

República de Cuba



Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.

Facultad de Ciencias Agrarias.

**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

Título: Propuesta de mejoramiento de los suelos basada en las exigencias nutricionales del cultivo del café (Coffea arábica. L) en la UBPC Mamey del Municipio Cumanayagua

Autores: Yarisbey Velasco Capote

Tutor: Ing. Bárbara Pérez López

Cumanayagua / 2010

“Año 52 de la Revolución”

PENSAMIENTO

El abono se ha de traer de otra parte, pero el cultivo se ha de hacer conforme al suelo.

José Martí.

DEDICATORIA

A mis hijos, por ser:
El mundo, la vida y el sacrificio

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de una manera sincera a todas las personas en el de cursar de estos últimos 6 años han permitido mi formación como Ingeniera.

En especial a mi tutora Ing. Bárbara Pérez López que ha brindado su desinteresada ayuda.

A Msc Mario Fuentes por sus oportunos consejos y aceptadas críticas.

A mis compañeros de curso que han compartido los buenos y malos momentos en estos últimos años.

A mis padres hermano y esposo por estar a mi lado en todo momento.

A todos mi gratitud **¡Mil Gracias!**

SINTESIS

La investigación se realizó en la UBPC Mamey durante dos años (2007 - 2009), en el macizo montañoso Guamuhaya del municipio Cumanayagua, provincia Cienfuegos. El objetivo de la misma fue caracterizar y evaluar los factores que provocaban una disminución de la productividad del cultivo del café (*Coffea arábica*), así como en la conservación del recurso natural suelos, para ello se utilizaron los métodos *Empírico* y *Analítico*. Se determinó de forma analítica las propiedades químicas y se obtuvo como resultados que existe una variación en las necesidades de nutrientes en los suelos dedicados al cultivo de *Coffea arábica*.L y que existen pérdidas de suelo relacionadas con la erosión en las áreas objeto de estudio, lo que posibilitó arribar a la conclusión que es necesaria la implementación de un programa de manejo del suelo encaminado a su rehabilitación, el cual posibilitará recuperar su capacidad productiva y mejorar las condiciones ambientales del entorno de la UBPC y en base a esto se recomienda establecer un programa de manejo el cual defina medidas necesarias para la rehabilitación de las áreas y la recuperación de la capacidad productiva en la Unidad.

TABLA DE CONTENIDO	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación del estudio.....	4
1.3 Problema de Investigación	4
1.4 Objetivo General	4
1.4.1 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis de la Investigación	4
1.6 Diseño Metodológico de la Investigación.....	5
1.6.1 Se utilizaron los siguientes métodos	6
1.6.2 Etapas de la investigación:	7
1.6.3 Metodología Aplicada:	7
1.6.4 Resultados de las necesidades de fertilizantes	8
1.6.5 Propuesta de reenfoque del uso de los suelos.	9
1.7 Beneficios esperados.....	10
1.8 Límites del Alcance de la Investigación.....	11
2. DESARROLLO	12
2.1 Valoración del contexto mundial, nacional y local.	12
2.1.1 Suelos para el cultivo del café.	13
2.1.2. Fertilidad del suelo	15
2.1.3. La materia orgánica y su importancia en el suelo.....	19
2.1.4. Uso y efecto del sombreado	21
2.1.5 Agricultura orgánica, agricultura sostenible e indicadores de sostenibilidad y de calidad del suelo.....	23
2.2 Resultados y Discusión	28
2.2.1 Resultados de las necesidades de fertilizantes	28
2.2.2 Características generales de las áreas estudiadas	29

2.2.3 Descripción de las áreas y propuesta de manejo.....	31
3. CONCLUSIONES.	42
4. RECOMENDACIONES	43
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
6. ANEXOS	47

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Durante su desarrollo social, el hombre ha mantenido una constante interacción con la naturaleza, obteniendo con su trabajo los recursos que ésta le brinda para satisfacer sus necesidades de alimento, abrigo, y muchas otras; sin embargo, en los dos últimos siglos, por la explosión demográfica y los avances científicos y tecnológicos aplicados sin una conciencia conservacionista, entre otros factores, el hombre ha venido ejerciendo una creciente presión sobre la naturaleza, provocando el deterioro de amplias superficies de terreno.

Es por ello que Gaitan y Lacki (1993) expresaron que el suelo constituye un recurso escaso, que continuamente produce, y por tanto es necesaria la recuperación de su fertilidad y capacidad productiva. la agricultura sustentable, según Altieri (1997) permite a un agro- ecosistema dado mantener la producción a largo plazo, frente a adversidades ecológicas y presiones socioeconómicas, sin perder de vista el reciclaje de nutrientes pequeña dentro.

No hay ningún país o isla pequeña en el que no vegete el cafeto. Los dos tercios de la producción mundial proceden del hemisferio oeste, y Brasil por si solo, durante algunos años ha producido una gran parte y algunas veces la mitad de la producción mundial. (Gaitan y Lacki 1993)

Dentro de las especies de mayor importancia tenemos Coffea arabica L. Esta fue descrita por Linneo creyendo que era originaria de Arabia. Después considero a Etiopia, junto con Arabia como su lugar de origen. En Cuba su introducción se les atribuye a los franceses que establecieron sus cafetales en la Habana y otras regiones de Cuba. Actualmente se concentra su cultivo en todo el país fundamentalmente en el Oriente y Centro donde existen grandes plantaciones. (Instituto Nacional de suelo .1998.)

Ante esta situación, es cada vez es más urgente la utilización de los recursos naturales en el marco del desarrollo sustentable, concepto que además de sustentabilidad ambiental, involucra la satisfacción equitativa de las necesidades del hombre. (Becerra.1998)

Por lo que es necesario la utilización de técnicas de manejo adecuadas para contribuir a resolver esta problemática desde el punto de vista económico, si se tiene en cuenta que la población crece y aumenta el consumo de alimentos, lo que provoca una mayor explotación de los suelos (Lal, R. 2000).

Autores como (Altieri 1994; Cairo 2001) consideran la combinación armónica y racional de las sustancias orgánicas y fertilizantes químicos como favorecedores de las necesidades de nutrientes del suelo, y como mejoradores de sus propiedades estructurales.

Pero en el caso específico de los suelos ferralíticos rojos de montaña, se ha manifestado que estos poseen grandes limitaciones para la producción de cultivos, por su acidez, (a veces por debajo de 5,5 de pH), riesgos de erosión y por su degradación física son los que más necesitan de la aplicación de una agricultura orgánica. (Valencia, G. 1995).

Investigadores como (Gómez C. M. y Gómez 1997 y Benítez 2004) han expresado que todo tipo de vida depende de la calidad del suelo para su supervivencia y que la protección de este recurso natural, necesita de indicadores para evaluar su calidad y que tales indicadores están en función de las propiedades edáficas sensibles a los cambios de uso del suelo.

No obstante (Bautista 2004) enfatizan en que el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que merece, a pesar de su importancia para la vida, ya que su degradación es una seria amenaza para el futuro de la humanidad.

El Desarrollo sostenible se define como el que **“Satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”**. (ONU, 1987). En esencia el desarrollo

sostenible expresa que el crecimiento económico y la conservación del medio ambiente deben ser compatibles.

Existen preocupaciones actuales por lograr una mejor gestión de los recursos naturales en aras de prevenir el deterioro progresivo de estos, implicando esto la necesaria planificación y gestión de los mismos.

Nuestro país y nuestra provincia no esta exentas de la problemática de satisfacer las necesidades económicas con un mínimo de recursos y donde los recursos naturales sean utilizados de forma racional y sostenida.

En esta UBPC no se han realizado proyectos sobre el uso y manejo del recurso natural suelo solo se realizan las actividades propuestas en los manuales de conservación sin tener en cuenta las características de los suelos y el área.

A pesar de que en la actualidad están creadas las condiciones para una mejor atención al cultivo, se ha incluido recursos y existe un sistema de extensionismo, los rendimientos por año se han ido perdiendo estando en estos momentos a menos de 35 quintales por caballería. El uso del suelo en la actividad cafetalera sin tener en cuenta su capacidad productiva y demás factores limitantes ha hecho que los rendimientos hayan disminuido considerablemente en la unidad.

Sin embargo existen los instrumentos legales para poner en práctica la ejecución de proyectos en este sentido.

1.2 Justificación del estudio

El deterioro progresivo de la capacidad productiva de los suelos de la UBPC Mamey

1.3 Problema de Investigación

Deterioro progresivo de los suelos destinados al cultivo del café (*Coffea arabica*. L) de la UBPC El Mamey.

1.4 Objetivo General

Proponer un programa de manejo sostenible de los suelos encaminado a la recuperación de las áreas cafetaleras en la UBPC El Mamey.

1.4.1 Objetivos específicos

1. Proponer un reenfoque lógico del uso de los suelos para el café teniendo en cuenta la vocación y la capacidad productiva de los mismos.
2. Definir los manejos y medidas necesarias para la rehabilitación de las áreas y la recuperación de la capacidad productiva en la Unidad.

1.5 Hipótesis de la Investigación

El estudio de la relación de los factores limitantes del suelo permitirá realizar un programa de manejo al cultivo del café.

1.6 Diseño Metodológico de la Investigación.

El trabajo se realizó en la UBPC Mamey en febrero del 2007 hasta marzo del 2010 por un término de tiempo de 3 años. La misma está situada en el asentamiento El Mamey, el cual se encuentra en el macizo Montañoso Guamuhaya del municipio Cumanayagua; limita al norte con el embalse Hanabanilla, por el sur y este con Granja Militar Integral (GMI) El Quijote y por el oeste con la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Valentín Alonso. Abarca un área de 48 ha de café, 20 ha de cultivos varios y 20 ha dedicadas a la cría de ganado menor.

