

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Caracterización de indicadores de calidad de
suelos en dos sistemas de producción de café y
tres pendientes**

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

Presentado por

Ricardo José Espinoza Bejarano

Zamorano, Honduras
Abril, 2001

RESUMEN

Espinoza Bejarano, Ricardo J. 2001. Caracterización de indicadores de suelo en dos sistemas de producción de café y tres pendientes. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 43 P.

Las economías de los países del Tercer Mundo dependen en gran parte de la agricultura, la cual se ha visto afectada por una disminución en la productividad del suelo. Para evaluar la productividad de un suelo es necesario determinar indicadores que permitan medir su calidad. Se han hecho muchas investigaciones para definir estos indicadores y que puedan ser usados en el campo por los agricultores, para realizar monitoreos continuos en el campo y poder tomar decisiones acertadas en el manejo de sus recursos. El objetivo de este estudio fue evaluar indicadores de calidad de suelo para caracterizar el sistema de producción convencional y tradicional, a través del estudio de las propiedades del suelo utilizando y validando herramientas de campo y laboratorio. En cada sistema se evaluó el efecto de la pendiente en las características del suelo. En el sistema convencional se realizan enmiendas químicas y se utiliza maquinaria, se conoce como agricultura tecnificada. En el sistema tradicional se trabaja con la fertilidad natural del suelo, se conoce como agricultura de subsistencia. El sistema convencional tenía pendientes de 18, 22 y 23 %, el sistema tradicional tenía pendientes de 25, 55 y 58 %. Allí mismo se validó la utilización del equipo de fertilidad (Lamotte Tm), como herramientas de campo y laboratorio. El ensayo se realizó de julio a septiembre de 2000 en la comarca Dificultades, caserío Normandia, Departamento de El Paraíso, Honduras. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). Las variedades medidas fueron método de análisis y pendiente. Se encontró que ambos sistemas de producción no tenían buena calidad debido a que la fertilidad del suelo es pobre, pero presentaban buenas características físicas. También se encontró que en sistema tradicional se está produciendo un minado del suelo, en el sistema convencional todavía no se presentan problemas serios, pero en un corto plazo se pueden presentar estos problemas. No se encontró correlación entre el equipo de fertilidad de Lamotte y el Laboratorio de Suelos de Zamorano, lo cual se atribuye a pocas repeticiones por unidad experimental, diferencias topo gráficas entre unidades experimentales y a las características propias del ecosistema. La pendiente sólo afectó al Ca y Fe en el sistema tradicional y Ca y Mn en el sistema convencional.

Palabras claves: Equipo, propiedades del suelo, salud de suelo, sostenibilidad, validación

NOTA DE PRENSA

INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CONVENCIONAL Y TRADICIONAL EN LOS SUELOS DE LADERAS

La presión que el ser humano ejerce sobre los ecosistemas agrícolas ha ocasionado una degradación de la capacidad productiva del suelo en más del 10 % de los campos cultivados como resultado de la erosión, contaminación atmosférica, salinización y desertificación.

Latinoamérica no esta exenta a esta degradación ambiental, mas del 50 de los campos cultivados se encuentran en manos de pequeños agricultores quienes cultivan en tierras de laderas con pendientes muy pronunciadas, y en muchos casos, sin ningún tipo de conservación de suelo.

La calidad de los suelos es la base para la producción agropecuaria, por ello es importe su estudio. La medición de esta calidad es compleja porque depende de muchos factores externos como ambiente, políticas culturales y tipo de cultivo.

En producción se hace uso de dos sistemas para el cultivo, el sistema tradicional en el cual no se realiza ningún tipo de enmiendas, se trabaja con la fertilidad natural del suelo y es lo que se conoce como agricultura de subsistencia; y el sistema convencional, en el cual se trabaja con -químicos para suplir las necesidades del cultivo y lograr una optima producción.

Un estudio realizado en el Paraíso, Honduras, determinó el efecto del sistema de producción convencional y tradicional en la calidad del suelo, estas regiones se caracterizan por sus pendientes pronunciadas. Allí mismo, se realizo un estudio preliminar para validar el Kit de Fertilidad de Larnmotte como herramienta de campo, esta metodología permite realizar análisis químicos de suelos en el campo, a un bajo costo y en poco tiempo.

Al final del estudio, se encontró problemas de fertilidad debido al minado en el suelo producto del manejo bajo el sistema tradicional, mientras que el sistema convencional no presentó problemas serios de fertilidad. Por otra parte, la pendiente afectó la disponibilidad de calcio y manganeso en el sistema convencional, mientras que en el sistema tradicional afecto la disponibilidad de hierro y calcio.

En cuanto a la validación del Kit de Fertilidad de Larnmotte, el informe señala que es necesario realizar más pruebas de campo para determinar su efectividad y confiabilidad en el análisis de químico de los suelos.

CONTENIDO

Portadilla.....	I
Autoría.....	11
Página de firmas	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos a patrocinadores.....	V
Agradecimientos	VI
Resumen	Vil
Nota de prensa.....	VIII
Contenido	IX
Índice de cuadros.....	Xli
Índice de anexos	XIII
Índice de figuras	XIV
 1. INTRODUCCION.....	 1
1.1 HIPOTESIS.....	2
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.1 Objetivo Específicos.....	2
1.3 JUSTIFICACION.....	2
1.4 LIMITACIONES DEL ESTUDIO	3
 2. REVISION DE LITERATURA	 4
2.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	4
2.2 AGRICULTURA DE LADERAS	6
2.3 FACTORES CLIMÁTICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL SUELO	7
2.4 INDICADORES DE CALIDAD DE SUELOS.....	7
2.4.1 Indicadores químicos.....	8
2.4.1.1 Factores que afectan los análisis de laboratorio.....	10
2.4.2 Indicadores físicos.....	10
2.4.2.1 Textura.....	10
2.4.2.2 Estructura.....	11
2.4.2.3 Densidad aparente.....	11
2.4.2.4 Estabilidad de agregados	11
2.4.2.5 Profundidad.....	11
2.4.2.6 Color.....	12
2.4.3 Indicadores biológicos.	12
 3. MATERIALES y METODOS.....	 14
3.1 SITIOS DE MUESTREOS....	14

3.2	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ESQUEMA DE MUESTREOS.....	14
3.3	SELECCIÓN y MEDICION DE VARIABLES INCLUIDAS EN EL ESTUDIO.....	15
3.3.1	Pendiente.....	15
3.3.2	Método de análisis.	15
3.4	RECOLECCION DE MUESTRAS	15
3.5	ANALISIS FISICOS.....	16
3.6	AN ALIS I S Q UIMI COS.....	17
3.7	AN ALIS IS ESTAD ISTI CO.....	18
3.8	TRANSFORMACION DE DATOS.....	20
4.	RESULTADOS y DISCUSION.....	21
4.1	SISTEMA DE PRODUCCION TRADICIONAL.....	21
4.1.1	Características químicas.....	21
4.1.1.1.	Resultados del laboratorios de suelos.....	22
4.1.1.1.1	Conductividad eléctrica.....	22
4.1.1.1.2	Saturación de bases.....	24
4.1.1.1.3	Materia orgánica.....	24
4.1.2	Características físicas del suelo	24
4.1.2.1	Textura.....	25
4.1.2.2	Estructura y densidad aparente.....	25
4.1.2.3.	Descripción de calicata.....	26
4.1.3.	Indicadores biológicos.....	26
4.1.3.1	Lombrices	27
4.1.3.2	Vegetación nativa	29
4.2	SISTEMA DE PRODUCCION CONVENCIONAL	29
4.2.1	Características químicas.....	29
4.2.1.1	Resultados de laboratorios de suelos.....	29
4.2.1.1.1	Acidez del suelo (pH).....	30
4.2.1.1.2	Saturación de bases.....	31
4.2.1.1.3	Materia orgánica.....	32
4.2.2	Características físicas del suelo.....	33
4.2.2.1	Textura.....	33
4.2.2.2	Estructura y densidad aparente.....	33
4.2.2.3	Descripción de calicata.....	33
4.2.3	Indicadores biológicos.....	34
4.2.3.1	Lombrices	34
4.2.3.2	Vegetación nativa.....	34
5.	CONCLUSIONES.....	37
6.	RECOMENDACIONES	38
7.	BIBLIOGRAFIA.....	39
8.	ANEXOS.....	41

1. INTRODUCCION

Las economías de los países del tercer mundo dependen en gran parte de la agricultura, la cual se ha visto afectada por una disminución en la productividad del suelo. Esto acompañado de un alto crecimiento demográfico, ha causado una mayor presión sobre los recursos naturales

La presión ejercida por la sociedad en los ecosistemas agrícolas ha ocasionado una degradación de la capacidad productiva de los campos cultivados como resultado de la erosión, contaminación atmosférica, deforestación, salinización y desertificación. Un ejemplo de lo anterior es la agricultura intensiva la cual ha ocasionado un desequilibrio en el ciclo de componentes, debido al uso excesivo de químicos, causando en muchos casos contaminación ambiental.

Latinoamérica no está exenta a esta degradación ambiental, porque mas del 50 % de su producción agrícola se encuentra en manos de pequeños agricultores, los cuales cultivan en tierras de laderas con pendientes muy pronunciadas y en la mayoría de los casos sin ningún tipo de practicas de conservación de suelo que les permitan mantener o mejorar la capacidad productiva de los campos, lo que afecta significativamente los factores físicos, químicos y biológicos de un suelo.

Según Ruiz Díaz (2000) la calidad de los suelos es la base para la producción agropecuaria, por ello la importancia de su estudio. La medición de esta calidad es compleja porque depende de muchas características externas como son ambiente, política, practicas culturales y tipo de cultivo; resultando difícil su medición y cuantificación.

Para evaluar la productividad de un suelo es necesario determinar indicadores que permitan medir su calidad. Se han hecho muchas investigaciones para definir estos indicadores, un ejemplo seria el trabajo de Ericksen (1999), el cual determinó que las variables mas importantes para evaluar la calidad en un suelo en Honduras, son pH, nivel de nutrientes, microorganismos, materia orgánica, cobertura vegetal, infiltración, profundidad de horizonte A y textura.

