron en menor porcentaje estructuras granular media en horizontes superiores, laminar gruesa y prismas medianos en horizontes inferiores (Cuadro 4). Esta variabilidad en cuanto a estructura le da un valor intermedio en la escala de índices de calidad a los suelos estudiados, pero una gran oportunidad de mejorarlos. En los perfiles descritos se observó la presencia de poros tubulares de diferentes tamaños, la mayoría conectados, con excepción de los perfiles que presentaron horizontes compactos Ad en los que la presencia de poros es dominada por poros vesiculares de todos los tamaños (Cuadro 4), influyendo de esta manera en el drenaje interno del suelo.

3.1.6 Resistencia a la penetración de raíces.

Se observaron resistencias a la penetración de raíces menores a los 2.75 kg/cm^2 en los horizontes Ap (horizonte superficial), no así en la mayoría de los horizontes del subsuelo en donde se presentaron valores arriba de los 2.75 kg/cm^2 , llegando algunos de estos a tener valores por encima de los 4.5 kg/cm^2 horizontes Ad (pie de arado) (Cuadro 4). Esto representa una limitante para el crecimiento y desarrollo de las raíces, ya que estos horizontes Ad (pie de arado) se presentan a una profundidad promedio de 25 cm, como consecuencia la profundidad efectiva del suelo se reduce, restringiendo así la absorción de nutrientes por parte de la planta.

Cuadro 4. Descripción de las características morfológicas y físicas de los suelos representativos de las áreas dedicadas a la producción de plátano en la finca La Pita, San Pedro Sula, 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-(g)	Ap	0-48	2.5Y 3/3		FA		bsa m d	fr	fm t c f	fmf f	1.55	p c
		Bw	48-98	2.5Y 4/2		FARL		bsa g d	fr	m v f, f t c f	fmfg p	1.3	p c
		C	98-107	2.5Y 4/4		A		bsa f d	fr	fmf t c m	a	1.15	
2	M	Ap	0-24	2.5Y 3/2		FA		bsa m d	fr	m v p, f t c p	tt m	1.5	p c
		Ad	24-54	10YR 2/2		FA		bsa m d	fr	fmf t c f	g p	2.8	p c
		Bw	54-105	2.5Y 3/2		FA	presencia de carbón 1%	bsa g m	fr	fmf t c m	g p	0.8	
3	M/F- F-	Ap	0-17	10YR3/1		FA		bsa m m	fr	f v m, f t c m	fmfg p	1.21	p c
		Ad	17-22	10YR 3/3		FA		bsa m d	fr	f t c f	mf p	3.05	p c
		Ab	22-30	10YR 2/1		FARa		ba f m	fr	f t c m, g v p	fmf p	2.25	p c
		Btg	30-43	10YR 3/2		FARa		bsa m m	fr	f v p	mf p	3	p c
		Bt ₂	43-77	7.5YR 3/2		FARa		bsa g d	fr	gfmf t c f	p	2.95	p c
		2Ab	77-94	10YR 2/1		FARa		bsa m m	fr	fmf t c f	mf p	3.9	
4	M/F- F-	Ap	0-28	2Y 3/2		FA		bsa m d	fr	f t c m	tt m	0.78	p c
		Bw	28-35	2.5Y 3/3		FA		ba m d	fr	f t c p	mf p	1.95	p c
		Ab	35-42	10YR 2/1		FARL		bsa m d	fr	mf t c f	mf p	2.5	p c
		Btg	42-54	2.5Y3/1		FARa		bsa g d	fr	fm t c p	gfmf p	1.06	p c
		Bt ₂	54-75	10YR 2/2		FARa		bsa m d	fr	fmf t c m	gfmf f	0.29	o c
		2Ab	75-100	10YR 2/1		FARa		bsa m d	fr	fmf t c f	mf p	1.13	

Unidad de mapeo: 1) 1) M: Familia textural franca (Texturas francas, arenas francas, franco arenosa, franco limosa). F-: Texturas finas (franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso). Ff: Texturas arcillosas (franco arcillosa, arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa). Gg: Gravetas finas y gruesas 2) Símbolos: ---: divide el perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm. **Textura:** F: franco, A: arena, AF: arena franca, FA: franco arenoso, FL: franco limoso, Ar: arcilla, FAR: franco arcilloso, FARa: franco arcillo arenoso, FARL: franco arcillo limoso. **Estructura:** 1) Forma: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. 2) Tamaño: tt: todos tamaños, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos, f: finos, mf: muy finos. 3) Grado: d: débil, f: fuerte, m: moderado. **Consistencia:** fr: friable. **Poros:** 1) Tamaño: f: finos, mf: muy finos, g: gruesos, m: medianos, tt: todos tamaños. 2) Forma: v: vesicular, t: tubular 3) Cantidad: p: pocos, m: muchos, f: frecuentes, a: ausentes. 4) Continuidad: c: continuos, d: discontinuos. **Raíces:** 1) Cantidad: m: muchas, p: pocas, f: frecuentes, a: ausentes. 2) Tamaño: f: finas, mf: muy finas, g: gruesas, tt: todos tamaños. **Límite:** 1) Topografía: p: plano, o: ondulado. 2) Nitidez: c: claro, d: difuso, a: abrupto

Cuadro 4. 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
5	F- F-/g	Ap	0-36	7.5YR 4/2		FArL		bsa m m	fr	fmf t c m, g t c f, g v f	fmf f	1.8	p c
		Bw	36-81	10YR 4/6		FArA		bsa g d	fr	gfmf t c f, g v m	fmf f	1.6	p c
		C	81-108	10YR 4/1		AF		bsa f d	fr	fmf t c m	f p	0.8	
6	M F-	Ap	0-40	2.5Y 3/2		FL		bsa g f	fr	g t c p, f t c f	g p	1.45	p c
		C	40-100	2.5Y 4/2		FArL		l g d	fr	fmf t c p	f p	0.68	
7	F-	Ap	0-36	10YR 2/1		FArL		bsa g m	fr	fmf t c f, g t c p	fmf m, g p	3.6	o c
		Ad	36-60	10YR 2/2		FArA		bsa m m	fr	f t c f	fmf p, g f	3.58	p c
		Ad ₂	60-76	10YR 3/3		FArL		bsa m m	fr	fmf t c f	gfmf p	3.21	p c
		Bt	76-94	2.5YR 3/1		FArL		bsa fg d	fr	mf t c f	f p	3.6	p c
		Bt ₂	94-102	7.5YR 3/3		FArL		bsa m d	fr	f t c f	mf p	2.8	
8	M	Ap	0-30	10YR 3/2		FA		bsa m m	fr	gfmf t c f	g p	1.35	p c
		Ab	30-45	10YR 2/1		FA		bsa g m	fr	fmf t c m	g p	1.75	p c
		Bw	45-110	10YR 3/3		FA		bsa m f	fr	g t c p, fmf t c m	m p	0.35	

Unidad de mapeo: 1) M: Familia textural franca (Texturas francas, arenas francas, franco arenosa, franco limosa), F-: Texturas finas (franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso), F+: Texturas arcillosas (franco arcillosa, arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa), Gg: Gravas finas y gruesas 2) Símbolos: ---: divide el perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm. **Textura:** F: franco, A: arena, AF: arena franca, FA: franco arenoso, FL: franco limoso, Ar: arcilla, FAr: franco arcilloso, FArA: franco arcillo arenoso, FArL: franco arcillo limoso. **Estructura:** 1) Forma: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. 2) Tamaño: tt: todos tamaños, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos, f: finos, mf: muy finos. 3) Grado: d: débil, f: fuerte, m: moderado. **Consistencia:** fr: friable. **Poros:** 1) Tamaño: f: finos, mf: muy finos, g: gruesos, m: medianos, tt: todos tamaños. 2) Forma: v: vesicular, t: tubular. 3) Cantidad: p: pocos, m: muchos, f: frecuentes, a: ausentes. 4) Continuidad: c: continuos, d: discontinuos. **Raíces:** 1) Cantidad: m: muchas, p: pocas, f: frecuentes, a: ausentes. 2) Tamaño: f: finas, mf: muy finas, g: gruesas, tt: todos tamaños. **Límite:** 1) Topografía: p: plano, o: ondulado. 2) Nitidez: c: claro, d: difuso, a: abrupto.

Cuadro 4. 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
9	F-	Ap	0-45	7.5YR 3/2		FArL		bsa f m	fr	gf t c f, g v p fmf t c m, m v f,	fmf m	3.45	p c
	F+	Ad	45-62	10YR 3/3		FAr		ba g m	fr	g t c p	fmf f	3.7	p c
		C	62-100	10YR 3/2		FAr		bsa g m	fr	fmf t c m, g t c p	fmf p	3.2	
10		Ap	0-23	2Y 2.5/1		FArL		bsa, mf, m	fr	gf t c p	gfmf p	3	p c
		Ad	23-33	10YR 3/1		FArL		bsa, m, d	fr	gfmf t c f	fmf p	> 4.5	p c
	F-	Bt	33-45	2.5Y 3/1		FArL		bsa, g, m	fr	gf t c p	mf p	3.29	p c
	M/F-	E	45-57	10YR 3/2		FA		bsa, g, m	fr	fmf t c m	fmf p	4.15	p c
		Ab	57-65	7.5YR 3/1		FArL		bsa, m, d	fr	fmf t c f	gmf p	> 4.5	p c
		Ab ₂	65-86	10YR 3/2		FArL		bsa, m, d bsa, m y f, m	fr	fmf t c f	fmf p	3.95	p c
11		Btb	86-100	10YR 2/2		FArL			fr	fmf t c f	mf p	3.87	
		Ap	0-30	2.5Y 2.5/1		ArL		bsa g m	fr	fmf t c m, g t c p	tt m	1.85	p c
		Ad	30-42	5Y 2.5/2		FArL		bsa g m	fr	m v p, f t c f	fmf f	2.95	p c
	F+/F-	Ad ₂	42-70	2.5Y 2.5/1		FArL		bsa m m	fr	f t c p	fmf p	3.5	p c
	F-	Bt	70-90	10YR 3/2		FArL		bsa g m	fr	g v p, f t c m	mf p	3.29	p c
	Bt ₂	90-109	10YR 2/2		FArL		p m d	fr	f t c p, f v p	mf p	2.4		
12		Ap	0-25	10YR 3/2		FAr	5% grava	bsa m m	fr	g v f	fmf p	1.5	p c
		Ad	25-40	2.5Y 3/1		FAr		p m d	fr	m v f, f t c p	fmf p	2.85	p c
	F+	Bw	40-58	10YR 3/2		FArL		bsa g m	fr	mf v p	f p	2.65	p c
	F-/F+	Bt	58-86	7.5YR 2.5/2		FAr		bsa m m	fr	mf v p	mf p	3.2	p c
		Ab	86-100	7.5Y 2.5/1		Ar		bsa m m	fr	f t c f	mf p	1.35	

Unidad de mapeo: 1) M: Familia textural franca (Texturas francas, arenas francas, franco arenosa, franco limosa), F-: Texturas finas (franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso), F+: Texturas arcillosas (franco arcillosa, arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa), Gg: Gravas finas y gruesas 2) Símbolos: ---: divide el perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm. **Textura:** F: franco, A: arena, AF: arena franca, FA: franco arenoso, FL: franco limoso, Ar: arcilla, FAr: franco arcilloso, FArA: franco arcillo arenoso, FArL: franco arcillo limoso. **Estructura:** 1) Forma: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. 2) Tamaño: tt: todos tamaños, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos, f: finos, mf: muy finos. 3) Grado: d: débil, f: fuerte, m: moderado. **Consistencia:** fr: friable. **Poros:** 1) Tamaño: f: finos, mf: muy finos, g: gruesos, m: medianos, tt: todos tamaños. 2) Forma: v: vesicular, t: tubular. 3) Cantidad: p: pocos, m: muchos, f: frecuentes, a: ausentes. 4) Continuidad: c: continuos, d: discontinuos. **Raíces:** 1) Cantidad: m: muchas, p: pocas, f: frecuentes, a: ausentes. 2) Tamaño: f: finas, mf: muy finas, g: gruesas, tt: todos tamaños. **Límite:** 1) Topografía: p: plano, o: ondulado. 2) Nitidez: c: claro, d: difuso, a: abrupto.