El clima es subtropical húmedo, caracterizado por una época lluviosa que se extiende desde mayo – octubre y un periodo poco lluvioso que se abarca desde noviembre hasta abril (clima húmedo estático), con una humedad relativa que oscila entre un 50-60 %, el suelo predominante en estas áreas es del tipo Ferralítico Rojo Típico de montaña según la segunda Clasificación Genética de Suelos de Cuba de la Academia de Ciencias de Cuba (1975) y Ferralítico Rojo en base a la nueva versión de clasificación de Hernández (1999).

El área está compuesta por montañas de gran altura, valles naturales que se utilizan para los cultivos varios, además de algunas zonas donde las pendientes son menores y también se dedican a este tipo de cultivos.

La variedad de café predominante en el área seleccionada para los experimentos es: Isla 6 -14 aunque se puede encontrar además, algunas plantas aisladas de las variedades Caturra rojo y Borbón.

El trabajo se realizó en los siguientes campos:

Tabla No. 1 Campos donde se trabajó.

Nombre del Campo	Área a.C.(ha)
Rancho Largo	2.82
La Turbina	2.55
El Tanque	0.81
Guayabo	0.94
Chordi	2.55
La Vegueta	3.36
Las Colmenas	9.53
El Naranjal	1.48
La Carreta	0.81
La Ceiba	2.15
La Palizá.	6.58
TOTAL	33.6

1.6.1 Se utilizaron los siguientes métodos

Método Empírico:

- **Técnica de análisis documental:** Fueron revisados documentos, revistas, plegables y artículos científicos relacionados con el tema de la investigación, como son:
 - Revistas de Agricultura Orgánica y plegables de la actividad, con el objetivo de actualizar conocimientos sobre el tema agro ecológico.
 - Literatura actualizada sobre cultivo y abono del cafeto.
 - Estudios de suelo realizados por la Estación de Suelos Barajagua.
- La observación nos permitió percibir, lo que sucede en las áreas cafetaleras de la UBPC El Mamey para la interpretación y posterior aplicación a la investigación.

Método Analítico:

- Determinación analítica de las propiedades químicas.

El estudio de los suelos comenzó con la descripción morfológica de estos en el campo, y frecuentemente sobre esta base se dan los primeros diagnósticos genéticos; al mismo tiempo, se efectuó el muestreo de las parcelas objeto de estudio, obteniéndose el material necesario para efectuar los análisis de laboratorio con el fin de comprobar y afirmar los diagnósticos de campo y elaborar las medidas

necesarias para una correcta utilización y mejoramiento de las mismas; de esta forma, el estudio sobre la morfología de los suelos, es una de las principales ramas de la ciencia del suelo, inseparable del estudio de la composición y propiedades de estos y los procesos que los determinan, por eso la realización correcta de una descripción morfológica de los mismos, es una garantía del éxito de los estudios genéticos - productivos posteriores”.

1.6.2 Etapas de la investigación:

Se estructuró siguiendo las siguientes fases:

- I. Recopilación de la información existente.
- II. Realización de análisis físicos y químicos en las áreas seleccionadas.
- III. Análisis estadístico de los resultados.
- IV. Selección de medidas de conservación y mejoramiento aplicables a cada área

1.6.3 Metodología Aplicada:

Para el diagnóstico se hicieron recorridos a pie y se tomó un perfil de suelo en dicha finca; al mismo tiempo se realizó el muestreo agroquímico de los 11 campos con que cuenta la UBPC.

El área experimental es de 33,6 ha donde se tomaron las muestras de suelo, utilizando la metodología planteada por Cairo, 2000 para los análisis físicos y químicos de suelo.

Para la identificación de las muestras, fueron utilizados recortes de papel blanco, lápiz y pequeños alambres finos, tomándose la siguiente información en cada muestra:

- Empresa a que pertenece
- Unidad básica
- # del campo
- # de la muestra
- Profundidad de la cual se realizó la muestra
- Fecha

Para la toma de muestra se utilizó un pico, una coa y bolsas de polietileno de 14x24 cm como envase de las muestras para los análisis químicos, y cajas de madera para los análisis físicos.

Se consultó la bibliografía existente sobre el tema.

1.6.4 Resultados de las necesidades de fertilizantes

Los análisis de las muestras fueron realizados en el Laboratorio de la Estación Experimental de Suelos y Fertilizantes de Barajagua, municipio Cumanayagua, provincia Cienfuegos, perteneciente al Ministerio de la Agricultura (MINAGRI).

Los elementos fósforo y potasio fueron obtenidos según la norma ramal N° 837 del MINAGRI, el fósforo (P_2O_5) se determinó colorimétricamente por el método del metavanadato de amonio; y el potasio (K_2O) por fotometría de llama, ambos por la metodología de Samuels (1969); citado por Cairo (2000). La determinación de las formas móviles de fósforo y potasio se obtuvieron por el método de Oniani.

El ph en agua (ph H_2O) y en cloruro de potasio (ph KCl), se determinaron por el método del potenciómetro, en relación suelo - solución 1:2.5; según Hesse (1971); citado por Cairo (2000).

En las siguientes tablas se aprecian las clasificaciones establecidas por Mesa y col. (1984) para la interpretación del ph y M.O.

Tabla No.2 Clasificación de los valores de pH.

Valores de ph(KCl)	Clasificación
< 3,5	Muy ácido
3,5 – 4,5	Ácido
4,6 – 5,5	Medianamente ácido
5,6 – 6,0	Ligeramente ácido
6,1 – 7,0	Neutro
7,1 – 8,0	Ligeramente alcalino
8,1 – 8,5	Medianamente alcalino
> 8,6	Alcalino

Tabla No.3 Clasificación del contenido de M.O.

M.O. %	
Valores	Clasificación
> 1, 5	Muy bajo
1,5 – 3,0	Bajo
3,1 – 5,0	Mediano
> 5,0	Alto

1.6.5 Propuesta de reenfoque del uso de los suelos.

Se hizo uso de las técnicas estadísticas comparativas sobre estudios agroquímicos del área, comparando el comportamiento de los índices agroquímicos y las necesidades agroquímicas del cultivo en el período comprendido desde el año 2000 y 2005, se establecieron comparaciones en cuanto a los cambios ocurridos en las necesidades del contenido de nutrientes, y al grado de erosión, usos del mismo, etc.

Para el procesamiento de los datos se empleó el programa SPSS. Según los casos, se aplicó los análisis de varianza para diseño completamente aleatorizados, los estadígrafos que se utilizaron fueron la media aritmética, la varianza y el error estándar. El nivel de confianza del 95%.

Se analizó los requerimientos de nutrientes del cultivo del café y los resultados agroquímicos y características como la pendiente y erosión de los suelos para establecer la aptitud de los suelos empleados en el cultivo del café. A partir de la fotografía del campo se establecieron las medidas de conservación y manejo de los suelos para cada caso teniendo en cuenta la pendiente y nivel de erosión.

Para la clasificación de la pendiente de las parcelas en estudio se tuvo en cuenta el porcentaje de inclinación de la ladera en grados según Guerrero (1999).

Tabla No. 4. Clasificación según porcentaje de inclinación de la ladera

Porcentaje de inclinación de la ladera (en grados).	Clasificación de la ladera
1 – 2	Plana
3 – 5	Suavemente inclinada
6 – 12	Moderadamente inclinada
13 – 20	Fuertemente inclinada
21 – 40	Moderadamente escarpada
41 – 60	Escarpada

Tabla No. 5. Clasificación según el % de la pendiente

Relieve	Pendiente en %
Muy llano	0.5 %
Llano	0.5 – 0.1
Casi llano	1.1 – 2.0
Ligeramente ondulado	2.1 – 4.0
Ondulado	4.1 – 8.0
Fuertemente ondulado	8.1 – 16
Alomado	16 – 30.0

Para el cálculo de la distancia entre tranques se utilizó la fórmula establecida por Fuentes, 2004

$$E = \frac{H}{Pc} * 100$$

Donde:

E----- Distancia entre tranques consecutivos. (m)

H----- Altura efectiva de los tranques (m)

Pc--- Pendiente de la cárcava.

Se contó además con registros del régimen pluviométrico de la zona y tarjetas de campo

Tabal No. 6 Régimen Pluviométrico de la zona según radar de Pico San Juan. 2009

1.7 Beneficios esperados.

Contar con un programa de manejo en los suelos dedicados al cultivo de Coffea

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
31.4	13.3	6.2	62.3	195.7	211.0	119.7	177.0	245.5	112.6	51.6	75.2

arábicas.L que sea capaz de mejorar los resultados productivos y detener el deterioro de los suelos.

1.8 Límites del Alcance de la Investigación.

Que el programa se extendiera a todas las empresas cafetaleras con características similares.

2. DESARROLLO

2.1 Valoración del contexto mundial, nacional y local.

La clave para desarrollar una fuerte de aproximación integrada al desarrollo sostenible, es la identificación de las sinergias inherentes que existen entre diferentes componentes del medio ambiente y una exploración de las potencialidades para una más efectiva coordinación entre los aspectos del desarrollo sostenible y sus respuestas (Arrellanado,2002), por lo que se hace necesario explorar las potencialidades de nuestras áreas productivas teniendo en cuenta al recurso suelo y su relación con el medio ambiente.