En la actualidad no existe un sistema definido, para estimar la calidad del suelo. Se han realizado investigaciones, pero aún no existe un sistema definido y existe bastante con respecto a este tema. Sin embargo, se puede decir que un suelo de buena calidad es aquel del cual se pueden obtener cultivos sanos de altos rendimientos.

Es necesario buscar alternativas que permitan llevar el conocimiento científico a nivel de campo para que los agricultores puedan ser capaces de tomar decisiones acertadas en el manejo de sus recursos.

1.1 HIPOTESIS

El sistema de producción y el nivel de pendiente no afectan significativamente las características, físicas, químicas y biológicas del suelo.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar indicadores de calidad de suelo para caracterizar los sistemas de producción a través del estudio de las propiedades del suelo, utilizando y validando herramientas de campo y laboratorio.

1.2.1 Objetivo específicos

1. Determinar el efecto de los sistemas de producción convencional y tradicional sobre las características del suelo utilizando dos herramientas.
2. Validar y dar a conocer la metodología del kit de fertilidad, para recomendarlos como herramientas para evaluar indicadores de calidad de suelo, comparándoles con el análisis tradicional en laboratorio.

1.3 JUSTIFICACION

Con este estudio se pretendió evaluar las características del suelo en dos sistemas de producción a través de la validación de la metodología del kit de fertilidad, comparando los resultados obtenidos, con los del Laboratorio de Suelos de Zamorano.

Es importante monitorear las características físicas y biológicas del suelo, para complementar la información obtenidas en los laboratorios sobre fertilidad. Para esto se usó el kit de salud de suelo, como herramienta de apoyo para obtener un conocimiento más amplio del estado de los suelos.

Los kit de fertilidad y salud de suelo fueron diseñados por la Compañía LaMotte y por USDA. Con la validación de estas metodologías se pretende buscar alternativas que puedan ser usadas a nivel de campo; por productores, investigadores e instituciones enfocadas en el desarrollo rural, para que puedan tener un mayor conocimiento en sus campos de producción. Así mismo les permita tomar decisiones efectivas en cuanto a productividad y manejo del sistema.

Con este estudio se pretende buscar alternativas que permitan medir. la calidad de un suelo en base a sus características físicas, químicas y biológicas, a nivel de campo y que permita a productores, técnicos e investigadores obtener resultados mas baratos en un menor tiempo.

1.4 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

1. Humano: El kit de fertilidad y salud de suelo eran herramientas nuevas en Honduras, del cual se tenían conocimientos básicos en cuanto a su manejo.
2. Accesibilidad a la zona: el estudio se llevó a cabo en una comunidad en la cual era difícil el acceso porque no existen medios de comunicación terrestres adecuados.
3. Tiempo: las características de suelo varían de una estación climática a otra, y el presente estudio sólo se realizó durante la época lluviosa.
4. Las metodologías del kit de fertilidad y calidad de suelo fueron diseñadas en un inicio para suelos de clima templado.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE PRODUCCION

La producción agrícola en los países latinoamericanos se encuentra dividida en tres sistemas que son: convencional, tradicional y orgánico.

- . Sistema Convencional, se popularizó durante la Revolución Verde y consiste en la utilización de insumos químicos, para lograr una mejor producción a través de una mayor expresión del genotipo y explotación del recurso tierra.

Los sistemas agrícolas convencionales se caracterizan por la continua producción y uso intensivo en la explotación de los recursos (suelo, agua), demandando una cantidad considerable de insumos técnicos y la creación de áreas extensas de monocultivos. La utilización de los recursos renovables y no renovables no son regulados y cuyo último fin es la producción.

Regulado y cuyo último fin es la producción.

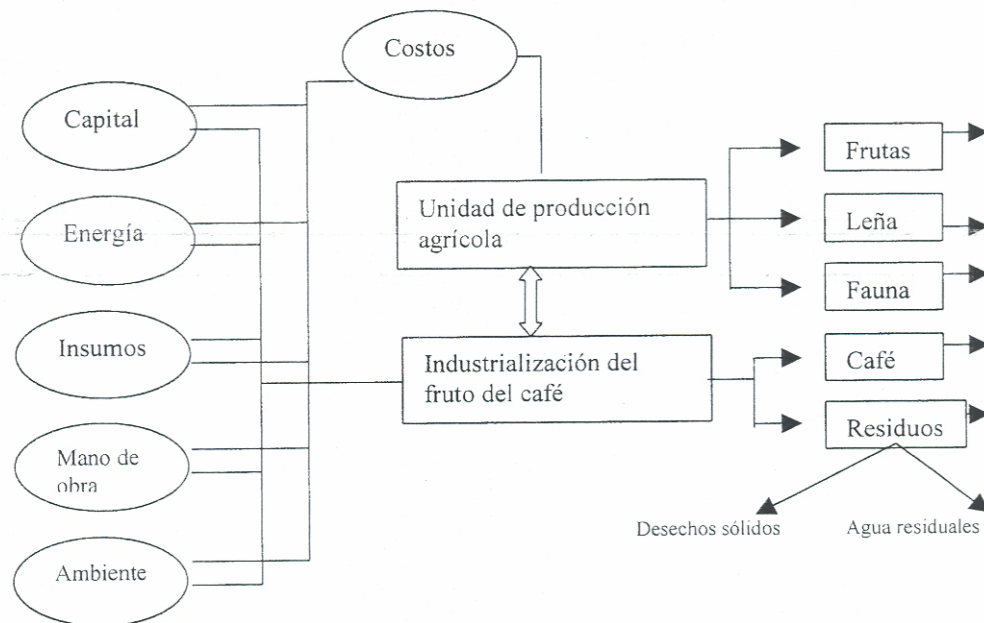


Figura 1. Sistema de Producción Convencional (UCRAPROBEX de R.L., 2000)

En la Figura 1 se observa que en el Sistema de Producción Convencional se produce una explotación de los recursos, causando su agotamiento e impidiendo que estos puedan ser reciclados lo que aumenta la demanda por capital, energía, mano de obra y contaminación del ambiente.

Existe bastante controversia en cuanto al término convencional y tradicional, porque ambos son considerados como sinónimo, pero en este estudio se ha definido el concepto de Sistema Tradicional de la siguiente manera.

- . Sistema Tradicional es el que predomina en los países en desarrollo, se caracteriza por un minado del recurso tierra, debido a que se trabaja con la fertilidad natural del suelo pudiendo utilizarse o no cualquier tipo de abono orgánico, causando un desequilibrio en los ciclos de nutrientes, lo que a largo plazo ocasiona un deterioro de las características físicas, químicas y biológicas del suelo causando una disminución en la producción.

El ciclo de este sistema se explica en la Figura 2.

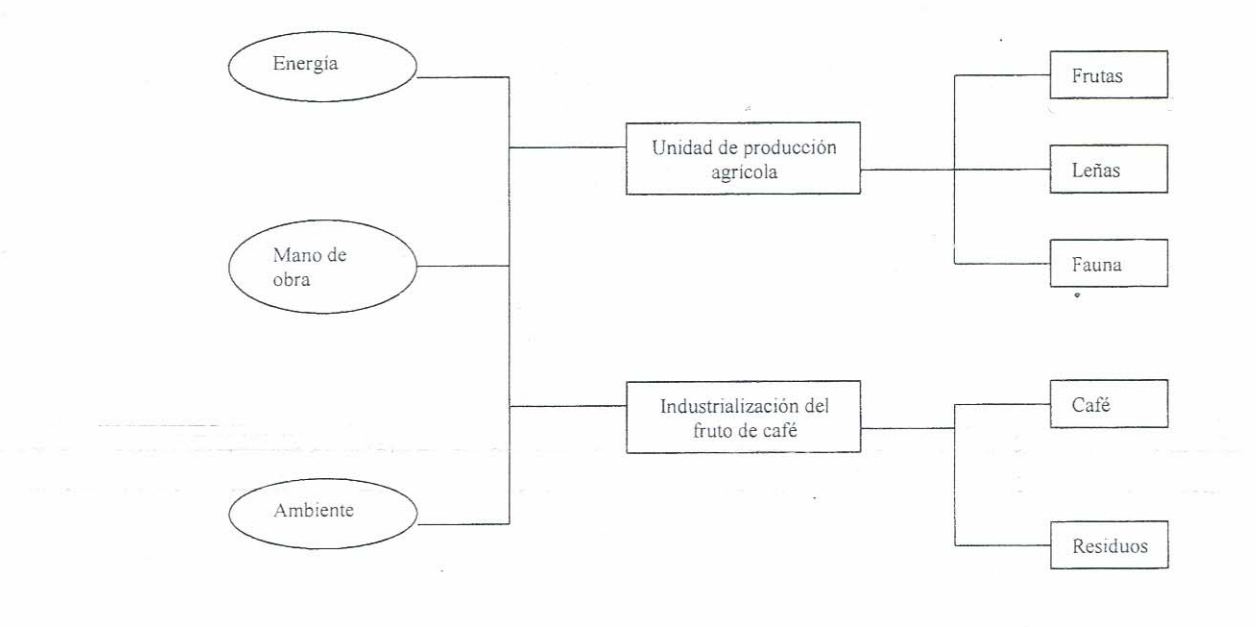


Figura 2. Sistema de Producción Tradicional

- . Sistema Orgánico es la manera de producir hortalizas, frutas o verduras y granos para el consumo propio o la población en general, no se usan químicos, se respeta el balance que existe en la naturaleza, con su visión holística no se combaten síntomas sino que se corrigen causas. Este ciclo se explica en Figura. 3