Cuadro 4. 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
13	M	Ap	0-24	7.5YR 3/1		FA		bsa m d	fr	f t c f	f m f g f	2.2	p c
		Ad	24-50	10YR 3/2		FA		ba g d	fr	f v p	f p	4.12	p c
		Bt	50-74	7.5YR 3/2		FA		bsa m m	fr	m v p	g p	3.3	p c
		Ab	74-94	10YR 2/1		FA		bsa m m	fr	f m f t c f	f p	1.62	
14	M/F-g	Ap	0-25	10YR 4/4		FA		bsa f d	fr	f m f t c m, g t c p	tt m	1.7	p c
		Btg	25-30	10YR 3/2		FArL		bsa f d	fr	f v m, f g t c f	g f p	2.25	p c
		C	30-54	7.5YR 4/2		AF		bsa g d	fr	f m f t c m	g f m f p	2.9	o c
		C ₂	54-10	2.5Y 5/3		A		bsa g d	fr	f m f t c m	a	0.5	
15	F-/M	Ap	0-32	10YR 3/3		FArL		g g f	fr	g v m	f m f m	1.1	p c
		Ad	32-52	10YR 3/4		FA		m	fr	f t d p	f p	> 4.5	p c
		Ad ₂	52-80	7.5YR 3/2		FArA		bsa m d	fr	g f t c p	f p	4.2	p c
		Bt	80-106	10YR 3/3		FA		bsa m m	fr	g t c p, f m f t c f	a	2.35	
16	M/F-	Ap	0-15	10YR 2/2		FA		g f m	fr	g v m	tt m	0.33	p c
		Btg	15-45	7.5YR 3/1		FArA		bsa m g f	fr	f m f t c f	g f p	2.25	p c
	M	C	45-100	10YR 3/2		FA		bsa g m	fr	m v f, g m g t c f	f p	3	

Unidad de mapeo: 1) M: Familia textural franca (Texturas francas, arenas francas, franco arenosa, franco limosa), F-: Texturas finas (franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso), F+: Texturas arcillosas (franco arcillosa, arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa), Gg: Gravas finas y gruesas 2) Símbolos: ---: divide el perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm. **Textura:** F: franco, A: arena, AF: arena franca, FA: franco arenoso, FL: franco limoso, Ar: arcilla, FAr: franco arcilloso, FArA: franco arcillo arenoso, FArL: franco arcillo limoso. **Estructura:** 1) Forma: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. 2) Tamaño: tt: todos tamaños, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos, f: finos, mf: muy finos. 3) Grado: d: débil, f: fuerte, m: moderado. **Consistencia:** fr: friable. **Poros:** 1) Tamaño: f: finos, mf: muy finos, g: gruesos, m: medianos, tt: todos tamaños. 2) Forma: v: vesicular, t: tubular 3) Cantidad: p: pocos, m: muchos, f: frecuentes, a: ausentes. 4) Continuidad: c: continuos, d: discontinuos. **Raíces:** 1) Cantidad: m: muchas, p: pocas, f: frecuentes, a: ausentes. 2) Tamaño: f: finas, mf: muy finas, g: gruesas, tt: todos tamaños. **Límite:** 1) Topografía: p: plano, o: ondulado. 2) Nitidez: c: claro, d: difuso, a: abrupto.

Cuadro 4. 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
17	F+	Ap	0-20	7.5YR 2.5/1		FAr		bsa m f	fr	g t c f, f mf t c m	tt m	0.85	p c
		Ad	20-70	10YR 2/2		FAr		bsa m m	fr	f mf t c f	f mf f	4.1	p c
		Bw	70-100	10YR 3/4		FAr		bsa f m	fr	f mf t c p	f p	3.7	
18	F-/M g/F-	Ap	0-14	10YR 3/2		FArA		g bsa g m	fr	f mf t c m	tt m	0.5	p c
		Ad	14-35	10YR 3/3		FArA		ba g d	fr	mf v p	mf g p	> 4.5	p c
		Bt	35-49	7.5YR 3/4		FA		bsa m g m	fr	f v f	f mf f	1.4	p c
		Ab	49-68	10YR 2/1		AF		bsa f d	fr	f mf v m	f mf f	0.13	p c
		2C	68-86	2.5Y 4/4		AF		bsa f d	fr	f mf t c m	f mf f	0.54	p c
		2Ab ₂	86-103	7.5YR 3/4		FArA		bsa g m	fr	f v p, f m t c p	mf p	4	
19	F-/M g/F-	Ap	0-35	10YR 4/4		FArL		bsa g d	fr	f v m, f mf g t c m	g f, f mf p	2.1	p c
		Bt	35-60	2.5Y 4/4		FA		bsa g d	fr	m v f, f mf t c m	f mf p	1.7	p c
		C	60-97	2.5Y 4/1		A		bsa m d	fr	f mf t c m	f mf p	0.5	o c
		2AC	97-109	2.5Y 3/3		FArA	2 % piedra	bsa f d	fr	f mf t c m	f p	0.7	
20	F-/M M/g	Ap	0-10	10YR 2/1		FArA		bsa g m	fr	f v m, f mf t c m	tt m	0.64	p c
		Ad	10-32	2.5Y 2.5/1		FA		bsa m g m	fr	f mf v p	f mf p	4.3	p c
		Ab	32-50	10YR 2/1		FArA		bsa g m	fr	mv p, f t c p	f mf g p	2.6	p c
		Bt	50-60	10YR 2/2		FA		bsa m d	fr	f mf t c f	f mf f	1.45	p c
		2Ab ₂	60-70	10YR 2/1		AF		bsa f d	fr	f mf t c m	f mf f, g p	0.35	p c
		C	70-92	10YR 3/4		A		bsa f d	fr	f mf t c m	f mf f	0	

Unidad de mapeo: 1) M: Familia textural franca (Texturas francas, arenas francas, franco arenosa, franco limosa), F-: Texturas finas (franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso), F+: Texturas arcillosas (franco arcillosa, arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa), Gg: Gravas finas y gruesas 2) Símbolos: ---: divide el perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm. **Textura:** F: franco, A: arena, AF: arena franca, FA: franco arenoso, FL: franco limoso, Ar: arcilla, FAr: franco arcilloso, FArA: franco arcillo arenoso, FArL: franco arcillo limoso. **Estructura:** 1) Forma: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. 2) Tamaño: tt: todos tamaños, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos, f: finos, mf: muy finos. 3) Grado: d: débil, f: fuerte, m: moderado. **Consistencia:** fr: friable. **Poros:** 1) Tamaño: f: finos, mf: muy finos, g: gruesos, m: medianos, tt: todos tamaños. 2) Forma: v: vesicular, t: tubular. 3) Cantidad: p: pocos, m: muchos, f: frecuentes, a: ausentes. 4) Continuidad: c: continuos, d: discontinuos. **Raíces:** 1) Cantidad: m: muchas, p: pocas, f: frecuentes, a: ausentes. 2) Tamaño: f: finas, mf: muy finas, g: gruesas, tt: todos tamaños. **Límite:** 1) Topografía: p: plano, o: ondulado. 2) Nitidez: c: claro, d: difuso, a: abrupto.

Cuadro 4. 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
21	M/F- F-/g	Ap	0-20	7.5YR 2.5/1		FA		bsa m m	fr	g t c p, f mf t c f	tt m	0.46	p c
		Ab	20-50	10YR 2/2		FARa		bsa m m	fr	f mf t c f	f g p	1.95	p c
		Bw	50-73	7.5YR 3/2		FARa		bsa g m	fr	f t c f	f mf g p	1.06	p c
		Ab ₂	73-90	10YR 2/1		AF		bsa m d	fr	f mf t c m	f mf g p	0.8	p c
		C	90-105	10YR 2/2		AF		bsa m f d	fr	f mf t c f	a	0.6	
22	M/F- M/g	Ap	0-30	10YR 3/2		FA		bsa m m	fr	f v p, f t c f	f mf p	2.1	p c
		Ad	30-52	10YR 3/3		FARa		bsa m m	fr	f t c f	mf p	3.15	p c
		Bt	52-76	7.5YR 3/3		FA		ba m d	fr	f v p, mf t c f	f mf f	1.2	p c
		2Ab	76-90	10YR 2/1		AF		bsa m d	fr	f mf t c m	mf p	0.5	p c
		C	90-100	10YR 3/4		AF		bsa m d	fr	f mf t c f	mf p	1.25	
23	M/g F-	Ap	0-27	2.5Y 3/3		FA		bsa g m	fr	f mf t c m	tt m	1.15	p c
		C	27-67	2.5Y 5/4		AF		bsa g d	fr	f mf t c m	f mf g p	1.75	p c
		2Btg	67-76	5YR 4/1		FARL		bsa m m	fr	f v f	mf p	2.21	p c
		2Bt	76-107	7.5YR 2.5/3		FARL		bsa m d	fr	f mf v f	f mf p	1.85	
24	F-	Ap	0-50	2.5Y 3/2		FARL		bsa m g m	fr	g t c f, m v p	f mf p	1.3	p c
		Bw	50-100	2.5Y 4/3		FARL		l g d	fr	m t c f	f p	1	

Unidad de mapeo: 1) M: Familia textural franca (Texturas francas, arenas francas, franco arenosa, franco limosa), F-: Texturas finas (franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso), F+: Texturas arcillosas (franco arcillosa, arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa), Gg: Gravas finas y gruesas 2) Símbolos: ---: divide el perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm. **Textura:** F: franco, A: arena, AF: arena franca, FA: franco arenoso, FL: franco limoso, Ar: arcilla, FAR: franco arcilloso, FARa: franco arcillo arenoso, FARL: franco arcillo limoso. **Estructura:** 1) Forma: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. 2) Tamaño: tt: todos tamaños, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos, f: finos, mf: muy finos. 3) Grado: d: débil, f: fuerte, m: moderado. **Consistencia:** fr: friable. **Poros:** 1) Tamaño: f: finos, mf: muy finos, g: gruesos, m: medianos, tt: todos tamaños. 2) Forma: v: vesicular, t: tubular 3) Cantidad: p: pocos, m: muchos, f: frecuentes, a: ausentes. 4) Continuidad: c: continuos, d: discontinuos. **Raíces:** 1) Cantidad: m: muchas, p: pocas, f: frecuentes, a: ausentes. 2) Tamaño: f: finas, mf: muy finas, g: gruesas, tt: todos tamaños. **Límite:** 1) Topografía: p: plano, o: ondulado. 2) Nitidez: c: claro, d: difuso, a: abrupto

3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS

3.2.1 Materia orgánica.

Los contenidos de materia orgánica se presentaron en niveles bajos en la mayoría de los perfiles descritos con valores entre 1.34 % y 5.05 %, a excepción de los perfiles uno y dos (lote Cruce Abajo) que presentaron los valores más bajos de materia orgánica con niveles de 0.65 % (Cuadro 5). Estos contenidos de materia orgánica afectan directamente en los índices de salud y calidad de suelos dentro de la finca.

3.2.2 Reacción del suelo (pH).

Se presentaron valores de pH variables que fueron desde neutro a moderadamente alcalino, pero siempre con tendencia a la alcalinidad (Cuadro 5). Con estos rangos de pH en el suelo es de esperar una condición adecuada para la absorción de macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio con excepción de azufre) y molibdeno, no así para los micronutrientes (cobre, hierro, manganeso, zinc y boro).

3.2.3 Macronutrientes.

El contenido de nitrógeno fue bajo con valores que oscilaron entre 0.03 % a 0.25 %. El fósforo se presentó en valores altos a muy altos, con un rango de 24 a 423 mg/kg. El potasio presentó variación en sus niveles, observándose valores de 152 a 704 mg/kg, sin embargo, los suelos estudiados no presentaron valores por debajo del rango óptimo de potasio en el suelo, aun en los lotes que poseen alto contenido de arcilla. El calcio fue variable ya que se presentó en valores bajos de 1,500 mg/kg a muy alto de 7,100 mg/kg, generando esta situación una saturación arriba del 70% lo que podría afectar la disponibilidad del fósforo, magnesio y potasio. Las concentraciones de magnesio se encuentran en niveles altos, con un valor mínimo de 180 mg/kg y un máximo de 740 mg/kg, sin embargo, presentaron una saturación baja de dicho elemento, principalmente en las áreas con alto contenido de arcilla. Los niveles de azufre en su mayoría fueron altos presentando un valor máximo de 103 mg/kg, con excepción del perfil siete que presentó el valor más bajo de 11 mg/kg (Cuadro 5).

3.2.4 Micronutrientes.

El cobre en la mayoría de las áreas se encontró a niveles altos con un valor máximo de 8.2 mg/kg y un mínimo de 2.9 mg/kg. Los contenidos de hierro fueron altos, presentando valores por encima de los niveles óptimos con un máximo de 492 mg/kg y un mínimo de 105 mg/kg. El manganeso se presentó en niveles variables con un rango de 53 a 190 mg/kg. El zinc se encontró a niveles altos, por encima de los niveles óptimos con un rango de 2.1 a 18 mg/kg. El contenido de boro fue variable y se encontró dentro de los niveles medios, presentando un rango de 0.4 a 2 mg/kg (Cuadro 5). A pesar de los niveles altos de micronutrientes en el suelo, se debe considerar su disponibilidad tomando en cuenta los valores de pH que presentaron dichos suelos.

Cuadro 5. Características químicas de los suelos de 00 a 30 cm de la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras, 2005.