El conflicto resultante de las diferencias coordinadas por género, cultura y poderío político ha llevado a la utilización caótica e ineficiente de la capacidad humana y la reducción de los recursos naturales que son los que, en primer lugar, hacen posible el desarrollo, África ofrece un importante ejemplo de los problemas y alternativas de soluciones en el uso de los recursos naturales (Endroma, 1997).

El triunfo de la Revolución socialista en el entorno cafetalero de Cienfuegos , dio al campesino la posibilidad de ser dueños de las plantaciones y otros recursos en la tierra que trabajaban con títulos de propiedad .Con los cambios vino la reacción interna y externa alentada por el poderoso del norte que vieron amenazados sus intereses y los de su camarilla. Tomando como apoyo al campesinado de la localidad, sembraron el pánico en el serrano y sus familias logrando que muchos de ellos por miedo o compromisos con viejos terratenientes como los Lora se sumaran al apoyo logístico de bandas de alzados y Campesinos como el Congo Pacheco, Realito y otros mas.

Luego del asesinato del Campesino Valentín Alonso y otros miembros del lugar, el Gobierno decidió desplazar muchos de los pobladores a Pinar del río donde se creo un asentamiento poblacional y muchos de ellos jamás volvieron al lugar una vez desarticuladas las bandas contrarrevolucionarias.

En los años 80, se realizo un cambio de tecnología, cambiando variedades y desechando el Café nacional, variedad esta difundida y con un mínimo de

recursos, y en la que tenían amplios conocimientos los productores. Se introdujeron variedades de alto potencial productivo, pero para la cual no estaba preparada.

Dada la escasa fuerza de trabajo en las montañas fue introducido el EJT, fuerza muy productiva para trabajar en bloque en tareas como desmonte pero no para conducir actividades específicas como la plantación y la aerotecnia del cultivo, muchas plantaciones fueron afectadas (Becerra 1998).

Autores como Altieri (1994); Cairo (2000) consideran la combinación armónica y racional de las sustancias orgánicas y fertilizantes químicos como favorecedores de las necesidades de nutrientes del suelo, y como mejoradores de sus propiedades estructurales.

El suelo ha sido un recurso muy poco atendido, el hombre ha preferido buscar nuevas áreas para establecer sus cultivos sin tener en cuenta que este recurso puede recuperarse, trayendo esto como consecuencia que cada vez mayor cantidad de áreas se vuelvan improductivas. Los nutrientes en el suelo pueden ser recuperados de forma natural y mediante el reciclaje de los restos de producciones agropecuarias y otras acciones dirigidas por el hombre. (Cairo. 2002)

2.1.1. Suelos para el cultivo del café.

El cafeto en el mundo se encuentra en diferentes tipos de suelos, principalmente Andosoles, Ferralsoles, Acrisoles, Cambisoles y Fluvisoles Coste (1968) en los que resulta importante, para obtener buenos rendimientos, un contenido adecuado de materia orgánica, textura loam arcillosa, estructura nuciforme-granular, porosidad adecuada (50-60% de porosidad total y 25-30% de porosidad de aireación), consistencia friable, profundos y con pH entre 5 y 6,5, un suelo ideal para el cultivo del cafeto debe tener un volumen de alrededor de 50% de porosidad, 45% de sustancia mineral y 5% de materia orgánica, la profundidad efectiva debe estar alrededor de los 120 cm.

(Endroma. 1997) los mejores suelos para el cafeto son los profundos, con textura migajosa, estructura friable, buen drenaje y adecuada aireación, un suelo ideal

debe tener 60% de espacios vacíos de los cuales un tercio debe estar ocupado por aire cuando está húmedo. Según este autor el cafeto necesita preferentemente suelos ácidos. En las regiones tropicales se caracterizan por su alto grado de meteorización, pH ácido y dominancia de grandes cantidades de sesquióxidos en el suelo; poseen alta capacidad de fijación de fósforo, lo cual conduce a una severa deficiencia del mismo, hecho que lo transforma en factor limitante de la producción.

En la publicación MINAGRI (1987) define que los suelos que se utilicen para el cultivo del café deben tener las siguientes características: profundidad no menor de 70 cm. bien drenados y buen contenido de materia orgánica, el pH no debe ser mayor de 7, siendo el óptimo entre 4,5 y 6,5; no debe ser pedregoso y no debe tener carbonatos de calcio libre. Están ubicados en las regiones montañosas y premontañosas 200-3000 m.s.n.m. en zonas de microclima favorable como el Valle de Viñales, las zonas llanas de los suelos Ferralíticos Rojos en San José de las Lajas y se utilizan especies de café arábica y robusta en los macizos Nipe-Sagua-Baracoa, Sierra Maestra y Guamuhaya, y con menor densidad en la Sierra de los Órganos.

En las áreas cafetaleras de la región del Escambray los suelos cumplen en su mayoría con estos requisitos, pero han sido mal manejados lo que ha traído deterioro a sus capacidades productivas y por tanto una disminución en los rendimientos

El cultivo del cafeto presentan una diferencia textural, acompañada de fuerte acidez en la parte media inferior o en todo el perfil; contenido alto de materia orgánica en el horizonte húmico acumulativo como resultado de la humificación forestal del suelo (Valor T alto); composición mineralógica: caolinita, goethita y un poco de gibbsita. Y con factores limitantes como la fijación del fósforo, condiciones de erodabilidad, baja fertilidad y profundidad efectiva si el horizonte B es muy arcilloso según (Hernández . A. 1999).

Informa Hernández . A. (1999) que este tipo de suelo se presenta en todos los macizos montañosos, pero principalmente en Nipe-Sagua-Baracoa y en la Sierra Maestra, con material de origen formado por rocas ígneas y metamórficas (grabos

y diabasas) y rocas ácidas como los esquistos, y que es común encontrar en ellos un horizonte A húmico desaturado que se corresponde con la reacción ácida y diferenciación textural, propia de los suelos lixiviados. Se utiliza en el cultivo del cafeto tanto el subtipo típico como el ócrico (el más degradado). Enfatizan en que las limitaciones de estos suelos son: compactación de horizonte B, que reduce la profundidad efectiva; fuerte acidez; erosión potencial fuerte y erosión actual en el ócrico; alta fijación de fósforo y baja fertilidad para el ócrico.

Los factores ambientales más importantes en el crecimiento y la producción del cafeto son la radiación solar, la temperatura, la lluvia y distribución a través del año, la altitud y el fotoperíodo. La temperatura promedio en las regiones productoras de café es de 12,70°C como mínimo y de 26,6°C como máximo y una media de 21,1°C. Mientras que Carvajal (1984) considera como adecuado para el cultivo del cafeto un rango de temperaturas medias anuales entre 17-23°C. Al valorar este elemento climático.

Las características climáticas expresadas a través de la temperatura, precipitación, días de lluvia, en unión con las correspondientes al relieve y propiedades del suelo, entre otros, interactúan e influyen decisivamente sobre el crecimiento y rendimiento, y por ende sobre los requerimientos nutricionales del cultivo, de forma tal que el grado de influencia de las características climáticas sobre las plantaciones de cafeto es atenuado o intensificado por las características del relieve, exposición de la vertiente, propiedades físicas del suelo, entre otrasValencia (1995) Este mismo autor, pero en 1999, consideró que el cafeto requiere una precipitación media anual superior a 1200 mm bien distribuidos.

Los factores ambientales en la zona se comportan dentro de los parámetros establecidos para el cultivo del café por lo que sus requerimiento nutricionales van a estar fundamentados por las características del suelo.

2.1.2. Fertilidad del suelo

Altieri (1994) considera que las características que hacen fértiles y productivos a los suelos dependen del comportamiento de la intensidad, equilibrio, interacciones e interdependencia entre los factores: clima, suelo, planta y hombre; aunque Bertsch (1995) expresa que no existe un concepto aceptado del término "suelo fértil", ya que este tiene que suministrar cantidades razonables y con equilibrio

adecuado de todos los nutrimentos esenciales, y debe estar localizado en una zona climática que proporcione la luz, humedad y calor suficientes para lograr un crecimiento satisfactorio de los cultivos.

Esta propiedad es la que define, según Jaramillo (2002), la cantidad de sitios disponibles para almacenar los cationes en el suelo; de esta forma quedan protegidos contra los procesos que tratan de evacuarlos del suelo, como la lixiviación, evitando así que se pierdan nutrimentos para las plantas, pero consideramos que es muy importante investigar las relaciones entre las propiedades. Pérez y Mury (2004) consideran que el conocimiento del estado físico y químico del suelo permite medir el nivel relativo de la fertilidad, su textura, pH, saturación de sus bases, así como la capacidad de cambio catiónico (capacidad que posee un suelo de adsorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo), entre otras.

La base de la fertilidad del suelo es entendida en su expresión más amplia como la transformación de la materia orgánica en humus, el cual, al unirse a la arcilla, forma el complejo arcillo-húmico; asegurando a su vez la formación de agregados estables en el suelo, una bioestructura favorable a la retención y circulación del agua y por tanto la penetración de raíces de las plantas en el suelo (Felipe - Morales 2004).

Si se tiene en cuenta que la degradación de los suelos es uno de los principales problemas globales que sufre hoy la humanidad, se puede comprender por qué los científicos se enfrentan al reto de mejorar la calidad de este recurso. En este sentido se han pronunciado al expresar que con el uso de los sistemas convencionales de agricultura, se descuidó mucho la importancia de mantener en el suelo el equilibrio químico (entre nutrientes); todo ello trajo consigo un desequilibrio en el ecosistema que ocasionó la degradación y la erosión del suelo, y es por ello que para recuperar los suelos hay que determinar cuáles son las causas que generan la degradación, aspecto que consideran como uno de los principales problemas ambientales globales Info grafo(2004).

