

República de Cuba



Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.
Facultad de Ciencias Agrarias.

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Título: Efecto de diferentes sustratos sobre el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica*) de la variedad “Caturra Rojo”, durante la campaña de vivero 2010-2011 en la CPA “Pedro Cruz”, Municipio Cumanayagua, Provincia de Cienfuegos..

Autor: Mario Pérez Alfonso

Tutor: Ing. Luis Delgado Vázquez.

“Año 53 de la Revolución”

DEDICATORIA.

A todos aquellos que de una forma u otra, fueron partícipes del mismo sin que sus nombres los relacione, con un predeterminado olvido; les doy las gracias.

AGRADECIMIENTOS.

A mis padres por el amor que me profesan

A mi hija por ser lo más bello en mi vida

A mi esposa por todo el amor y cariño que me ha dado incondicionalmente

A mis amigos por toda la ayuda brindada.

SÍNTESIS.

La obtención de posturas de café de alta calidad y a bajo costo, es entre otros, uno de los factores del éxito del cultivo en beneficio del productor.

El trabajo se realizó en la CPA "Pedro Cruz", sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado Típico a una altura de 420 m s.n.m., con un promedio de lluvias superior a los 1300 mm anuales.

Se utilizaron semillas de la variedad "Caturra Rojo", sembrándolas en sustratos que tenían una mezcla de suelo más diferentes fuentes de abonos orgánicos que variaron en una proporción de 3:1. Las fuentes fueron Estiércol Vacuno, Lombri-Compost y Cáscara de Café. Se registró en 12 plantas por sustrato, aplicándose un diseño completamente aleatorizado.

Se evaluaron las variables altura, perímetro del tallo, área foliar, distancia entre nudos, % de germinación, comportamiento de las raíces y fecha de trasplante.

La investigación realizada demostró que:

Aunque los sustratos a base de Estiércol Vacuno y de Cáscara de Café mostraron un comportamiento similar, desde el punto de vista económico y de disponibilidad es factible la utilización del Lombri-Compost y la Cáscara de Café.

A partir de los resultados alcanzados se pretende dotar a los productores de diferentes alternativas de sustrato, que no solo sean viables desde el punto de vista productivo, sino económico, para lograr posturas de excelente calidad y con ello elevar las producciones de café.

ÍNDICE.

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
SÍNTESIS.....	4
ÍNDICE.....	5
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. Fundamentación teórica.....	8
1.1 Origen del cultivo del café.....	8
1.2 Requerimientos edafoclimáticos.....	9
1.3 Condiciones físico -químicas.....	13
1.4 Requerimientos nutricionales del cafeto.....	15
1.5 Suelos y la calidad del café.....	16
1.5.1 Funciones de algunos nutrientes.....	16
1.6 Sustratos.....	18
1.6.1 Necesidad de caracterizar los sustratos.....	19
1.6.2 El problema de la acidez del suelo.....	20
1.6.3 La materia orgánica y su importancia en el suelo.....	23
1.7 Viveros (según Instructivo técnico 2008).....	29
1.7.1 Ubicación.....	29
1.7.2 Clima.....	30
1.7.3 Suelo.....	30
1.7.4 Fuentes de agua.....	30
1.7.5 Proximidad al área de siembra.....	30
1.7.6 Acceso.....	30
1.7.7 Condiciones fitosanitarias.....	31
1.7.8 Disponibilidad de fuerza de trabajo.....	32
1.7.9 Preparación de suelo.....	32
1.7.10 Abono orgánico.....	33
1.7.11 Fertilizante.....	34
1.7.12 Tipos de viveros.....	34
1.7.13 Construcción de los canteros.....	36
1.7.14 Sistema de drenaje.....	37
1.7.15 Llenado de bolsas y siembra.....	37

1.7.16	Siembra directa.	38
1.7.17	Resiembra.	38
1.7.18	Pregerminación.	39
1.7.19	Atenciones culturales.	40
CAPITULO II. Diseño Metodológico de la Investigación.		41
2.1.	Ubicación.	41
2.2.	Tratamientos y diseño.	41
2.3.	Métodos de análisis químicos empleados en el laboratorio.	43
CAPITULO III. Resultados y discusión.		45
CONCLUSIONES.		50
RECOMENDACIONES		51
BIBLIOGRAFÍA.		52

INTRODUCCIÓN.

La distribución de la producción mundial de café abarca cuatro continentes; América, África, Asia, y Oceanía. El volumen fundamental de la producción cafetalera mundial se obtiene en Latinoamérica. Las regiones de Suramérica y Asia - Oceanía son las de mayores producciones, seguidas por Norte - Centro América y África. Desde el punto de vista de las variedades predomina la producción de los cafés *arábica*, que históricamente han aportado más del sesenta por ciento de la producción mundial, aunque los robustas en las últimas campañas han hecho un significativo aporte al crecimiento de la misma. (FAOSTAT <http://faostat.fao.org>)

Se estima que en el mundo más de cien millones de personas dependen directa o indirectamente del café, de ahí la importancia social de la caficultura base del resto de las estructuras de beneficio, transformación y comercialización, que de conjunto dan empleo a más de 25 millones de trabajadores en los países productores. En Brasil 3,5 millones de la población laboral, el cinco por ciento del total, se estima esta ocupada en el sector cafetalero y en otros ocho países latinoamericanos entre 10 y 12 millones de personas dependen de cerca de 800000 explotaciones cafetaleras (Tulet J,2000).

El café fue introducido en Cuba en 1748, pero los primeros productores no supieron, o no tuvieron los incentivos, para dar al cultivo las atenciones debidas y preparar correctamente los granos. De esta forma los intentos iniciales de exportación hacia la metrópoli española desembocaron en el fracaso. Sin embargo, a la llegada de una oleada de inmigrantes franceses que venían huyendo de la revolución haitiana de 1791, laboriosos colonos muchos de ellos con experiencia en esta producción, la industria cafetalera cubana recibió el impulso y *saber hacer* que la llevarían a su florecimiento. Se adicionó el hecho de que en 1818 el destacado cubano Francisco de Arango y Parreño lograra de España el levantamiento de las restricciones a casi todo el comercio exterior, y también a que en el mercado internacional se dieran condiciones favorables para la venta del grano a muy buenos precios. Finalmente la salida de Haití como abastecedor mundial de productos tropicales tras quedar arrasada por su sublevación, allanaría el camino de Cuba hacia un *boom* cafetalero de similares proporciones a su conocido auge azucarero del mismo período.

Durante todo el inicio del siglo XIX se fomentaron masivamente cafetales, hasta llegar al número máximo de 2067 en el año 1827, cuando puede afirmarse que tres cuartas partes de la Isla eran zonas cafetaleras.ⁱ Y es que el negocio del café resultaba muy rentable, con rendimientos sobre la inversión en cafetales de hasta el 30% (aun cuando se utilizaran tierras que no eran con mucho las más propicias), muy altos comparados con el 7% que arrojaban los ingenios azucareros. Aún así, la producción cubana resultaba insuficiente para cubrir la pujante demanda internacional. En el año 1824 se ha calculado que el consumo anual de toda Europa ascendía a las 80 mil toneladas métricas de café, de las cuales Cuba producía unas 23 mil toneladas, esto es casi la tercera parte, sin contar lo que se vendía a Estados Unidos.ⁱⁱ En éste último país el consumo se expandía con fuerza debido a la súbita sustitución del té por el de café (por razones de conveniencia política y económica). Sus importaciones de café crecieron en un 400% entre 1821 y 1840, de modo que las 4 mil toneladas exportadas por Cuba hacia este mercado en 1821 cubrieron el 45% de sus necesidades; en 1840, exportándose el triple, sólo se pudo cubrir el 25%, déficit de oferta que presionaba los precios cada vez más al alza.ⁱⁱⁱ El pico productor cubano se alcanzó en el año 1833, cuando se exportaron 30 mil toneladas métricas de café^{iv}.

Sin embargo el declive característico del fluctuante mercado del café no se hizo esperar. Conflictos europeos que reducían la demanda y la entrada impetuosa de Brasil con bajos costos de producción, que condujo a una guerra de precios, hicieron que los mismos comenzaran a bajar. La escasa competitividad de las exportaciones cubanas por el uso de tierras y métodos inadecuados, hicieron que éstas finalmente fueran desplazadas. Un elemento clave lo fue también el establecimiento de políticas comerciales por parte de España, pero sobre todo por Estados Unidos, altamente desfavorecedoras para el café cubano. Los intereses del gran capital propiciaban así la especialización de Brasil en su más barato café y la de Cuba en el azúcar, con lo que se terminó de conformar la estructura monoprodutora y monoexportadora que caracterizaría en lo adelante a la economía cubana.

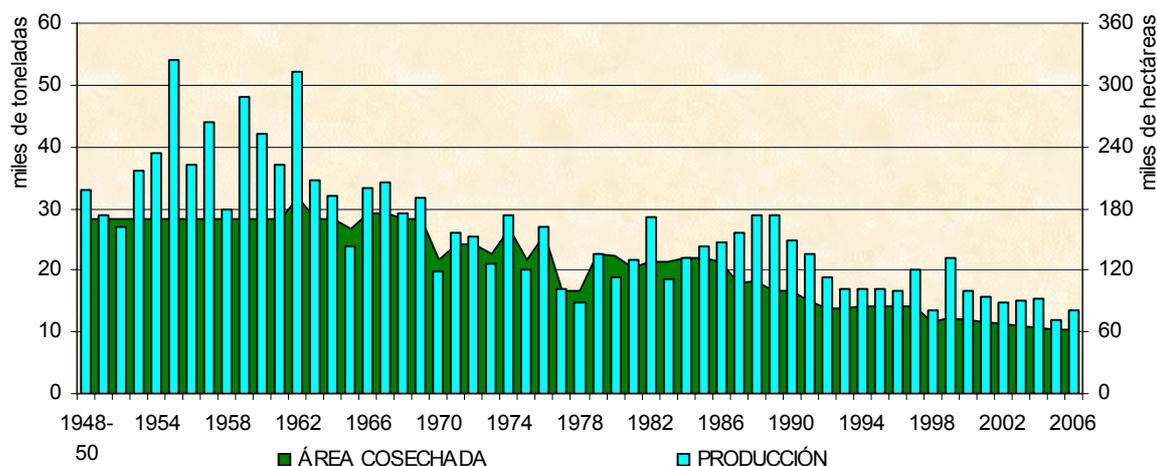
A pesar de los numerosos estudios económicos y científicos que se realizaron para intentar salvar la industria cafetalera (promovidos muchos de ellos por la Sociedad Económica de Amigos del País), la ruina fue inevitable. Para la segunda mitad del siglo

los cafetales eran progresivamente abandonados, replegándose los sobrevivientes a las zonas montañosas donde hoy mayormente se encuentran. Con las guerras independentistas, que afectaron en general los campos cubanos, recibieron su golpe definitivo. De modo que el nuevo siglo y la naciente República inauguraron a Cuba como importador de café.

Y es que el consumo de la negra bebida estaba ya sumamente enraizado en la población, tanto de los campos como de la ciudad. El café ejercía por demás importante influencia sobre la cultura, creándose numerosas obras literarias que tenían como centro los cafetales. Como detalle curioso se puede mencionar que fue para las actividades de escogida del café, en que los obreros trabajaban sentados, que por vez primera se sugirió la conveniencia de establecer la lectura en alta voz (a la manera de los refectorios conventuales de antaño) que luego sería aplicada a los talleres tabaqueros.^v La Habana y Santiago vieron el surgimiento de célebres cafés, siendo el primero abierto en el año 1772 en la Plaza Vieja (“La Taberna”), pero el más importante el habanero Café del Louvre, testigo de numerosas revueltas en contra de las injusticias. De hecho se identifica toda una generación revolucionaria de fines del siglo XIX como “la juventud de la Acera del Louvre”.

Las importaciones cubanas de café tocaron un techo de 20 mil toneladas en el año 1920. Pero la situación habría de ser revertida cuando la industria del azúcar se vio fuertemente golpeada por la depresión económica mundial de 1929 al 33, y resurgió la voluntad de recuperar la caficultura, esta vez con la intervención del gobierno. Así fueron creadas la Oficina del Café y del Cacao y el Instituto Cubano de Estabilización del Café, que basaron su programa en el establecimiento de un precio fijo al caficultor y el fomento de buenas prácticas en el cultivo y procesamiento para incrementar los rendimientos y la calidad. Estas acciones rindieron frutos a partir de 1934 cuando comenzaron a crecer nuevamente las exportaciones y a disminuir las importaciones.