Perfil #	Textura	pH	%		mg/kg									
			M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
1	FA	8.01	0.65	0.03	61	324	5150	250	26	3.7	184	128	3.8	2.0
2	FA	8.22	0.65	0.03	24	412	5100	180	27	2.9	242	125	2.1	0.7
3	FA	7.36	2.29	0.11	104	212	2620	270	15	3.0	176	115	3.0	0.6
4	FA	8.21	2.02	0.10	128	334	3220	220	18	2.6	105	86	2.5	0.8
8	FA	7.59	1.85	0.09	292	322	5300	370	24	4.2	221	136	11.2	1.0
13	FA	7.61	1.72	0.09	166	494	3480	240	16	3.6	154	110	5.4	0.9
14	FA	7.69	1.34	0.07	186	358	5100	320	22	3.5	178	100	6.3	0.4
16	FA	6.88	1.78	0.09	268	704	2420	310	21	4.5	234	122	8.1	0.8
21	FA	6.82	3.82	0.19	423	206	1860	260	31	5.4	187	82	18.0	1.3
22	FA	6.67	2.79	0.14	316	208	2070	250	28	4.8	342	81	10.0	1.1
23	FA	6.62	1.39	0.07	316	152	1500	220	15	3.0	137	53	10.0	0.6
6	FL	8.10	1.88	0.09	44	278	5950	280	70	6.1	492	129	4.4	0.4
18	FArA	7.53	2.50	0.13	334	570	3150	310	40	7.0	217	106	13.0	1.6
20	FArA	6.97	3.12	0.16	395	618	2220	320	42	7.3	278	83	16.0	1.7
5	FArL	7.91	2.12	0.11	33	172	5400	240	23	5.2	203	175	3.5	0.8
7	FArL	7.38	2.52	0.13	58	246	3780	280	11	4.5	212	162	2.6	0.5
9	FArL	7.80	3.33	0.17	201	324	6450	410	40	8.2	360	119	9.4	0.8
10	FArL	7.69	3.20	0.16	95	352	4200	320	16	5.5	303	158	3.7	0.7
15	FArL	7.51	2.56	0.13	67	390	3660	400	14	5.7	258	172	2.6	0.5
19	FArL	7.90	1.79	0.09	61	490	6500	280	28	5.1	180	163	4.6	0.9
24	FArL	7.99	2.61	0.13	67	332	7100	400	103	7.0	452	190	6.0	0.6
17	FAr	6.61	3.44	0.17	64	288	4000	500	18	7.5	323	110	3.3	0.7
12	FAr	7.44	4.16	0.21	132	546	5150	520	30	7.1	364	111	11.7	1.0
11	ArL	7.41	5.05	0.25	138	418	5160	740	22	7.7	299	145	9.6	0.9

M.O. = Materia orgánica.

3.3 ESTADO NUTRICIONAL DE LAS PLANTAS

De acuerdo a los resultados de laboratorio obtenidos y tomando como base los niveles foliares óptimos de nutrientes (Cuadro 6), se pudo observar que los niveles de nitrógeno son óptimos en la mayoría de las plantas, a pesar de sus niveles bajos y muy bajos en el suelo. Sin embargo, en las plantas ubicadas en los perfiles 9 a 12 los niveles de nitrógeno fueron bajos, afectando directamente la producción ya que existe una deficiencia de nutrientes dentro de la planta., los perfiles 18 a 23 presentaron niveles muy altos, estos niveles de nitrógeno podrían estar afectando la producción favoreciendo el crecimiento vegetativo. Los niveles de fósforo se encontraron en su rango óptimo al igual que el calcio. El magnesio se encontró en su mayoría en niveles óptimos a pesar de la baja saturación de este elemento en el suelo, en algunos casos (perfiles 5, 6, 7,11 y 24) se presentaron niveles altos pero no muy por encima de los rangos óptimos como para afectar la producción. El potasio se encontró dentro del rango óptimo, con excepción de los perfiles 1, 2, 6, 12,14 y 24 donde se presentaron niveles altos de potasio. Los niveles de azufre fueron bajos en todos los lotes a pesar de su nivel alto en los suelos, lo cual indica que existe algún factor de biodisponibilidad que limita la absorción de este nutriente. El cobre se presentó en niveles altos a óptimos en todos los lotes, los niveles de hierro fueron óptimos en la mayoría de los casos con excepción de las plantas ubicadas en el perfil 12 que presentaron deficiencia de este nutriente. El manganeso se encontró en niveles bajos a muy bajos en las plantas de los perfiles 1, 2, 12,14 y 19; el resto de los lotes no presentaron problemas con este nutriente. El zinc presentó niveles bajos en la mayoría de los lotes con excepción de las plantas ubicadas en los perfiles 3, 4, 18, 20, 21,22 y 23 donde se presentaron niveles óptimos. El boro en la mayoría de los casos se encontró en niveles óptimos a altos a pesar de su contenido medio en el suelo con excepción de las plantas ubicadas en los perfiles 18, 20, 21,22 y 23 donde se observaron deficiencias para este nutriente (Cuadro 6).

3.4 CALIDAD DE LOS SUELOS

Dentro de la finca se presentaron diferencias entre los índices de calidad actual de suelos encontrados, esto debido a la variabilidad de características físicas, químicas y morfológicas presentes. Los suelos estudiados presentaron un índice de calidad actual promedio de 37.5, el cual puede ser llevado a un índice de calidad potencial promedio de 45.7 sobre un máximo posible de 56.5. Esta diferencia entre los índices de calidad actual y potencial del suelo demuestra que actualmente se está desaprovechando un 18 % del potencial del suelo (Anexo 2). El índice potencial se puede lograr con la aplicación de enmiendas al suelo dirigidas a corregir las limitantes que estén presentes (Cuadro 3 y Anexo 3).

3.5 SALUD DE LOS SUELOS

Los suelos de la finca presentaron valores de salud en los rangos de saludable a salud media, ubicándose la mayoría de los perfiles descritos dentro del rango de suelos con salud media. En general los suelos de la finca presentaron un valor promedio de salud de suelos de 2.6, presentándose un valor máximo de 3.1 y un mínimo de 2.1 sobre un máximo posible de 4 (Anexo 4).

Cuadro 6. Niveles foliares de nutrientes en las áreas de producción de plátano de la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.

Ubicación	%						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Cruce abajo perfil 1	3.10	0.24	4.11	0.56	0.3	0.15	11	91	87	18	31
Cruce abajo perfil 2	3.19	0.26	3.87	0.64	0.32	0.14	12	85	74	17	38
Lote 2 perfiles 3 y 4	2.85	0.27	3.62	0.65	0.31	0.16	10	85	242	35	22
Lote 8 perfil 5	3.07	0.2	3.75	0.71	0.34	0.15	8	131	112	17	38
Cruce abajo perfiles 6 y 24	2.59	0.22	4.11	0.67	0.34	0.15	8	101	140	17	36
Lote 2 perfil 7	2.37	0.32	3.67	0.62	0.35	0.21	8	83	133	19	20
Lote 9 perfil 8	2.96	0.27	3.82	0.64	0.31	0.14	8	95	103	12	39
Lote 8 perfil 9	2.00	0.33	3.75	0.50	0.32	0.17	6	106	124	19	36
Lote 2 perfil 10	2.12	0.30	3.84	0.53	0.33	0.17	6	89	201	19	21
Lote 2 perfil 11	2.08	0.31	3.54	0.64	0.38	0.19	6	84	152	19	27
Lote 1 perfil 12	2.30	0.31	3.86	0.62	0.32	0.17	7	71	63	18	29
Lote 1 perfil 13	2.86	0.23	3.49	0.69	0.31	0.16	8	104	108	18	27
Lote Cruce arriba perfil 14	2.95	0.25	3.85	0.60	0.3	0.12	10	82	57	15	33
La Isla perfil 19	3.50	0.24	3.70	0.58	0.31	0.14	11	88	97	17	33
Lote 3 perfiles 18, 20, 21, 22 y 23	3.49	0.25	3.44	0.70	0.3	0.14	10	97	198	29	16

Niveles óptimos	%						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	2.3	0.2	3.3	0.4	0.2	0.25	6	75	100	20	20
	3.0	0.3	3.8	1.0	0.3	0.50	25	300	700	40	30

En las áreas donde se ubican los perfiles 15, 16 y 17 (lotes cinco y cuatro respectivamente) no se determinaron análisis foliares, debido a que las plantas no presentaron el tamaño y la madurez fisiológica adecuados para el análisis.

3.6 DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DONDE SE DETERMINÓ RENDIMIENTO

3.6.1 Propiedades morfológicas y físicas.

En las áreas de alto rendimiento se observó la presencia de texturas livianas (franco arenosas) en los primeros treinta 30 cm; en los perfiles descritos en las áreas de rendimiento medio se observó una mayor variabilidad textural en los primeros 30 cm de suelo con la presencia de texturas livianas (franco arenosas, franco limosa) y texturas medias (franco arcillo limoso). Por el contrario, en las áreas de bajo rendimiento se pudo observar la presencia de texturas más pesadas (franco arcillosas y arcillosas) en los primeros 30 cm de suelo. En la mayoría de las áreas prevaleció la estructura de bloques subangulares de tamaño medio, con excepción de algunos perfiles de las áreas de rendimiento medio y bajo que presentaron estructuras laminares y prismáticas, respectivamente. La presencia de horizontes compactos se dio principalmente en las áreas de baja producción donde se pueden observar valores de resistencia a la penetración de raíces mayores a 2.75 kg/cm^2 , lo cual representa una limitante para el buen desarrollo de las raíces y limita la absorción de nutrientes por la planta. En el caso de las áreas de rendimiento alto y medio este factor de compactación del suelo se da en menor escala ya que solamente uno de los perfiles en cada área presenta este problema (Cuadro 7).

3.6.2 Propiedades químicas.

Se observaron valores de pH desde ligeramente alcalino hasta alcalino, presentándose los valores más altos en las áreas de alto rendimiento y los más bajos en las áreas de bajo rendimiento. Los contenidos de materia orgánica fueron en general bajos con excepción de los perfiles 11 y 12 dentro de las áreas de bajo rendimiento, que presentaron los valores más altos de materia orgánica dentro de la finca. Los contenidos de macronutrientes, como el nitrógeno, fueron bajos en todas las áreas presentando los valores más altos en las áreas de bajo rendimiento, por el contrario el resto de macronutrientes (fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) se presentaron en niveles altos en todas las áreas. En el caso de los micronutrientes como, hierro, cobre y zinc sus niveles fueron altos en todas las áreas donde se evaluó rendimiento, mientras que los contenidos de manganeso y boro se encontraron en un rango medio en el suelo (Cuadro 8).

3.6.3 Estado nutricional de las plantas.

En las plantas ubicadas en las áreas de bajo rendimiento se presentaron deficiencias de nitrógeno a pesar de su contenido en el suelo, no se observaron deficiencias de fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso, hierro y boro en las áreas donde se evaluó rendimiento. Sin embargo, se pudo apreciar la deficiencia de azufre y zinc en todas las áreas donde se evaluó rendimiento, para el caso del cobre se presentaron niveles adecuados en las áreas de bajo rendimiento, no así en las áreas de rendimiento alto y medio donde se observaron niveles ligeramente altos en relación a los niveles óptimos requeridos por el cultivo (Cuadro 9).

Cuadro 7. Características físicas de los suelos de acuerdo al nivel de rendimiento en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.

Rendimiento	Perfil	Unidad de mapeo	Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)
Alto	1	<u>M</u>	Ap	0-48	FA	bsa m d	1.55
		F-(g)	Bw	48-98	FArL	bsa g d	1.30
	2	M	Ap	0-24	FA	bsa m d	1.50
			Ad	24-54	FA	bsa m d	2.80
	3	<u>M/F-</u>	Ap	0-17	FA	bsa m m	1.21
		F-	Ad	17-22	FA	bsa m d	3.05
	4	<u>M/F-</u>	Ap	0-28	FA	bsa m d	0.78
		F-	Bw	28-35	FA	ba m d	1.95
Medio	5	<u>F-</u>	Ap	0-36	FArL	bsa m m	1.80
		F-/g	Bw	36-81	FArA	bsa g d	1.60
	6	<u>M</u>	Ap	0-40	FL	bsa g f	1.45
		F-					
	7	F-	Ap	0-36	FArL	bsa g m	3.60
			Ad	36-60	FArA	bsa m m	3.58
	8	M	Ap	0-30	FA	bsa m m	1.35
			Ab	30-45	FA	bsa g m	1.75
Bajo	9	<u>F-</u>	Ap	0-45	FArL	bsa f m	3.45
		F+	Ad	45-62	FAr	ba g m	3.70
	10	<u>F-</u>	Ap	0-23	FArL	bsa, mf, m	3.00
		<u>M/F-</u>	Ad	23-33	FArL	bsa, m, d	> 4.50
	11	<u>F+/F-</u>	Ap	0-30	ArL	bsa g m	1.85
		F-	Ad	30-42	FArL	bsa g m	2.95
	12	<u>F+</u>	Ap	0-25	FAr	bsa m m	1.50
		F-/F+	Ad	25-40	FAr	p m d	2.85

Unidad de mapeo: 1) M: Familia textural franca (Texturas francas, arenas francas, franco arenosa, franco limosa), F-: Texturas finas (franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso), F+: Texturas arcillosas (franco arcillosa, arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa), Gg: Gravas finas y gruesas 2) Símbolos: ---: divide el perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm. **Textura:** F: franco, A: arena, AF: arena franca, FA: franco arenoso, FL: franco limoso, Ar: arcilla, FAr: franco arcilloso, FArA: franco arcillo arenoso, FArL: franco arcillo limoso. **Estructura:** 1) Forma: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. 2) Tamaño: tt: todos tamaños, m: medianos, g: gruesos, mg: muy gruesos, f: finos, mf: muy finos. 3) Grado: d: débil, f: fuerte, m: moderado.