No obstante, Do Prado y Da Veiga (2004) afirman que la degradación del suelo a consecuencia de la erosión afecta la fertilidad de este y en última instancia la producción de los cultivos, al arrastrar sus partículas más finas y más reactivas

(arcilla y materia orgánica) y dejar las partículas más gruesas, pesadas y menos reactivas; esto disminuye la concentración de nutrientes y en consecuencia disminuye su capacidad de sostener una agricultura productiva, principalmente en el área de desarrollo radicular de la planta.

Calderon (2004) expresan que en la degradación física del suelo, las partículas son transportadas por la acción del agua de lluvia, mientras que la degradación química reduce la capacidad de cambio catiónico y provoca la acidificación del suelo, toxicidad del aluminio y manganeso.

Fundora (2005) define la acidificación del suelo como un proceso en el cual se incrementa la concentración de hidrogeniones en el sistema, dando como resultado una disminución del pH, asociando a los suelos ácidos Agro (2000) con un exceso de manganeso. También De Rojas (2002) expresa que la acidificación afecta sobre todo la absorción y tras locación del calcio por la planta, causando mal desarrollo de las raíces, reduce la absorción de agua y nutrimentos, disminuyendo así su parte aérea.

Además, Jaramillo (2002) considera que en los suelos ácidos, predominan las formas de aluminio intercambiable (Al^{3+}) y la disponibilidad de fósforo puede ser muy baja debido a que frecuentemente hay una alta fijación de este elemento que lo lleva a formar compuestos completamente insolubles y que existen otros factores que favorecen la formación de suelos ácidos como: unas condiciones climáticas en las cuales se presente un exceso permanente de la precipitación sobre la evapotranspiración potencial generando excedentes de agua que, en suelos con una condición adecuada de drenaje, puede causar altas pérdidas de bases por lixiviación, reduciendo su participación en el complejo de intercambio y favoreciendo la acumulación de aluminio, hierro y otros cationes de carácter ácido.

En Venezuela, la mayoría de los suelos ácidos son pobres en nutrimentos, especialmente en calcio, magnesio y fósforo, etc.; lo que imposibilita generalizar prácticas agronómicas tendientes a mejorar su potencialidad para uso agrícola y pecuario. Esta asociación del aluminio en suelos fuertemente ácidos, lo confirman Gines y Mariscal (2004) que explicaron que la acidificación es una consecuencia

de la reacción del aluminio con el agua, liberando hidrogeniones ($\text{Al}^{+3} + \text{H}_2\text{O} \text{-----> Al(OH)}^{+2} + \text{H}^+$).

También, podemos decir que la acidez guarda estrecha relación con los problemas en las condiciones físicas de los suelos, y así lo confirman Fundora (1994) al enunciar que si esta aumenta da como resultado la dispersión de las arcillas; que al parecer esta dispersión es por una disminución del calcio cambiabile en el sistema y que la saturación del aluminio aumenta por las condiciones del medio, al decir que la acidez permite el rompimiento de la estructura de los minerales arcillosos y en consecuencia se libera aluminio (Al^{3+}) y hierro (Fe^{+3}), formándose fosfatos insolubles de hierro y aluminio, de esta forma el fósforo está menos disponible.

Entre más arcilla haya en un suelo, se tendrá mayor número de agregados porque une a las partículas de tamaños mayores para formar agregados Fundora, (1994). La estructura del suelo forma agregados a través del arreglo y organización de sus partículas constitutivas (minerales, sustancias orgánicas, agua, aire). Estas unidades dependen de partículas como la arcilla, óxidos de hierro, carbonatos, sílice, etc., así como de las actividades en el edafón y del clima .

Estos agregados se establecen por fenómenos electrocinéticos donde partículas cargadas negativamente se unen a través de un puente de carga contraria Calderón (2004). La estabilidad estructural de estos se evalúa en dependencia de la desintegración de los agregados cuando se los sumerge en agua y, de acuerdo al comportamiento observado, se califica la estructura como: muy buena, inestable o mala .

El método de Henin según Cairo, (2001) resulta uno de los métodos más completos e integrales que existen de evaluación del estado estructural del suelo, y en el trópico, ya se utiliza con bastante aceptación utilizando la siguiente ecuación:

Factor de estructura = $(a - b / a) \times 100$

a = representa el contenido de arcilla previamente dispersada según el análisis mecánico (partículas menores de 0,002 mm) y b = representa el contenido de arcilla sin dispersar (partículas menores de 0,002 mm).

El empleo de correlaciones simples y múltiples con el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos es una forma elocuente de demostrar la importancia de las propiedades físicas y el establecimiento de modelos matemáticos entre las propiedades físicas y físico – químicas lo que permite argumentar con mayor precisión complejas relaciones en que se intercalan las propiedades. La máxima cantidad de agua disponible de un suelo depende de la textura, contenido de humus, composición de los iones en el complejo absorbente y de la estructura (Cairo 2001).

Como plasticidad se define la propiedad que presentan ciertas sustancias de cambiar de forma ,bajo la acción de una fuerza y mantener la forma adquirida al cesar ésta y constituye un estado de la consistencia y la estructura del suelo, es una propiedad física fundamental que está asociada con el tipo de arcilla, contenido de arcilla y la composición del complejo absorbente (Cairo 2001).

El científico alemán Atterberg estudió la plasticidad de los suelos basándose en el hecho de que la misma se manifiesta sólo cuando el suelo posee cierto grado de humedad. El contenido de humedad correspondiente al cambio de cohesivo a plástico fue denominado “límite inferior de plasticidad (LIP)”, y al contenido de humedad que corresponde al cambio entre plástico y fluido lo llamó “límite superior de plasticidad (LSP)”, a mayor humedad deja de ser plástico. Al rango de humedad en el cual se presenta la plasticidad lo designó “número de plasticidad” o “índice de plasticidad” (P o IP), que se calcula por la diferencia numérica entre los límites superior o inferior que se le ha hallado el contenido de humedad después de secado en estufa a peso constante (Cairo 2001).

2.1.3. La materia orgánica y su importancia en el suelo

Cairo (1982) se ha referido al papel de la materia orgánica como mejoradora de la estructura. También señala las relaciones que existen entre ésta y el régimen de aire y agua del suelo, además de encontrar relaciones significativas entre ésta y el porcentaje de agregados estables en agua, y comprobó que puede convertirse en un factor de rendimiento de los cultivos en los suelos rojos por su incidencia integral en el suelo. Además, Cairo y Fundora (1995) señalan que la materia orgánica ayuda al buen enraizamiento de la planta, al existir un buen contacto entre

las raíces y el suelo, además de conllevar a un mejoramiento de las funciones fisiológicas.

Es por ello que Cairo, (2001) consideró que la pérdida de la materia orgánica del suelo es la causa principal del deterioro del estado físico de los suelos ferralíticos rojos, ya que se relaciona significativamente con cinco de siete propiedades estructurales, lo que evidencia su papel en la bioestructura al mejorar la agregación, la permeabilidad, la porosidad de los agregados y la estabilidad estructural.

La materia orgánica constituye sólo un porcentaje del peso de los suelos (1-6 %), pero la cantidad y tipo influye en casi todas las propiedades que contribuyen a la calidad del suelo. Cairo (1995) expresan que la materia orgánica favorece el contenido de fósforo en el suelo, lo cual puede atribuirse por una parte a la mineralización de los diferentes compuestos de fósforo orgánico que ella posee.

A estos criterios se une al decir que ésta forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, contribuye a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la retención de agua del suelo, y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo; Jaramillo (2002) al plantear que ésta en sus diferentes formas, tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo y que es un elemento favorecedor en la composición tanto física, química como biológica del suelo.

Sobre la gran importancia que tiene la materia orgánica para los suelos se ha referido que al mejorar la porosidad y aumenta la infiltración y la capacidad de almacenar el agua; crea estructura favorable al crecimiento de las raíces; es fuente permanente y gran reserva de nutrimentos para la planta; alimenta a los microorganismos, los cuales al morir se convierten también en nutrientes y regula el pH para que no esté muy ácido ni muy alcalino. También Cairo (2000) agrega que el aumento del contenido de materia orgánica influye significativamente en la estabilidad de los agregados posee iones con carga negativa que atraen a los cationes; esto evita la pérdida de los nutrientes por lixiviación a las capas más profundas del suelo.

Adicionan Fernández (2003) que la materia orgánica tiene una capacidad de fijar iones de la solución del suelo de 3-5 veces superior a la de la arcilla. Además de que puede formar un complejo con las arcillas, que reduce la capacidad de los agregados de humedecerse e impide que el agua destruya la estructura del suelo. El contenido de materia orgánica en el suelo, según Fundora (2005) puede incrementarse por el solo aporte de nitrógeno, fósforo y potasio inorgánico.

Edroma(1997) pone de manifiesto que el uso continuado del monocultivo provoca grandes alteraciones en el contenido y composición del humus, y disminuye el contenido total de carbono, los complejos orgánicos móviles y semimóviles de las fracciones del suelo; he aquí entonces su papel como barrera ecológica.

2.1.4. Uso y efecto del sombreado

Autores como Aranguren y col. (1982) y Roskoski (1982) han planteado que los árboles utilizados para dar sombra al cultivo de café pueden jugar un papel muy importante en el ciclo del nitrógeno, debido a que aportan cierta cantidad de éste al suelo a través de la caída de hojarasca, la producción de residuos de raíces y la fijación biológica para el caso de leguminosas; de esta forma, representan un factor importante para el mantenimiento de la fertilidad de los suelos y la sostenibilidad del sistema.