Gráfico1: Comportamiento histórico de la producción de café en Cuba



Fuente: FAO

De 1948 a 1960: world crop and livestock statistics 1948-85, (www.fao.org/es/ess/historical)

De 1961 a 2006: FAOSTAT (<http://faostat.fao.org>)

El período revolucionario a partir de los años sesenta se caracterizó por el desarrollo de la industria intermedia del café con la modernización, tecnificación y creación de nuevos centros de beneficio, así como por la preparación de numerosos técnicos y especialistas en el ramo. No menos importante ha sido el interés por la mejora en las condiciones de vida de los agricultores en las montañas, materializado en la creación de infraestructura como viviendas, escuelas y centros de salud. Dentro de estos esfuerzos destaca la creación del Plan Turquino, que busca el logro del desarrollo integral y sostenible en estas zonas.

Tabla 1: Doscientos años de exportaciones de café cubano

Años	1790	1804	1833	1867	1899	1934	1939	1961	1983	1990
Exportaciones (toneladas métricas)	85	575	29513	1773	64	1214	8374	4000	16570	10180

Fuente: PÉREZ DE LA RIVA, F., "El Café: Historia de su cultivo y explotación en Cuba".

Cuba ha sido tradicionalmente un país productor de café y se ha preciado por la calidad del producto, hace mas de 250 años desde su introducción en la Isla y en el año 1833

fue el primer exportador del grano. En 1960 Cuba era el sexto país productor del área del Caribe y en 1961 se llegaron a producir 60000 t. de café. En la actualidad se dispone de una tecnología que permite alcanzar altos niveles de producción, lo que unido a los conocimientos técnicos y la experiencia acumulada por parte de los especialistas y productores se podrá alcanzar en pocos años los niveles de producción que requiere el país. (Soto F, 2003).

El cafeto, aun cuando es tolerante a un amplio rango de condiciones ecológicas donde crece y se desarrolla adecuadamente, muchas de las plantaciones cafetaleras se encuentran ubicadas en áreas que presentan uno o mas factores limitantes que imposibilitan alcanzar rendimientos aceptables, al igual que existen zonas que no están dedicadas a este cultivo y que por sus condiciones agroecológicas pueden resultar aptas.

Cuba, país favorecido por un clima excepcional, productor de un café de excelente calidad, liberado hoy de toda exportación extranjera y del determinismo de las oligarquías, en breve tiempo, por la libre y soberana voluntad de su pueblo, aseguraran definitivamente su consumo nacional y saldrá a competir en el mercado internacional, lo que será un poderoso impulso a su economía.

El café constituye uno de los cultivo tradicionales de nuestra estructura agraria que desde su introducción en Cuba ha contribuido notablemente a la diversificación agrícolas siendo en la actualidad un rubro exportadle de significativa importancia económica de alta demanda por los consumidores nacionales y es la base fundamental de la economía en las zonas montañosas.

La dirección del país, junto con instituciones de la agricultura y la Dirección Nacional de Café, teniendo en cuenta la caída de los precios del grano en el mercado internacional, el decrecimiento de los volúmenes de producción a nivel nacional y la necesidad de revertir esta situación, decidieron reorganizar la actividad cafetalera y disminuir las áreas dedicadas a este cultivo, utilizando los suelos con mejores condiciones para su desarrollo, con el objetivo de alcanzar altos rendimientos en menos áreas y así concentrar los recursos y esfuerzos en las áreas mas productivas que respalden económicamente las inversiones. Esta estrategia comprende también un grupo de medidas financieras que apoyan las transformaciones propuestas.

Los problemas de organización que enfrentó la actividad cafetalera, fundamentalmente por la falta de insumos, así como la devaluación de los ingresos reales de los trabajadores por la desvalorización del precio, condujeron a serios problemas de disciplinas laborales y tecnológicas. A esto se unieron los bajos niveles de motivación en todas las formas organizativas de la producción cafetalera y la insatisfacción del personal vinculado a esta rama productiva ante la imposibilidad de satisfacer sus necesidades básicas más apremiantes y sus expectativas de bienestar a más largo plazo. La situación de los bajos volúmenes de producción, además de afectar a los productores, pone en riesgo la permanencia en el país de los mercados de cafés especiales y el traslado de estos hacia otras regiones de América con altos niveles productivos. (Caro 2008).

La obtención de posturas de buena calidad es un principio indispensable para lograr plantaciones altamente productivas (Sánchez, 2001). Siendo muy importante utilizar un sustrato con adecuado balance nutrimental.

En este aspecto, la materia orgánica juega un papel fundamental. Sin embargo, Sánchez (2001) considera que dado el volumen de posturas que es necesario producir resulta un problema satisfacer las necesidades de materia orgánica, y su transportación se hace cada día más complicado y difícil, además, puede suceder que la existencia de un pH ácido interrumpa su mineralización y la solubilidad de nutrientes, principalmente el Fósforo.

Entre los aspectos del manejo integrado del café, la calidad de las posturas es uno de los factores más relevantes, el cual junto con una adecuada asistencia del cultivo son determinantes en la producción actual.

Justificación del estudio (Importancia).

La necesidad por parte de los caficultores de contar con posturas que posean buenas características físicas y genéticas, además de estar libre de plagas y enfermedades, estas condiciones son el “Talón de Aquiles” de los programas de mejoramiento productivos del café, debido al trasiego de posturas enfermas, o los medios de sustratos que se utilizan no son los más idóneos para el desarrollo de las posturas. La búsqueda de alternativas que faciliten los procesos de obtención de posturas, que promuevan su

crecimiento y que sean de fácil acceso a los productores, fue lo que motivo este estudio.

Problema de Investigación.

Falta de alternativas que faciliten los procesos de obtención de posturas, promuevan su crecimiento y que sean de fácil acceso a los productores.

Objetivo General.

1. Evaluar el efecto de los diferentes sustratos sobre el crecimiento de las posturas de la variedad "Caturra Rojo".

Objetivos específicos.

1. Evaluar el efecto de los diferentes sustratos sobre el desarrollo morfológico de las posturas de cafetos.
2. Determinar el sustrato de mejor comportamiento para la producción de posturas.

Hipótesis de la Investigación.

En Cuba se incorpora materia orgánica al sustrato en las proporciones suelo: materia orgánica (Estiércol Vacuno), 3:1 y 5:1, en dependencia del tipo de suelo y se aplican biofertilizantes, pero podría producirse posturas de buena calidad aplicando variantes de sustratos compuestos con otras fuentes de materia orgánica, de fácil acceso a los productores, reduciendo los costos, disminuyendo la acidez y haciendo más asimilables los nutrientes del suelo.

CAPITULO I. Fundamentación teórica.

1.1 Origen del cultivo del café.

El Café se considera oriundo de África donde crece en estado silvestre. Según opinión de autorizados botánicos. Existen distintas opiniones respecto al lugar preciso donde se inició el cultivo del Café, unos opinan que fue en Etiopía mientras otros estiman que fue en Arabia.

Según datos históricos el cafeto fue introducido en Cuba en el año 1748 por el doctor Gelabert, quien trajo desde Santo Domingo semillas de la variedad Esperanza de Arabia, un siglo después de su introducción ya el cafeto tenía un peso importante en la economía cubana.

En Cuba el café está considerado uno de los principales cultivos de importancia económica. En el proyecto del programa del Partido comunista de Cuba (1956), se expresa: “La agricultura debe prestar especial atención a los cultivos que constituyen fuentes de fondos exportables importantes dentro de los cuales se encuentra el cafeto, basado principalmente en el crecimiento de nuevas áreas y la recuperación de las plantaciones cafetaleras, así como la evaluación del crecimiento agrícola”.

El café es un producto de extraordinaria importancia desde diversos puntos de vista: es importante para la salud porque contiene cafeína, alcaloides estimulantes que disminuye la sensación de cansancio o fatiga, ayuda a resistir la acción depresiva del calor en los climas cálidos, excita la actividad digestiva y evita o combate la constipación.

Desde el punto de vista social político y cultural el café ha representado a través de la historia un grato elemento animador de reuniones, de las que han derivado muchas veces verdaderos acontecimientos. De su nombre surgió, por extensión, el que se aplica a establecimientos llamados también cafés y más reciente, cafeterías. Los primeros cafés surgieron en la misma Arabia, primer país que, como sabemos, desarrolló el cultivo de este precioso fruto. A medida que este cultivo se iba extendiendo a otras regiones surgían a su vez los cafés, sitio de reunión para beber el preciado líquido; muchos cafés llegaron a ser famosos en las grandes capitales del mundo.

En el aspecto económico, el café representa, para los países cuyas condiciones climáticas le son favorables, una importante fuente de riqueza, por la gran demanda mundial de este producto.

La propagación del cultivo del café en el mundo siguió muy de cerca la difusión de su uso donde quiera que se introdujo se hicieron intentos de cultivar la planta. De su lugar de origen se propagó por todos los países tropicales en un período que duró más de 5 mil años.

1.2 Requerimientos edafoclimáticos.

El cafeto es un cultivo que ha sido ampliamente dispersado por el hombre y se desarrolla en una gran diversidad de ambientes; se cultiva desde 3000 m. de altitud hasta prácticamente el nivel del mar; las plantaciones comerciales se distribuyen desde Cuba a 22^o de latitud norte hasta Paraná (Brasil) a 26^o de latitud sur

La altitud a la cual el cafeto crece comercialmente depende de la distancia desde el Ecuador, jugando éste factor un papel fundamental en la distribución del cultivo. Aunque las áreas geográficas del cafeto se encuentran en zonas netamente tropicales hay que tener en cuenta que esas regiones están atemperadas por la altitud, indudablemente la variación es función de la latitud y de otros factores microclimáticos locales; en este sentido Valencia (1998) señala que una altitud de 200 m.s.n.m. puede ser adecuada para el cafeto en una región localizada a 25^o de latitud, pero no en una región cercana al Ecuador geográfico, donde las condiciones ambientales deben atemperarse cultivando el cafeto a mayores altitudes.

Un elemento importante del relieve a tener en cuenta es la pendiente, pues cuando ésta rebasa un límite donde las labores de cultivo y cosecha se hacen extremadamente difíciles, ocurre erosión en los suelos y por ende se reducen los rendimientos; mas del 90% de los cafetales cubanos cuentan con topografía caracterizada por rangos de pendientes entre 10 y 40%, por lo cual se precisa de labores de conservación de suelos que generalmente no están presentes y se valoran pérdidas de suelo entre 1,57 y 38,56 t.ha⁻¹.

Los factores ambientales más importantes en el crecimiento y la producción del cafeto son la radiación solar, la temperatura, la lluvia en cantidad y distribución a través del

año, la altitud y el fotoperíodo, entre otros. Valencia (1998) considera que la temperatura y la lluvia son los factores que más afectan en el cultivo del café; en este sentido señala que la fenología de la planta de café está estrechamente relacionada con la distribución de la precipitación, la temperatura y el brillo solar.

La temperatura promedio en las regiones productoras de café es de 12,7 °C como mínimo y de 26,6 °C como máximo y una media de 21,1 °C ; muchos autores definen el rango de temperatura adecuado para el crecimiento y la producción del café entre 16 °C y 25 °C (Ramírez, 1999 y Valencia, 1999, entre otros).

Para las zonas productoras de Cuba se señala la existencia de un clima alto y estable con temperatura fresca; el Atlas Nacional de Cuba (Cuba, Academia de Ciencias, 1989) reporta que en las alturas y montañas el rango de temperaturas mínimas y máximas es de 15-20 °C y de 20-30 °C respectivamente. Al valorar este elemento climático Morales (2006) no señala limitantes en la isla, ya que las medias mínimas no alcanzan períodos prolongados y con las altas no se han reportado efectos negativos visibles.

La precipitación media anual requerida por el café es de 1800 a 2000 mm, distribuidos a través del año; Valencia (1999) considera que el café requiere una precipitación media anual superior a 1200 mm bien distribuidos. Indudablemente la lluvia es uno de los factores más importantes en la distribución del café en el mundo. Por ser una planta siempre verde, el café requiere agua en el subsuelo todo el tiempo, pero en las capas más superficiales del suelo, donde se encuentra el sistema radical, es necesario un período de seca relativa en una parte del año, entre 2 y 3 meses, fundamentalmente para la iniciación de las yemas florales; indudablemente la provisión de agua en el café es importante para acumular el rendimiento. Resulta imprescindible considerar los requerimientos hídricos de la planta en las diferentes fases por las que atraviesa durante su ciclo; según Valencia (1999), la mayor sensibilidad del café al estrés hídrico con relación al rendimiento se encuentra en los períodos de floración y formación del grano.

En Cuba, el Ministerio de la Agricultura, en los diferentes documentos normativos de la actividad cafetalera señala que las condiciones adecuadas para el *Coffea arábica* en el país son:

Temperatura (°C)	Lluvia (mm)	Altitud (m.s.n.m.)	Fuente consultada
20-26	>1200	No es determinante	Normas Técnicas(1974)
<30	>800	300-1200	Instrucciones Técnicas (1981)
16-28	>1100	300-1200	Instrucciones Técnicas (1987)
16-28	>1100	>300	Tecnología para altas densidades (1993)
21-24	>1300	>300	Elementos básicos para la tecnología del café (1993)

El café en el mundo se encuentra en diferentes tipos de suelos, principalmente Andosoles, Ferralsoles, Acrisoles, Cambisoles y Fluvisoles (Carvajal, 1983; Coste, 1968; Mesa, 1974) en los que resulta importante para obtener buenos rendimientos un contenido adecuado de materia orgánica, textura loam a 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.