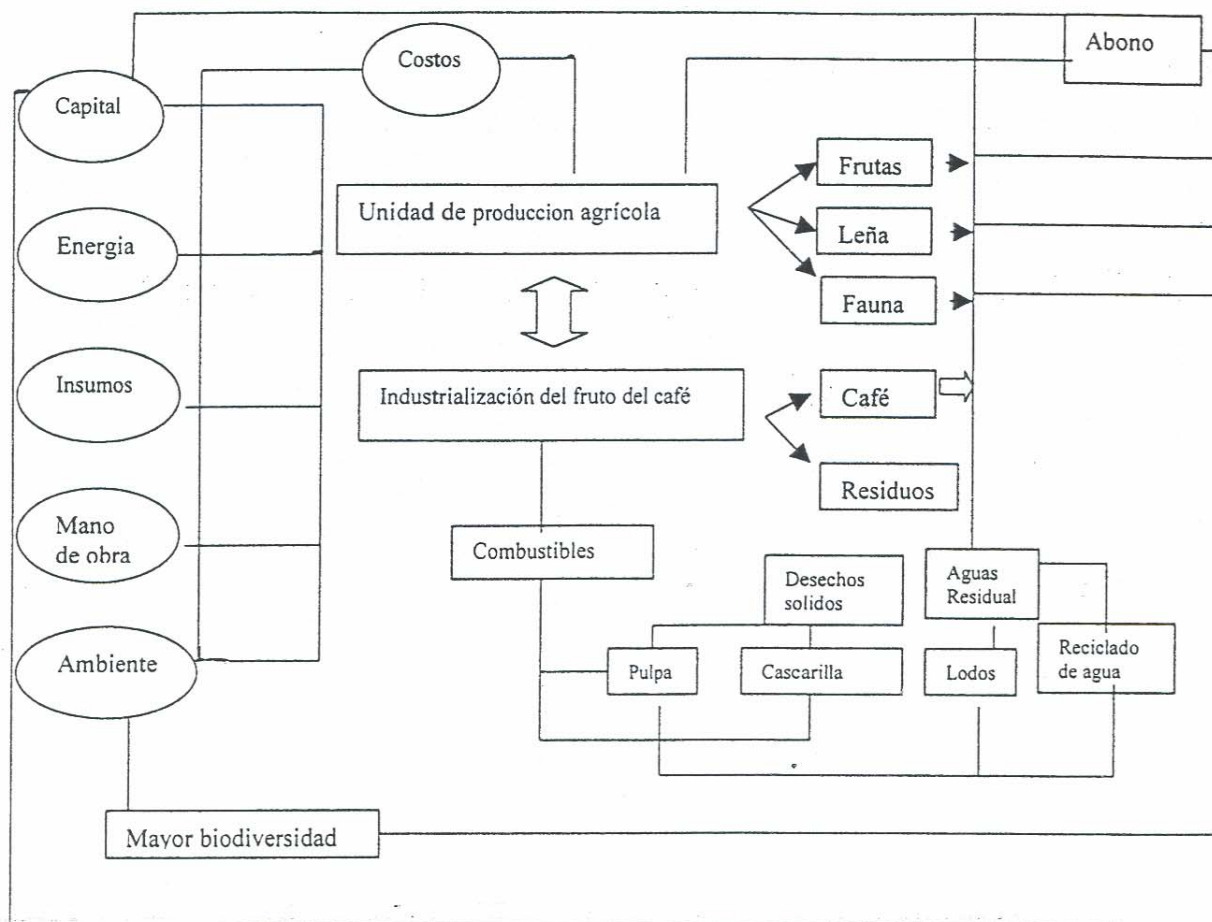


Figura 3. Sistema de Producción Orgánica (UCRAPROVEX de R.L. 2000)

Se observa en la Figura 3 que en el Sistema de Producción Orgánico, los productos del sistema son reciclados, lo que permite un equilibrio en los diferentes ciclos dentro del sistema, haciendo mas eficiente la utilización de los insumos producidos, permitiendo un uso óptimo de los recursos y menor contaminación ambiental.

2.2 AGRICULTURA DE LADERAS

La mayoría del territorio centroamericano se caracteriza por ser montañoso y en estas áreas en donde se encuentra la mayoría de la producción agrícola, la que está asociada a una degradación ambiental, debido principalmente a la deforestación y la consecuente degradación de los suelos.

El grado de pendiente que presenta el terreno afecta considerablemente el estado de salud de suelo. Las diferencias en nivel dentro de un terreno afectan la distribución, retención y drenaje del agua superficial, de acuerdo con la topografía pueden existir arrastres de partículas, las cuales se depositan en partes bajas e intervienen en la composición química del suelo original (Cepeda, 1991).

Por la inclinación del terreno, los planes de asistencia técnica de todos los proyectos de desarrollo rural, invariablemente incluyen recomendaciones conocidas de control de escorrentía, coberturas, siembras en contorno, prácticas agras forestales, forestación o cualquier combinación entre ellas. Todas estas recomendaciones ejercen mayor demanda por mano de obra que las labores habituales y de ahí su poco éxito relativo en cuanto a adopción (<http://www.rimisp.cl/publicaciones/electrónicas/encuentros/pub21>).

2.3 FACTORES CLIMATICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL SUELO

El clima es el conjunto de características físicas, químicas. y biológicas que caracterizan un eco sistema y el factor dominante en la formación del suelo.

La producción vegetal o la diversidad de especies cultivables están limitadas por el clima. Según Gallegos (1997) los factores climáticos que más afectan la característica de un suelo son:

- **Radiación:** el calentamiento de un suelo depende de la coloración, orientación y aspecto físico que tenga la superficie del terreno. Esta tiene un efecto directo sobre el crecimiento de los vegetales.

La conducción térmica del calor depende de las condiciones del medio, humedad, profundidad del terreno y aireación. Según Cepeda (1991), la temperatura afecta la velocidad de las reacciones químicas, influye en la descomposición de la materia orgánica (m.o.) y en las actividades microbiológicas del suelo.

- **Evaporación:** depende de la cantidad de energía solar que recibe el suelo. Es un factor importante porque según el grado de saturación del suelo afecta las características biológicas de este.
- **Precipitación:** la repartición de la precipitación en el tiempo y espacio son características importantes, según el rango de precipitación que se tenga en un área determinada se puede hacer una clasificación de los eco sistemas, lo cual hace variar fuertemente las características químicas del suelo.

2.4 INDICADORES DE CALIDAD DE SUELO

Según Doran y Parkin (1994), la calidad del suelo está determinada por la interacción de las propiedades físicas, químicas y biológicas en tiempo, intensidad y espacio. Los

mejores índices que componen la calidad de un suelo son la salud de plantas, animales y humana, los productos biológicos y calidad ambiental. Este concepto es similar el discutido por Brady y Weil (1999), en el cual la calidad del suelo lo determinan las propiedades físicas, químicas y biológicas que proporcionan un medio para el desarrollo óptimo de las plantas.

La salud de las plantas en gran parte depende de la cantidad y calidad de elementos disponibles en la solución de suelo, que es la principal fuente de reserva de nutrientes que tienen y de las que pueden extraer cierta cantidad de cada elemento presente en esta (Cepeda, 1991), según el grado de absorción de la planta, estos se dividen en macro y micro elementos.

2.4.1 Indicadores químicos

La porción inorgánica, varía en dimensión y composición; aproximadamente el 98 % de la corteza terrestre está constituida por ocho elementos, de los cuales sólo dos, oxígeno y silicio constituyen cerca del 75 % (Cepeda, 1991).

La fertilidad de un suelo, depende del material parental del cual este formado y de las características propias del ecosistema en que se encuentre, las propiedades químicas del suelo, que afectan la nutrición mineral pueden ser rápida y drásticamente modificadas (Gallegos, 1997).

Según Gallegos (1997), el crecimiento y el desarrollo de las plantas se efectúa gracias a la síntesis realizada a partir del gas carbónico (CO₂) del agua y de los elementos minerales (N, P, K, Ca, Mg, B, S, Fe, Mn).

De los elementos nutritivos que necesitan las plantas son los macro elementos los que más absorbe para realizar sus funciones básicas, las cuales deben ser suplidas al suelo en la mayoría de los casos. Las características que estos tienen se aprecian en el Cuadro I.

Cuadro 1. Características de Indicadores químicos según Lamotte company (2000)

indicador	Funciones	Fuente	Características
Nitrógeno (N)	Constituyente de aminoácidos, enzimas y vitaminas. Componente de clorofila.	Materia orgánica Atmósfera. Aportación de abonos minerales.	Influye en calidad del fruto. Estimula asimilación de fósforo y potasio. Inestable por el tipo de carga.
Fósforo (P)	Activador de células y de crecimiento. Aumenta palatabilidad de plantas. Estimula formación de grasas, almidones convertibles y semillas sanas. Incrementa resistencia a enfermedades.	Mineralización de la materia orgánica. Meteorización de los minerales del suelo. Aportación de abonos minerales.	Solubilidad depende de la presencia de Ca, Fe, Al y pH.
Potasio (K)	Formación de hidratos de carbono y acumulación en los órganos de reserva. Resistencia a sequía y parásitos	Forma orgánica. Abonos inorgánicos. Material parental.	Importante en funciones bioquímicas y fisiológicas de las plantas
Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S)	Calidad de cultivo	Abonos orgánicos. Abonos inorgánicos. Material parental. Atmósfera.	Los tres se encuentran en grandes cantidades en el suelo y no son limitantes para el crecimiento de los cultivos.
Materia orgánica (m.o)	Formación de agregados. Retención de agua y nutrientes. Fuente de nutrientes para microorganismos.	Residuos de vegetación y animal.	Regula procesos químicos. Importante en actividad biológica.
pH	Actividad microbial del suelo. Formación de agregados. Disponibilidad de elementos.		Da el grado de acidez o alcalinidad del suelo lo cual depende de la materia orgánica, aluminio, bases.

2.4.1.1 Factores que afectan los análisis de laboratorio. Según Landon *et al.* (1991) son los siguientes:

- Tipo de pretratamiento: durante el periodo de secado se producen cambios en los constituyentes químicos del suelo.
- Errores intrínsecos en los métodos: la precisión de los resultados de laboratorio varía según el método utilizado y el tipo de suelo.
- Errores del operador: depende de las experiencias de quienes realicen los análisis.
- Efecto de contaminación: las muestras pueden contaminarse durante el transporte al laboratorio siendo más común el polvo.
- Variación entre laboratorios: las variaciones entre laboratorios no son altamente significativas.

2.4.2 Indicadores físicos

Los máximos rendimientos que se pueden obtener de un cultivo, cuando se aplica la fertilización, de acuerdo a sus necesidades y a la riqueza del suelo en gran parte esta determinada por las características físicas del suelo (Gallegos, 1997).

Desde el punto de vista físico, el suelo es una mezcla porosa de partículas minerales y orgánicas, agua y aire. Las propiedades físicas, se refieren en general a la forma como se ve o se siente el suelo y ejercen una influencia directa o indirecta en todas las funciones, que este desempeña en beneficio de las plantas (Narro, 1994).