Los árboles son eficaces en el control de la erosión, ya que la copa y la hojarasca reducen la erodabilidad por impacto de las gotas de lluvia. Por otra parte, Cairo y Fundora (1994) consideran que los residuos vegetales, tanto el follaje como la raíz, proporcionan la base alimentaria de los microorganismos del suelo, que son uno de los principales factores de agregación de las partículas.

La función de los árboles en el ciclo de nutrientes, así como en la estructura y el balance hídrico del suelo, ha sido estudiada en los bosques, estos efectos no se han abordado profundamente, siendo este uno de los motivos por el que hemos realizado esta investigación. En cambio, Altieri (1995) plantea efectos ventajosos de los árboles sobre el suelo: mejoran el microclima de la zona y la temperatura del suelo y aire; son proveedores de *mulch* y abono verde; detienen las lluvias fuertes, limitando la erosión; proporcionan diversidad al ecosistema y el sistema radicular mejora el drenaje y la aireación del suelo.

Benitez (2004) también se ha referido a que la sombra y la hojarasca del sistema agroforestal evitan que el suelo se seque rápidamente e impiden la quemadura del cafeto por la incidencia solar, reducen al mínimo la pérdida de nutrimentos y con esto la necesidad de la fertilización, además de que con sus raíces profundas, estos retornan los nutrimentos lixiviados y los proveen a las plantas de café por medio de las hojas caídas y descompuestas que se transforman en humus y contribuyen de esta manera al aumento de la reserva de nutrimentos en el suelo, utilizando sombra de porte medio en el café orgánico, como *Leucaena*, *Inga*, *Acacia*, etc.

Los criterios emitidos por la FAO (1997) son que estos mejoran la materia orgánica, reducen la lixiviación y mejoran las propiedades físicas del suelo; además, las raíces ayudan estabilizar la tierra; y pueden constituir según Altieri (1997) una de las fuentes del fósforo que tendrá disponible el cultivo como resultado de la acumulación de materia orgánica bajo el dosel; al mismo tiempo existe un aumento del potasio, nitrógeno, calcio, magnesio y de hecho el intercambio catiónico también se incrementa. Aunque el nitrógeno es uno de los elementos limitantes en la productividad del sistema café, que pese a que la sombra que acompaña a estos cultivos ayuda en gran medida a su recuperación natural, supone que los niveles de mineralización difieren según los ecosistemas y formas de manejo.

No obstante Felipe - Morales(2004) plantean que el problema más difícil del cultivo del café, especialmente en regiones tropicales de tierras altas, es la conservación del suelo, ya que el café mantiene la cubierta forestal y proporciona la protección contra la erosión hídrica; que puede ser cultivado bajo varios tipos y cantidades de sombra, ya sea silvestre o plantada. En estos sistemas, la acumulación de rastrojos es un elemento importante en el proceso de reciclaje de nutrientes.

Otros investigadores se han referido al papel de los árboles en el proceso de reciclaje de nutrimentos, por ejemplo Valencia,G(1999) expone que a través de la hojarasca pueden retornar al suelo 185,6; 12,2 y 64,1 kg.⁻¹.año⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

Además, Murgueitio y Preston, (1992) y Khanna (1998) hacen referencia a que estos pueden aumentar el suministro de nitrógeno dentro de las zonas de los cultivos por su fijación biológica. Esta condición justifica, según Infoagro (2004) la plantación de árboles de sombra en aquellas regiones en que los arbustos de café no están sujetos a condiciones climáticas perjudiciales.

Bertsch (1995) refleja que los árboles forestales son beneficiosos para el cafeto porque sus raíces rompen las capas profundas y duras del suelo, aireándolo y mejorándolo, ya que producen residuos orgánicos que mejoran la fertilidad del suelo y mejoran la calidad de los frutos al ser más grandes y sanos.

Por otra parte Alfonso, C.A Monedero(2004) plantean que *Inga edulis* crece tan bien en suelos ácidos como en suelos más fértiles y que el mantillo de hojarasca de esta especie es eficiente para controlar malezas mientras permanece en el suelo sin descomponerse, ya que previene la germinación de semillas de malezas anuales; este tipo de control no sería efectivo para malezas propagadas vegetativamente.

Altieri (1994) ofrecen un ejemplo del uso de la *Inga*, como uno de los géneros que ayudan con sus hojas a recuperar suelos que antes eran cultivados bajo roza, tumba y quema. En Venezuela se aprovechan los pequeños y grandes predios utilizando la sombra de (Guamo) *Inga vera* Willd. con densidades de 300 árboles.ha⁻¹, donde se llegaron a incorporar 91 Kg. de nitrógeno.año⁻¹; sin embargo, las concentraciones de 2,48 mg.kg⁻¹ de fósforo, consideradas como bajas, las asocian a la acidez de estos suelos (pH en H₂O de 4.53) (Mogollón y col. 2004).

2.1.5. Agricultura orgánica, agricultura sostenible e indicadores de sostenibilidad y de calidad del suelo

Es por lo que Bautista (2004) se refiere que en el concepto de sostenibilidad hay tres elementos implícitos: la dimensión económica, la social y la ecológica. Muy relacionados con la agricultura sustentable que debe dirigirse, como cualquier otro sistema, a asegurar los máximos rendimientos bajo las condiciones prevalecientes en cualquier explotación agrícola y difiere del sistema convencional en la forma de

hacer llegar las fuentes nutritivas; en el caso del cultivo del cafeto debe considerarse que es fundamental fomentar al máximo el reciclaje de nutrientes.

Corroborar el anterior planteamiento Altieri (1994) al decir que últimamente ha cobrado fuerza el movimiento de agricultura orgánica, el cual tiene como propósito desarrollar la agricultura sostenible sobre bases agroecológicas y continuar el proceso ya iniciado de reducir los insumos químicos contaminantes, con lo cual se logrará detener el deterioro del medio y en especial de los suelos, las aguas, el entorno agrícola y la biodiversidad.

También lo hace Cairo (1995) al decir que la agricultura orgánica no solo se realiza para resolver un problema de rentabilidad financiera, sino que es parte de un proceso que busca crear una nueva visión del mundo, de la naturaleza y una nueva cultura de producción, sin menospreciar, los sistemas agroforestales que conllevan a mejorar parámetros estructurales de los suelos, entre otras propiedades.

Algunos investigadores han indicado que el impacto ambiental de los sistemas orgánicos de producción de cultivos es todavía desconocido y se necesitan más investigaciones que demuestren el real efecto de éstos Jaramillo (2002). Es por lo que Fernandes . (2001) se han pronunciado sobre la necesidad de que a través de la Agenda del Desarrollo Sostenible surja un acercamiento biológico al manejo de la fertilización del suelo que reconozca la importancia de manejar los procesos biológicos y poblaciones del suelo de la misma manera que sus propiedades físicas y químicas, afectadas por el uso de fertilizantes químicos de forma continuada en los últimos años.

Felipe-Morales (2004) dan a conocer a través del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, que 11 de las 14 provincias de nuestro país están afectadas por la falta de materia orgánica, erosión, compactación, acidez o exceso de sales, lo que se hace aun más dramático en zonas montañosas, de humedales y costeras.

Por eso Altieri (2002) plantea que es imprescindible poner en práctica sistemas de manejo más sustentable para el mantenimiento y la restauración de los suelos, y

frenar la pérdida de tierras, suelo y biodiversidad con el desarrollo de sistemas más eficientes desde el punto de vista nutricional y de la conservación de la materia orgánica del suelo.

Enfatiza Calderón(2004) sobre la necesidad de estudiar técnicas que permitan obtener producciones económicamente factibles que den respuestas al mejoramiento, mantenimiento y conservación del medio ambiente, y a su vez a las necesidades de las comunidades de zonas montañosas, sobre la base del uso de recursos locales como el uso de residuos de café, compost, restos de cultivos y otros para garantizar el reciclaje de nutrimentos, la sostenibilidad y conservación ambiental de estos ecosistemas. Bautista y col. (2004) hacen alusión a que el desarrollo agrícola sostenible debe abarcar tres aspectos: económico, social y ecológico.

Gailan y Lacki(1993) definen un indicador de sostenibilidad como un estadístico ambiental que mide o refleja el estado ambiental o cambio en su condición. Coinciden Glave y Escobar (1995) en que estos indicadores deben caracterizarse por ser sensibles a cambios temporales y espaciales, predecibles, medibles e interactivos, verificables y replicables. Señalan como indicadores importantes el índice de sostenibilidad biofísica, conservación de suelos y aguas, eficiencia de uso de fertilizantes, eficiencia de uso de energía y permanencia productiva del bosque.

Bertsch (1995) incluye prácticas de manejo, biodiversidad y ciclo de nutrimentos, agregando que los indicadores sirven para tomarle el pulso al agroecosistema y que los investigadores que trabajan en agricultura sostenible han ideado una serie de indicadores de sostenibilidad para evaluar el estado de los agro ecosistemas y agregan que algunos de los indicadores desarrollados consisten en observaciones o mediciones que se realizan al nivel de finca para ver si el suelo es fértil y conservado, y si las plantas están sanas, vigorosas y productivas, ideas con los que coincidimos.

No obstante, para Cairo (2001), este indicador es una variable que dirige su comportamiento hacia procesos, estado y tendencia de los sistemas en el ámbito de finca, región, nación o todo el mundo, y se selecciona sobre la base de criterios

de diagnósticos que permitan escoger los factores y relaciones causa - efecto en el sistema.