En Cuba el café se desarrolla principalmente en las regiones montañosas y premontañosas (por encima de 200-300 m de altura sobre el nivel del mar), en algunos valles intramontanos con microclima favorable como es el Valle de Viñales (Pentón *et. al.*, 1993) y en regiones llanas de suelos Ferralíticos Rojos en San José de las Lajas. En general en el país se utilizan las especies de café arábico y café robusta; con las regiones principales de distribución en los macizos montañosos de Nipe-Sagua-Baracoa, Sierra Maestra y Guamuhaya, con menor densidad en la Sierra de los Órganos. En estas regiones hay una buena diversidad de tipos de suelos formados a partir de diferentes materiales de origen.

Según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et. al.*, 1995) y acuerdo con Soto *et. al.* (2002), en el macizo Guamuhaya se encuentran ocho tipos de suelo, pero dos de ellos ocupan los mayores porcentajes: el Fersialítico y

el Ferralítico y de este último, González *et. al.* (1999); según este autor el cafeto requiere preferentemente suelos ácidos.

Para Cuba las Normas Técnicas para el Cultivo del Cafeto (1987) definen 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 Carbonato de Calcio libre.

Los problemas fitosanitarios tienen una incidencia significativa en la producción y los rendimientos del cafeto; las enfermedades causadas por hongos los insectos y los nemátodos constituyen los grupos de organismos nocivos que mayores pérdidas ocasionan, la lucha contra estos elementos nocivos ha tenido diversas etapas, hasta los tiempos actuales en que se ha desarrollado con éxito el Manejo Integrado de Plagas (MIP), que involucra aspectos socio-económicos y ecológicos de gran valor en los agrosistemas donde se cultiva el cafeto en el país.

Desde la introducción del café, Cuba ha sido tradicionalmente un país productor del grano llegando a lograrse altas producciones. En muchos trabajos de investigación desarrollados en los últimos 30 años, se reportan rendimientos hasta de más de 3 t.ha⁻¹ de café oro. Esto indica que existen condiciones para desarrollar una caficultura eficiente, siendo necesario conocer cuales son aquellas zonas que por sus características edafoclimáticas son las adecuadas para el mejor crecimiento y producción del cafeto.

En el actual siglo se abrén nuevas oportunidades para la producción de café en Cuba, en tal sentido, el Ministerio de la Agricultura trazó los objetivos estratégicos para equilibrar la producción, recuperar las cifras históricas de recoger, beneficiar y comercializar más de 50000t de café. En los rendimientos se proponen alcanzar la media internacional de 0,5t.ha⁻¹ de café oro como promedio nacional y en el 20% de las áreas 1,0t.ha⁻¹ de café oro (Caro.2008).

1.3 Condiciones físico – químicas.

Condiciones físicas.

Las características físicas más relevantes en los suelos cafetaleros son: textura, estructura, consistencia, densidad real y aparente, retención de humedad, estabilidad de los agregados y profundidad efectiva.

Este conjunto de condiciones físicas, de muy difícil y costosa modificación, determinan la productividad del cultivo, la susceptibilidad del suelo a la erosión y a las normas de manejo del cultivo. Después de las condiciones del clima, las condiciones físicas son las que determinan el uso y manejo del suelo.

Una buena combinación de las condiciones físicas se refleja en una buena aireación, rápido drenaje interno adecuada retención de agua, desarrollo normal de raíces, dinámica actividad biológica y buena y oportuna respuesta a la fertilización. Si las condiciones físicas del suelo no son adecuadas, la absorción de nutrientes provenientes de los fertilizantes no será eficiente

Condiciones químicas.

Después de consultar diversos criterios de investigadores en café (Carvajal, 1984; Bestsch, 1986; Snoek, 1988 y Valencia, 1998) los cuales pueden variar en dependencia de las condiciones edafoclimáticas donde se cultiva el café, los siguientes valores se pudieran tomar como medios: pH 4.5-6.5, Fósforo 15-30 ppm, Potasio 0.2-0.4 meq/100 g, Calcio 4-20 meq/100 g y Magnesio 1-10 meq/100 g. De lo anterior se deduce que resulta muy difícil encontrar el suelo ideal.

Tabla 2: Parámetros de suelos adecuados y manejables para el cultivo del café.

Parámetro	Rangos adecuados	Rangos manejables
pH	4.9-5-6	4.5-6-0
Materia orgánica (%)	11.4—12.6	≥ 4
K (meq/100g)	0.29—0.70	--
Ca (meq/100g)	1.6—4.2	≤ 4.2
Mg (meq/100g)	0.5—1.4	--
Relación K: Ca: Mg	1: 6: 2	--
P (ppm)	6—14	≤ 6
Textura	Franco	Franco
Arcilla (%)	8—41	≥8 ó ≤41

Profundidad horizonte superficial (cm)	≥ 30	30
--	-----------	----

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es la principal característica química que contribuye directamente a la fertilidad del suelo. Los coloides del suelo, minerales y orgánicos, tienen principalmente cargas negativas en su superficie y son capaces de retener electrostáticamente cationes como K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ . Esta capacidad de retener cationes se denomina CIC y mientras mayor sea este parámetro más fértil es el suelo. En condiciones ácidas, el suelo puede también retener Hidrógeno (H^+) y Aluminio (Al^{3+})

Desde el punto de vista químico un suelo equilibrado debería tener, en términos porcentuales, las siguientes características: 60—75 % de saturación por Ca^{2+} , 12—20 % de Mg^{2+} , 3—7 % de K^+ , 3—5 % de micronutrientes y 10—15 % de H^+ y Al^{3+} , como se ilustra en la Figura 25

En América Latina, muchos suelos dedicados al cultivo del café son derivados de cenizas volcánicas y son considerados de mediana a baja fertilidad.

Los suelos dedicados al cultivo de café en el Escambray se agrupan en dos tipos principales: Ferralíticos Rojos Lixiviados (representan más del 80 %) y Fersialíticos, aunque en algunas zonas bajas como los valles intramontanos pueden encontrarse otros del tipo Aluviales y en las laderas muy erosionadas aparecen los Alíticos, los más importantes desde el punto de vista de extensión son los dos mencionados primeramente.

Dada la complejidad de la topografía y el tratamiento de los distintos campos cabe esperar muchas diferencias en cuanto a la respuesta del cafeto, dependiendo en gran medida de la fertilidad natural de estos suelos, dicha fertilidad depende de una serie de factores de carácter químico y físico, que condicionan el desarrollo radical y la disponibilidad de los nutrimentos, lo cual incide directamente en la capacidad de absorción y asimilación por parte de la planta.

En cuanto a las características químicas, se sabe que la disponibilidad de Nitrógeno depende del porcentaje de materia orgánica del suelo que generalmente es bajo (5 %)

y en lo que respecta al Fósforo y al Potasio también son bajos, y se han obtenido muchos valores de pH(K Cl) menores de 4.0 con presencia de Aluminio cambiante.

1.4 Requerimientos nutricionales del café.

De acuerdo con el criterio de Valencia (1998) el café necesita para el crecimiento vegetativo 100-10 -90 kg/ha/año por cada 1250 kg de café pergamino (1000 kg de café oro) y se requieren, además, 34-4-40 kg/ha por tonelada de café oro (exportación por la cosecha).

Esto significa $100 + 32 = 132$ kg de N

$10 + 4 = 14$ kg de P₂O₅

$90 + 40 = 130$ kg de K₂O

Revisión bibliográfica de dosis para producir 1 t/ha (1000 kg de café oro)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
CENICFE	60	20	60	(17)	(4)
I A P A R	65	10	75	18	11
I B C	87	6	66	42	15
Costa Rica	87	17	96	23	10
Colombia	66	12	71	32	16
Brasil	60	10	60	-	5-10

La fertilización del café se justifica cuando las exigencias ambientales y de cultivo han sido satisfechas adecuadamente y se ha hecho un buen manejo de los residuos orgánicos de la finca.

Es importante indicar que la fertilización del café ajustada que esta sea a los requerimientos del cultivo y del suelo, no resuelve los problemas derivados de inadecuadas condiciones físicas del suelo, de inapropiado clima o del mal manejo del café.

Objetivos de la fertilización:

El principal objetivo de la fertilización es obtener los rendimientos más altos posibles con el mínimo de costos (rendimiento económico máximo)

Criterio de rentabilidad: La relación entre la ganancia producida por el incremento de la producción como consecuencia de la fertilización respecto al costo de los fertilizantes debe ser mayor del doble ($R/C \geq 2$)

1.5 Suelos y la calidad del café.

El nitrógeno a concentraciones mayores a 0.25% incrementó el peso del fruto; el fósforo a concentraciones mayores a 200 mg/kg de suelo resultó en una bebida más ácida; y el potasio con 100 mg/kg de suelo, presentó menor cantidad de frutos manchados. En contraste a Mendoza (2001), que reporta al nitrógeno y potasio en altas concentraciones afecta la calidad de la bebida, prácticamente en Veracruz no se encontró ninguna influencia de estos elementos

1.5.1 Funciones de algunos nutrientes. (Carta Tecnológica del Café.2009)

Nitrógeno:

Funciones principales: Forma parte de las proteínas, clorofila, alcaloides y enzimas responsables de regular el crecimiento y formación de material vegetal. Es importante también en la relación C/N por su acción en la duración del período vegetativo. Es muy móvil dentro de la planta y se absorbe como nitrato (NO_3) y o como (NH_4). Constituye del 1 al 5% de la materia seca en general.

Juega un importante papel en el desarrollo vegetativo y formación y desarrollo de los botones florales (asociado con K).

Fósforo:

Funciones principales: Forma parte de las proteínas (nucleoproteínas) y lípidos fosfolípidos (lecitinas). Desempeña un papel metabólico en la respiración y fotosíntesis (fosforilación), en el almacenamiento y transferencia de energía y en la división y crecimiento celular. Se acumula en partes de crecimiento y semillas. Su falta favorece la acumulación de azúcares en órganos vegetativos, lo cual a su vez favorece la síntesis de antocianinas. Es absorbido como ión HPO_4^- y H_2PO_4^- principalmente y permanece en forma oxidada. Constituye del 0,1 al 0,5 % de la materia seca en general.

Efecto en la formación del rendimiento: Absorción de macro y micro nutrientes (asociado con Zn y Mg), en la formación de la fruta, maduración y reserva de almidones (asociado con K).

Potasio:

Funciones principales: El Potasio juega un papel vital en la fotosíntesis y en la activación de 60 sistemas enzimáticos en la planta. En contraste con otros elementos que están envueltos en la formación de estructuras de la célula, el K funciona en el jugo celular. Su alta movilidad le permite que se traslade rápidamente de célula a célula o de tejido viejo a tejido nuevo en desarrollo, o a órganos de almacenamiento. El inadecuado uso de K para cubrir las necesidades de todas las partes de la planta disminuye el crecimiento y pone el cultivo en condiciones indeseables, como puede ser el incremento de enfermedades, rompimiento del tallo y susceptibilidad a otras condiciones de estrés. Es esencialmente antagónico con el Mg, Ca, y Na. Es muy móvil dentro de la planta y absorbido del suelo como catión K^+ . Constituye del 0,2 al 2.0 % de la materia seca.

Efecto de la formación del rendimiento. Formación de partes vegetativa (asociado con el N) Formación y transporte de los carbohidratos, reservas de almidones (asociado con el N). Traslocación de los fotosíntatos, síntesis de celulosa y lignina. Muy importante en la producción de azúcares.

Calcio:

Funciones principales: Se acumula principalmente en las hojas y forma parte de la lámina media de la pared celular como pectato de Ca La ausencia de Ca no permite la división mitótica. Es necesario para el desarrollo de los meristemos apicales. Es cofactor de algunas enzimas. Antagónico con el K, Mg y Na .El Ca es inmóvil dentro de la planta y es absorbido del suelo como Ca^{++} .

Efecto en la formación del rendimiento: Desarrollo de la raíz, absorción de macro y micronutrientes, tolerancia a la toxicidad por Al y Mn, formación de la fruta.

Magnesio:

Funciones principales: Ocupa el centro de la molécula de clorofila. En forma de ión es activador de enzimas que catalizan reacciones en los procesos de respiración. Incrementa la producción de azúcares. Es antagónico con el K, Ca y Na. Es un nutriente muy móvil dentro de la planta y es absorbido del suelo como Mg^{++}

Efecto en la formación del rendimiento: Formación de la parte vegetativa, absorción de macro micronutrientes (asociado con P y Ca)

Azufre:

Funciones principales: Es constituyente de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina y por tanto de las proteínas, así como de la tiamina, la biotina y la coenzima A. El S es inmóvil dentro de la planta y absorbido del suelo como SO_4^-

Efecto en la formación del rendimiento: Formación de la parte vegetativa y acumulación de proteínas en la planta.