Cuadro 8. Características químicas de los suelos de acuerdo al nivel de rendimiento en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.

Rendimiento	Perfil #	%			mg/kg									
		pH	M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Alto	1	8.0	0.65	0.03	61	324	5150	250	26	3.7	184	128	3.8	2.0
	2	8.2	0.65	0.03	24	412	5100	180	27	2.9	242	125	2.1	0.7
	3	7.3	2.29	0.11	104	212	2620	270	15	3.0	176	115	3.0	0.6
	4	8.2	2.02	0.10	128	334	3220	220	18	2.6	105	86	2.5	0.8
Medio	5	7.9	2.12	0.11	33	172	5400	240	23	5.2	203	175	3.5	0.8
	6	8.1	1.88	0.09	44	278	5950	280	70	6.1	492	129	4.4	0.4
	7	7.3	2.52	0.13	58	246	3780	280	11	4.5	212	162	2.6	0.5
	8	7.5	1.85	0.09	292	322	5300	370	24	4.2	221	136	11.2	1.0
Bajo	9	7.8	3.33	0.17	201	324	6450	410	40	8.2	360	119	9.4	0.8
	10	7.6	3.20	0.16	95	352	4200	320	16	5.5	303	158	3.7	0.7
	11	7.4	5.05	0.25	138	418	5160	740	22	7.7	299	145	9.6	0.9
	12	7.4	4.16	0.21	132	546	5150	520	30	7.1	364	111	11.7	1.0
Nivel adecuado		6.5	2.00	0.20	13	150	1000	180	20	1.70	56	28	1.7	0.50
		7.5	4.00	0.50	30	280	2500	250	80	3.4	112	112	3.4	1.00

M.O.= Materia orgánica

Cuadro 9. Niveles foliares de nutrientes, de acuerdo al nivel de rendimiento en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.

Rendimiento	Perfil #	Ubicación	%						mg/kg					
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
Alto	1	Cruce abajo	3.10	0.24	4.11	0.56	0.3	0.15	11	91	87	18	31	
	2	Cruce abajo	3.19	0.26	3.87	0.64	0.32	0.14	12	85	74	17	38	
	3	Lote 2	2.85	0.27	3.62	0.65	0.31	0.16	10	85	242	35	22	
	4	Lote 2	2.85	0.27	3.62	0.65	0.31	0.16	10	85	242	35	22	
Medio	5	Lote 8	3.07	0.2	3.75	0.71	0.34	0.15	8	131	112	17	38	
	6	Cruce abajo	2.59	0.22	4.11	0.67	0.34	0.15	8	101	140	17	36	
	7	Lote 2	2.37	0.32	3.67	0.62	0.35	0.21	8	83	133	19	20	
	8	Lote 9	2.96	0.27	3.82	0.64	0.31	0.14	8	95	103	12	39	
Bajo	9	Lote 8	2.00	0.33	3.75	0.5	0.32	0.17	6	106	124	19	36	
	10	Lote 2	2.12	0.3	3.84	0.53	0.33	0.17	6	89	201	19	21	
	11	Lote 2	2.08	0.31	3.54	0.64	0.38	0.19	6	84	152	19	27	
	12	Lote 1	2.30	0.31	3.86	0.62	0.32	0.17	7	71	63	18	29	
Niveles óptimos			%						mg/kg					
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
			2.3	0.2	3.3	0.4	0.2	0.25	6	75	100	20	20	
3.0	0.3	3.8	1.0	0.3	0.50	25	300	700	40	30				

3.7 RELACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SALUD Y CALIDAD DE SUELOS CON LA PRODUCCIÓN

3.7.1 Relación entre la condición del suelo con el rendimiento.

La condición de alto rendimiento del cultivo tuvo el índice de salud de suelos más alto en relación a las áreas de los demás niveles de producción; para el nivel medio de producción se observó un valor de salud intermedio entre la condiciones de alto y bajo rendimiento, mientras que la condición de bajo rendimiento presentó el valor de salud de suelos más bajo (Cuadro 10). En cuanto a la calidad de los suelos, se observó que la diferencia entre la calidad para las condiciones de alto y medio rendimiento fueron mínimas, sin embargo se pudo observar que el valor más bajo de calidad de suelos correspondió al nivel de producción bajo (Cuadro 10). Las condiciones físicas y químicas entre los niveles altos y medio fueron similares presentándose en el nivel alto de producción un valor más alto en cuanto a calidad física se refiere. Quiere decir esto que las diferencias en producción se deben en este caso a factores ajenos a los suelos, siendo probablemente debido a condiciones de manejo. Las condiciones físicas de los suelos para los niveles de baja producción presentaron un mayor grado de compactación y texturas más arcillosas. Sin embargo, la mejoría potencial del suelo es mayor en las zonas de alto rendimiento con lo cual al mejorar las condición del suelo se puede mejorar el rendimiento, esta mejoría potencial es menor en las áreas de rendimiento medio y bajo, pero se presenta una mejor capacidad de mejoría en las áreas de bajo rendimiento en comparación con la de rendimiento medio (Cuadro 10).

Cuadro 10. Índices de salud, calidad actual y calidad potencial de suelos de acuerdo a niveles de rendimiento.

Nivel de rendimiento	Índices en el suelo			
	Salud	Calidad actual	Calidad potencial	Mejoría potencial
Alto	3.1	39.1	47.8	8.7
Medio	2.5	38.8	46.4	7.6
Bajo	2.2	35.7	43.6	7.9

3.7.2 Relación entre la condición del suelo con las variables de producción.

Se observó que los valores más altos para las variables de producción: dedos de primera, dedos por racimo, altura de planta, peso del racimo y peso por dedo se encontraron en el nivel de producción alto, presentando diferencias estadísticamente significativas con respecto a los otros niveles de rendimiento; también se observó que los valores intermedios para variables antes mencionadas corresponden al nivel medio de rendimiento, presentando el valor más alto para la variable dedos de segunda y dedos de merma en relación a el nivel de rendimiento alto. En el nivel de bajo rendimiento se reportaron los valores más altos para las variables dedos de tercera y dedos de merma, afectando esto en forma negativa la producción de dichas áreas. El nivel de alto rendimiento presentó el valor de aprovechamiento del racimo más alto mientras que el valor más bajo de aprovechamiento se observó en el nivel de rendimiento bajo. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para las variables dedos de segunda calidad y calidad de suelos, sin embargo se puede apreciar que el índice de calidad más alto corresponde a el nivel de rendimiento alto y el valor más bajo de calidad se presentó en el nivel bajo de rendimiento (Cuadro 11).

Cuadro 11. Relación entre los índices de calidad y salud de suelos con las variables agronómicas y de producción.

Nivel de rendimiento	Altura de planta (m)	Número (#)						Peso/dedo (g)	Peso total dedos (kg)	%		Valor	
		Manos/racimo	Dedos primera	Dedos segunda	Dedos tercera	Dedos merma	Dedos/racimo			Merma	Aprovechamiento	Salud de suelo	Calidad de suelo
Alto	2.6 ^{aξ}	5.3 ^a	25 ^a	6	3 ^a	1 ^a	35 ^a	320 ^a	11.2 ^a	4 ^a	96 ^a	3.1 ^a	39.1
Medio	1.9 ^b	5.1 ^{ab}	7 ^b	5	7 ^b	7 ^{ab}	26 ^b	240 ^b	6.0 ^b	29 ^{ab}	71 ^a	2.5 ^b	38.8
Bajo	1.2 ^c	4.5 ^b	1 ^b	2	6 ^b	17 ^b	26 ^b	170 ^b	4.5 ^b	61 ^b	39 ^b	2.2 ^c	35.7

ξ = Medias con la misma letra en la misma columna, no difieren estadísticamente, Duncan ($p \leq 0.05$).

3.7.3 Relación entre la salud del suelo con las variables de producción.

De acuerdo al análisis de correlación realizado entre los índices de calidad y salud de suelo, se aprecia que los índices de salud de suelos presentaron correlaciones significativas entre las variables agronómicas y de producción estudiadas con excepción de las variables dedos de segunda y tercera calidad por racimo y correlaciones negativas con las variables porcentaje de merma por racimo y dedos de merma por racimo, donde la mejor correlación se observó con las variables dedos de primera/racimo, peso de dedos/racimo y altura de planta (Cuadro 12). Esto indica que existe una estrecha relación entre la salud del suelo con el potencial de producción del mismo. El mismo análisis de correlación se realizó con los índices de calidad de suelo, pero en este caso no se encontró una correlación que fuera estadísticamente significativa entre dichos índices con las variables de producción evaluadas. Esta falta de correlación puede deberse a que dentro de los índices de calidad de suelo únicamente se consideran los factores abióticos del suelo, lo que conlleva a que estos índices no alcancen a establecer una relación más real con el potencial productivo de los suelos. Sin embargo no quiere decir que los índices de calidad no puedan ser aplicados al cultivo de plátano, ya que se observó que los valores más bajos de calidad correspondieron a las áreas con bajo rendimiento, al igual que los valores más altos de calidad se presentaron en las áreas de rendimiento alto.

Cuadro 12. Correlaciones entre salud de suelos y variables de producción.

Variable	Unidad	Índice de Salud de suelo
Manos/ racimo	(#)	0.70
Dedos primera	(#)	0.95
Dedos merma	(#)	-0.79
Dedos/racimo	(#)	0.72
Peso/dedo	(kg)	0.89
Peso total dedos	(kg)	0.92
Merma	%	-0.86
Aprovechamiento	%	0.79
Altura de planta	(m)	0.93

Prueba de correlación Pearson ($P \leq 0.05$).

3.7.4 Predicción de la producción.

Para las variables de peso de racimo y número de dedos de primera se realizó un análisis de regresión tomando en cuenta los índices de salud de suelos y los índices de calidad de suelos, sin embargo no se observó significancia para la variable índices de calidad de suelos; las ecuaciones de regresión para las variables peso de racimo y dedos de primera en relación a los índices de salud de suelos se presentan a continuación.

Peso de racimo vs salud del suelo:

$$P_{\text{rac}} = - 11.6 + 7.26 \text{ ISS} \quad [1]$$

Donde P rac: peso de racimo (kg)

ISS: Índice de salud de suelos

R²: 82.3 P ≤ 0.05 Pendiente: 7.26

Dedos de primera vs salud del suelo:

$$\text{Ded } 1^{\text{ra}} = - 56.9 + 26.1 \text{ ISS} \quad [2]$$

Donde Ded 1^{ra}: Número dedos primera/ racimo

ISS: Índice de salud de suelos

R²: 90 P ≤ 0.05 Pendiente: 26.1

Donde ISS representa la variable índice de salud de suelos, la cual debe ser determinada de con la utilización de la guía de salud de suelos desarrollada por la universidad de Wisconsin. Con la aplicación de la ecuación [1] se puede observar que se tienen valores positivos a partir de un valor de 1.6 para el índice de salud de suelo, de igual manera se puede obtener un peso máximo de 17.44 kg tomando en cuenta las condiciones en las que se realizó este estudio y para un valor máximo de salud de suelos de cuatro. De acuerdo a la ecuación [2] el valor crítico del índice de salud de suelos para obtener valores positivos es de 2.2. Esto indica que para las condiciones de suelos con salud deteriorada los rendimientos económicos serán bajos en comparación con un suelos que presenten condiciones de buena salud, ya que, como se observa en la ecuación [1] por cada punto que se aumente en la salud de suelo se obtiene una ganancia de 7.26 kg por racimo teniendo como límite un valor máximo de salud de suelos de cuatro, el mismo razonamiento se aplica en la ecuación [2] en donde por cada punto que se mejore la salud del suelo se tiene una ganancia de 2.61 dedos de primera calidad por racimo.

3.8 BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Y FERTILIZACIÓN.

En la mayoría de los casos (Cuadro 6) no se observaron problemas de disponibilidad de nutrientes, sin embargo elementos menores como el azufre y el zinc se observó una baja disponibilidad, ya que sus niveles en el suelo son adecuados pero no así en el follaje (Anexo 16). La baja disponibilidad de zinc puede deberse a los altos contenidos de fósforo en el suelo, ya que, este elemento ocasiona problemas de antagonismo con el zinc (Foth *et al.* 1997) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Recomendaciones de manejo de la fertilización, tomando en cuenta las situaciones de disponibilidad de nutrientes observados en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.