Fundora (2005) plantea que estos indicadores están desafiando a los países y a la comunidad en desarrollo a desarrollar mejores sistemas de recolección de información, sobre todo para indicadores de recursos naturales - ambientales; integrar indicadores ambientales, sociales y económicos para una mayor sensibilidad en la planificación y toma de decisiones hacia el desarrollo sostenible.

Otro de los aspectos de gran importancia actual es la calidad del suelo. Aunque Arshad y Coen (1992) plantean que la preocupación por la degradación del suelo y la disminución de su calidad es creciente, aún no hay criterios universales para evaluar sus cambios y manifiestan que es necesario contar con variables para hacer operativo este concepto. Existen algunas propiedades que pueden afectar la calidad del suelo, tales como la profundidad disponible para la exploración de las raíces, el pH, la salinidad, la capacidad de intercambio catiónico, el nitrógeno mineralizable, la presencia de plantas patógenas, la biomasa microbiana del suelo, etc. destacando que estas propiedades son influidas, hasta cierto punto, por la forma como se maneja el suelo y la elección de los futuros cultivos.

Hernández.A. (1999) proponen un enfoque para la definición de indicadores de calidad del suelo que reflejen el carácter dinámico de los mismos en el tiempo. También las variables seleccionadas se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición.

Carvajal(1984) coincide con Minagri(1987); en que la preocupación por la calidad del suelo no es nueva y agregan que el concepto de calidad del suelo ha sido relacionado con la capacidad de éste para funcionar y que hasta nuestros días, las definiciones de calidad del suelo se basan en su multifuncionabilidad y no solo en un uso específico; no obstante, este concepto continúa evolucionando. Reafirman Altieri (2002); que los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él.

Bautista. (2004) coinciden con Gaitany Lacki(1993) en que los indicadores de calidad del suelo deben cumplir una serie de condiciones: deben describir los procesos del ecosistema, integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del

suelo; reflejar los atributos de sostenibilidad a medir; ser sensibles a variaciones de clima y manejo.

Por otra parte, coinciden con Astier. (2002) al sugerir que los indicadores a que se hace referencia deben reflejar las principales restricciones del suelo, en congruencia con la función o las funciones principales que se evalúan; incluyen atributos como: fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental, y agregan que es un instrumento que sirve para comprender la utilidad y salud de este recurso.

Finalizamos planteando que resulta oportuno destacar que según Pérez y Mury(2004), que entre los 100 indicadores definidos relacionados con los temas discutidos en la Agenda 21, dos de ellos hacen referencia al cambio en el uso de la tierra y cambio de las condiciones de la tierra, o sea, cambio en el agregado de la calidad del suelo. La clave para desarrollar una fuerte aproximación integrada al desarrollo sostenible, es la identificación de las sinergia inherentes que existen entre diferentes componentes del medio ambiente y una exploración de las potencialidades para una más efectiva coordinación entre los aspectos del desarrollo sostenible y sus respuestas(Arellanado,2002).

En el contesto Nacional el tema del uso de los recursos naturales ha recibido no poca atención. Del Risco y Acevedo (2000) proponen las pautas a seguir en la planificación del medio ambiente, resaltando la integración entre lo natural y lo sociocultural. En la provincia de Cienfuegos Espinosa (inédito) presentó el diseño de la estrategia general de desarrollo hasta el 2003 la subregión Cienfuegos, describiendo sus potencialidades y atractivos de mayor valor, así como las más importantes oportunidades y amenazas del entorno.

2.2 Resultados y Discusión

2.2.1 Resultados de las necesidades de fertilizantes

Según resultados y recomendaciones agroquímicas de la Estación Experimental de Suelos de Barajagua las necesidades nutricionales se comportan de la siguiente forma:

Tabla No. 7 Necesidades Nutricionales

Nombre del Campo	Área Ha	ph	Necesidades Nutricionales 2000 kg/ha			Necesidades Nutricionales 2005 kg/ha		
			N	P	K	N	P	K
Rancho Largo	2.82	4.9	376.5	80.4	200	304.0	71.7	221.8
La Turbina	2.55	4.1	376.5	65.2	160	320.4	75.3	233.0
El Tanque	0.81	5.0	423.5	89.1	225	306.8	72.0	223.5
Guayabo	0.94	5.1	423.5	89.1	180	198.0	60.7	200.1
Chordi	2.55	4.4	376.5	80.4	160	304.3	71.8	221.6
La Vegueta	3.36	5.4	376.5	80.4	200	312.1	73.6	205.1
Las Colmenas	9.53	5.0	376.5	80.4	200	315.2	72.7	202.8
El Naranjal	1.48	4.4	517.6	89.1	275	443.0	104.3	323.1
La Carreta	0.81	5.0	423.5	89.1	225	306.8	72.0	223.5
La Ceiba	2.15	4.2	423.5	89.1	225	115.0	27.0	83.8
La Palizá.	6.58	4.6	423.5	89.1	180	304.6	71.8	221.9
	33.6	4.7	4517.6	921.4	2230.0	2929.2	773.0	2360.2

Se puede apreciar en la misma que las necesidades de nitrógeno y de fósforo han disminuido de forma significativa en todos los campos ya que la planta necesita estos dos elementos sobre todo en la etapa de crecimiento, no siendo así en relación con el KCl donde las necesidades han aumentado, este hecho está explicado porque este elemento desempeña un papel predominante en la nutrición de *Coffea arabica.L* y las necesidades del mismo aumentan con relación a la edad de la planta, siendo particularmente intensa cuando el arbusto alcanza su madurez plena debido a las cantidades necesarias para la formación del grano.

El potasio puede retenerse como cationes intercambiables o quedar libres por lo que puede ser eliminado por la lixiviación del suelo. Cuando las lluvias penetran en el suelo, los elementos fácilmente solubles pasan de las capas superficiales a las más profundas. De esta manera el nitrógeno y calcio se lixivian fácilmente, el

potasio y magnesio lo hacen de forma moderada, mientras el fósforo prácticamente no se mueve.

El valor de pH oscila desde 4.1 hasta 5.4 (medianamente ácido) según Mesa y col. (1984) favorables para el cultivo de *Coffea arábica* L. La media para el pH es de 4.7 considerado como apto para el cultivo del café pues los valores óptimos para este cultivo oscilan entre 4,5 y 6,5. MINAGRI (1987).

Existen diferencias (significativas) entre las necesidades de nutrientes en 2000 y 2005 ya que al realizar el análisis de la media se pudo constatar que las necesidades de nutrientes han variado en el suelo.

2.2.2 Características generales de las áreas estudiadas

A continuación nos referimos a las características de las diferentes áreas estudiadas en estudio realizado en un período de 3 años:

Tabla No. 8 Generalidades de la áreas estudiadas

	Nombre del Campo	Edad	Pendiente	M.O. (%)
1	Rancho Largo	10	18- 32%	1,57
2	La Turbina	14	12- 21%	0.26
3	El Tanque	14	15 – 27%	4,40
4	Guayabo	14	22- 41%	0.42
5	.Chordi	12	26 – 49%	2,41
6	La Vegueta	12	12- 21%	5,48
7	Las Colmenas	13	24- 45%	0,004
8	El Naranjal	12	35 – 70%	0,23
9	La Carreta	10	33-65%	0.26
10	La Ceiba	10	14-25%	1.59
11	La Palizá.	13	16- 29%	2.25

La edad promedio de los cafetales oscila entre los 10-15 años de edad, con pendientes alomadas y bajo contenido de materia orgánica.

Por el bajo contenido de materia orgánica se hace necesario la aplicación de medidas para mejorar la misma y aportarle otros nutrientes, además son suelos de pendientes elevadas, muy deteriorados donde abundan las cárcavas producidas fundamentalmente por la escorrentía.

El régimen pluviométrico es propicio a las necesidades de *Coffea arabica*.L ya que alcanza 1301,5 mm en el año otras. Valencia (en 1999), consideró que el cafeto requiere una precipitación media anual superior a 1200 mm bien distribuidos, por lo que este factor es favorable al cultivo.

2.2.3 Descripción de las áreas y propuesta de manejo.

Campo Rancho Largo:

Este campo tiene una edad de 10 años, área de 2,82 ha. Ph 4.9 (medianamente ácido) con una pendiente de 18 grados, 32 % fuertemente ondulado, el contenido de MO 1.57 es bajo. Presenta una cárcava de 10 m de longitud con una profundidad de 0.90 m en la parte más profunda. La cobertura no está establecida totalmente. Las necesidades de nitrógeno y fósforo han disminuido en el año 2005 con relación al 2000 en un 1 y 89 % respectivamente mientras que las necesidades de potasio han aumentado en 10 %. Esto se puede explicar porque el fósforo se ha mantenido casi inmóvil, mientras que las necesidades de potasio se hacen mayores a medida que aumenta la edad de la planta y su formación de granos aumenta.

Propuesta

Se propone continuar con el cultivo de *Coffea arábica*. L estableciendo las medidas siguientes:

- Realizar tranques en la cárcava para el cual se utilizarán materiales locales, perpendicularmente al cauce, realizando en la parte superior una abertura o delantal que permita el paso del agua en exceso y en la parte posterior abajo una laja para evitar el golpe del agua en el suelo. Se necesitan 4 tranques con un espacio entre tranques de 2 metros para corregir la cárcava ya que la misma tiene 8 metros de largo. Colocar barreras de Málanga (*Xanthosoma* o *Colocacia*) en la cabeza de la cárcava.
- Establecer barreras vivas con un espaciamiento de 18 m de Vetiver (*Anatherum zizanioides*.) y Plátano (*Musa paradisiaca*).
- Sembrar cobertura con Canavalia (*Canavalia ensiformis*) sembrándose a 2 cm. del tallo de la planta, efectuando cortes cada 4 meses e incorporar los restos en el área de goteo.
- Utilizar los restos de poda y regulación de sombra para establecer barreras en surcos.
- Aplicar MO al suelo.