Los suelos suelen variar considerablemente en distancias cortas, debido a ello es necesario el muestreo de suelo para describirlo correctamente (Carvazos y Rodríguez 1992).

Las características físicas, más importantes en este estudio son:

2.4.2.1 Textura. Se considera una de las características más importantes porque permite predecir el comportamiento del suelo, se puede inferir el movimiento del agua en el perfil del suelo, la facilidad de manejo y los nutrientes que la planta utiliza en su desarrollo (Carvazos y Rodríguez, 1992).

La textura de un suelo depende del material parental, materia orgánica, pendiente, lluvia, y deposiciones de materiales.

El manejo agronómico que se realice en un campo depende fuertemente del tipo de textura que el suelo posea, porque ésta indica el tipo de cultivo y practicas culturales a usar.

El manejo agronómico que se realice en un campo depende fuertemente del tipo de textura que el suelo posea, porque ésta indica el tipo de cultivo y prácticas culturales a usar.

2.4.2.2 Estructura. La estructura es la forma en que las partículas de un suelo están unidas formando agregados. La estructura más ventajosa para los cultivos es la granular, tiene forma mas o menos esférica de 1-10 mm de espesor que dejan entre los gránulos por donde circula con facilidad el agua y el aire (Fuentes, 1999).

La agregación de un suelo es una característica física que debe conocer el especialista de suelo, debido a la relación que guarda con la erosión, infiltración y penetración de raíces (Carvazo y Rodríguez, 1992).

Desde el punto de vista agrícola, la estructura determina la facilidad de penetración radicular, la aireación y los drenajes internos del suelo.

Según Narro (1994), la estructura se define en base a tres criterios:

- Tipo: Aspecto o forma de los agregados.
- Clase: Tamaño de los agregados.
- Categorías: Grado de durabilidad de los agregados.

2.4.2.3 Densidad aparente. Según Doran y Parkin (1994) se debe incluir la densidad aparente dentro de los indicadores básicos, por su importancia para interpretar cambios en magnitud, componentes químicos, y bioquímicos de suelo.

2.4.2.4 Estabilidad de agregados. La estabilidad de agregados es la resistencia que tiene el suelo a resistir a factores externos como son clima, manejo del campo y características químicas del suelo.

La capacidad estructural del suelo es la potencialidad para formar terrones espontáneos, que se dividan en agregados pequeños. Los agregados resistentes al agua permiten una mayor velocidad de infiltración ante la erosión (Narro, 1994).

2.4.2.5 Profundidad. El suelo está formado por una serie de capas, producto de la deposición de materiales externos y de la desintegración de la roca madre. Estas capas forman lo que se conoce como horizontes.

La profundidad de un suelo es el área que las raíces de una planta pueden explorar, para obtener los nutrientes que necesita para un buen rendimiento.

Según Narro (1994) la profundidad del suelo es una propiedad que sufre cambios muy pequeños en condiciones naturales. Es una característica fácil de observar a través de la penetración de las raíces en las diferentes capas.

2.4.2.6 Color. El color es el producto de la descomposición de los elementos que constituyen un suelo y es uno de los indicadores mas usados por los agricultores para determinar la calidad de un suelo.

El color es una propiedad física, influida por la perdida o ganancia de energía radiante, es útil para realizar algunas predicciones del suelo como la reacción a ésta, la proporción del material intemperizado, el contenido de materia orgánica y la condición de drenaje; sirve como auxiliar en la clasificación de suelos (Carvazo y Rodríguez , 1992).

Según Ruiz Díaz (2000), la coloración es el indicador de suelo que los agricultores mejor manejan y existe una fuerte correlación entre las categorías de color que ellos usan y la productividad del suelo.

Según Narro (1994), la coloración del suelo es el resultado de sus componentes mas abundantes (humus, óxidos, sulfatos, carbonato, sulfuros, rocas calizas, etc.). En el Cuadro 2 se presenta la relación que existe entre la coloración y los compuestos del suelo.

Cuadro 2. Colores generados por diversos elementos cromógenos.

Elemento cromo	Colores Generados
Compuesto de hierro	Rojo, crema, amarillo, anaranjado, pardo gris o verde
Hematita	Rojo
Estilpnosidentita	Amarillo
Oxido ferroso	Verde grisáceo o azulado
Humus	Café oscuro o grisáceo
Bióxido de manganeso	Negro
Carbonatos de caliza y cuarzo	Blanco, gris
Arcillas	Gris, blanco o rojizo
Feldespatos	Tonos rojizos

Tomado de Narro (1994).

2.4.3 Indicadores biológicos

La parte biológica es una de las más importantes y de las menos consideradas en los estudios de suelo. Para entender el funcionamiento de un suelo, se debe de considerar éste como un organismo vivo, el cual necesita de los mismos cuidados y atenciones que cualquier otro organismo requiere.

"La interacción microorganismo-planta-suelo, juega un papel importante en la producción y calidad de los cultivos. La diferencia en la composición de la atmósfera subterránea" la atmósfera de la superficies es originada por la respiración de los microorganismos, y raíces vegetales que consumen O₂ y liberan CO₂" (Martín, 1980).

"La biomasa microbial permite determinar la fertilidad de un suelo, a través del entendimiento de la actividad de los microorganismos en cada uno de los ciclos de nutrimentos, y su efecto en las características de un suelo. La actividad microbial varia drásticamente con la profundidad, la mayor actividad de un suelo se da en los primeros 15 cm, porque aquí se encuentra depositada la mayoría de la materia orgánica" (Martín, 1980).

Las condiciones ambientales afectan la densidad y composición de la flora microbial y los factores abióticos pueden alterar significativamente a la comunidad y su potencial bioquímico.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 SITIOS DE MUESTREOS

El estudio se realizó en la aldea Dificultades, caserío Normandia, Departamento de El Paraíso, se encuentra en la zona surcentral de Honduras. En esta zona la producción agrícola es de subsistencia y se encuentra en manos de pequeños agricultores, los cuales se dedican principalmente a la producción de café, seguido por la producción de banano que sirve de sombra al café, en menor escala la producción de granos básicos y a nivel familiar la producción porcina y avícola para el consumo. Los productores se encuentran organizados en cooperativas a través de las cuales comercializan la producción de café.

La finca en la cual se realizó el estudio, está afiliada a la cooperativa COMICAOLE y se encuentra a 13 km de El Paraíso a 120 km de Tegucigalpa, con una precipitación media anual de 1800 mm y temperatura media anual de 22-24 C.

La zona es montañosa predominando el bosque latí foliado con elevaciones superiores a 1200 msnm. La principal limitante en la zona es el transporte, debido a que no hay rutas colectivas de transporte regular.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ESQUEMA DE MUESTREO

Los datos fueron recolectados durante los meses de julio a septiembre del 2000. En conjunto con los técnicos del Programa de Café-AID-Zamorano, se seleccionó el lugar y el productor para realizar el estudio.

Para la selección del productor se siguieron los siguientes parámetros: acceso a la zona, registros de finca, topografía, representatividad del área, sistemas de producción convencional y tradicional.

Se seleccionó la finca La Esperanza del Ing. Martín Rodríguez. Para el estudio se utilizaron cuatro manzanas de suelo, dos manzanas en cada sistema de producción.

Se utilizó un diseño de bloques completo al azar, por las características que presenta el sitio de investigación, como tipo de cultivo, edad de la plantación, distancia de siembra, densidad de plantas, tipo de estudio.

Para la delimitación de las parcelas se utilizó un GPS portátil GEO explorer II marca Trimble. Se marcaron tres parcelas por cada sistema de producción, de 25 m de largo y 50 m de ancho teniendo unidades experimentales de 1250 m², con una separación de 10m entre cada parcela para disminuir el error experimental causado por el efecto de borde.

La finca cuenta con plantaciones de café de las variedades las siguientes variedades:

Cuadro 3. Variedades de café en la finca La Esperanza, Dificultades, El Paraíso, Honduras, 2000.

Lote	Área (mz)	Variedad	Edad (años)
1	1.5	Pacas	6
2	3	Pacas	2.5
3	4	Pacas, Ihcafe	8y3
4	2	Pacas	ly3
5	5	Lempira, Caturra, Pacas	ly9
6	5	Typica, Pacas, Lempira	3 y 10
7	3.5	Caturra, Typica	8
8	2	Ihcafe, Caturra .	2y8

3.3 SELECCION y MEDICION DE LAS VARIABLES INCLUIDAS EN EL ESTUDIO

Para la selección de las variables se analizaron las condiciones agrícolas de los productores de Honduras, los que en su mayoría se caracterizan por producir en zonas de laderas practicando agricultura de subsistencia.

Las variables seleccionadas para el estudio fueron:

3.3.1 Pendiente

Se utilizó un clinómetro marca Suunto para determinar con exactitud las pendientes en las cuales se realizó el experimento.

3.3.2 Método de análisis

Se emplearon dos tipos de análisis el kit de fertilidad de Larmotte que se pretendía validar y los resultados obtenidos en el laboratorio. Para complementar los resultados químicos se uso el kit de salud de suelo que permite evaluar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, con el objetivo de buscar alternativas que permitan realizar estudios de suelo con herramientas de campo.

3.4 RECOLECCION DE LAS MUESTRAS

Se tomaron tres muestras compuestas por cada parcela, las muestras fueron tomadas a una distancia de 12 m entre si, para esto se dividió las parcelas en tres partes; de cada parte se tomó 10 submuestras para formar una muestra compuesta.

La profundidad de las muestras se determinó según el tipo de análisis y a la profundidad a la que se encontraba la mayor masa radicular del café la cual es a 30 cm.

Cada muestra de suelo se dividió en dos. Una se envió al Laboratorio de Suelos de Zamorano, en donde se secaron a temperaturas ambiente para luego realizar los correspondientes análisis, y la otra se usó para los análisis con el kit de fertilidad de Lamotte.

Para textura, materia orgánica, macro y micro nutrientes, pH, conductividad eléctrica y estabilidad de agregados, se tomaron muestras a una profundidad de 30 cm. Exclusivamente para densidad aparente (D.A.) se tomaron muestras a una profundidad de 7.62 cm.