Estado actual del nutriente		Recomendación
Suelo	Foliar	
Muy alto	Bajo	Problemas de disponibilidad, mejorar la fertilización.
Alto	Bajo	
Alto	Muy alto	Bajar la fertilización con cuidado + observación en el campo de síntomas.
Muy alto	Optimo	
Alto	Optimo	
Alto	Alto	
Muy alto	Alto	
Bajo	Optimo	Mantener la fertilización + monitoreo frecuente de nivel foliar.
Muy bajo	Optimo	
Bajo	Muy alto	
Medio	Optimo	
Muy bajo	Optimo	
Medio	Alto	

En la actualidad el plan de fertilización dentro de la finca contempla a aplicación de elementos como nitrógeno, potasio y azufre a razón de 333, 140 y 209 kg/ha/año respectivamente. Sin embargo no se realizan aplicaciones de algunos como en el caso del fósforo, calcio y los elementos menores. Tomando en cuenta las situaciones de disponibilidad de nutrientes encontrados, en el anexo 15 se presenta un plan de fertilización basado en el actual plan de fertilización de la finca y la disponibilidad de nutrientes. Esta recomendación se debe mantener hasta que las condiciones de suelo cambien, lo que se determina a través del análisis de suelos.

4. CONCLUSIONES

Los valores de correlación entre los índices de salud de suelos y las variables de producción estudiadas son significativamente válidas, no así con los índices de calidad de suelo en donde se reportan correlaciones no significativas. La falta de correlación entre la calidad de los suelos y la producción probablemente se deba a la falta de consideración de factores bióticos y de manejo dentro de los índices de calidad de suelos.

El 73% del área de la finca corresponde a suelos clase III (arcillas livianas en los primeros 30 cm de suelo, sobre texturas francas y/o grava fina en los horizontes del subsuelo), el 20% del área son suelos clase II (texturas francas en los primeros 30 cm del perfil, sobre arcilla livianas y/o grava fina en los horizontes del subsuelo). Los suelos clase IV (arcillosos) corresponden a un 7% del área, mientras que sólo un 1% corresponde a suelos de clase I (francos).

La mayoría de los suelos de la finca presentaron una condición de salud media. Los suelos de la finca presentan una posibilidad de mejoría promedio de un 18% sobre el estado actual para poder alcanzar un índice potencial de 45.7 sobre un máximo posible de 56.5.

Las condiciones edáficas tanto físicas como químicas de la finca, son favorables para el cultivo de plátano en la mayoría de los lotes, presentándose en algunos casos limitantes físicas como compactación de los suelos, texturas arcillosas y deficiencias de drenaje.

Es necesario aplicar el plan de fertilización recomendado, para mejorar la disponibilidad de algunos nutrientes como el caso del zinc, azufre y boro.

5. RECOMENDACIONES

Adicionar como parámetros de evaluación de los índices de calidad factores biológicos que incidan en el potencial productivo de los suelos.

Acondicionar físicamente las áreas dentro de la finca que presentan suelos masivos y compactos, por medio de subsoleo a una profundidad de 60 cm en dirección de la pendiente y un segundo pase en forma diagonal a un ángulo de 45 grados. Mejorar las condiciones de drenaje mediante canales o hacer subsoleo con subsolador topo, en las áreas con suelos arcillosos.

Aplicar materia orgánica en las áreas donde se reportan niveles bajos y en los lotes con mayor presencia de arena.

Realizar un estudio de suelos tomando en cuenta la calidad y la salud de los suelos, en las nuevas áreas destinadas a producción.

Aplicar el plan de fertilización propuesto y dar seguimiento a su efectividad, monitoreando el estado nutricional de los lotes a través del análisis foliar.

6. BIBLIOGRAFÍA

Belálcazar, S. 1993. El cultivo del plátano en el trópico. Cali, Colombia. Impresora feriva Ltda. 358 p.

CATIE, 2004. Investigación y desarrollo de tecnologías limpias para musáceas, consultado el 26 de noviembre de 2004. (en línea). disponible en:
<http://www.catie.ac.cr/bancoconocimiento/M/MusainformaciongeneralPresentacion/MusainformaciongeneralPresentacion.asp?CodSeccion=336&MagSigla=TEMA>.

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

Fernández, V. 2003. Caracterización de tallada de los suelos de los sectores de Zorralles y Monte Redondo, El Zamorano, Honduras para el establecimiento y renovación de pasturas. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. 25 p.

Forestry, 2005. Forestry suppliers. Catalog. Mississippi. 239 p.

Foth, D.; Ellis, B.; 1997. Soil Fertility. 2 ed. CRC Press, Inc. Florida, Estados Unidos. 282 p.

Gauggel, C. 2004. Biodisponibilidad de Nutrientes. Curso de Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. Inédito. 8 p.

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

López, R.; Paz, F.; Cueva, J. 1992. Uso potencial de la tierra de la finca La Pita. San Pedro Sula, Honduras. Inédito. 17 p.

Ochoa, J. 2004. Evaluación de índices de calidad de suelos cultivados con banano en fincas comerciales típicas del valle de Sula, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. 49 p.

OIRSA, 2002. Manual de cultivo del plátano, consultado el 26 de noviembre de 2004. (en línea). Disponible en :
<http://www.oirsa.org/DTSV/Manuales/Manual10/Cultivo-de-Platano-02.htm>

Washable, 2000. Munsell soil color charts. Agricultura handbook. Editorial Gretag Macbeth. Estados Unidos. 35 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Propiedades y pesos usados para la evaluación de los índices de calidad morfológicos, físicos y químicos.

Propiedades	Peso en la ecuación	Valor máximo
Físicas		
Textura	0.60	6.0
Estructura	0.35	3.5
Drenaje	0.35	3.5
Profundidad efectiva	0.40	4.0
Fragmento grueso	0.45	4.5
Resistencia a penetración	0.35	3.5
Agua disponible	0.50	5.0
Índice de calidad física		30
Químicas		
pH	0.25	2.5
Materia orgánica	0.40	4.0
Nitrógeno	0.40	4.0
Fósforo	0.40	4.0
Potasio	0.40	4.0
Magnesio	0.10	1.0
Calcio	0.10	1.0
Cobre	0.10	1.0
Hierro	0.10	1.0
Manganeso	0.10	1.0
Zinc	0.10	1.0
Azufre	0.10	1.0
Boro	0.10	1.0
Índice de calidad química		26.5
Total		56.5

Anexo 2. Índices de calidad actual, potencial y óptimo para cada perfil caracterizado de los suelos representativos de las áreas dedicadas a la producción de plátano en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.

Perfil #	Índice actual	Índice potencial	Índice óptimo	IP-IA^Y
2	35.4	51.4	56.5	16.0
13	35.7	46.7	56.5	11.0
18	33.1	44.1	56.5	10.9
10	36.6	47.3	56.5	10.7
7	37.3	47.7	56.5	10.4
23	37.0	46.4	56.5	9.3
24	36.6	45.7	56.5	9.0
15	37.4	46.3	56.5	9.0
17	36.3	45.2	56.5	8.9
3	38.5	47.1	56.5	8.7
20	35.8	44.1	56.5	8.3
16	38.4	46.5	56.5	8.1
9	33.4	41.5	56.5	8.1
6	38.9	46.9	56.5	8.0
19	37.5	45.1	56.5	7.6
14	37.1	44.4	56.5	7.2
1	40.5	47.1	56.5	6.7
12	35.3	41.8	56.5	6.5
11	37.5	44.0	56.5	6.5
8	39.3	45.3	56.5	6.0
5	39.9	45.8	56.5	5.9
22	39.5	45.3	56.5	5.8
21	40.6	44.8	56.5	4.2
4	42.1	45.8	56.5	3.7

IP-IA^Y = Diferencia entre el índice de calidad actual y el índice de calidad potencial. Entre más alto sea su valor, mayor oportunidad de mejorar presenta el suelo.

Anexo 3. Índices de calidad actual y potencial de las propiedades del suelo de acuerdo las características de los suelos de la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.

Perfil	Textura		Estructura		Profundidad efectiva		Fragmento grueso		Resistencia a penetración		Agua disponible		Drenaje	
	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial
1	4.8	4.8	2.7	3.3	3.2	3.2	4.5	4.5	3.5	3.5	2.6	2.6	2.5	2.8
2	4.8	4.8	2.6	2.9	3.2	3.2	4.5	4.5	2.9	3.5	1.5	1.5	2.3	2.6
3	4.3	4.3	2.7	2.9	0.8	3.2	4.5	4.5	1.8	2.1	2.7	2.7	2.5	2.7
4	4.5	4.5	2.8	3.0	3.2	3.2	4.5	4.5	3.3	3.5	2.5	2.5	2.5	2.7
5	3.6	3.6	2.7	3.0	3.2	3.2	4.5	4.5	3.3	3.5	2.8	2.8	2.1	2.4
6	5.0	5.0	1.2	2.2	3.2	3.2	4.5	4.5	3.5	3.5	4.4	4.4	1.7	2.0
7	4.7	4.7	2.6	3.1	0.4	2.4	4.5	4.5	1.1	3.0	3.8	3.8	2.1	2.3
8	4.8	4.8	2.8	3.0	3.2	3.2	4.5	4.5	3.5	3.5	1.5	1.5	2.5	2.5
9	3.5	3.5	2.7	2.8	0.4	1.6	4.5	4.5	1.0	2.8	4.3	4.3	1.7	1.7
10	4.8	4.8	2.6	2.9	0.4	3.2	4.5	4.5	0.8	3.0	3.7	3.7	2.3	2.5
11	3.9	3.9	2.4	2.7	1.6	3.2	4.5	4.5	1.5	2.8	3.6	3.6	1.9	2.1
12	3.1	3.1	2.2	2.8	1.6	3.2	4.1	4.1	2.2	2.9	3.9	3.9	1.1	1.2
13	4.5	4.5	2.7	3.0	0.8	3.2	4.5	4.5	1.8	3.3	1.5	1.5	2.5	2.7
14	3.7	3.7	2.7	2.9	3.2	3.2	4.5	4.5	3.0	3.3	1.3	1.3	2.7	2.7
15	4.5	4.5	2.6	3.0	1.6	3.2	4.5	4.5	1.7	2.7	2.7	2.7	2.1	2.4
16	4.6	4.6	2.7	3.0	3.2	3.2	4.5	4.5	2.1	3.1	1.9	1.9	2.4	2.6
17	3.6	3.6	2.9	3.2	0.8	3.2	4.5	4.5	1.3	2.9	4.5	4.5	1.1	1.1
18	3.4	3.4	2.6	3.0	0.4	3.2	4.5	4.5	2.4	3.3	2.1	2.1	2.4	2.7
19	4.4	4.4	2.6	3.1	3.2	3.2	4.1	4.1	3.3	3.5	2.3	2.3	2.6	2.7
20	3.6	3.6	2.9	3.2	0.8	3.2	4.5	4.5	2.4	3.4	1.8	1.8	2.5	2.7
21	3.4	3.4	2.7	2.9	3.2	3.2	4.5	4.5	3.3	3.5	2.1	2.1	2.2	2.5
22	3.8	3.8	2.8	3.2	3.2	3.2	4.5	4.5	2.8	3.5	1.7	1.7	2.3	2.6
23	3.5	3.5	2.6	3.0	1.6	3.2	4.5	4.5	3.2	3.3	2.3	2.3	2.2	2.7
24	4.8	4.8	1.7	2.6	1.6	3.2	4.5	4.5	3.5	3.5	4.0	4.0	1.8	2.3

Anexo 3. Continuación

Perfil	pH		Materia orgánica		Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		
	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	
1	1.3	1.8	0.8	2.8	0.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.4	0.4	0.8	0.8
2	1.3	1.8	0.8	2.8	0.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.4	0.4	0.9	0.9
3	2.3	2.5	1.6	3.2	1.6	4.0	4.0	4.0	3.2	4.0	1.0	1.0	0.8	0.8	
4	1.3	1.8	1.6	3.2	1.6	4.0	4.0	4.0	3.6	4.0	0.7	0.7	0.8	0.8	
5	2.1	2.3	1.6	3.2	1.6	4.0	4.0	4.0	3.2	4.0	0.4	0.4	0.8	0.8	
6	1.3	1.8	1.2	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	3.6	4.0	0.4	0.4	0.7	0.7	
7	2.0	2.5	1.6	3.2	1.6	4.0	4.0	4.0	3.2	4.0	0.6	0.6	0.8	0.8	
8	1.8	2.3	1.6	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	3.6	4.0	0.4	0.4	0.5	0.5	
9	1.3	2.0	2.0	2.8	1.6	4.0	4.0	4.0	3.2	4.0	0.2	0.2	0.4	0.4	
10	1.8	2.3	2.0	3.2	1.6	4.0	4.0	4.0	3.2	4.0	0.4	0.4	0.6	0.6	
11	2.0	2.5	2.8	3.2	2.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.3	0.3	0.1	0.1	
12	2.0	2.5	2.52	3.2	1.6	4.0	4.0	4.0	2.8	4.0	0.3	0.3	0.4	0.4	
13	1.8	2.3	1.2	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	3.2	4.0	0.7	0.7	0.8	0.8	
14	1.8	2.3	0.8	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.4	0.4	0.6	0.6	
15	2.0	2.5	1.6	3.2	0.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.6	0.6	0.5	0.5	
16	2.5	2.5	1.2	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	2.8	4.0	1.0	1.0	0.6	0.6	
17	2.5	2.5	2.2	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.4	0.4	0.2	0.2	
18	2.0	2.5	1.6	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	2.8	4.0	0.7	0.7	0.6	0.6	
19	1.3	2.0	1.2	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	3.2	4.0	0.1	0.1	0.7	0.7	
20	2.5	2.0	2.0	3.2	1.6	4.0	4.0	4.0	2.8	4.0	0.9	1.0	0.6	0.6	
21	2.5	2.5	2.2	3.2	1.6	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.9	1.0	0.7	0.7	
22	2.5	2.5	1.2	3.2	1.6	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.9	1.0	0.8	0.8	
23	2.5	2.5	1.2	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	3.2	4.0	0.8	1.0	0.8	0.8	
24	1.3	2.0	1.6	3.2	0.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.2	0.2	0.4	0.4	