Campo La Turbina

Tiene una edad de 14 años, área 2,56 ph 4.4 (ácido) con una pendiente de 12 grados y 21 %, alomado, un contenido bajo de MO (0.25), no presenta cárcavas, no tiene cobertura. Las necesidades de nitrógeno han disminuido mientras que el fósforo aumento en cantidades no significativas y las necesidades de potasio han aumentado considerablemente se recomienda:

Propuesta

Se propone continuar con el cultivo de Coffea arábica. L estableciendo las medidas siguientes:

- Establecer barreras vivas con un espaciamiento de 18 m de Vetiver (*Anatherum zizanioides.*) y Plátano (*Musa paradisiaca*).
- Sembrar cobertura con Canavalia (*Canavalia ensiformis*) sembrándose a 2 cm. del tallo de la planta, efectuando cortas cada 4 meses e incorporar los restos en el área de goteo.
- Utilizar los restos de poda y regulación de sombra para establecer barreras en surcos.
- Aplicar MO al suelo.
- Aplicar fertilizantes químicos (KCl) según dosis establecidas antes de la formación del grano.

Campo El Naranjal

Tiene una edad de 12 años, área 1,48. pH 4.4 (ácido) con una pendiente de 35 grados, y 70 % muy fuertemente alomado, un bajo contenido de materia orgánica (0.23) y presenta dos cárcavas. Las necesidades de fósforo y potasio han aumentado en un 17 y 18 % respectivamente. En este campo no se recomienda el cultivo de café ya que el área presenta un 70 % de la pendiente, las cárcavas tienen 9,5 m y 9 m de largo individualmente, por lo que lo descartamos para la siembra de cualquier cultivo que no sea forestal.

Propuesta

- Utilizar ese campo en la siembra de árboles forestales y eliminar las plantaciones de café.
- Corrección y estabilización de cárcavas. Una de las cárcavas deben corregirse con 3 tranques de 2 m de altura espaciado cada 3 metros para los cuales se utilizarán materiales locales, perpendicularmente al cauce, realizando en la parte superior una abertura o delantal que permita el paso del agua en exceso y en la parte posterior abajo una laja para evitar el golpe del agua en el suelo. La otra debe corregirse con 4 tranques de 1m de altura cada 2 m. Colocar barreras de Málanga (Xanthosoma o Colocacia) en la cabeza de la cárcava.

Campos.Chordi, La Vegueta y La Carreta

En estos campos se comportan en cuanto a las necesidades nutritivas de igual forma a los anteriores pero en todos es necesaria la realización de tranques y demás medidas para mejorar el suelo.

Para las necesidades nutritivas se recomienda.

- Aplicar MO al suelo.
- Aplicar fertilizantes químicos (KCl) según dosis establecidas antes de la formación del grano.

Campo Chordi.

El campo tiene 12 años, área 2.55 ha, ph 4.4 (ácido) con una pendiente de 26 grados, 47 % muy fuertemente alomado, el contenido 2.41 de materia orgánica bajo y una cárcava en un lateral del campo que no involucra a la plantación.

Propuesta

- Necesita tranques de al menos 1.5 m de altura, con 49 grados de pendiente y 9 m de largo por lo que es necesario realizar 3 tranques cada 3 m para los cuales se utilizarán materiales locales, perpendicularmente al cauce, realizando en la parte superior una abertura o delantal que permita el paso del agua en exceso y en la parte posterior abajo una laja para evitar el golpe del agua en el suelo. Colocar barreras de Málanga (*Xanthosoma* o *Colocacia*) en la cabeza de la cárcava.
-
- Establecer barreras vivas con un espaciamiento de 18 m de Vetiver (*Anatherum zizanioides*.) y Plátano (*Musa paradisiaca*).
- Sembrar cobertura con Canavalia (*Canavalia ensiformis*) sembrándose a 2 cm. del tallo de la planta, efectuando cortas cada 4 meses e incorporar los restos al hilo de la planta.
- Utilizar los restos de poda y regulación de sombra para establecer barreras en surcos.
- Sembrar especies forestales en la cabeza de la cárcava

Campo La Vegueta

El campo tiene 12 años, área 3.36 ha, ph 5,4 (medianamente ácido) con una pendiente de 12 grados, 21 %, fuertemente inclinado, el contenido alto de materia orgánica (5.48), abundante cobertura y no presenta cárcavas.

Propuesta

- Utilizar los restos de poda y regulación de sombra para establecer barreras en surcos.
- Sembrar especies forestales de maderas preciosas.
- No necesita fertilizantes.
- Establecer barreras vivas con un espaciamiento de 18 m de Vetiver (*Anatherum zizanioides*.) y Plátano (*Musa paradisiaca*).

Campo La Carreta.

El campo tiene 10 años, 0.82 ha, ph 5.0 (medianamente ácido) con una pendiente de 33 grados, extremadamente alomado, bajo contenido de materia orgánica, no presenta cárcavas. Abundante cobertura, con barreras vivas establecidas.

Propuesta

- Debido a la pendiente recomendamos eliminar el cafetal, al concluir la vida útil y sembrar árboles forestales.
- Mantener seguimiento periódico del área, analizando la formación de cárcavas.
- Mantener la cobertura.
- Mantener las barreras vivas.

Campo El Tanque.

Edad 14 años, área 0,81 ha, ph 5.0 (medianamente ácido). Terreno alomado con una pendiente de 15 grados, 27 % alomado, contenido medio de MO (4.40), sin cárcavas, las necesidades de fertilizantes son medias, las necesidades de nitrógeno y fósforo han disminuido en el año 2005 con relación al 2000 en un 72 y 81 % respectivamente mientras que las necesidades de potasio disminuyeron en 1 %. Esto se puede explicar porque es un cafetal de mediana edad donde el nitrógeno y el fósforo son pocos requeridos por la planta y el suelo no ha perdido potasio de forma excesiva ya que hay poca escorrentía y pierde por este concepto poca cantidad. Solo la planta hace uso del mismo en la formación de frutos. El área tiene cobertura establecida.

Propuesta

- Utilizar los restos de poda y regulación de sombra para establecer barreras en surcos.
- Sembrar especies forestales de maderas preciosas.
- No necesita fertilizantes.
- Establecer barreras vivas con un espaciamiento de 18 m de Vetiver (*Anatherum zizanioides*.) y Plátano (*Musa paradisiaca*).

Campo Guayabo

Edad 14 años, área 0,94 ha, ph 5.1 (medianamente ácido). Terreno fuertemente alomado con una pendiente de 22 grados 41 % (alomado), contenido medio de MO (0,42), con cárcavas, las necesidades de fertilizantes son medias, las necesidades de nitrógeno y fósforo han disminuido en el año 2005 con relación al 2000 en un 47 y 69 % respectivamente mientras que las necesidades de potasio han aumentado en un 11 %. Esto se puede explicar porque es un cafetal de mediana edad donde el nitrógeno y el fósforo son pocos requeridos por la planta y el suelo por el exceso de pendiente y la presencia de una cárcava por lo que al este elemento ser muy móvil en el suelo es lixiviado por la escorrentía.

Propuesta

Necesita tranques de al menos 1.5 m de altura, con 22 grados de pendiente por lo que es necesario realizar 4 tranques en 12 m con 3 m de separación, para los cuales se utilizarán materiales locales, perpendicularmente al cauce, realizando en la parte superior una abertura o delantal que permita el paso del agua en exceso y en la parte posterior abajo una laja para evitar el golpe del agua en el suelo.

- Establecer barreras vivas con un espaciamiento de 18 m de Vetiver (*Anatherum zizanioides*.) y Plátano (*Musa paradisiaca*).
- Sembrar cobertura con Canavalia (*Canavalia ensiformis*) sembrándose a 2 cm. del tallo de la planta, efectuando cortas cada 4 meses e incorporar los restos al hilo de la planta.
- Utilizar los restos de poda y regulación de sombra para establecer barreras en surcos.
- Sembrar especies forestales en la cabeza de la cárcava.
- Aplicar fertilizantes químicos (KCl) según dosis establecidas antes de la formación del grano.

Campo Las Colmenas

Edad 13 años, con un área de 9.53 ha, ph 5.0 (medianamente ácido) contenido de M.O muy bajo (0.0004), pendiente de 24 grados (45 %) presenta 2 cárcavas profundas, las necesidades de fertilizantes son medias, las necesidades de nitrógeno y fósforo han disminuido en el año 2005 con relación al 2000 en un 84 y 90 % respectivamente mientras que las necesidades de potasio aumentaron en 1 %. Esto se puede explicar porque es un cafetal de mediana edad donde el nitrógeno y el fósforo son pocos requeridos por la planta y el suelo no ha perdido potasio de forma excesiva.