1.6 Sustratos.

Funciones básicas que debe cumplir un sustrato:

1. Suministrar NUTRIENTES.
2. SOPORTE para la planta en crecimiento: ANCLAJE.
3. Mantener el PAN DE TIERRA para el trasplante.
4. Retener el AGUA en forma disponible para la planta.
5. Proporcionar OXÍGENO para la respiración radicular.

El término sustrato se aplica a todo material sólido, natural o artificial que, colocado en un contenedor, puro o en mezcla, permita el anclaje del sistema radicular y actúe como soporte de la planta. En principio, todo material sólido puede, eventualmente, ser utilizado como sustrato en la medida que permita un desarrollo normal del sistema radical. (Citado por Arcila y col, 2002)

El sustrato es a la vez el soporte físico del cultivo y protección para las raíces, durante el período en que permanece en el mismo y durante el transporte al campo, e incluso en el instante mismo de la plantación. Debe permitir además que las raíces de las plantas respiren y encuentren el agua y los nutrientes que necesitan, debe permitir la mejor conformación posible de las raíces.

El sustrato es el medio en el que las raíces se desarrollan, para formar el soporte estructural de la parte aérea de las posturas y que suministra las cantidades necesarias de agua oxígeno y nutrientes. En él transcurre total o parcialmente el ciclo de vida de muchos microorganismos, brindándoles soporte, abrigo y alimentación. Sus características son el resultado de la interrelación de fuerzas climáticas y de organismos

vivos que actúan sobre el material de origen, formando un sistema compuesto por la fase sólida, líquida, y gaseosa (Ansorena, J Miner. 1994).

Hasta hace poco tiempo se consideraba que el sustrato no ejercía una influencia destacable sobre la calidad de la planta, porque se utilizaban envases, como las bolsas de polietileno de mucho volumen, sin embargo, a medida que el volumen de los envases se ha reducido, tanto mayor es la calidad exigible al sustrato, al ser menor el volumen disponible para las raíces. Lo más importante al seleccionar un sustrato, es definir sus características físicas y químicas y, además, evitar utilizar un material que esté enriquecido con fertilizantes minerales. (Ansorena, J Miner. 1994)

El sustrato suministra soporte físico y anclaje a las plantas, así como nutrientes. Sin embargo es mucho más que un medio complejo porque influye en la vida de las plantas de muchas maneras, ya que las raíces no solo viven en él, sino que crecen a través suyo, y sus propiedades químicas y físicas tienen fuertes interacciones con las raíces. El sistema suelo-raíz es un complejo viviente y dinámico cuyas interrelaciones se deben valorar antes de que pueda comprenderse la vida de las plantas que crecen en él (Ansorena, J Miner. 1994)

1.6.1 Necesidad de caracterizar los sustratos.

En la práctica, para valorar la calidad de un sustrato no basta con conocer las propiedades generales de sus principales componentes, sino que es necesario determinar para cada ingrediente o mezcla particular, ya que las variaciones suelen ser muy importantes. Así, las propiedades de la turba no solo dependerán de que sea rubia o negra, o del grado de descomposición intermedio entre ambas que posea, sino que variarán en gran medida en función de su origen y condiciones de extracción granulometría, aireación, acidez y contenido en nutrientes, etc.

Un adecuado control de la calidad de un sustrato depende de la correcta interpretación de los análisis realizados muchas veces se olvida que los resultados obtenidos dependen en gran medida de los métodos utilizados que son muy variados

La selección en cada caso de los métodos adecuados de caracterización de sustratos no es sencilla, a causa de la variedad de métodos disponibles con diferentes grados de complejidad y todos ellos con ventajas e inconvenientes.

Las cualidades exigibles de un sustrato, según Peñuela y Ocaña (1996) son:

- Ser permeable, para drenar bien y permitir el desarrollo de las raíces en todo el volumen del envase. Porosidad en torno al 60-80% del volumen total del sustrato.
- Retener bien el agua, para permitir un cierto espaciamiento entre los riegos, asegurando a la vez un buen abastecimiento para la planta, capacidad de retención de agua tras riego y drenaje del 21% del volumen total del sustrato como mínimo.
- Humedecer fácilmente después de sufrir una desecación, aunque sólo sea ésta superficial. Zonas de encharcamientos o de desecación dentro de un envase reducen de hecho el volumen útil real del mismo disponible para las raíces al no poder penetrar éstas en dichas zonas.
- Aireación: del 20 al 40% del volumen total del sustrato ocupado por aire, tras el drenaje.
- Fertilidad: pH comprendido entre 5 y 8. Ser fértil, para asegurar el buen crecimiento de la planta y una buena acumulación en ellas de reservas nutritivas, para lograr superar así la crisis del trasplante. Buena capacidad de intercambio catiónico, para regular la correcta nutrición y aprovechar mejor los abonos. Una excesiva fertilidad inicial puede generar ataques del *Damping-off* por eso el sustrato se fertiliza habitualmente sólo con fertilización de arranque.
- Agentes patógenos: No portar semillas o propágulos de plantas indeseables. No portar insectos dañinos, ni ninguna otra clase de animales perjudiciales para las plantas. Estar desprovisto de cualquier tipo de toxicidad.
- Empleo: Resultar económico. Ser homogéneo. Pesar poco para que sea fácil su manejo y transporte. Esta condición favorece el uso de turba y corteza de eucalipto y de pino molida. Ser bastante consistente, para evitar cualquier tipo de daño al cepellón. Esta condición es más importante aún cuando se usan envases que exigen plantar tras la extracción del cepellón. No ser adhesivo a las paredes del envase.

1.6.2 El problema de la acidez del suelo.

Matiello (1986) al tratar los factores que afectan la caficultura en Brasil señala que la corrección de los suelos con encaladuras adecuadas ha resultado en aumentos

significativos de la productividad. En ensayos realizados sobre encalado se han obtenido aumentos en el rango de 30 a 200 % en la producción de café-

En la actualidad los problemas ecológicos en el suelo, por la pérdida de sus propiedades, están acompañados de las tecnologías convencionales que se aplicaron; por lo tanto, los científicos se enfrentan al triple desafío de intensificar, preservar e incrementar la calidad de la tierra. Para ello, es necesario contar con una sólida concepción de la calidad y con indicadores de calidad o salud de la tierra y de manejo sostenible de la misma (Bautista y col., 2004).

Entre los factores que mas influyen en la acidificación de los suelos cubanos se considera la erosión. Se pierden grandes cantidades de MO y con las pérdidas de suelo también se pierde Ca y Mg. El 51 % de los suelos ácidos está erosionado (Marrero et. al., 2006)

Según Porta Casanellas *et. al.* (1999) los efectos perjudiciales de la acidez del suelo no se manifiestan hasta valores de pH inferiores 5,5 por la toxicidad de aluminio y la poca disponibilidad de los elementos nutrientes.

La acidez del suelo se clasifica en actual o activa (solución del suelo) y potencial que es aquella que se encuentra intercambiable en el complejo de cambio del suelo y que es de mucha mayor cuantía que la actual.

A través del pH se expresa la acidez actual que no es más que el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno presentes en la solución del suelo, mientras que la acidez potencial comprende los iones hidrógeno y aluminio cambiables.

Toxicidad por Aluminio.

Las causas más frecuentes de infertilidad de los suelos ácidos según Espinosa (sa) son indirectos y generalmente pueden atribuirse a uno o más de los factores siguientes: toxicidad por aluminio, manganeso o hierro y deficiencias de calcio o magnesio. El porcentaje de saturación por Aluminio, calculado por la siguiente fórmula, aumenta con la acidificación del suelo y se relaciona con la producción de los cultivos.

$$\% \text{ de Al} = \frac{\text{Al} \times 100}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Al}} \text{ (cationes en cmol.kg}^{-1}\text{)}$$

El aluminio tiende a acumularse en las raíces, impidiendo la absorción y el traslado del calcio y del fósforo en la planta, apareciendo por ello insuficiencia de estos nutrientes en los suelos con un alto porcentaje de saturación con aluminio. Según Bertsh (1995) los efectos depresivos sobre el rendimiento con el incremento de saturación con aluminio del suelo son diferentes para los distintos cultivos. El café clasifica como de tolerancia intermedia (entre 20 – 40 %), pero otros investigadores consideran que se ve afectado con saturación por Al menor de 20%

Jaramillo, (2002). enfatiza 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.

El incremento de la acidez expresado en un pH bajo, permite el rompimiento de la estructura de los minerales arcillosos y en consecuencia se libera Aluminio (Al^{3+}) y hierro (Fe^{+3}). Cuando el fósforo reacciona con estos elementos se forman fosfatos insolubles de hierro y aluminio; de esta forma el fósforo está menos disponible (Fixen, 2004).

En el caso de los suelos cafetaleros de Cuba, Morales *et. al.* (2006) señalan que los Alféicos cuyo pH es inferior a 4, la saturación por Al puede llegar al 50% en el complejo de intercambio. La presencia de Al en estos suelos se debe a varias reacciones químicas y físico-químicas, que liberan este elemento del material de origen, durante el proceso de alitización.

A su vez Pérez (2004), al evaluar el efecto de la reposición de hojarasca en varias especies forestales, en un suelo del trópico húmedo de Costa Rica, evidenció la influencia favorable de este producto forestal sobre las propiedades químicas del suelo, tales como el contenido de materia orgánica y pH, así como la disminución de la acidez intercambiable y el porcentaje de saturación del aluminio; sin embargo, el aporte de fósforo disponible fue escaso y lo atribuyó a la precipitación de este nutrimento en el suelo como fosfato de aluminio, independientemente del nivel de acidez intercambiable que posea el medio.

De Rojas y Comerma (2004), definen el nivel de pH 5.5 como límite general por debajo del cual se presentan contenidos de aluminio intercambiable y saturación del complejo de intercambio con

este elemento en niveles superiores a 0.8 y 20 % respectivamente, los cuales serían tóxicos para cultivos sensibles, asociado esto a bajo contenido de Ca y saturación con bases. Esta asociación del aluminio en suelos fuertemente ácidos, lo confirmaron Gines y Mariscal (2004), los cuales explicaron que la acidificación es una consecuencia de la reacción del aluminio con el agua, liberando hidrogeniones ($\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})^{+2} + \text{H}^+$). Se afecta sobre todo la absorción y traslocación del calcio por la planta, causando mal desarrollo de las raíces, reduce la absorción de agua y nutrientes, disminuyendo así su parte aérea (. De Rojas, 2002)

1.6.3 La materia orgánica y su importancia en el suelo.

La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, azufre y fósforo; resulta un elemento favorecedor en la composición tanto física, química como biológica del suelo (Vicente, 2003).

El uso continuado del monocultivo, provoca grandes alteraciones en el contenido y composición de la materia orgánica del suelo (Martínez y col., 2001), 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.

Bajo condiciones de laboreo en el trópico, el menor aporte de restos orgánicos y la mayor descomposición de estos en el suelo no sólo por la mayor radiación solar, sino también por la mejor aireación, origina que disminuya el contenido de materia orgánica.

La materia orgánica está compuesta por residuos animales y vegetales, los cuales están transformados por organismos del suelo; esta actividad está condicionada por el ambiente, características físicas y químicas del suelo (Magdoff, 1997). En este ciclo el suelo nutre a la planta, la cual al morir alimenta al edafón; a continuación, su actividad mineralizadora devuelve al suelo los nutrientes extraídos, lo que contribuye a crear el ciclo natural

La materia orgánica fija iones de la solución del suelo y los que queden más débilmente retenidos estarán en posición de cambio. Su capacidad es de 3 - 5 veces superior a la de la arcilla, es por tanto una reserva de nutrientes; influye en el estado de dispersión y floculación del suelo, en el pH al producir compuestos orgánicos que tienden a acidificar el suelo, por lo que es un agente de alteración debido a su carácter ácido (Crespo y col., 2002; Fernández, García y Martínez, 2003).

Caudle (1991) dice que la MO ayuda a controlar la acidez porque retiene parte del Al eliminando parcialmente su efecto tóxico lo que debe estar dado por su poder complejante.

El mecanismo de complejamiento fue descrito por Franchini *et. al.* (2005), quienes inocularon por períodos de 0, 15, 30, 60 y 90 días residuos de nabo, soya, y trigo en suelo Latosólico y determinaron que el Carbono Orgánico Disuelto (COD) redujo el Al, Ca y Mg en la solución del suelo, por el proceso de complejamiento orgánico. La composición orgánica e inorgánica de la fracción hidrosoluble de residuos vegetales demostró ser el principal responsable de las alteraciones químicas observadas.