Anexo 3. Continuación

Perfil	Cobre		Hierro		Manganeso		Zinc		Azufre		Boro	
	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial	Índice actual	Índice potencial
1	0.80	0.80	0.5	0.5	0.8	0.8	0.9	0.9	0.6	0.6	1.0	1.0
2	0.80	0.80	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.7	1.0
3	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.0
4	0.8	0.8	0.80	0.80	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0
5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	1.0
6	0.7	0.7	0.2	0.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4	0.4	0.5	1.0
7	0.8	0.8	0.5	0.5	0.6	0.6	1.0	1.0	0.9	1.0	0.5	1.0
8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.7	0.7	0.3	0.3	0.6	0.6	1.0	1.0
9	0.4	0.4	0.2	0.2	0.8	0.8	0.3	0.3	0.2	0.2	0.8	1.0
10	0.6	0.6	0.3	0.3	0.6	0.6	0.7	0.7	1.0	1.0	0.7	1.0
11	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.2	0.2	0.6	0.6	0.9	1.0
12	0.6	0.6	0.3	0.3	0.8	0.8	0.2	0.2	0.5	0.5	1.0	1.0
13	0.9	0.9	0.5	0.5	0.9	0.9	0.7	0.7	1.0	1.0	0.9	1.0
14	0.8	0.8	0.5	0.5	0.9	0.9	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	1.0
15	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0
16	0.8	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8	1.0
17	0.3	0.3	0.3	0.3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	1.0
18	0.5	0.5	0.4	0.4	0.8	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.9	0.9
19	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.5	0.9	1.0
20	0.6	0.6	0.3	0.3	1.0	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8
21	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.9	0.9
22	0.7	0.7	0.3	0.3	1.0	1.0	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1.0
23	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	1.0	0.1	0.1	1.0	1.0	0.6	1.0
24	0.6	0.6	0.2	0.2	0.5	0.5	0.6	0.6	0.1	0.1	0.6	1.0

Anexo 4. Índices de salud de suelos para los perfiles de los suelos representativos de las áreas de producción de plátano en la finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.

Característica	Perfil							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Lombrices	4	4	3	3	3	3	3.0	3
Erosión	3	3	3	4	4	3	4.0	4
Facilidad de laboreo	4	4	4	4	3	2	3.0	3
Estructura de suelo	3	3	3	3	3	1	2.0	3
Color de suelo	3	4	4	4	3	2	4.0	4
Compactación	4	3	3	3	4	3	2.0	4
Infiltración de agua	3	3	3	3	4	2	2.0	4
Drenaje interno	4	4	4	4	3	2	2.0	2
Retención de agua	2	3	2	2	2	2	2.0	2
Descomposición	2	2	3	3	2	2	2.0	2
Fertilidad	2	2	3	3	2	2	2.0	2
Cobertura del suelo	4	4	4	4	4	4	4.0	4
Consistencia (húmedo)	4	4	4	3	4	3	3.0	4
Olor	3	2	4	4	2	2	3.0	2
Textura	4	4	3	3	2	2	3.0	4
Aireación del suelo	3	4	3	3	3	3	3.0	3
Actividad biológica	3	3	3	3	2	2	3.0	3
Profundidad efectiva	4	4	4	4	2	4	4.0	4
Materia orgánica	1	1	2	2	2	2	2.0	2
pH	1	1	2	1	1	1	2.0	1
Disponibilidad de nutrientes	2	2	2	2	2	2	2.0	2
Micronutrientes	2	2	2	2	2	2	2.0	2
Apariencia del cultivo	4	4	4	4	2	2	2.5	3
Deficiencia de nutrientes	4	4	3	3	2	2	2.0	2
Crecimiento del cultivo	4	4	3	3	2	2	2.0	2
Raíces	3	4	4	4	2	2	3.0	2
Tallo	4	4	4	4	2	2	3.0	2
Hojas	4	4	3	3	2	2	2.0	2
Resistencia a plagas y enfermedades	4	3	3	3	2	2	2.0	2
Salud humana	3	3	3	3	3	3	3.0	3
Salud animal	2	2	2	2	2	2	2.0	2
Fauna silvestre	3	3	3	3	3	3	3.0	3
Agua superficial	2	2	2	2	2	2	2.0	2
Total	102	103	102	101	83	75	85.5	89
Promedio	3.1	3.1	3.1	3.1	2.5	2.3	2.6	2.7

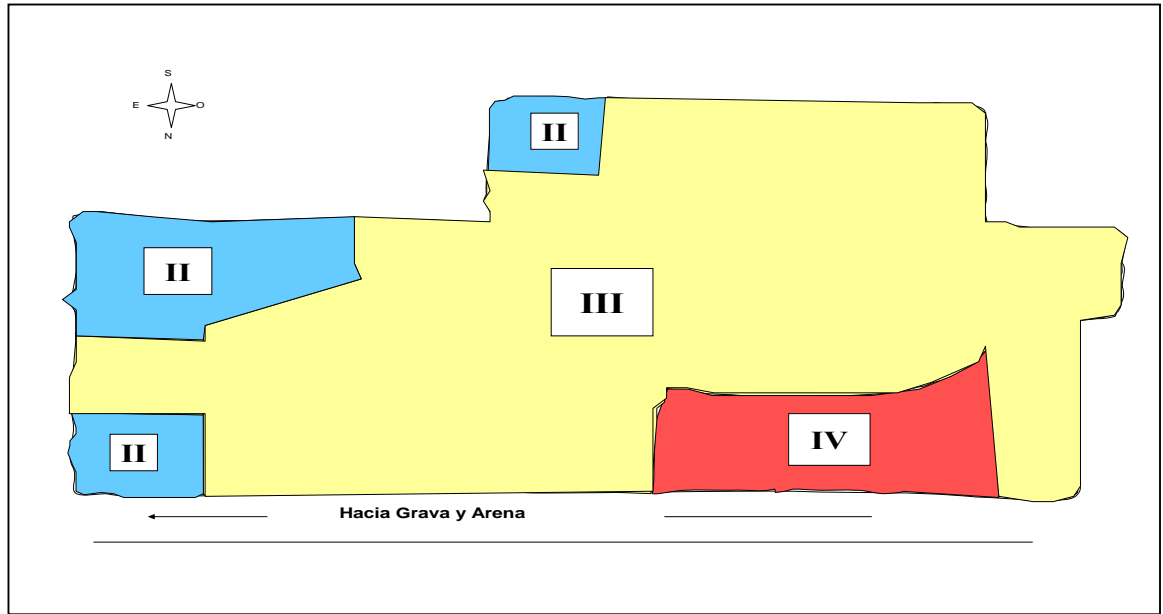
Anexo 4. Continuación

Característica	Perfil							
	9	10	11	12	13	14	15	16
Lombrices	2	3	2	3	2	4	2	3
Erosión	4	3	3	4	4	4	4	4
Facilidad de laboreo	2	2	2	2	4	4	2	4
Estructura de suelo	3	2	2	2	3	3	1	3
Color de suelo	4	2	4	3	4	2	3	4
Compactación	1	2	2	2	2	3	2	3
Infiltración de agua	2	2	1	2	3	3	2	4
Drenaje interno	2	2	1	2	4	4	2	4
Retención de agua	2	2	2	2	2	2	2	2
Descomposición	2	2	2	2	2	2	2	2
Fertilidad	2	2	2	2	2	2	2	2
Cobertura del suelo	4	3	3	4	4	4	4	4
Consistencia (húmedo)	4	3	4	4	4	4	4	4
Olor	2	2	3	2	2	3	2	4
Textura	1	1	1	1	4	3	3	4
Aireación del suelo	2	2	2	2	4	4	3	3
Actividad biológica	2	2	2	2	3	4	2	3
Profundidad efectiva	4	4	4	4	4	2	4	4
Materia orgánica	3	3	4	4	2	2	2	2
pH	1	1	2	2	1	1	1	2
Disponibilidad de nutrientes	2	2	2	2	2	2	2	2
Micronutrientes	2	2	2	2	2	2	2	2
Apariencia del cultivo	1	1	2	1	4	4	1	4
Deficiencia de nutrientes	1	1	1	1	2	4	1	2
Crecimiento del cultivo	1	1	1	2	4	4	2	4
Raíces	2	2	2	1	4	4	3	3
Tallo	1	1	1	1	4	4	2	4
Hojas	1	1	1	1	4	4	2	4
Resistencia a plagas y enfermedades	2	2	2	2	3	4	2	3
Salud humana	3	3	3	3	3	3	3	3
Salud animal	2	2	2	2	2	2	2	2
Fauna silvestre	3	3	3	3	3	3	3	3
Agua superficial	2	2	2	2	2	2	2	2
Total	72	68	72	74	99	102	76	103
Promedio	2.2	2.1	2.2	2.2	3.0	3.1	2.3	3.1

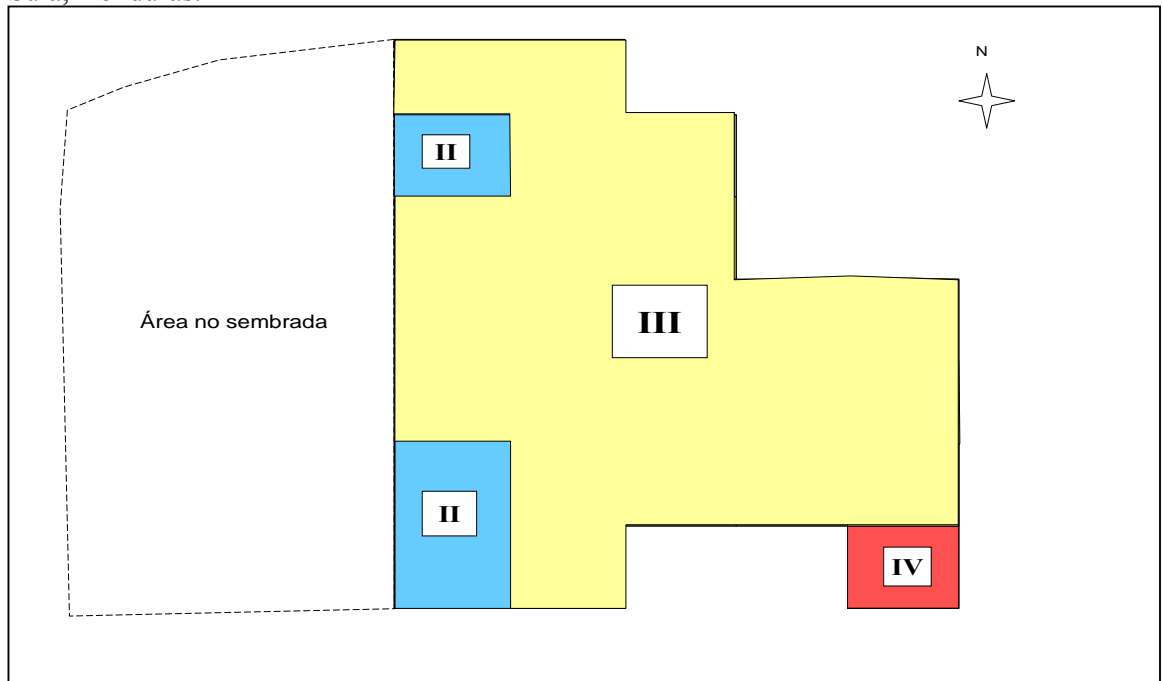
Anexo 4. Continuación

Característica	Perfil							
	17	18	19	20	21	22	23	24
Lombrices	2	2	3	2	2	3	2	3
Erosión	4	3	4	3	3	3	3	3
Facilidad de laboreo	2	3	3	2	3	3	4	2
Estructura de suelo	3	2	3	2	3	2	2	1
Color de suelo	3	2	2	3	4	3	2	2
Compactación	2	1	4	1	3	2	3	3
Infiltración de agua	2	2	3	3	2	2	3	2
Drenaje interno	2	2	4	2	3	2	4	2
Retención de agua	2	2	2	2	3	2	2	2
Descomposición	2	2	2	2	2	2	2	2
Fertilidad	2	2	2	2	2	2	2	2
Cobertura del suelo	4	4	4	4	4	4	4	4
Consistencia (húmedo)	4	3	4	3	4	3	4	3
Olor	2	2	3	2	2	2	2	2
Textura	2	3	3	2	3	3	2	2
Aireación del suelo	3	3	3	2	3	3	3	3
Actividad biológica	2	2	3	2	3	3	2	2
Profundidad efectiva	4	2	4	4	4	4	4	4
Materia orgánica	4	2	2	4	4	2	2	2
pH	2	1	1	2	2	2	2	1
Disponibilidad de nutrientes	2	2	2	2	2	2	2	2
Micronutrientes	2	2	2	2	2	2	2	2
Apariencia del cultivo	3	3	4	3	4	2	2	2
Deficiencia de nutrientes	2	2	4	2	3	2	2	2
Crecimiento del cultivo	3	3	4	3	3	3	2	2
Raíces	3	2	3	2.5	4	3	3	2
Tallo	3	3	4	3	4	1	1	2
Hojas	3	3	4	3	4	2	2	2
Resistencia a plagas y enfermedades	3	2	4	2	3	2	2	2
Salud humana	3	3	3	3	3	3	3	3
Salud animal	2	2	2	2	2	2	2	2
Fauna silvestre	3	3	3	3	3	3	3	3
Agua superficial	2	2	2	2	2	2	2	2
Total	87	77	100	81.5	98	81	82	75
Promedio	2.6	2.3	3.0	2.5	3.0	2.5	2.5	2.3