Se hicieron dos calicatas por cada sistema de producción ubicadas en la parte alta y baja del terreno dentro del sistema, en las que se tomaron muestras para determinar color, textura, estructura y profundidad efectiva.

3.5 ANALISIS FISICOS

Las características físicas evaluadas fueron realizadas en cada punto de muestreo.

Textura. Se realizó a través del método de Bouyoucus o hidrómetro, en el Laboratorio de Suelos de Zamorano.

Estructura. Fue evaluada usando las tablas de clasificación del kit de salud de suelo y de la F AO (1979). Ambos sistemas presentan tablas con los cuales se puede evaluar el tamaño de los agregados de una manera visual.

Densidad aparente. Se tomó en cada sitio de muestreo. La medición se hizo siguiendo la metodología del kit de salud de suelo en el cual se toma suelo en un cilindro de 7.62 cm de diámetro y 7.62 cm de largo luego se peso, y de esta se extrajo una submuestra de 30 ml de suelo que se peso y seco en un horno microondas hasta obtener un peso constante.

Profundidad de los horizontes. Se determinó la profundidad de los horizontes de las calicatas que tenían aproximadamente 0.8 m de profundidad y 0.7 m de ancho, utilizando la metodología propuesta por el kit de salud de suelo, para lo cual se ocupó una cinta métrica.

Evaluación del color. Se utilizaron tablas Munsell y se tomó la medida en húmedo.

Estabilidad de agregados. Las muestras se secaron a temperatura ambiente, luego se pasaron por un tamiz de 2 mm. Se analizaron utilizando la metodología del kit de salud de suelos; la cual consiste en simular el efecto de lluvia en una muestra de suelo para determinar su resistencia.

3.6 ANALISIS QUIMICO

Se recolectaron 18 muestras en total, nueve por cada sistema de producción, las cuales fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de Zamorano en donde se secaron a temperaturas ambiente y luego se pasaron por el tamiz # 10 (2mm).

Las muestras se dividieron en dos submuestras, una para los análisis del laboratorio y la otra para los análisis con el kit de fertilidad de Lamotte.

Los análisis realizados fueron:

Nitrógeno En el Laboratorio de Suelos se utilizó el método de micro-Kjeldahl el cual consta de dos partes. La primera parte es la digestión de nitratos a amonio y la segunda es para determinar la cantidad de amonio producida en dicha digestión. Con el kit de fertilidad se usaron tablas colorimétricas para determinar el contenido de nitrato, nitrito y amonio.

pH. En el Laboratorio de Suelos se utilizó el método del potenciómetro con electrodos de vidrio en una relación peso: volumen 1: 1. Con el kit de fertilidad se preparó una solución suelo-agua 1 :3, se utilizó agua desmineralizada y los reactivos "soil flocculation", los resultados se compararon con tablas colorimétricas.

Potasio, calcio y magnesio. En el Laboratorio se usó el método de espectrofotometría, los elementos se extrajeron con la solución Mehlich 1. En el kit de fertilidad se preparó una solución madre utilizando la solución Extractora Universal y luego eran analizadas con tablas colorimétricas.

Fósforo En el Laboratorio se usó el método colorimétrico, el P se extrajo con la solución Mehlich 1. Con el kit de fertilidad se preparó una solución madre utilizando la solución Extractora Universal y luego se analizaron las concentraciones con tablas colorimétricas.

Micro elementos (Cu, Fe, Mn, Zn). En el Laboratorio se usó el método de espectrofotometría de absorción atómica, la solución extractora es DTP A (Ácido dietanoltrianino pentacético).

Conductividad eléctrica. En el laboratorio de suelo se usó el puente de conductividad. Con el kit de salud de suelo se usó un marcador electrónico, para lo que se utilizó una proporción de suelo-agua 1: 1, en la cual se introducía el sensor de este marcador.

El humus. En laboratorio se determinó a partir de la materia orgánica, multiplicando ésta por 0.58 que es un factor de conversión. Con el kit de fertilidad se utilizó la solución extractora usada para el análisis de los elementos anteriores y se trabajó con agua desmineralizada y "humus screening reagent" y "soil flocculation reagent", los resultados fueron comparados con tablas colorimétricas.

Cloro. Solamente se determinó con el kit de fertilidad para lo que se utilizó agua desmineralizada y una solución especial para determinar el Cl, los resultados obtenidos fueron comparados con tablas colorimétricas.

Con los datos analíticos del Laboratorio de Suelos de Zamorano, se determinó el porcentaje de saturación de bases y la CIC.

3.7 ANALISIS EST ADISTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SAS System versión 6.12. Se hicieron correlaciones para determinar el grado de relación existente, entre los resultados obtenidos con el kit de fertilidad y el Laboratorio de Suelos.

Para evaluar los resultados obtenidos se utilizaron las tablas propuestas por la F AO (1979), kit de salud de suelo, kit de fertilidad y Laboratorios de Suelos; las categorías utilizadas se observan en los Cuadros 4,5,6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

Cuadro 4. Categoría de pendiente de acuerdo al sistema propuesto por la FAO (1979).

Categoría	Rango en %
Llano o casi llano	0 - 2
Suavemente inclinado	2 -6
Inclinado	6 – 13
Moderadamente inclinado	13 – 25
Escarpado	25 – 55
Muy escarpado	> 55

Para evaluar los resultados obtenidos de la materia orgánica en cada método se usaron las siguientes categorías:

Cuadro 5. Categorías de materia orgánica usados por el Laboratorio de Suelos de Zamorano, Honduras, 2000.

Categoría	Rango en (%)
Alto	>4
Medio	2-4
Bajo	<2

Cuadro 4. Categorías de materia orgánica usada por el kit de Lamotte.

Lectura de humus	Niveles				
	1	2	3	4	5
Suelos agrícolas	Bajo	Medio	Alto		
Suelos de invernaderos		Bajo	Medio	Alto	
Suelos orgánicos			Bajo	Medio	Alto

Los resultados obtenidos en el kit de fertilidad son expresados en las siguientes unidades:

Cuadro 7. Unidades utilizadas en el kit de fertilidad de Lamote.

Partes por millón (ppm)	Libras de acre	Cantidad relativa de muy bajo a muy alto
Nitrato	Nitrato	Amonio
Calcio	Fósforo	Magnesio
Azufre	Potasio	Aluminio
Cloro	Hierro	Manganeso

Los valores cualitativos del cuadro 6 y 7 pueden ser interpretados en el cuadro 8

Cuadro 8. Partes por millón de valores cuantitativos.

Elemento	Muy bajo a Bajo	Bajo a medio Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Amonio	5	10	40	100	150
Magnesio	5	10	25	80	150
Aluminio	5	10	30	80	125
Manganeso	NA	10	30	80	40

Cuadro 9. Categoría de pH utilizado por el kit de fertilidad de Lamotte

pH	Categoría
<5.5	Fuertemente ácido
5.5 – 6.0	Moderadamente ácido
6.1 – 7.0	Levemente ácido
> 7	Alcalino

Cuadro 10. Categorías de N, Ca, P, Mg utilizado por el Laboratorio de suelos de Zamorano, Honduras, 2000.

Categoría	N	Ca	P	Mg
	(%)		ppm	
Alto	> 0.2	> 1200	>30	>300
Medio	0.01-0.2	800-1200	17-30	180-300
Bajo	<0.1	<800	<17	<180

Cuadro 11. Categorías de pH utilizadas por el Laboratorio de suelos de Zamorano, Honduras 2000.

Categorías	Rango de pH
Fuertemente ácido	5-5.5
Moderadamente ácido	5.5-5.9
Levemente ácido	6-6.5
Muy levemente ácido	6.6-6.9
Muy levemente alcalino	7-7.5
Levemente alcalino	7.6-8
Moderadamente alcalino	8.1-8.5
Fuertemente alcalina	8.6-9

3.8 TRANSFORMACION DE DATOS

Para correlacionar los datos se transformaron a ppm para que todas las unidades tuvieran el mismo valor.

Los datos de materia orgánica y pendientes se transformaron con la siguiente formula:
Sin) (número en %) $\sim$ para su análisis en el programa estadístico SAS.

Para lb/acre se usó la siguiente formula:
 $\text{Lb/acre} \times 0.5 = \text{ppm}$

Los resultados de P del kit de fertilidad se reportaron en forma de P20S, por lo que se multiplicaron los resultados de laboratorio por 2.29 para convertidos a P20S.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. SISTEMA DE PRODUCCION TRADICIONAL

4.1.1 Características químicas

En el análisis de correlación se encontró una relación positiva baja de 0.17 entre los datos analíticos del kit de fertilidad de Lamotte y del Laboratorio de Suelos de Zamorano (Anexo 1).

La correlación baja entre ambos métodos se pudo deber a varios factores, entre los cuales se considera que los más importantes podrían ser:

- Pocas repeticiones por unidad experimental.
- Diferencias topográficas existente entre cada unidad experimental.
- Características propias del ecosistema.

El análisis estadístico detectó diferencias ($P < 10$) entre los niveles de P.M.O., Ca., Mg, S Y Fe entre ambos métodos de análisis. En el caso de Ca y Fe estas diferencias fueron debidas al efecto de la pendiente, en el Ca esto se pudo deber a la alta pluviosidad del ecosistema lo que ocasiona que se formen compuestos carbonatados y bicarbonatos, los bicarbonatos pueden ser fácilmente lavados al estar libres en la solución de suelo, al pasar de partes superiores a las inferiores. En el Fe se puede deber a la formación de compuesto del Fe con el P cuando los pH son bajos.

Se efectuó una caracterización química del Sistema de Producción Tradicional utilizando los datos del Laboratorio de Suelos y los resultados que se obtuvieron fueron:

4.1.1.1 Resultados del Laboratorio de Suelos. Los sitios de muestreos mostraron pH entre 4.28 y 5.09 clasificados como fuertemente ácidos. Los resultados obtenidos en cada punto de muestreo dentro de cada parcela se presentan en el Cuadro 13.

Cuadro 12. Valores del pH en las parcelas del Sistema de Producción Tradicional, en El Paraíso, Honduras, 2000.