La MO, principalmente el humus ejercen un marcado efecto sobre la solubilización del fósforo inorgánico. Según Sánchez *et. al.* (2006), el fósforo es el elemento que más necesitan las plantas, pero el suelo Ferralítico Rojo se caracteriza por presentar niveles elevados de acidez y bajos contenidos de fósforo y bases cambiables.

Orelana *et. al.* (2008), plantea que debe considerarse la materia orgánica como el indicador por excelencia de para medir la sostenibilidad de los Agroecosistemas. Destaca que 4.5 millones de ha de los suelos cubanos poseen contenidos de MO considerados bajos y añade que para el buen funcionamiento de los suelos Ferralíticos del occidente cubano se requiere de un contenido no menor de 3.5 % de MO para garantizar el 60 % de los agregados

Rivera (1999) expresa que el estiércol en suelos Ferralíticos rojos lixiviados, tiene asociado altos aportes de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio con sensibles mejoras de la acidez en los primeros 25 cm de profundidad en el perfil del suelo, que la cachaza aplicada a estos suelos rojos en dosis de 20 - 25 t.ha⁻¹, garantiza en alto porcentaje de los requerimientos del café y cuando el pH es menor de 5 y el fósforo disponible es menor de 2.0 mg.100g⁻¹, se debe adicionar 75 kg de P₂O₅.ha⁻¹ en el momento de la plantación para garantizar un suministro adecuado durante el primer ciclo.

Actualmente en Brasil se están utilizando con éxito los residuos vegetales para neutralizar la acidez del suelo. Miyazawa *et. al.* (2002) destaca que los ácidos fúlvicos y húmicos, componentes de la materia orgánica estabilizada del suelo, representan alta densidad de grupos carboxílicos y fenólicos sufren hidrólisis, aumentando el pH y generando cargas eléctricas negativas que aumentan la CCC.

Varios experimentos realizados por el Instituto Agronómico de Paraná con extractos vegetales, mostraron que su percolación por columna de suelo neutralizan la acidez hacia la capa subsuperficial.

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)

La materia orgánica, 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 (Osejo, 2001). Este complejo reduce la capacidad de los agregados de humedecerse (Ponce de León y Balmaceda, 2003), e impide que el agua destruya la estructura del suelo.

Dentro de las funciones que cumple la materia orgánica en los suelos se encuentra la capacidad acomplejante de metales pesados, propiedad que depende de la cantidad y tipo de los grupos COOH y OH fenólicos, la acidez total y el grado de disociación entre otros. La materia orgánica soluble también proporciona a la solución del suelo una gran variedad de ácidos orgánicos de alto y bajo peso molecular y puede actuar como bases de Lewis y formar complejos fuertes con el Al y el Fe.

El humus como resultado final de la descomposición de la materia orgánica, crea sustancias nutritivas, entre ellas ácidos fúlvicos y húmicos, todo ello en dependencia de los factores que actúan en este proceso. En suelos muy ácidos no siempre el humus llega a su estado final deseable, predominan los ácidos fúlvicos sobre los húmicos, los primeros son muy solubles en agua y son fácilmente lixiviados por la lluvia junto a otros minerales, dejando entonces empobrecido al suelo (Plegable.2004).

La materia orgánica según Jaramillo (2002), en sus diferentes formas, tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo: color, retención de humedad, buena estructura, mejora la capacidad de intercambio catiónico, el pH se hace menos ácido, aumenta la disolución de minerales, formación de compuestos órgano - minerales y aumenta la cantidad de microorganismos.

Arzola y Fundora (2008), reconocen el efecto positivo de la materia orgánica sobre las cualidades físico- químicas de los suelos.

Las propiedades físicas del suelo son responsables del transporte del aire, del agua, del calor y de las sustancias solubles a través del suelo (Sánchez, 1981), incluso las posibilidades de desarrollarse el sistema radical de las plantas es frecuentemente dependiente de las propiedades físicas de la capa arable o de los horizontes inferiores del suelo.

Los abonos orgánicos al aportar materia orgánica a los suelos posibilitan la formación de humus el cual, entre sus muchas propiedades incluye la de presentar radicales orgánicos fenólicos y carboxílicos que se cargan negativamente, incrementándose con ello la C.I.C. del suelo.

Muchos trabajos investigativos demuestran las ventajas del humus para la nutrición y producción de los cultivos especificando que una de las características más importantes del humus de lombriz es su carga biológica, además de poseer enzimas y sustancias reguladoras y estimuladoras del crecimiento y la germinación (Martínez et. al. 2008). La riqueza microbiana del humus de lombriz, independientemente del sustrato de origen, forma y tiempo de almacenaje, alcanza para microorganismos amonificantes y aminolíticos, actinomicetos y hongos, rangos de $10^7 - 10^8$; $10^6 - 10^7$ y $10^3 - 10^4$ ufc/g de humus respectivamente.

Como residuo del procesamiento industrial del café se genera la pulpa la cual se ha utilizado con éxito como fuente de abono orgánico García y Picote (2004) informan los volúmenes que son capaces de elaborar la despulpadora de café en Guantánamo, generando 34.09 t de abonos orgánicos, las que pudieron ser aplicadas a 28.5 ha de café a razón de 2.5 y 1.5 t.ha⁻¹ en el 2001.

En los trabajos realizados por Gómez, Fernández y Blanco (2004), se utilizaron 5 kg.planta⁻¹ de residuos de café y 5 kg.planta⁻¹ de estiércol vacuno, sobre plantas de plátano y obtuvieron las mejores características productivas en el plátano con el subproducto del café.

Romero - Ramírez (2004) en sus trabajos con pulpa de café, manifiesta que este residuo orgánico es capaz de sustituir la fertilización química y comprueba su respuesta en el rendimiento de la planta.

La pulpa es el residuo del beneficio del café de mayor efecto contaminante. Su procesamiento como abono orgánico es fácil, económico y rentable. Ocupa poco espacio y es una fuente de ingreso adicional para la despulpadora.

Datos interesantes:

10 000 latas de café producen 51 t de pulpa.

51 t de pulpa generan 21 t de humus.

1 t de humus equivale a 2,3 t de otras materias orgánicas.

Una tonelada de cereza produce alrededor de 400 kg de pulpa y unos 40 kg de abono orgánico después de su descomposición. Cien kilogramos de pulpa descompuesta, aplicados al suelo, equivalen a una aplicación de 10 kg de fertilizante químico de la fórmula: 14 – 3 – 37.

Hemos visto que como consecuencia de los ataques de los microorganismos la materia orgánica se descompone hasta que alcanza cierta estabilidad biológica; estos cambios habrán de tenerse en cuenta en los sustratos basados en sustancias orgánicas naturales, como la turba, las cortezas u otras de diversos orígenes.

En el caso de las turbas al tratarse de materiales que han estado sometidos durante largo tiempo a los procesos naturales de degradación biológica, su estabilidad es elevada y no existe riesgo de descomposición.

Otros materiales como la corteza de pino y la mayoría de sus productos y residuos orgánicos, han de sufrir la descomposición microbiana antes de sustrato, según el proceso que se conoce como compostaje. Si este no es adecuado, se producirán fenómenos fitotóxicos y de inmovilización de nitrógeno. La fitotoxicidad es debida a la presencia de sustancias que son tóxicas para la planta algunas de las cuales son originarias del material (resinas, taninos) y otras se producen en el compostaje. Entre las más importantes cabe destacar la toxicidad debido a manganeso y compuestos fenólicos en corteza de pino.

La relación C/N en el compostaje.

Los microorganismos se alimentan de la materia orgánica que descomponen, tienen una relación del C/N del orden de 30. Por tanto si descomponen y se alimentan de materiales con una relación C/N superior es decir, con mayor proporción de carbono,

necesitaran para su crecimiento un aporte extra de nitrógeno que tomarán del nitrógeno soluble presente en el medio de cultivo compitiendo con la planta (produciéndose lo que se conoce como depresión de los nitratos).

Tabla 3. Valores de la relación C/N en diferentes materiales orgánicos.

Tipo de Materia Orgánica	C/N
Estiércol de vacuno.	28
Estiércol de ovino.	23
Estiércol de cultivo de setas.	19
Basuras frescas.	30
Compostaje urbano.	14
Lodos.	11
Turba parda francesa.	20-26
Turba rubia rusa.	54
Turba rubia alemana.	49
Corteza de pino marino no compostada.	300
Corteza de pino silvestre compostada.	92

Fuente: Lemaire y col (1989).

Como se observa en la figura materiales poco descompuestos con una relación C/N elevada, como corteza de pino y viruta de madera, producen una disminución importante de la cantidad de nitrógeno soluble cuando se emplean como sustrato, mientras que en el caso de la turba la reducción es insignificante.

Aunque el empleo de la relación C/N es útil y se estudia el compostaje de materiales cuyo uso como sustrato es conocido, no es suficiente cuando se debe decidir la utilización de un nuevo subproducto o residuo como ingrediente del sustrato. Las consecuencias del empleo de un material que no ha sido correctamente seleccionada pueden ser tan graves que es necesario controlar sus propiedades físicas y químicas antes, durante y al finalizar el proceso de compostaje.

El humus.(Plegable.2004)

Es un fertilizante bio - orgánico producido por la digestión de sustancias orgánicas en la descomposición por la lombriz.

Posee óptima actividad fitohormonal que en condiciones favorables ayuda a obtener indicadores productivos elevados y eficientes.

Su estructura granular, composición química y microbiológica lo convierte en un fertilizante orgánico de alto poder nutritivo.

Composición química.

Elemento	Rango de valores
----------	------------------

Nitrógeno	1.5 - 2.3
-----------	-----------

Fósforo	0.5 - 1.5
---------	-----------

Potasio	0.3 - 0.7
---------	-----------

Materia orgánica	50 - 60
------------------	---------

Relación C/N ₁₂	- 14
----------------------------	------

Ac. Húmicos	4.8 - 5.7
-------------	-----------

Humedad	40 - 50
---------	---------

Bondades.

Aumento del % de germinación de la semilla.

Mayor velocidad de crecimiento de las plantas.

Mejoría del estado vegetativo y sanitario de los cultivos.

Rico en aporte de elementos nutritivos y minerales.

Buen contenido de nitrógeno, fósforo y potasio.

1.7 Viveros (Según Instructivo técnico 2009).

La calidad de las posturas que se emplean en el establecimiento de una plantación es el factor que más tiempo ejerce su influencia sobre la misma. Por esta razón se debe prestar esmerada atención a todas las labores a realizar, desde que se selecciona el área para ubicar el vivero, hasta que las posturas son plantadas en el campo.

1.7.1 Ubicación.

Se debe tener en cuenta: clima, suelo, fuente de agua, proximidad al área de siembra, acceso, condiciones fitosanitarias, disponibilidad de fuerza de trabajo.

Es preferible o recomendable hacer viveros pequeños en la propia finca del productor o áreas aledañas.

La selección del área se realizará con 12 a 20 meses de antelación a la fecha de trasplante para que las posturas estén en óptimas condiciones cuando corresponda llevarlas al campo.

1.7.2 Clima.

Ubicarlos en lugares frescos y que no sean azotados por vientos intensos. Nunca se debe ubicar en hondonadas o lugares muy húmedos.

1.7.3 Suelo.

Estar libre de nematodos (actividad que debe ser chequeada previamente).

No escoger lugares de mucha pendiente.

Buena fertilidad. Usar suelos del tipo franco, loam arcilloso o loam arenoso.

pH en agua entre 5,0 y 6,5.

Tener como mínimo 20 cm. de horizonte A.

Poseer no menos de un 3 % de materia orgánica.

Caliza soluble a más de 40 cm. de profundidad como mínimo.

Buen drenaje superficial e interno.

Sólo se podrá utilizar un mismo lugar para vivero durante dos campañas, si la profundidad del suelo lo permite.

1.7.4 Fuentes de agua.

Debe existir una fuente de agua cercana, con calidad para el regadío y con el caudal necesario para abastecer al vivero.

1.7.5 Proximidad al área de siembra

Debe estar cerca del lugar donde se va a establecer la plantación con lo que se logra:

Aclimatación al medio donde serán plantadas las posturas.

Menor afectación a las posturas en su traslado al campo.

Ahorro de medios de transporte en el acarreo de las posturas.

1.7.6 Acceso.

El vivero debe contar con vía de acceso que facilite la llegada de los recursos materiales y el traslado de las posturas hacia el campo.

1.7.7 Condiciones fitosanitarias.

Se debe estudiar tres áreas para determinar la presencia de nematodos. Las plantaciones y vegetación alrededor de estas deben estar libres de plagas o enfermedades.

Debe realizar la prueba de nematodos seis meses antes de la fecha de preparación de la tierra.

Se prohíbe la utilización del bromuro de metilo.

Se determina la gradación por la escala de 6 grados establecida por el IISV.