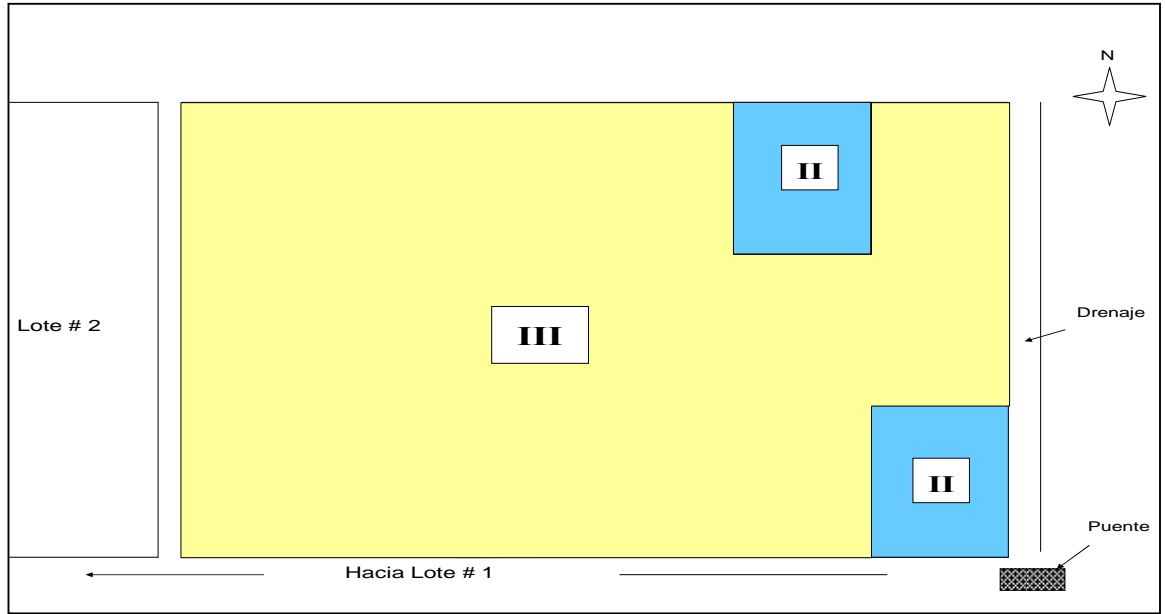
Anexo 5. Mapa de distribución de texturas en el lote # 8, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



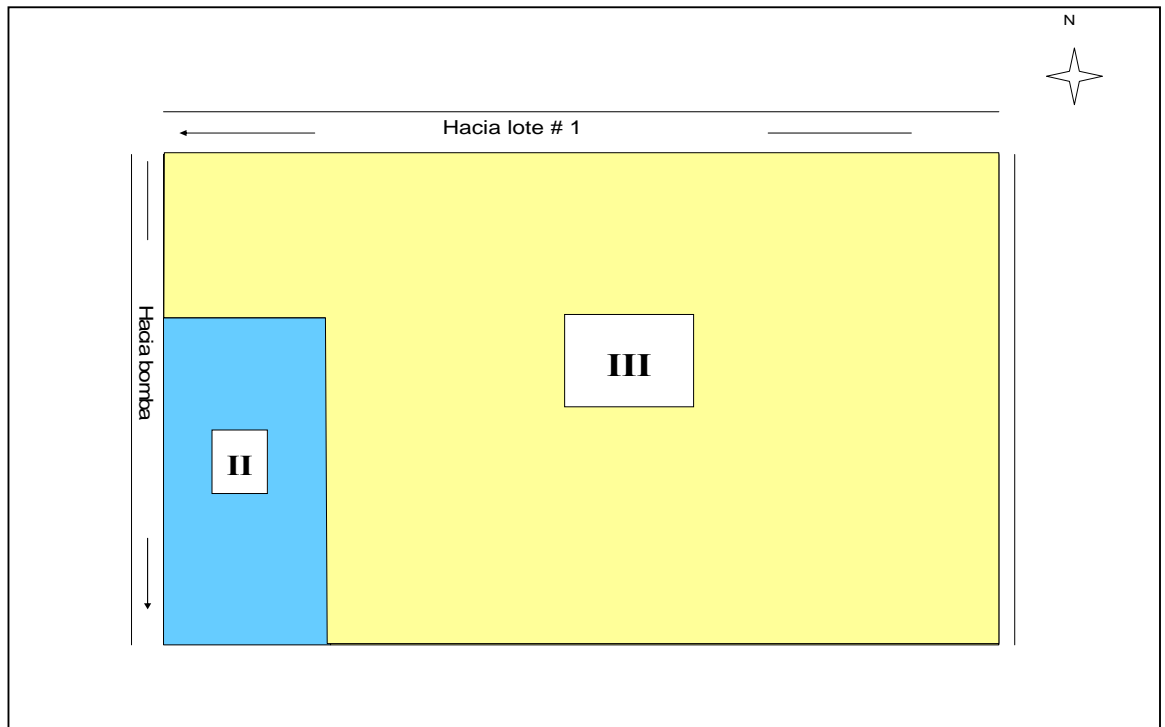
Anexo 6. Mapa de distribución de texturas en el lote La Isla, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



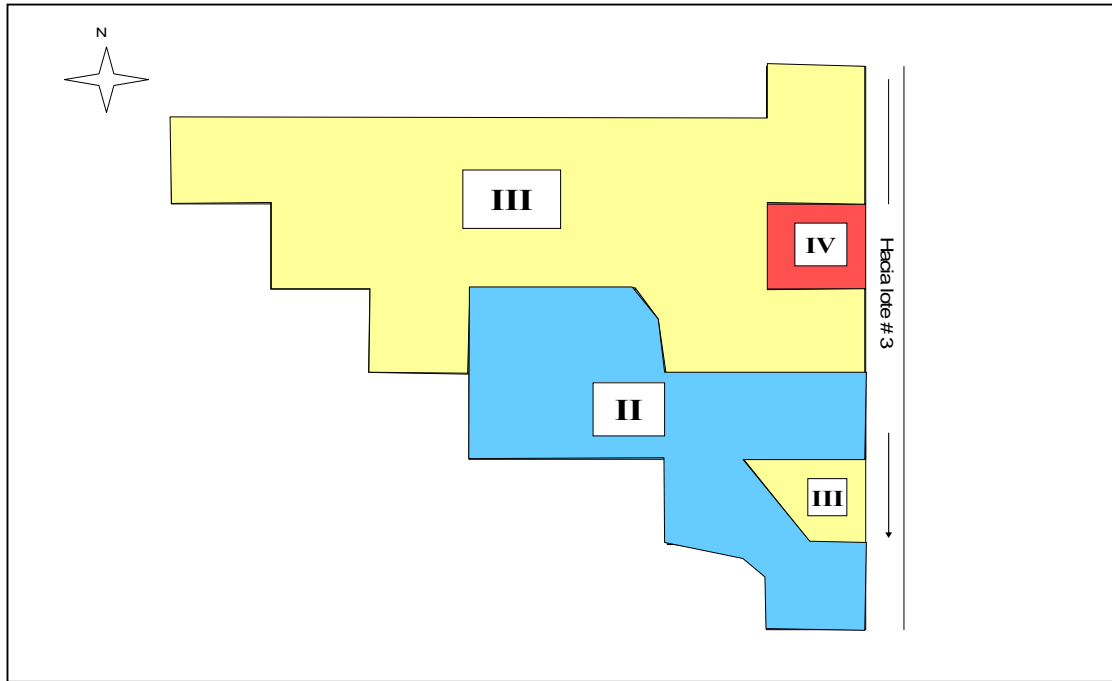
Anexo 7. Mapa de distribución de texturas en el lote # 4, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



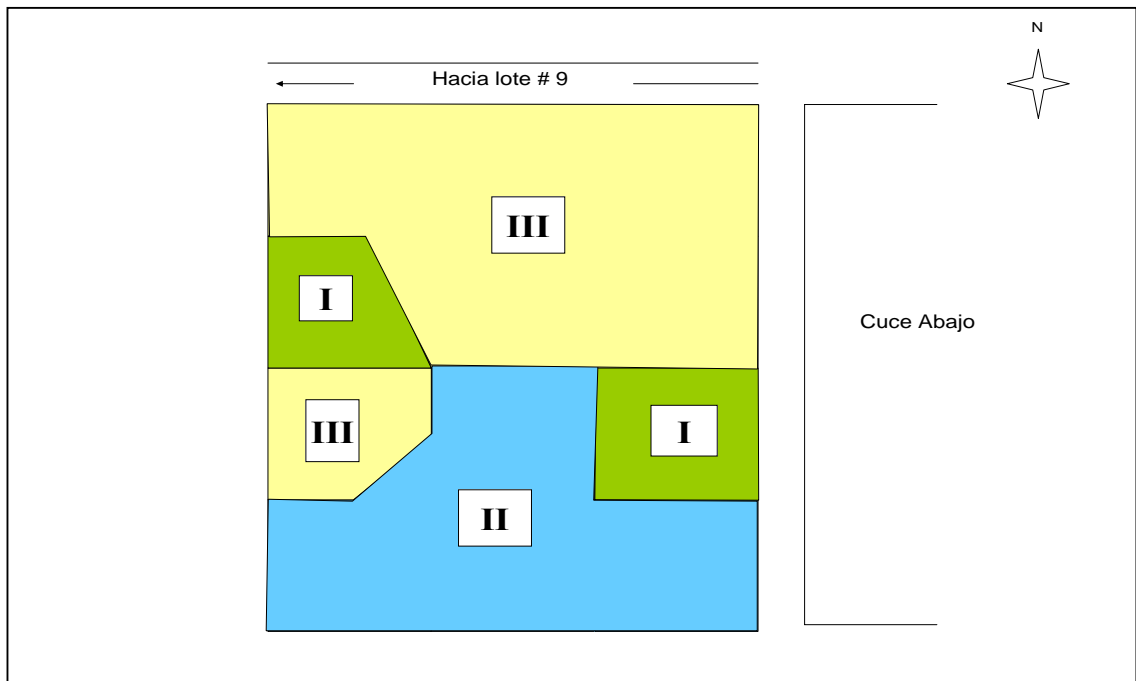
Anexo 8. Mapa de distribución de texturas en el lote # 5, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



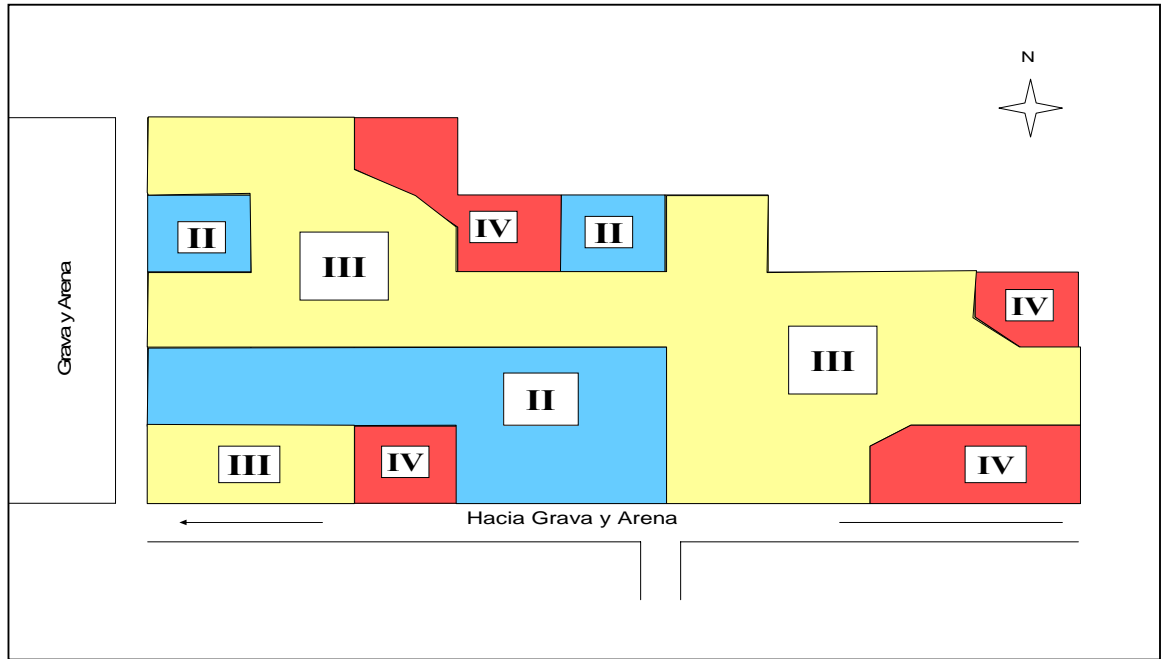
Anexo 9. Mapa de distribución de texturas en el lote # 1, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