Muestras	Pendiente (%)		
	24.6	55	58
1	4.49	4.50	4.84
2	4.28	4.54	4.89
3	4.62	4.64	5.09
X¹	4.46	4.56	4.92
s²	0.17	0.07	0.13

En el Cuadro 13 se observa, que el pH disminuye a menor pendiente, lo que se puede atribuir a que en estos puntos el lavado del Ca es mayor, debido a que los compuestos de Ca, arrastrados de las áreas mas altas hacia las inferiores y se pierden con más facilidad.

El pH afectó la disponibilidad de los elementos de la siguiente manera:

El elemento mas afectado fue el P, ya que a este pH, pueden formar compuestos con el hierro (Fe), aluminio (Al) o manganeso (Mn) reduciendo su disponibilidad y solubilidad.

La disponibilidad de Ca y Mg se encontró en el rango de medio a bajo, lo cual indica que se puede llegar a producir deficiencia si no se realizan enmiendas.

El Cu, Zn, Mn, se encontraron en concentraciones normales, no existiendo problemas con estos elementos con relación al pH, pero el Fe se encontró en altas concentraciones.

El S se encontró en concentraciones de normales a baja.

Las cantidades de Al fueron altas, pero para el cultivo presente que es café estas concentraciones no representa mayor problema, porque este cultivo es capaz de soportar saturaciones de hasta 40%.

La acidez presente en el suelo se puede deber en parte a las cantidades de materia orgánica la cual a través de procesos de descomposición como oxidación se transforma en compuestos orgánicos que son ácidos carboxílicos que acidifican el suelo.

A estos pH no solo la disponibilidad de nutrientes se ve afectado, también se afectan ciertas actividades microbiológicas en estos suelos.

4.1.1.1.1 Conductividad eléctrica. Los valores de conductividad eléctrica encontrados demuestran que no son una limitante en estos suelos.

4.1.1.1.2 Saturación de bases. Los niveles de saturación de base encontrados en cada uno de los puntos de muestreos se presentan en el cuadro 13.

¹ X, medida estadística que indica el valor medio de los valores.

² s, medida estadística que indica la desviación estándar de los valores con respecto a la media

Cuadro 13. Efecto de la pendiente en la saturación de bases y CIC en tres pendientes en un Sistema de Producción Tradicional, en El Paraíso, Honduras, 2000.

Pendiente	Saturación de bases	K	Mg	Ca	Al	Sat. Al	CIC
	(%)	(meq/100g)				(%)	(meq/100g)
24.6	91	0.3	1.9	4.5	0.67	9	7.4
24.6	68	0.07	1.1	2.9	1.97	33	6.0
24.6	84	0.08	1.4	3.6	0.94	16	6.0
	$\bar{X}$ 81	0.15	1.47	3.67	1.19	19	6.47
	s 11.8	0.13	0.4	0.8	0.68	12.3	0.8
55	79	0.08	1.0	3.1	1.1	20	5.28
55	84	0.10	1.4	3.9	1.0	16	6.4
55	81	0.16	1.0	5.0	0.33	5	6.5
	$\bar{X}$ 81	0.11	1.1	4.0	0.81	14	6.06
	s 2.5	0.04	0.23	0.95	0.42	7.7	0.68
58	98	0.24	1.56	7.5	0.23	2.4	9.5
58	97	0.12	1.25	6.8	0.24	2.9	8.4
....58	98	0.16	1.0	7.3	0.16	1.8	8.6
	$\bar{X}$ 98	0.17	1.27	7.2	0.21	2.3	8.8
	s 0.58	0.06	0.28	0.36	0.04	0.55	0.58

Como se observa en el cuadro 13, la CIC es baja, lo cual indica que el suelo es de fertilidad baja, siendo capaz de almacenar suficiente nutrientes, los que pueden quedar libres en la solución de suelo, pudiendo perderse con facilidad por factores externos como lixiviación, volatilización, lavado y fijado.

La saturación de base encontrada en cada punto de muestreo en las diferentes pendientes es alta. Esto no indica que la fertilidad natural del suelo sea alta, porque esta saturación esta contenida dentro de la CIC, que es el indicador principal que determina la fertilidad del suelo; ésta puede se afectada por el pH del suelo y por el minado que se puede producir al no aplicar ningún tipo de enmiendas orgánicas.

La saturación de K se encontró en un rango medio-bajo por lo que puede decirse que sé esta produciendo un minado en el suelo y se pueden llegar a presentar problemas de deficiencia con este elemento (Cuadro 13).

La saturación de Ca se encontró en la categoría media, lo que indica que sus concentraciones en el suelo son normales, sin embargo, la saturación .de Mg se encontró en el rango alto (Cuadro 13).

La saturación de Al (Cuadro 13) no representa una limitante para el cultivo, porque el café es capaz de soportar una saturación de Al de hasta 40 % y las concentraciones encontradas en el suelo son bajas.

4.1.1.1.3 Materia orgánica. Los contenidos de materia orgánica en cada punto de muestreo se presentan en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Cantidad de materia orgánica en un Sistema de Producción Tradicional, en El Paraíso, Honduras, 2000.

Pendiente (%)			
Muestras	24.6	55	58
1	5.16	2.17	6.79
2	5.15	5.14	3.93
3	4.62	3.49	3.50
X	4.97	3.6	4.74
s	0.31	1.5	1.79

Las áreas muestreadas presentan en su mayoría niveles altos de materia orgánica (> 4 %), (Cuadro 14).

Estos niveles de materia orgánica contribuyen a la acidez y la fertilidad media a baja del suelo. Para conocer la rapidez con que se descompone la materia orgánica, se determinó la relación C/N (Anexo 5) y se encontró que esta era 12:1, que indica que existe un equilibrio entre los procesos de mineralización y humificación y que la descomposición se realiza con relativa rapidez, debido a la humedad y temperatura presente en el ecosistema. Esta relación puede indicar poca durabilidad de la M.O., posiblemente al tipo de M.O. presente.

4.1.2. Características físicas del suelo

Para conocer la física del suelo se evaluaron ciertas características a nivel de campo y de laboratorio las que se incluyeron en este estudio fueron:

4.1.2.1. Textura. Se realizó a nivel de laboratorio y la que predomina es el franco arcillo arenoso, se presentó en el 66 % de las áreas muestreadas seguido por el franco arenoso en un 34 %.

En el Cuadro 15 se presentan las características físicas encontradas en cada punto de muestreo.

4.1.2.2. Estructura y densidad aparente

Cuadro 15. Características físicas del suelo en el Sistema de Producción Tradicional en diferentes pendientes, en el Paraíso, Honduras, 2000.

Pendiente (%)	Estructura			D.A.
	Tipo	Tamaño	Resistencia	
24.5	Granular	Fino	Moderada	1.0
24.5	Granular	Medio	Moderada	1.3
24.5	Bloque	Medio	Fuerte	1.2
<u>X</u>				1.2
55	Granular	Medio	Fuerte	1.2
55	Bloque	Medio	Moderada	0.9
55	Bloque	Fino	Fuerte	1.1
<u>X</u>				1.0
58	Bloque	Medio	Moderada	1.2
58	Bloque	Fino	Fuerte	1.4
58	Bloque	Medio	Fuerte	1.25
<u>X</u>				1.3

En el Cuadro 15 se observa que el tipo de estructura que predominó es el bloque de tamaño medio a fino, y con resistencia de moderada a fuerte, lo que indica que estos suelos presentan una estructura buena para el crecimiento de los cultivos, capaz de resistir a la erosión causada por factores externos.

La densidad aparente se encontró en el rango de normal a bajo, esto posiblemente se debió a la materia orgánica presente, y a que no se ha utilizado ningún tipo de implemento agrícola pesado, lo que crea condiciones favorables para los cultivos.

4.1.2.3 Descripción de calicatas. Se hicieron dos calicatas una en la parte alta y baja de cada terreno con el propósito de evaluar las características físicas y químicas del suelo en cuanto a textura, profundidad, estructura, densidad aparente, pH, profundidad de raíces y coloración.

Calicata 1**Localización:** Parcela 1 del sistema de producción tradicional**Vegetación y uso:** Café**Pendiente:** 23 %

Horizonte A 0-20 cm amarillo oscuro en húmedo (10 YR 3/4), fuertemente ácido (pH=4.66) ,franco arcillo arenoso, estructura media, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico, se observa raíces y raicillas en abundancia media.

Horizonte B 20-60 cm rojo amarillento en húmedo (5 YR 5/8), textura franco arcilloso, estructura media, fuertemente ácido, ligeramente plástico, se observan precipitados de hierro.

Calicata 2**Ubicación:** Parcela 3 del sistema de producción tradicional**Vegetación y uso:** Café**Pendiente:** 58 %

Horizonte A 0-22 cm, amarillo cafésoso oscuro en seco (10 YR 3/4), medianamente ácido (pH=5.62), textura franco arenoso, estructura media, ligeramente adhesivo, no plástico, se observó materia orgánica en estado avanzado de descomposición gran cantidad de raíces.

Horizonte B 22-55 cm, café rojizo, en seco (2.5 YR 4/4), fuertemente ácido (pH=5.59), textura franco arcillo arenoso, estructura débil, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico.

Horizonte C 55-86 cm, amarillo cafésoso oscuro, en seco (10 YR 3/4) fuertemente ácido (pH=5.51), estructura débil, no adhesivo, ligeramente plástico.

En ambas calicatas se encontró que la profundidad efectiva del suelo era de 55 cm, lo cual es lo mínimo que necesita el café para un desarrollo optimo.3.

4.1.3. Indicadores biológicos

En este estudio se tomaron como indicadores biológicos, la población de lombrices existente en cada punto de muestreo y la vegetación nativa predominante. Solo se tomaron estos indicadores, porque pueden ser fácilmente cuantificables por los productores, a nivel de campo para conocer la fertilidad natural del suelo.

4.1.3.1. Lombrices. Se midió la población de lombrices por metro cuadrado, los datos obtenidos se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Población de lombrices/m² en un Sistema de Producción Tradicional en diferentes pendientes en el Paraíso, Honduras, 2000.