Grado 0. Se acepta la utilización del suelo y el abono orgánico.

Grado 1 y 2. Se someten a tratamiento agrotécnico y químico hasta llevarlos a grado 0, lo que será verificado por la ETPP o laboratorio correspondiente.

Grado superior a 2. No se acepta su utilización.

Procedimiento para trabajar el área con grado 1 de nematodos.

Se cerca y se protege el área con zanja de drenaje a todo su alrededor.

Se rotura la tierra, con volteo del prisma y se deja expuesta al sol durante unos 15 días, a partir de los cuales se da el cruce.

Se siembra fríjol de terciopelo, ajonjolí o sorgo, los que se incorporan como materia orgánica cuando comiencen a florecer.

Al transcurrir 60 días se realiza un nuevo análisis de nematodos y si es positivo se repite el procedimiento hasta eliminarlos. Es importante que no exista escurrimiento de agua desde los campos que rodean el área, ni tránsito de animales o personas.

En viveros cercanos a las despulpadoras se puede emplear como variante la mezcla de la tierra con cáscara y mucílago de café sin descomponer, a razón de 5 Kg. por metro cuadrado; es indispensable tapar la tierra con mantas de nylon, yaguas, pencas de guano o hierbas secas sin semillas, durante siete días. A continuación se procede a realizar el análisis de nematodos.

Método químico. Se puede utilizar para cualquier nivel de infestación por nematodos:

Acanterar el suelo mezclado con la materia orgánica hasta la altura de 30 cm. como máximo, cuando se utiliza el Dazomet y de 20-25 cm. para el tratamiento con formol.

La mezcla de suelo y materia orgánica debe estar libre de malezas, bien mullida y seca para facilitar la penetración del producto.

Aplicar Dazomet a dosis de 30-40 g/m² o formol 40 % EC (formalina) con una solución de 2 % (2 L de formol en 100 L de agua) en horas de la mañana.

Cubrir los canteros con una manta u otro material impermeable después de la aplicación por un tiempo de 48 horas para el Dazomet y 72 horas para el formol.

Comprobar la efectividad de la aplicación realizando análisis de nemátodos al suelo tratado, con plantas indicadoras, a los 7 días (cuando se utilice Dazomet) y de 15-20 días cuando se emplee formalina.

1.7.8 Disponibilidad de fuerza de trabajo.

Debe existir suficiente fuerza de trabajo para dar una esmerada atención al vivero y personal calificado que oriente las labores.

1.7.9 Preparación de suelo.

Esta labor se puede hacer manual o mecanizada; en ambos casos la tierra debe quedar bien mullida.

Manual.

Se limpiará el terreno de malezas y de todo tipo de obstáculos.

Picar la tierra o roturar con equipos de tracción animal, no debe incluirse parte del subsuelo.

Rastrillar y triturar la tierra hasta que quede bien desmenuzada. Si el suelo está infestado con *Cyperus rotundus* L. (cebolleta, caramaná, bazarillo o corojito) se deben extraer sus residuos antes de incorporar la materia orgánica.

Tamizar (cernir) la mezcla para eliminar piedras, gravilla u otros obstáculos para el buen desarrollo del sistema radicular de las posturas.

Si el abono orgánico es transportado se mezcla 3 partes de tierra con una de abono orgánico. Si se dispone de fertilizante rico en fósforo se adicionan 10,9 Kg. por m³ de mezcla.

Homogeneizar la mezcla: tierra- abono orgánico- fertilizante.

Mecanizada.

La preparación de suelo mecanizada sólo se justifica cuando se van a hacer viveros grandes.

El área debe reunir los requisitos adicionales siguientes:

Pendiente menor de 10 %.

Libre de obstáculos.

Configuración uniforme.

Se deben realizar las siguientes labores:

Roturación.

Pase de grada a los 15 ó 20 días.

Cruce.

Dos pases de grada.

Adición de materia orgánica.

Aplicación del fertilizante.

Dos pases de rotovator, triller o grada para homogenizar la mezcla.

Acanterar la tierra.

1.7.10 Abono orgánico

Independientemente del contenido de materia orgánica del suelo, este se aplicará en proporción de 1m^3 por cada 3m^3 de tierra (1:3). Si se utiliza humus de lombriz se aplicará 1m^3 de humus y 5m^3 de tierra (1:5), si junto con este se emplean micorrizas la proporción a utilizar es 1:7.

La fuente de materia orgánica puede ser el compost.

Se pueden emplear los materiales siguientes siempre que estén bien descompuestos: pulpa de café, cáscara de cacao, guano de murciélago (tomando las medidas sanitarias establecidas), estiércol, gallinaza, cachaza.

La materia orgánica debe ser sometida a análisis químico y nematológico y debe cumplir:

Tener pH 5.5- 7.0.

Contenido de carbonato de calcio inferior a 5 %.

Libre de nemátodos.

Cuando no se dispone de suficiente materia orgánica o la fuente de abasto se encuentra distante y permita un encarecimiento por concepto de transportación de la misma es permisible producir la materia orgánica in situ mediante el uso de abonos verdes.

Las especies recomendadas son la *Canavalia ensiformis* y el *Sorghum* sp.

Los abonos verdes deben sembrarse al inicio de la primavera en el lugar destinado para extraer el suelo.

Cuando el abono verde a utilizar es la *Canavalia* las semillas deben sembrarse a una distancia de 20 cm. x 35 cm. y cuando se utiliza el *sorghum* debe sembrarse a 40 cm. entre hileras a chorrillo.

Incorporar el abono verde al suelo cuando las plantas alcancen el estadio de floración y frutos tiernos.

A los 20 días de incorporado el abono verde al suelo comenzar el llenado de las bolsas, Cuando se utiliza la *Canavalia* se debe incorporar al bolso 10 gramos de inóculo micorrízico en el momento de la siembra de las semillas de café.

La incorporación del abono verde al suelo puede hacerse de forma manual, mecanizada o semi mecanizada; siempre que se tenga en cuenta no remover parte del subsuelo.

1.7.11 Fertilizante.

Se utilizará superfosfato triple o una fórmula rica en fósforo (para desarrollo).

Se aplicará a razón de 10,9 Kg. de P_2O_5 por m^3 de mezcla, bien triturado y seco.

1.7.12 Tipos de viveros.

Según la forma en que se les proporciona la sombra existen tres tipos de viveros: con sombra natural, con cobertizo individual y con umbráculo.

Con sombra natural.

Se utilizará la *Ricinus communis* (higuereta) preferiblemente la blanca.

Se hará un pequeño vivero con bolsas para la higuereta, a pleno sol y se le dan las mismas atenciones que al café.

Las semillas se siembran en las bolsas, tres meses antes de acanterar las bolsas para café, se cubren con 1 a 1,5 cm. de tierra.

Se trasplantan las posturas cuando alcancen 20 cm. de altura, espaciadas a una distancia de 1 a 1,5 m.

También se siembra higuera como cortina rompevientos, alrededor del vivero, a 1 m entre plantas.

Se deben plantar las posturas de tal manera que el cuello de la raíz quede a ras con el nivel del suelo.

Se pueden sembrar las posturas con las bolsas, cortándole antes el fondo, para que desarrollen el sistema radicular más profundo.

Se conduce el crecimiento de las higueras para que den la sombra adecuada en el momento necesario, para lo cual cuando la planta tiene un metro de altura, se eliminan las hojas más bajas y viejas y los hijos. A partir de esta altura se le dejan los hijos y todas las ramificaciones para que formen la copa.

Eliminar las inflorescencias en estado tierno. Nunca se debe esperar que se desarrollen los frutos porque se debilitará el follaje.

Estas plantas se utilizarán en una sola campaña de vivero. Se cortan cuando corresponde hacer la última regulación de sombra en el vivero.

Cobertizo individual.

Este tipo de construcción se utiliza en una sola campaña de vivero. Cada cobertizo cubre un cantero.

Dimensiones

Longitud: 10 a 30 m en dependencia de la configuración del terreno

Anchura: para bolsas grandes 1,2 m

Anchura para bolsas pequeñas 0.80 m

Altura: 1,5 m

Anchura de los pasillos: 0.60 a 0.80 m

Construcción.

Los canteros se orientan de Este a Oeste, siempre que el relieve del terreno lo permita, en los terrenos ondulados se orientan en sentido de la pendiente para evitar encharcamientos.

Los postes a utilizar deben tener una longitud de 1,5 m (20 cm. para el anclaje) y entre 5 y 10 cm. de grosor.

Se colocan los postes a ambos lados del cantero a una distancia de 2 a 3 m y se unen con alambre liso grueso o varas, formando un enrejado. Se pueden utilizar en el techo uno o dos pelos de alambre de púa, a lo largo de los canteros, para que aguanten el guano.

Sobre el enrejado se colocan pencas de guano, una al lado de la otra, en el sentido transversal al recorrido del sol (Norte - Sur). No deben superponerse porque darían una sombra muy densa.

Alrededor del vivero se ponen cortinas rompevientos que pueden ser de higuera, guano o sacos.

Umbráculo.

Es una construcción duradera que cubre varios canteros, una sección o todo el vivero.

Construcción.

Los canteros se orientan de Este a Oeste.

Se utilizan postes que sobresalgan del suelo 2,2 m. Se pueden utilizar hileras de postes madre, gruesos, e intercalar hileras de postes más finos.

Tanto en los bordes como en el interior del umbráculo los postes se sitúan a distancias de 3,6 m a 4 m en dependencia del ancho de los pasillos y los canteros (ver cap. 3.4). Se debe tener el cuidado de que los postes coincidan con el borde de los canteros para que estos no interfieran en la realización de las labores posteriores.

Se unen los postes con alambre liso grueso y a los situados en los bordes se les pone "tiramiento" o "pie de amigo" con estacas para asegurar la estructura.

Sobre los alambres lisos se colocan transversalmente alambres de púa a una distancia de 0,5m entre ellos para soportar el guano.

Las pencas de guano se sitúan sobre ese entramado, orientadas transversalmente al recorrido del sol (Norte – Sur); no deben quedar superpuestas unas sobre otras.

1.7.13 Construcción de los canteros.

Los canteros deben quedar siempre entre 5 y 10 cm. por encima del nivel de los pasillos para facilitar el drenaje de las bolsas.

Las dimensiones serán:

Longitud: 10 a 30 m en dependencia de las dimensiones del terreno

Anchura: 1,2 m para bolsas grandes

0.60 – 0,80 m para bolsas pequeñas

Anchura de los pasillos: entre 0.60 y 0.80 m

1.7.14 Sistema de drenaje.

Para evitarlo el exceso de humedad se tomarán las siguientes medidas:

Los canteros quedarán siempre por encima del nivel de los pasillos.

Se construirán zanjas colectoras de agua alrededor del vivero.

Los pasillos se harán con una ligera pendiente hacia las zanjas colectoras.

Si el vivero es grande, los pasillos intersecciones deben tener una zanja de drenaje con pendiente hacia las colectoras.

1.7.15 Llenado de bolsas y siembra.

La operación de siembra de las semillas de café en las bolsas requiere del personal que la ejecute mucho cuidado para que queden situadas a la profundidad requerida y que germinen uniformemente.

Llenado y acanteramiento de las bolsas

Las bolsas deben tener cerca del fondo 4 o más orificios de alrededor de 5 mm de diámetro, que faciliten el drenaje. Si no los traen de fábrica hay que hacérselos.

Se llenan las bolsas con la mezcla tierra-abono orgánico- fertilizante.

Si la zona donde está el vivero es muy lluviosa o es un suelo arcilloso se puede mejorar el drenaje del vivero situándole en el piso una capa de gravilla o arena gruesa de aproximadamente 2 cm.

Una vez llenas se acanteran y se les aplica un riego para que la mezcla se acomode. Después se rellenan, preferiblemente, con una mezcla de 50% de tierra y 50 % de materia orgánica.

Las bolsas deben quedar holgadas en el cantero, lo que se comprueba cuando se ve que sus bocas están totalmente redondas.

El material de la parte superior de las bolsas no debe quedar doblado hacia adentro. Si esto ocurre es porque no se rellenaron correctamente.

Si las bolsas se llenan con mucha antelación a la fecha óptima de siembra de las semillas, se deben tapar con sacos, hierba seca sin semillas, guano, hojas de plátano, aserrín o cualquier otro material de que se disponga, para evitar el surgimiento de hierbas en ellas.

1.7.16 Siembra directa.

Preparación de las semillas.

Antes de ser sembradas deben ser seleccionadas.

Se eliminan los granos partidos, afectados por daños mecánicos y los atacados por plagas o enfermedades, se desechan los gigantes o “monstruos” y los muy pequeños, que no alcanzan el tamaño medio característico de la variedad o cultivar.

También se eliminan los granos caracolillos y los que presentan tres filos u otras deformaciones

Siembra.