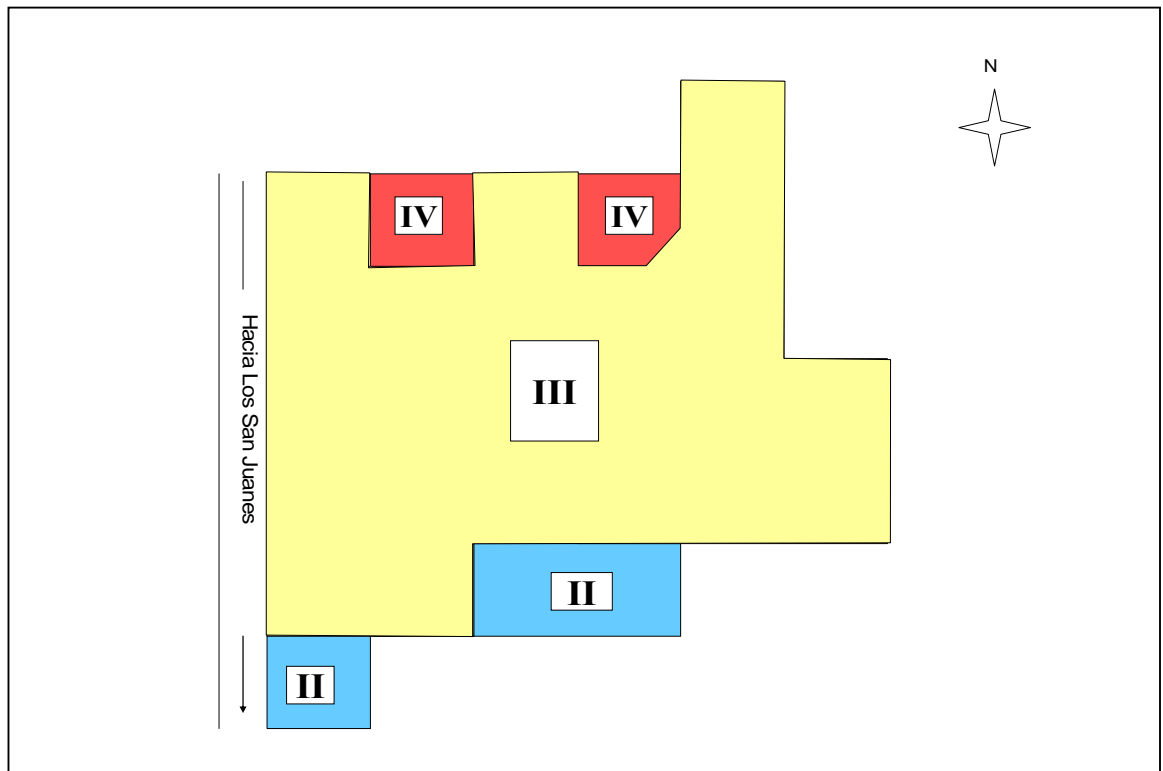
Anexo 10. Mapa de distribución de texturas en el lote Cruce Arriba, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



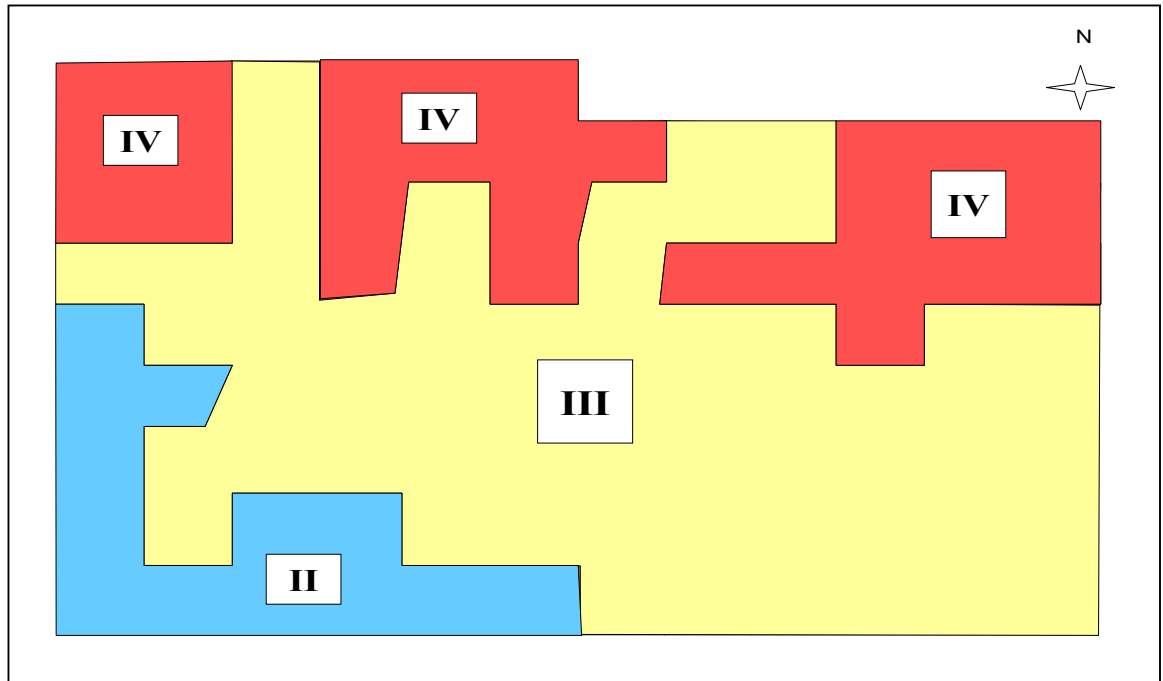
Anexo 11. Mapa de distribución de texturas en el lote # 9, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



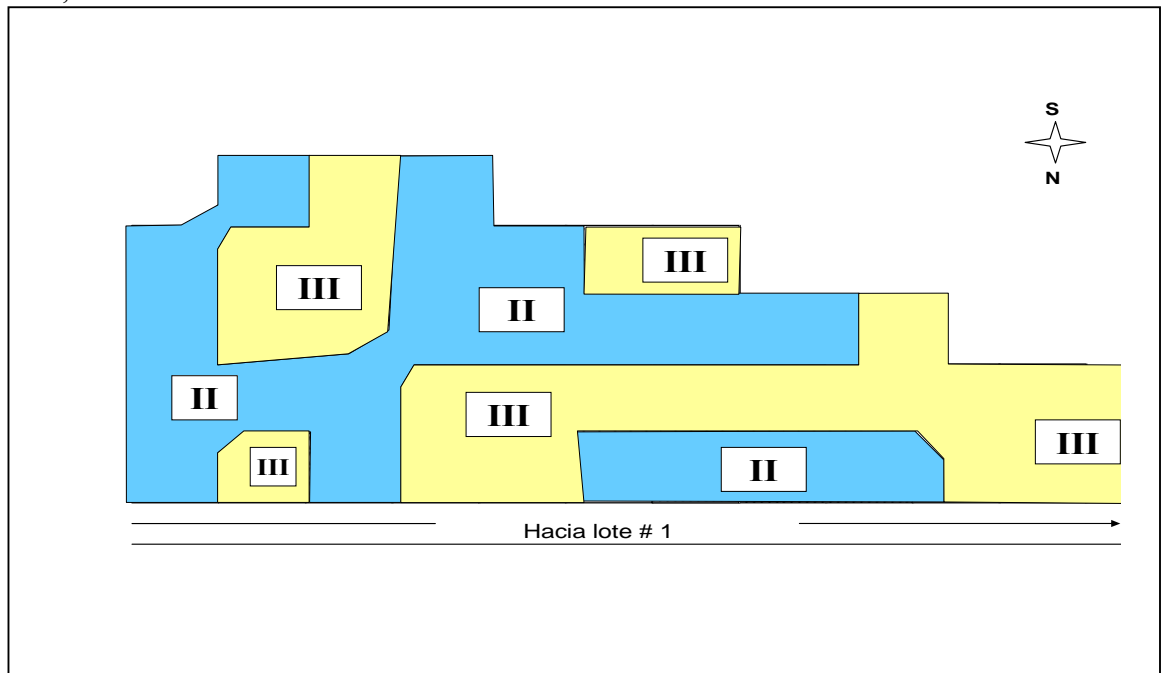
Anexo 12. Mapa de distribución de texturas en el lote Cruce Abajo, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



Anexo 13. Mapa de distribución de texturas en el lote # 2, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



Anexo 14. Mapa de distribución de texturas en el lote # 3, finca La Pita, San Pedro Sula, Honduras.



Anexo 15. Distribución de las clases de suelo presentes en la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras.

Ubicación	Clase de suelo presente en el lote	Porcentaje que representa la clase de suelo presente en el lote	Área por clase de suelo dentro del lote (ha)	Área total del lote (ha)
Lote 3	II	50	1.90	3.80
	III	50	1.90	
Lote 2	II	13	1.20	9.18
	III	76	6.97	
	IV	11	1.00	
Lote Cruce abajo	II	10	0.25	2.50
	III	80	2.00	
	IV	10	0.25	
Lote La Isla	II	11	0.25	2.30
	III	85	1.90	
	IV	4	0.09	
Lote 4	II	16	1.68	10.50
	III	84	8.82	
Lote 5	II	13	0.91	7.00
	III	87	6.09	
Lote 8	II	14	1.01	7.25
	III	72	5.22	
	IV	14	1.01	
Lote 1	II	32	2.00	6.25
	III	60	3.75	
	IV	8	0.50	
Lote 9	II	25	2.25	9.00
	III	64	5.76	
	IV	11	0.99	
Lote Cruce arriba	I	17	0.51	3.00
	II	25	0.75	
	III	58	1.74	
Total del área de la finca representada por cada clase de suelo.	I	0.84	0.51	60.78
	II	19.68	11.96	
	III	72.64	44.15	
	IV	6.84	4.16	

Anexo 16. Matriz de disponibilidad de nutrientes para cada uno de los lotes de la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras.

Ubicación	N		P		K		Ca		Mg		S		Cu		Fe		Mn		Zn		B	
	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar	Suelo	Foliar
Lote 1	B	O	MA	O	MA	O	MA	O	MA	O	MA	B	A	A	MA	O	MA	B	MA	B	M	O
Lote 5	B	NDt	MA	NDt	MA	NDt	MA	NDt	MA	NDt	A	NDt	A	NDt	MA	NDt	MA	NDt	MA	NDt	M	NDt
Lote 4	B	NDt	A	NDt	A	NDt	MA	NDt	MA	NDt	MA	NDt	MA	NDt	MA	NDt	MA	NDt	MA	NDt	M	NDt
Cruce arriba	MB	O	A	O	A	A	MA	O	MA	O	MA	B	A	A	MA	O	MA	MB	MA	B	M	O
La Isla	MB	MA	A	O	A	O	MA	O	A	O	MA	B	MA	A	MA	O	MA	B	MA	B	M	O
Lote 8	B	O	MA	O	A	O	MA	O	MA	O	MA	B	MA	A	MA	O	MA	O	MA	B	M	A
Lote 9	B	O	A	O	A	O	MA	O	MA	O	MA	B	MA	A	MA	O	MA	O	MA	B	M	A
Cruce Abajo	MB	O	A	O	A	A	MA	O	MA	O	MA	B	A	A	MA	O	MA	B	MA	B	M	A
Lote 2	B	O	MA	O	MA	O	MA	O	MA	O	A	B	A	A	MA	O	MA	O	MA	O	M	O
Lote 3	B	MA	MA	O	MA	O	A	O	MA	O	MA	B	A	MA	MA	O	MA	O	MA	O	M	B

MA = Muy alto, B = Bajo, O = Optimo, A = Alto, MB = Muy bajo, NDt= No determinado, M= Medio.

Anexo 17. Recomendaciones de fertilización para cada uno de los lotes de la finca La Pita, Casa Quemada, San Pedro Sula, Honduras.

UBICACIÓN	DOSIS DE FERTILIZACIÓN (kg/ha/año)					
	N	K₂O	Mg	S	Zn	B
Lote 1	275	140	90	300	75	4
Lote 5	300	140	100	300	75	4
Lote 4	300	140	100	300	75	4
Lote Cruce arriba	280	140	90	300	75	4
Lote la Isla	250	140	90	300	75	4
Lote 8	280	140	90	300	75	4
Lote 9	280	140	95	300	75	4
Lote Cruce abajo	280	131	95	300	75	4
Lote 2	300	140	90	300	75	4
Lote 3	250	140	100	300	75	5