Muestra	23	55	58
1	56	7	7
2	22	13	5
3	27	6	3
X	35	9	5
S	18.3	3.76	2
me4	27	7	5

Según Brady y Weil (1999), la población de lombrices/m² en un terreno agrícola debería de ser entre 30-300. De acuerdo al análisis estadístico las poblaciones encontradas son bajas, y la mayoría de los puntos de muestreos presentan poblaciones a bajo de la media, esto posiblemente se debe al bajo pH y las concentraciones medias-bajas de Ca que se encontraron en el suelo, así como también a las cantidades medias de materia orgánica encontradas en las parcelas con pendiente de 55 y 58%, porque las lombrices necesitan de pH neutros y cantidades altas de Ca para un funcionamiento óptimo.

4.1.3.2. Vegetación nativa. Para entender mejor las comparaciones entre los niveles de pendiente, se realizó un muestreo en toda el área de estudio y se encontraron algunas predominantes.

Cuadro 17. Especies de plantas nativas tomadas como indicadores de suelos en el Sistema de Producción Tradicional, en EL Paraíso, Honduras, 2000.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Característica
Estrellita	<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	<i>Asteraceae</i>	Presente en suelos de buena fertilidad
Oreja de coyote	<i>Elephantopus mollis kunth</i>	<i>Asteraceae</i>	Propia de suelos fértiles
Engorda cabras	<i>Desmodium intortum</i> (Mill) Urban	<i>Fabaceae</i>	Leguminosas, forma nódulos y tiene la capacidad de fijar nitrógeno.
Hoja de golpe	<i>Begonia oaxacana</i> A.DC.	<i>Begoniaceae</i>	Presente en ecosistemas húmedos y fértiles.
Chimaliote amarillo	<i>Verbesina agricolarum</i> Standl. Et steyeri	<i>Asteraceae</i>	Presente en suelos de buena fertilidad
Vejiga de perro	<i>Nicandra physalodes</i> (L.) Gaertn	<i>Solanaceae</i>	Solanácea común en rastrojo de maíz y frijol

Como se puede notar en el cuadro 17, las plantas que se encontraron en este ecosistema, indican que son climas con suelos de buena fertilidad y alta pluviosidad.

4.2 SISTEMA DE PRODUCCION CONVENCIONAL

4.2.1 Características químicas

Al igual que en el Sistema de Producción Tradicional, los análisis químicos del suelo se realizaron a través de dos métodos que fueron: el kit de fertilidad de Lamotte y el Laboratorio de Suelos de Zamorano.

Se encontró correlación positiva baja de 0.28, entre los resultados analíticos del kit de fertilidad de Lamotte y los del Laboratorio de Suelos de Zamorano (Anexo 2).

La falta de correlación entre ambos métodos se pudo deber a varios factores entre los cuales se considera que los más importantes podrían ser:

- Pocas repeticiones por unidad experimental.
- Diferencias topográficas existente entre cada unidad experimental.
- Características propias del ecosistema.

El análisis estadístico detectó diferencias ($P < 10$) entre los niveles de Ca y Mn; estas diferencias se pudo deber al efecto de la pendiente.

Se efectuó una caracterización química del Sistema de Producción Convencional, utilizando los datos del Laboratorio de Suelos y los resultados que se obtuvieron fueron.

4.2.1.1 Resultados del Laboratorio de Suelos

4.2.1.1.1 Acidez del suelo (pH). Los sitios de muestreos mostraron pH entre 3.83 y 5.72, clasificados como fuertemente ácidos. Los resultados de pH obtenidos en cada punto de muestreo se presentan en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Características del pH en el Sistema de Producción Convencional en El Paraíso, Honduras, 2000.

Pendiente (%)			
Muestras	18	2	23
1	4.80	5.20	5.15
2	3.83	5.31	5.72
3	4.49	4.70	4.66
X	4.3	5	5.18
s	0.49	0.32	0.53

En el Cuadro 18 se observa que a menor pendiente menor pH, lo que se puede atribuir a un lavado de los iones de Ca, hacia los puntos mas bajos, causando la perdida de estos iones con facilidad, disminuyendo el pH del suelo.

El pH afectó la disponibilidad de los elementos:

El P se encontró en bajas concentraciones lo que a su vez se pudo deber a dos causas:

- La primera es que puede estar fijado en la forma de fosfato de hierro y de fosfato de aluminio disminuyendo su solubilidad y disponibilidad.
- Que exista un minado en el suelo de este elemento, debido a que las enmiendas hechas con P han sido mínimas, por el manejo que se ha dado en el ecosistema, no llenando los requisitos de las plantas.

La disponibilidad de Ca y Mg se encuentra en el rango de medio a bajo, lo cual indica que a estos pH se pueden presentar deficiencias si, no se realizan enmiendas.

El Fe, se encontró en altas concentraciones, pudiendo llegar a inmovilizar el P presente en la solución de suelo, limitando la disponibilidad de este elemento

El S se encontró en concentraciones de normales a bajas (Anexo 3)

Cuadro 19. Efecto de la pendiente en la saturación de bases en un Sistema de Producción Convencional, en El Paraíso, Honduras, 2000.

Pendiente	Sat. bases	K	Mg	Ca	Sat.Al	Al	CIC
(%)		(meq/100g)				(%)	(meq/100g)
18	94	0.73	2.80	3.20	0.40	6	7.10
18	49	0.15	1.00	1.80	3.10	51	6.00
18	91	0.31	2.40	2.36	0.47	6	5.54
	$\bar{X}$	0.4	2.00	2.45	1.32	21	6.21
	s	0.3	0.94	0.7	1.54	26	0.8
22	99	0.59	3.00	6.50	0.11	1	10.2
22	98	0.81	1.88	4.30	0.14	0.8	7.13
22	26	0.37	1.50	4.30	0.23	4	6.40
	$\bar{X}$	0.59	6.38	15.1	0.16	1.9	7.91
	s	0.22	0.78	1.2	0.06	1.79	2.00
23	99	0.83	2.30	7.00	0.13	2	10.26
23	99	1.10	4.80	4.80	0.11	0.8	10.81
23	95	0.16	2.43	4.50	0.39	5	7.48
	$\bar{X}$	0.70	3.18	5.43	0.21	2.6	9.52
	s	0.48	1.41	1.37	0.16	2.16	1.78

En el Cuadro 19 se observa que la saturación de bases en cada uno de los puntos de muestreo es alta, con excepción del punto dos de la pendiente de 18 %, en donde la saturación de bases es baja, debido a la alta concentración de Al observada en este punto.

La saturación de K, se encontró en bajas concentraciones por lo que se pueden llegar a presentar problemas de deficiencias de este elemento, si no se realizan enmiendas (Cuadro 19).

La saturación de Mg se encontró en concentraciones medias en la solución de suelo, por lo que la disponibilidad de este elemento es buena, no presentándose problemas con deficiencias (Cuadro 19).

Según Brady (1974), en regiones donde existen altas pluviosidades, los iones de hidrógenos presentes en la solución de suelo tienden a formar compuestos con el Ca de carbonatos y bicarbonatos, los cuales se lixivian fácilmente, por lo que se puede deducir que las saturaciones medias de Ca presentes en el suelo (Cuadro 19.), se deban posiblemente al lavado de carbonatos y bicarbonatos de la solución de suelo

El Al, se encontró en bajas concentraciones, con excepción del segundo punto de la parcela con pendiente de 18 % en donde este elemento se presenta en altas concentraciones lo que posiblemente se deba a que en este punto hay una mayor lixiviación de bases carbonatadas, lo que ocasiona que el Al se adhiera con mayor fuerza a las micelas (Cuadro 19).

En el Cuadro 19 se observa que la CJC presente en la mayoría de los sitios de muestreos es baja, lo cual significa que el suelo es de baja fertilidad, porque este no es capaz de retener la suficiente cantidad de nutrientes, pudiendo encontrarse libre en la solución de suelo, y lavarse con facilidad, al no estar retenidos en las micelas del suelo.

4.2.1.1.3 Materia orgánica. Los contenidos de materia orgánica encontrados en cada punto de muestreo se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Contenido de materia orgánica (%) en un Sistema de Producción Convencional de café en El Paraíso, Honduras, 2000.

Muestra	18	22	23
1	4.58	5.72	5.41
2	2.42	5.65	6.71
3	5.39	3.67	5.33
X	4.13	5.01	5.82
s	1.53	1.16	0.77

El Cuadro 20 muestra que las cantidades de materia orgánica encontradas en el suelo son altas, con excepción de la muestra 2 de la pendiente 18% y de la muestra 3 de la pendiente de 22 % en donde se encontraron en cantidades medias, lo que posiblemente se deba a la pendiente pronunciada de estas muestras.

Se observa una relación directa que a mayor pendiente mayor cantidad de materia orgánica, lo que posiblemente se deba a que la vegetación arbórea en los puntos de mayores pendientes era mas frondosa.

Para conocer la rapidez de descomposición de la materia orgánica se determinó la relación C/N y se encontró que ésta era de 12 (Anexo 6), encontrándose en su punto optimo, lo que indica que existe un equilibrio entre los procesos de mineralización y humificación. Esta relación óptima está influenciada por las características de humedad y temperatura presentes en el ecosistema.

4.2.2 Características físicas del suelo

Para conocer la física del suelo se evaluaron ciertas características por medio de análisis de laboratorio y a nivel de campo, las que se incluyeron en este estudio son:

4.2.2.1 Textura. Se determinó a través de análisis de Laboratorio de Suelos de Zamorano. El suelo predominante es el franco arcillo arenoso, presentándose en el 78 % de las áreas muestreadas, seguido por el suelo arcilloso en un 11 % Y el franco arcilloso en 11 %.

4.2.2.2 Estructura y densidad aparente

Cuadro 21. Tipo de estructura y densidad aparente en tres pendientes en un Sistema de Producción Convencional, en El Paraíso, Honduras, 2000.

Pendiente	Estructura			DA.
(%)	Tipo	Tamaño	Resistencia	(g/ce)
18	Bloque	Fino	Moderada	0.90
18	Granular	Fino	Fuerte	1.20
1-8	Granular	Medio	Moderada	1.10
X				1.07
22	Bloque	Medio	Fuerte	1.30
22	Granular	Medio	Moderada	1.00
22	Bloque	Medio	Moderada	0.80
X				1.08
23	Granular	Medio	Moderada	1.25
23	Granular	Medio	Moderada	1.30
23	Granular	Fino	Moderada	1.10
X				1.22

La estructura que más se presentó fue la granular de tamaño medio a fino con resistencia de moderada a fuerte, lo que indica que este suelo tienen una estructura excelente, muy estable y resistente a factores externos como erosión hídrica y eólica, con buena aireación del suelo, permitiendo el intercambio gaseoso. En cuanto a la densidad aparente esta se encuentra en el rango de normal a bajo, esto posiblemente se debe a la gran cantidad de materia orgánica presente y a que no se ha usado ningún tipo de implemento agrícola, lo que crea condiciones favorable para los cultivos.