Se aplica un riego ligero antes de poner las semillas, así como es recomendada la aplicación de 10 g de micorriza, para ello se hace un hoyo en el centro de cada bolsa donde se sitúa el inoculo.

Para facilitar la germinación de las semillas, aunque sean frescas, se ponen en agua de 12 a 24 horas.

Para sembrar se utiliza un marcador, preparado de tal forma que los hoyos para situar las semillas queden, uniformemente, de 1,5 cm. de profundidad y 1,5 cm. de ancho.

En cada bolsa se siembran dos semillas, separadas una de otra aproximadamente 2,5 cm. y se cubren con una capa de sustrato de 1 cm. de espesor, y luego se tapan las bolsas con sacos limpios o hierba seca sin semilla y se les aplica un riego.

Los canteros se destapan cuando comienzan a aparecer los primeros fosforitos.

El calendario de siembra es desde octubre hasta el 30 de noviembre.

1.7.17 Resiembra.

Cuando el 90 % o más de las semillas hayan germinado y estén en la fase fosforito, se procede a resembrar las bolsas que no tienen plántulas, de la siguiente forma:

Se aplica un riego antes de extraer los fosforitos.

Se extrae un fosforito de las bolsas que tienen dos, con una paleta y teniendo mucho cuidado de no afectar la otra.

A estas plántulas se les elimina, con mucho cuidado, la parte final de la raíz principal y se plantan en el hoyo previamente hecho y con tal profundidad que la raíz quede totalmente vertical y el cuello a ras con la tierra. De no tener este cuidado se forma el “cuello de ganso” que no se detecta hasta que la planta comienza a producir.

Se oprime la tierra, ligeramente, alrededor de la raíz, para que no queden bolsas de aire que la puedan afectar.

Terminada la resiembra se aplica un riego ligero.

El trasplante se hará en las primeras horas de la mañana o cuando refresca la tarde, nunca se hará en las horas más calurosas del día.

1.7.18 Pregerminación.

Sólo se empleará este método en casos excepcionales, cuando por las condiciones de sequedad de las semillas así se requiera (por almacenamiento prolongado o por siembra tardía en vivero).

El pregerminador se hará en una caja con una capa de arena o de materia orgánica. También se pueden utilizar sacos de yute bien limpios.

El pregerminador se ubicará a la sombra, en un lugar ventilado y bien protegido, para evitar el acceso de personas y animales.

Las semillas se mantienen en un recipiente con agua limpia durante 12 horas para uniformar su humedad interna y después se esparcen sobre el sustrato, previamente humedecido, en una capa muy fina a razón de 1 Kg. por m²; se tapan con sacos bien limpios y húmedos.

El pregerminador se mantendrá siempre húmedo, sin que exista exceso de humedad o se resequen las semillas.

Si surge alguna enfermedad fungosa se eliminan las semillas afectadas y se aplica un fungicida no cuproso.

En el proceso de pregerminación las semillas deben mantenerse en reposo, sin moverlas de un lugar para otro.

Las semillas se mantienen en el pregerminador hasta que comienzan a brotar las radículas (“cuando apunten”). A partir de ese momento se siembran todas a razón de dos por bolsas, con la parte de la radícula hacia abajo. Nunca se debe tocar esa parte de las semillas.

El proceso de pregerminación debe durar menos de 60 días.

1.7.19 Atenciones culturales.

No	Labor	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J
1	Ubicación del vivero y toma de muestras de suelo y nematológicas.	x	x	x																	
2	Preparación de tierra.		x	x	x	x	x	x	x	x											
3	Preparación del sustrato.	x	x	x																	
4	Llenado de bolsas.					x	x	x	x	x	x	x									
5	Construcción de canteros.					x	x	x	x	x	x	x									
6	Siembra de higuera en canteros.							x	x	x											
7	Acanterar bolsas.					x	x	x	x	x	x	x									
8	Atención a bolsas antes de la siembra.					x	x	x	x	x	x	x	x								
9	Siembra de las semillas de café.										x	x	x								
10	Construcción de cobertizos o umbráculos.					x	x	x	x	x	x	x	x								
11	Resiembra de fosforitos.													x	x						
12	Atenciones al vivero.							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13	Extracción de posturas.																	x	x	x	x

CAPITULO II. Diseño Metodológico de la Investigación.

2.1. Ubicación.

El estudio se realizó durante la campaña de vivero 2010-2011 en áreas de la CPA Pedro Cruz, perteneciente a la Empresa Agroindustrial Eladio Machín, Municipio Cumanayagua, a 420 msnm, temperatura media de 26 grados, con una precipitación anual promedio superior a los 1300 mm.

Se trabajó sobre un suelo Ferralítico Rojo (Hernández *et al*, 2005), con las siguientes características químicas (Tabla 4).

Tabla 4. Características químicas del suelo y componentes de la fertilidad.

INDICADOR	Valores	Gradación
pH (KCl)	4.2	Ácido
Materia orgánica (%)	3.9	B
P ₂ O ₅ (mg/100g)	10.28	B
K ₂ O (mg/100g)	11.67	B

El suelo presentó bajos niveles de materia orgánica (3.9 %), pH 4.2, así como bajos valores de P₂O₅ y K₂O (10.28 y 11.67 mg/100g respectivamente).

2.2. Tratamientos y diseño.

Para preparar los sustratos se mezcló el suelo con las diferentes fuentes de abonos orgánicos en las proporciones 3:1 (Tres partes de suelo más una de materia orgánica). Previamente se tamizó el suelo pasándolo por una malla de 5 mm y se hacían mediciones volumétricas con una lata de 20 litros, para el suelo y las fuentes de abonos orgánicos.

Estas combinaciones originaron 4 tratamientos:

Tratamientos;

TRATAMIENTO # 1: Suelo.

TRATAMIENTO # 2: Suelo + Estiércol Vacuno.

TRATAMIENTO # 3: Suelo + Cáscara de Café.

TRATAMIENTO # 4: Suelo + Humus de Lombriz, a partir de Compost.

Origen de los abonos orgánicos utilizados para la conformación de los sustratos:

1. **Estiércol Vacuno**: Proveniente de los desechos sólidos generados por el ganado en las vaquerías.
2. **Cáscara de Café**: Se obtuvo a través de los desechos sólidos generados en el despalpe del café, sometidos a un proceso de descomposición.
3. **Humus de Lombriz**: Se obtuvo a través de la producción de compost, para el mismo se utilizó la cáscara de café como componente fundamental, utilizándose además desechos de cosechas, Canavalia y una pequeña película de ceniza. Con el material resultante del compost se montó un área de lombricultura para mejorar sus propiedades.

De cada tratamiento se llenaron 30 bolsas, las que se acanteraron en un diseño completamente aleatorizado con 12 observaciones por tratamiento. Se trabajó en un vivero tipo umbráculo, destinado a la producción de posturas de cafetos. Algunas características de los abonos orgánicos se ofrecen en la Tabla 5.

Tabla 5. Caracterización de los abonos orgánicos

Indicador	E.Vacuno	C.Café	L-Compost
pH	7.8	8.18	7.2
N %	2.0	2.4	2.8
P ₂ O ₅ (mg/100g)	0.5	0.5	0.8
K ₂ O (mg/100g)	1.4	1.5	1.9

Se trabajó en un vivero tipo umbráculo, de la CPA Pedro Cruz, destinado a la producción de posturas de cafetos.

Las bolsas median 22 cm de alto y 14 cm de ancho y en cada una de ellas se sembraron dos semillas de *Coffea arabica*, variedad Caturra Rojo, para seleccionar una postura después de la germinación.

2.3. Métodos de análisis químicos empleados en el laboratorio.

ANÁLISIS	MÉTODOS ANÁLITICOS	REFERENCIA
pH(KCL)	Potenciométrico	NC – 1999. ISO 10390
P ₂ O ₅	Oniani (Colorimétrico)	MINAGRI NC – 52/1999
K ₂ O	Oniani (Fotometría de llama)	MINAGRI NC – 52/1999
Materia Orgánica	Walkley and Black.	MINAGRI. N.C 51/1999

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).

Para caracterizar el desarrollo de las posturas se siguió la metodología desarrollada por Soto, F (1980). Se evaluaron los índices siguientes:

- % de germinación.
- Altura: Se midió con una regla graduada desde el cuello de la planta hasta el ápice (cm)
- Perímetro del tallo: Se midió con una cinta a 1 cm del cuello (cm).
- Número de raíces emitidas: Se realizó a través de una simple medida desde la punta de la raíz hasta el tallo y un conteo una a una.
- Fecha de trasplante.: Se tomó la fecha que se saco del vivero para la siembra después de estar apta.
- Distancia de los entrenudos.
- Área foliar: Se estimó tomando las dimensiones lineales de las hojas (largo y ancho) y aplicando la fórmula: $AF \text{ (cm}^2\text{)} = 0.46 + 0.64 \times \text{Largo} \times \text{Ancho}$, para la especie *Coffea arabica* (Soto, F (1980))

Excepto el % de germinación el resto de las evaluaciones se realizaron a lo 7 meses de la siembra de la semilla.

Los resultados obtenidos se procesaron de acuerdo al diseño utilizado mediante un modelo ANOVA de clasificación simple complementando con un Test de Duncan para la comparación de medias

Las atenciones culturales en el vivero se realizaron según las indicaciones del Instructivo Técnico de Café y Cacao (CUBA. MINAGRI, 1987 y 2008).

CAPITULO III. Resultados y discusión.

Durante la etapa de vivero las plántulas de café usualmente se desarrollan sobre un sustrato de suelo con M.O (Vacuno) a una proporción de 3:1, estando listas para el trasplante a los 7 meses(7 pares de hojas).

Al mezclar el suelo con las diferentes fuentes de abonos orgánicos se obtuvieron los sustratos enriquecidos. Algunas de sus características aparecen en la Tabla 6.

Cada sustrato presentó variabilidad en su composición mineral, pH y materia orgánica. El suelo presentó el contenido más bajo de materia orgánica (3.9), similar comportamiento lo tuvo el pH trayendo consigo que el proceso de mineralización sea más lento producto del efecto inhibitorio que tiene un pH bajo sobre la actividad bacteriana, como lo puntualizó Jhons (2006), el resto de los sustratos preparados poseen un pH menos ácido y mayor contenido de MO y por tanto la actividad microbiana se incrementa, como lo señalan Rodríguez (2005) y Delgado (2006), y cuando se trata de humus de lombriz se destaca que una de las características que distingue este abono es su carga biológica, como las bacterias amonificantes, aminolíticos y actinomicetos entre otros (Peña, 2007; Martínez *et al* ,2008). Este resultado se corresponde con Franchini *et al* (2005), quien plantea que para la corrección de la acidez pueden ser aplicados residuos orgánicos y vegetales al suelo, que representan un efecto semejante al encalado

Otro atributo importante del humus de lombriz lo constituye la presencia de enzimas y sustancias reguladoras y estimuladoras del crecimiento (Martínez *et. a./*(2008)

Los niveles más altos de fósforo se obtuvieron en el Lombri-Compost, este aumento debe ser atribuido al aporte de la MO que realiza el humus producido por la cáscara de café y su efecto solubilizador de acuerdo con De Almeida *et. al.* (2007) al exponer los resultados de unir roca fosfórica con diferentes biomásas para formar compost, que liberan nutrientes los ácidos orgánicos producidos por la biomasa y los microorganismos actúan sobre la roca liberando P_2O_5 .

Es importante destacar que existe una gran liberación de Fósforo orgánico en las primeras etapas de descomposición de los residuos, como lo señalaron Salas *et. al.* (2004) que obtuvieron un promedio de 93 y 76 % de P liberado de la MO en los primeros 5 días posteriores a su aplicación.

En Paraná (Basil), muchos agricultores han podido constatar como la mezcla de polvos de roca fosfórica y biomasa incrementa la producción.

Abundan los ejemplos de la liberación de P_2O_5 por la acción de la MO (Urquiza, 1982; Ochoa, 2003; Cairo, 2005; Soto, 2006).

La pulpa de café, como abono, restituye al suelo el 25 % del nitrógeno, cerca del 25 % del fósforo y el 5 % del potasio absorbido por las plantas en su proceso de desarrollo y fructificación. Como abono orgánico es 3 veces más rica en nitrógeno y 7 veces en K_2O que el estiércol

Las características del Lombri-Compost utilizado responden a las características del material de origen (Cáscara de café y Canavalia) con un adecuado balance de macronutrientes.

Tabla 6. Principales características químicas de las relaciones suelo: abono-orgánico empleadas en los experimentos.

Tratamiento	Sustrato	Mezcla	PH (KCl)	Mat. Org. (%)	P ₂ O ₅ K ₂ O (mg/100)	
TTO # 1	Suelo	100	4.2	3.9	10.28	11.67
TTO # 2	Suelo + E.Vacuno	3:1	5.2	6.1	53	32
TTO # 3	Suelo + C.Café	3:1	6.1	6.7	51	43
TTO # 4	Suelo + L.Compost	3:1	5.8	7.5	54	68

El sustrato bajo el cual se desarrollan las plantas puede influir positiva o negativamente su crecimiento.