Se propone continuar con el cultivo de *Coffea arábica*. L hasta la conclusión de su vida útil estableciendo las medidas siguientes:

Propuesta

- Realizar tranques en las cárcavas para el cual se utilizarán materiales locales, perpendicularmente al cauce, realizando en la parte superior una abertura o delantal que permita el paso del agua en exceso y en la parte posterior abajo una laja para evitar el golpe del agua en el suelo. Se necesitan 4 tranques cada 4 m en cada cárcava para corregirlas.
- Establecer árboles forestales para que al eliminar la plantación se haya establecido un bosque formador MO.
- Siembra cobertura con *Canavalia* (*Canavalia ensiformis*) sembrándose a 2 cm. del tallo de la planta, efectuando cortas cada 4 meses e incorporar los restos en el área de goteo.
- Utilizar los restos de poda y regulación de sombra para establecer barreras en surcos.
- Aplicar MO al suelo.
- Aplicar fertilizantes químicos (KCl) según dosis establecidas antes de la formación del grano.

Campo La Palizá

Edad 13 años, con un área de 6.58 ha, ph 4,6 (medianamente ácido) contenido de M.O igual a 2.25 (bajo), pendiente de 16 grados 29 % (alomado) no presenta cárcavas profundas, las necesidades de fertilizantes son medias, las necesidades de nitrógeno y fósforo han disminuido en el año 2005 con relación al 2000 en un 72 y 81 % respectivamente mientras que las necesidades de potasio aumentaron en 23 % y se hacen mayores a medida que aumenta la edad de la planta y su formación de granos aumenta.

Propuesta

- Establecer barreras vivas con un espaciamiento de 18 m de Vetiver (*Anatherum zizanioides*.) y Plátano (*Musa paradisiaca*).
- Sembrar cobertura con Canavalia (*Canavalia ensiformis*) sembrándose a 2 cm. del tallo de la planta, efectuando cortas cada 4 meses e incorporar los restos en el área de goteo.
- Utilizar los restos de poda y regulación de sombra para establecer barreras en surcos.
- Aplicar MO al suelo.
- Aplicar fertilizantes químicos (KCl) según dosis establecidas antes de la formación del grano.

Campo La Ceiba

Edad 10 años, con un área de 2.15 ha, ph 4,6 (medianamente ácido) contenido de M.O igual a 1.59 (bajo), pendiente de 14 grados 25 % (alomado) no presenta cárcavas profundas, las necesidades de fertilizantes son medias, las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio han disminuido en el año 2005 con relación al 2000 en un 27 y 30 %, tiene establecida cobertura y barrera en todo el campo, presencia de árboles maderables y frutales.

Propuesta

- Utilizar los restos de poda y regulación de sombra para mantener las barreras en surcos.
- Aplicar MO al suelo.
- Cortar la cobertura y aplicarla al área de goteo.

3. CONCLUSIONES.

1. Las necesidades nutritivas en el suelo varían acorde al nivel de pendiente.
2. El pH del suelo en las áreas estudiadas es favorable para el cultivo de *Coffea arabica*. L
3. Es necesario poner en práctica el programa de manejo de suelos y un reenfoque lógico que ayudara a detener el deterioro progresivo de los mismos y mejorara las condiciones ambientales de la UBPC Mamey. Incrementado la capacidad productivas de las áreas cafetaleras.

RECOMENDACIONES

1. Implementar el programa propuesto de manejo sostenible de suelos encaminado a la recuperación de las áreas cafetaleras en la UBPC Mamey del Municipio de Cumanayagua.
2. Profundizar los estudios de suelos en estas áreas para establecer relaciones entre las propiedades estudiadas y el rendimiento cafetalero.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. A. (1994). Bases agro ecológicas para una producción agrícola sustentable. *Agricultura técnica*. p 54, 371-386.
- Altieri, M. A. (1997). El agro ecosistema: determinantes, recursos, procesos y sustentabilidad. En Grupo Gestor Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (Ed.), *Agro ecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. La Habana: Consorcio Latinoamericano sobre Agro ecología y Desarrollo. p 25-44
- Antúnez, C. (1999). *Efecto del residual sólido de café sobre las propiedades de un suelo*. Trabajo de Diploma, UCLV, Santa Clara. p 265-270.
- Arshad, M. A. y Coen, G. M. (1992). Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7, 25-31.
- Arzola, N; Machado, J. y Fundora, O. (1980). Suelos, plantas y abonado. La habana: Pueblo y educación.
- Alfonso, C. A y Monederos, M. (2004). "Uso, Manejo y Conservación de los suelos, *Agricultura Orgánica*; No.2. P10-28.
- Arrellanado, Daniela (2002). El enfoque ecosistémico para el desarrollo sostenible mediante la promoción de sinergia en la escala nacional. p 60-89.
- Bautista, A.; Etchevers, J.; del Castillo, R. F. y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas. Tomado 15 de marzo, 2004, de <http://www.aeet.org/ecosistemas/revision2.htm>. p 20-50.
- Becerra, A. (1998). Conservación de suelos y desarrollo, ¿Utopía o posibilidad en México? *Terra*. p 16.
- Benítez, J. (2004). Manejo Integrado del suelo y agua para un desarrollo agrícola sostenible en América Latina. *Agro ecología*. p 19, 4-5.
- Bertsch, F. (1995). La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica: A.C.C.S. p 25-45.
- Cairo, P. (2001). La fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica *en el* trópico. Santa Clara, Cuba: UCLV. p 16-20.
- Cairo, P. (Ed.). (1995). La fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica en el trópico. Curso de Postgrado 7 - 18 de agosto. Santa Clara, Cuba: UCLV. p 30-45.

- Calderón, F. (2004). La estabilidad estructural del suelo. Tomado 15 de marzo, 2004, de <http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Estabilidad-estructural-del-Suelo.htm>. p 56-67.
- Carvajal, J. (1984). Cafeto, cultivo y fertilización. Quito: Instituto Internacional de la Potasa.p 67-90.
- Coste, R. (1968). *El café*. Barcelona: Blume. p 55-60.
- Cairo, P.; Quintero, G. (1982). Suelos. Edit. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 367 p.
- Do Prado, L. y Da Veiga, M. (2004). Erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Tomado 15 de marzo, 2004, de http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url=file=/docrep/f2351506.htm. p 45-50.
- Felipe - Morales, C. (2004). *Concepción y manejo del suelo en la Agro ecología*. Tomado 15 de marzo, 2004, de <http://www.ciedperu.org/bae/b64c.htm>. p 10-20.
- Fernández, J. A.; García, I. y Martínez, F. (2003). *Constituyentes del suelo. Fase sólida. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España*. Tomado 15 de marzo, 2004, de <http://www.edafologia.urq.es>. p 63-80.
- Fundora, O. (2005). *Influencia de la fertilización NPK sobre el incremento de la materia orgánica del suelo*. Comunicación personal con A. Reyes 12/8/2005. p 25-40.
- Fundora, O.; Machado, J. y Arzola, N. (1994). *La fertilidad del suelo y su manejo* (Informe de resultado). Santa Clara, Cuba: UCLV. p 12-20.
- Fuentes, A. (2004). Conservación, Mejoramiento y Fertilización de suelos. Edit. Agrinfor. La Habana, Cuba. 64 p.
- Gaitan, J. y Lacki, P. (1993). la modernización de la agricultura: los pequeños también pueden (Serie Desarrollo Rural) (Vol. 11). santiago de Chile. p 56-63.
- Gines, I. y Mariscal, I. (2004). *Actuación de los fertilizantes sobre el pH del suelo*. Tomado 12 de diciembre, 2004, de <http://www.fertiberia.com/informacion-fertilizacion/articulos/nutrientes-fertilizantes/pHfertilizantessuelo.htm>. p 15-20.
- Gomero, L. y Vázquez, H. (2004). Bases conceptuales y programáticas para el manejo ecológico del suelo. Tomado 15 de noviembre, 2004, de <http://www.cledperu.org/bae/bae71/b71b.htm> p 5-20.

- Gómez, C. M. y Gómez, L. (1997). Expectativas de la agricultura orgánica en México. ACAO. p 22, 1-35.
- Hernández. A. (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba. p 64.
- Infoagro. (2004). *Cultivo del Café*. Tomado 13 de noviembre, 2004, de <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cafe3.asp#5.2.-%20SOMBRA.html>. p 100-115.
- Instituto Nacional de Suelos. (1988). Clasificación Agro Productiva, según un método Inductivo Cuantitativo (Material Mecanografiado). MINAGRIC. La Habana, Cuba. p 38.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. p 60-70.
- Khanna, P. (1998). Nutrient cycling under mixed-species tree systems in southeast Asia. *Agroforest Systems*. p 38, 1-3, 99-120.
- Lal, R. (2000). Soil management in the developing countries. *Soil Science*, 57-72.
- MINAGRIC. (1987). Suelos de la Provincia de Cienfuegos. Edit. Científico – Técnica. La Habana, Cuba. p108.
- Pérez, R. y Mury, M. (2004). *Plan de fertilización para rendimientos oportunos en el cultivo del café*. Tomado 7 de enero, 2005, de <http://www.disagro.com/cafe/cafe1.htm>. p 5-10.
- Vasallo, L. 2001. Características de los suelos ferralíticos rojos de montaña y su tendencia a la degradación en Tope de Collantes. TD. Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray. p 50-68.
- Valencia, G. (1995). Nutrición y fertilización del cafeto. En R. Guerrero (Ed.), *Fertilización del cultivo en clima medio* (pp. 262). Barranquilla: Monómeros Colombo Venezolanos S. A. p 7-15.
- Valencia, G. 1999. Fisiología de la producción de café, nutrición y fertilización. Seminario del café. Tecnologías para producir altos rendimientos y buena calidad. Ciudad de Guatemala. p 11 - 14.

6. ANEXOS