4.2.2.3 Descripción de calicatas. Se hicieron dos calicatas las que estaban ubicadas en la parte alta y baja del terreno con el propósito de evaluar las características físicas y químicas del suelo en cuanto a textura, profundidad, estructura, densidad aparente, pH, penetración de raíces y coloración.

Calicata 1

Localización: Parcela 1 del Sistema de Producción Convencional

Vegetación y uso: Café

Pendiente: 18 %

Horizonte A: 0-31cm, café olivo oscuro (25Y 5/4) en húmedo, tranco arenoso, fuertemente ácido (pH=4.47), textura tranco arenoso, estructura débil, ligeramente adhesivo, no plástico, con abundante materia orgánica en estado medio de descomposición, abundante raíces finas y muy finas.

Horizonte B 31-47 cm, amarillo cafésoso en húmedo (10 YR 5/8), fuertemente ácido, (pH=4.42), textura franco arcillo arenosos, estructura débil, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico, se observan raíces en abundancia media-baja.

Horizonte C 47-63 cm, café en húmedo (7.5 YR 5/8), fuertemente ácido (pH=4.14), textura franco arcillo arenosos, estructura débil, no adhesivo, ligeramente plástico, se observan raíces.

Calicata 2

Localización: Parcela 3 del Sistema de Producción Convencional

Vegetación y uso: café

Pendiente: 22: %

Horizonte A: 0-23cm, café amarillo oscuro en húmedo (10 YR 3/4) fuertemente ácido (pH=5.56), textura franco, estructura fuerte, medianamente adhesivo, moderadamente plástico, se observa gran cantidad de raíces, materia orgánica altamente descompuesta.

Horizonte B 23-44 cm, café oscuro en húmedo (7.5 YR 4/4), fuertemente ácido (pH=4.44), textura franco, estructura fuerte, fuertemente adhesivo, moderadamente plástico, se observan ciertas raíces.

Horizonte C 44-66 cm amarillo cafésoso en húmedo (10 YR 5/8), fuertemente ácido (pH=4.24), textura franco, estructura media, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico.

Se observó una profundidad efectiva del suelo de 50 cm, lo cual es lo mínimo que necesita el café para un desarrollo óptimo.

4.2.3 Indicadores biológicos

En este estudio se tomaron como indicadores biológicos, la población de lombrices existente en cada punto de muestreo y la vegetación nativa predominante.

4.2.3.1 Lombrices. La población de lombrices por metro cuadrado en el Sistema de Producción Convencional, se presentan en el Cuadro 22 .

Cuadro 22. Población de lombrices/m² en diferentes pendientes en un Sistemas de Producción Convencional en El Paraíso, Honduras, 2000.

Muestra	18	24	22
1	27	17	34
2	1	7	22
3	8	0	18
X	12	8.	25
S	13	9	8
Me	8	7	22

Según Brady y Weil (1999), la flora y fauna del suelo dependen de muchos factores, pero los que determinan su actividad son la temperatura y acidez. Las poblaciones de lombrices son bajas, y la mayoría de los sitios muestreados presentan poblaciones a bajo de la media, esto se puede atribuir al bajo pH y las concentraciones medio-bajo de Ca que se encuentran en el suelo.

4.2.3.2 Vegetación nativa. Para entender mejor las comparaciones entre los niveles de pendiente, se realizó un muestreo en toda el área de estudio, las especies predominantes se observan en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Especies de plantas predominantes en el Sistema de Producción Convencional, tomadas como indicadores de calidad de suelo en El Paraíso, Honduras, 2000.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Característica
Estrellita	<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	<i>Asteraceae</i>	Presente en suelos de buena fertilidad
Engorda cabras	<i>Desmodium intortum</i> (Mill) <i>Urban</i>	<i>Fabaceae</i>	Leguminosas, forma nódulos y tiene la capacidad de fijar nitrógeno
Hoja de golpe	<i>Begonia oaxacana</i> A.DC.	<i>Begoniaceae</i>	Presente en ecosistemas húmedos y fértiles.
Chimaliote amarillo	<i>Verbesina agricolarum</i> Standl.	<i>Asteraceae</i>	Presente en suelos de buena fertilidad

Como se puede notar en el cuadro anterior, las plantas herbáceas predominantes en este ecosistema indican que mantienen la fertilidad del suelo.

Cuadro 24. Resultados obtenidos de las características evaluadas en los Sistema de Producción Tradicional y Convencional, en El Paraíso, Honduras, 2000.

Cuadro 24. Resultados obtenidos de las características evaluadas en los Sistema de Producción Tradicional y Convencional, en El Paraíso, Honduras, 2000.

Características	S.Producción Tradicional	S. Producción Convencional
Correlación	R=0.17	R = 0.28
P < 10	Detecto diferencias entre P, M.O. Ca, Mg, S, Fe, Ca y Fe debido al efecto de pendiente	Detecto diferencias entre Ca y Mn lo que se atribuye al efecto de pendiente
pH	Fuertemente ácido, se nota que el pH es constante en los diferentes puntos de muestreos	Fuertemente ácido, este aumenta con el grado de pendiente
Saturación de Bases	Alta	Alta
Saturación de K	Baja	Media-alta
Saturación de Mg	Alta	Alta
Saturación de Ca	Media	Alta
Saturación de Al	Baja	Baja
CIC	Baja	Baja
M.O.	Medio-alta	Alta
Textura	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso
Estructura	Bloque, tamaño medio a fino resistencia moderada	Granular, tamaño medio a fino, resistencia moderada
Profundida efectiva	55 cm	50 cm
Población de lombrices	Baja	Baja

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados analíticos de laboratorio y de campo se concluye:

Desde el punto de vista de calidad de suelo ambos sistemas de producción no presentan buena fertilidad, debido a que las concentraciones de nutrientes en el suelo son bajas, lo cual se puede deber a que las enmiendas realizadas son pocas o nulas y al bajo pH, lo que puede afectar la disponibilidad de algunos elementos. Sin embargo, los suelos si presentan buena textura y estructura.

En el Sistema de Producción Tradicional, debido al manejo se está produciendo un minado en la fertilidad natural del suelo. En cuanto al Sistema Convencional se pueden llegar a presentar problemas en la fertilidad del suelo, debido a que las enmiendas realizadas no son suficientes, para suplir las necesidades del cultivo. Sin embargo, ambos sistemas de producción presentan una textura y estructura excelente y muy estable, de profundidad mínima para este cultivo.

La falta de correlación entre los resultados del kit de fertilidad de Lamotte y el Laboratorio de Suelos de Zamorano, se debió al poco número de muestras analizadas, y al efecto de la pendiente.

6. RECOMENDACIONES

Realizar enmiendas orgánicas e inorgánicas para evitar que se siga produciendo un minado en el suelo y de esta forma mejorar sus condiciones físicas y químicas.

Realizar obras de conservación de suelo como terrazas individuales y cultivos de cobertura para disminuir el lavado de terreno que se da, por las pendientes pronunciadas

Realizar mas estudios para determinar la confiabilidad del kit de fertilidad de Lamotte probando lo en diferentes regiones, cultivos y épocas del año, dado que las características del suelo varia según las condiciones climáticas y el tipo de cultivo presente y comparar los resultados obtenidos con los del laboratorio.

Capacitar personal en el uso del kit, debido a que los análisis obtenidos, son interpretados a través de tablas colorimetricas.

Incorporar el kit de fertilidad de Lamotte en un programa de capacitaciones a pequeños agricultores para determinar su impacto y aceptación.

Realizar un estudio económico para determinar si los costos reales de los análisis.

7. BIBLIOGRAFIA

BRADY, N. 1974. The nature and properties of soil. Eight editions of soils. New York, U.S.A. Editorial Macmillan company. 639 p.

BRADY, N.; WEIL, R. 1999. The nature and properties of soils. Twelfth edition. New Jersey, U.S.A. Editorial Prentice hall. 881 p.

CARVALLOS, T.; RODRIGUEZ, O. 1992. Manual de prácticas de física de suelos. México D.F.; México. Editorial Trillas 99 p.

CEPEDA, J. 1991. Química de suelos 23 ed. México. Editorial Trillas 167

p.
DORAN, J. W.; PARKIN, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In defining soil quality for a sustainable environment. Ed. By D.F. Bezdicek; D.e. Coleman, S.W. Doran; B.A. Steward. Madison, Wisconsin, U.S.A..SSSA Special Publication Number 35. 3-21 p.

ERICKSEN, P. 1999. An evaluation of sustainability of land management in a hillside Agroecosystem in central Honduras. Madison, Wisconsin, U.S.A. 219 p.

GALLEGOS DEL TREJO, A. 1997. La aptitud agrícola de los suelos, las pedologías aplicadas a las actividades agropecuarias. México, D.F.; México. Editorial Trillas 207 p.

LANDON, J.R. 1991. Booker tropical soil manual 23 ed. Oxon, England. Booker Tate limits. 474 p.

LAMOTTE COMPANY. 2000. Model STH series combination soil outfit, instruction manual. Maryland, U.S.A. 19 p.

MARTIN, A. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. México. 483

p.
MORENO, R. 2000. Agricultura en laderas: problemas y oportunidades. URL:

<http://www.rimisp.cl/publicaciones/electronicas/encuentro/pub217>

NARRO, E. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola, 13 ed. México, D.F, Mexico. 181 p.

RUIZ OIAZ, O. 2000. Cuantificación de indicadores locales de calidad de suelo en la microcuenca de Luquique, Yoro, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano 64 p.

SAS Institute Inc. 1997. SAS/STAT[®] Software, Changes and Enhancements through Release 6.12, Cary, N.C: SAS Institute Inc. 1167 p.

UCRAPROVEX DE R.L. 2000. Manual de caficultura orgánica. Managua, Nicaragua. 60 p.