Al evaluar el periodo de germinación hasta la etapa de fosforito se comprobó que el Lombri-Compost presentó mayor % de germinación (99.2 %), no existiendo diferencias en cuanto al periodo de germinación excepto el sustrato a base de suelo, que presentó el mayor tiempo de germinación (50 días). (Tabla. 7).

Tabla 7: Porcentaje de germinación según sustrato.

TRATAMIENTOS	30 días	35 días	40 días	45 días	50 días
TTO # 1: Suelo	5	20	45	68	96.5
TTO # 2: Estiércol Vacuno	35	70	98.2		
TTO # 3: Cáscara de Café	32	73	98.5		
TTO # 4: Lombri-Compost	34	75	99.2		

Después de haber realizado los análisis estadísticos a los resultados, se encontró que las variables de crecimiento estudiadas estaban estrechamente correlacionadas entre sí, por lo que la discusión se centrará en el área foliar y la altura, teniendo en cuenta su carácter integrador en el crecimiento de las posturas y de forma similar a como la realizaron Rivera *et. al.*, (1997) y Fernández (1999) y Sánchez (2001).

En la Tabla 8 se ofrecen los valores de la altura alcanzada por las posturas en los diferentes tratamientos, a los siete meses posteriores a la siembra, como puede apreciarse, el suelo solo resultó un medio muy deficiente para obtener posturas de buena altura, donde solo alcanzaron 22cm y no cumplen los requisitos establecidos por Soto (1980).

Al evaluar el área foliar (Tabla 5), se observaron valores, en sentido general, que se corresponden con los índices considerados adecuados por diferentes investigadores como Soto (1980) Fernández (1999) y Sánchez (2001), con la excepción del tratamiento suelo donde solamente se alcanzó 219 cm², obtuvo la mejor variante el Lombri-Compost que fue 475 cm², aunque este resultado no mostró diferencia significativa con los demás tratamientos.

Para logra buenas posturas se plantea por Sánchez (2001) que las cualidades del sustrato son determinantes, y que se pueden obtener alternativas para reducir el consumo de materia orgánica, como pueden ser las micorrizas, los abonos verdes u otras.

Como puede apreciarse las posturas logradas en el tratamiento de Lombri-Compost fueron superiores a las del resto de los tratamientos, lo que indica que el sustrato tiene

las cualidades físicas y químicas adecuadas, pues el humus de lombriz, según Arzola y Fundora (2008) aporta cantidades considerables de nutrientes entre los que se incluye al Ca y el Mg. En el caso del Ca además de servir como nutriente puede neutralizar la acidez y el Al presente.

En esta investigación se confirma que el suelo solo sin mejoramiento alguno produce posturas muy pequeñas y de escaso desarrollo foliar con mala calidad.

Tabla 8: Comportamiento de las variables en los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTOS	Altura (cm)	Área Foliar (cm ²)	Perím. (cm)	Long. Raíces (cm)	Raíces Finas (%)	Raíces Grues. (%)	Entren. (cm)
TTO # 1: Suelo	22 ^c	219 ^c	1.8 ^c	14.2 ^c	52 ^c	48 ^a	3.5 ^d
TTO # 2: S+E. Vacuno	28.2 ^b	472 ^b	2.3 ^b	17.4 ^b	60 ^b	40 ^b	4.0 ^c
TTO # 3: S+C. de Café	28.5 ^b	473 ^b	2.4 ^b	17.8 ^b	61 ^b	39 ^b	4.2 ^b
TTO # 4: S+L-Compost	29.8 ^a	475 ^a	2.5 ^a	18.9 ^a	65 ^a	35 ^c	4.3 ^a
E.S	0.5792 7	3.0559 6	0.0547 7	0.3090 3	0.6457 9	0.5821 4	0.0428 1
C.V %	6.7532	2.3585	7.6980	5.7315	3.2520	4.5450	3.2858

La fecha de trasplante tuvo un comportamiento similar en los tratamientos 2,3 y 4, contando la postura con 7 pares de hojas a los 7 meses de sembrada la semilla, no siendo así en el TRATAMIENTO # 1 que necesito de 8 meses para lograr los 7 pares de hojas.

Esta respuesta al crecimiento se debe a los aportes nutricionales y microbianos, derivados de las fuentes orgánicas que promueven el desarrollo de las raíces.

El desarrollo de las posturas de café en vivero involucra procesos fisiológicos, donde la estimulación de las raíces ocurre de mejor manera por el contacto de fuentes orgánicas, que le otorgan humedad, aire y organismos que hagan disponible los minerales para el desarrollo integral de las plantas

La tabla 9 presenta algunas evaluaciones secundarias, registradas a la hora del trasplante. Se pudo notar la deficiencia de N, P, K en el testigo (Tratamiento # 1),

elementos estos que están en correspondencia con los resultados de los análisis realizados a los diferentes sustratos.

Tabla 9 Síntomas carenciales por tratamiento.

TRATAMIENTOS	CARENCIAS NUTRICIONALES		
	N	P	K
TTO # 1: Suelo	SI	SI	SI
TTO # 2: E. Vacuno	NO	NO	NO
TTO # 3: C. de Café	NO	NO	NO
TTO # 4: Compost	NO	NO	NO

- Los síntomas de deficiencia de N se presentan primero en las hojas viejas (nutriente móvil), de la siguiente forma:
 - Amarillamiento (clorosis) uniforme de toda la hoja que se inicia en las hojas de la base de la rama y se va extendiendo hacia la punta.
 - Las hojas viejas de la rama caen y las hojas de la punta conservan algo del color verde.
- La deficiencia de P se presenta generalmente en las hojas viejas (nutriente móvil) con los siguientes síntomas:
 - Las hojas presentan manchas amarillas en las cuales se observan coloraciones rojizas.
 - Las manchas son de diferente tamaño y pueden cubrir casi toda la hoja.
- La deficiencia de K se manifiesta inicialmente en las hojas viejas (nutriente móvil dentro de la planta) de la siguiente forma:
 - Al principio aparece un amarillamiento, que luego se vuelve de color pardo oscuro, solamente en los bordes y en las puntas de las hojas viejas.
 - Las hojas afectadas se enrollan hacia el haz (cara superior).
 - Cuando la deficiencia es grave, los bordes amarillentos se secan quedando de color gris y se produce pérdida de hojas.

CONCLUSIONES.

- El tratamiento a base de Lombri-Compost presentó el mayor porcentaje de germinación (99.2 %); no existiendo diferencias en cuanto al periodo de germinación, excepto el sustrato a base de suelo que presentó el mayor tiempo de germinación (50 días).
- El sustrato suelo no ofrece los niveles nutricionales que se requieren para el buen desarrollo de las posturas.
- Las posturas logradas en el tratamiento de Lombri - Compost fueron superiores en altura y área foliar a las del resto de los tratamientos, lo que indica que el sustrato tiene las cualidades físicas y químicas adecuadas.

RECOMENDACIONES

1. Ampliar el uso de los sustratos a base de Lombri-Compost y Cáscara de Café a escala de producción.
2. Evaluar el desarrollo de las posturas en condiciones de campo por un periodo de tres años.
3. Evaluar la utilización de alternativas para reducir el consumo de materia orgánica, como pueden ser las micorrizas, los abonos verdes u otras.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, E., Pereira, F. y. Ralich, R. (2007). Polvo de roca para revitalizar suelos en el sur de Brasil. *Leisa*, 4: 31 –33.
- Arcila P., Valencia, M.I. y Morales, A. (2002). Efectos de diferentes sustratos sobre el crecimiento de plántulas de plátano. LA Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Arzola, N. y O. Fundoras. 2008. Manejo de suelos, Fertilizantes y Enmiendas en armonía con la conservación del entorno. CETAS: Lecturas de suelo, 244p.
- Ansorena, J. Miner (1994). Sustratos Propiedades y características. Edición mundi – Prensa
- Bautista, A., Etchevers, J., Castillo, G. F. y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*. <http://www.aeet.org/ecosistemas/revision2.htm>.
http://www.google.es/search?q=cache:ya_dDNf4KOJ:www.refacagronluz.org.ve/PDF/marzo_abril2000/ra2001.pdf+indicadores+de+sostenibilidad+en+los+suelos
- Bertsch, F. (1995). La fertilidad de los suelos y su manejo. San José: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Cairo, P. (2001). La fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica en el trópico. Santa Clara: UCLV.
- _____. (1982). Relaciones entre la materia orgánica y las propiedades estructurales de los suelos. *Centro Agrícola*, 9,2.
- _____. (1983). Cultivo y fertilización del café. La Habana: MINAG.
- Caro, P. (2008). Curso Post-Grado: Agrotecnia del café.
- Carvajal, J.F. (1984). Cafeto, cultivo y fertilización. La Habana: Instituto Internacional de la Potasa.
- Cuba. Dirección Nacional de Café y Cacao. (1987). Instrucciones técnicas para el Cultivo de café y el Cacao. La Habana: MINAGRI
- Cuba. MINAGRI, Dirección Nacional de Café y Cacao. (2008). Instrucciones Técnicas para el cultivo de café y el Cacao. La Habana: MINAGRI
- Cuba. Ministerio de la Agricultura. (2009). Carta Tecnológica del Café. . La Habana: Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña.

Cuba. Ministerio de la Agricultura. Instituto de Suelos. (1999). Nueva versión de clasificación genética de los suelo de Cuba. La Habana: AGRINFOR.

Da Silva, H. (1985). Manejo de nutrientes.

<http://www.pr.nres.usda.gov/news/nutrientes.htm>.

Delgado, R. (2006). El manejo del suelo y la Agricultura ecológica. Agricultura Orgánica, 1,16 – 18.

Diferentes estudios sobre la temática y en especial sobre la situación de los caficultores latinoamericanos aparecen en los siguientes sitios web consultados.

<http://www.geocities.com/carcorsa/destino.html> abril 2001.-

<http://www.proutworld.org/news/es/Febrero 2002>

<http://monedagt.terra.com/moneda/noticias/> 28 Junio 2002.-

<http://www.mundodelcafe.com/news/> 19 Julio del 2002.

<http://listas.rcp.net.pe/pipermail/noticias/Septiembre 2002> .-<http://www.ico.org/> 2 de Nov del 2002.

<http://www.proutworld.org/news/es/> 3 de nov 2002. -<http://www.hondurasri.com> 3 de Nov 2002.

<http://www.cafedecolombia.com/> Diciembre 2002.

Espinosa, J. (2005). Relación entre la fertilización mineral, la materia orgánica y los microorganismos del suelo. Conferencia. La Habana: MINAGRI.

Felipe - Morales, C. (2004). Concepción y manejo del suelo en la Agroecología.

<http://www.ciedperu.org/bae/b64c.htm>.

Fernández, F. (1999). Efecto del uso de las asociaciones micorrízicas arbusculares (v.a.) diferentes sustratos y algunas rizobacteríaceas sobre la producción de posturas de cafeto. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, INCA, La Habana.

Fernández Muñoz, J. (1988). Cultivo del cafeto. (T.1). La Habana.: Departamento de publicaciones de ISCAH.

Fernández, J. A.; I. García y F. Martínez. 2003. Constituyentes del suelo. Fase sólida. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. <http://www.edafologia.urg.es>.

- Fixen, P. (2004). Dinámica del fósforo en el suelo y en el cultivo con relación al manejo de los fertilizantes fosfatados.
[http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/68153a5e80e11d9c05256d58005bb04a/\\$FILE/Dinamica%20del%201%C3%B3foro.pdf](http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/68153a5e80e11d9c05256d58005bb04a/$FILE/Dinamica%20del%201%C3%B3foro.pdf)
- FAOSTAT (<http://faostat.fao.org>). De 1961 a 2006:
- Franchini, J. y Malavolta, E. (2005). Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *R Bras Ci Solo*, 23: 533—542.
- Fundora, O., Machado, J. y Arzola, N. (1994). La fertilidad del suelo y su manejo. Informe de resultado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Santa Clara: UCLV.
- Gómez, L., Fernández, A. y Blanco, A. (2004). Respuesta del Plátano (*Musa sp.*) a la fertilización con abonos orgánicos de la industria cafetalera. XIV Congreso Científico. Programas y Resúmenes. La Habana: INCA.
- González, C.; A. Acevedo y Consuelo Hernández. 1999. Mejoramiento de los suelos y uso racional de los recursos en la rehabilitación de los cafetales en la Región Central de Cuba.— Informe final del proyecto 007-003-019: Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, U.C:T. Jibacoa, Villa Clara,—21
- González, C. (2001). Efecto de la combinación de dolomita y de materia orgánica en la producción de café. Tesis de maestría, Universidad, Santa Clara.
- Gutiérrez, G. (2004). Instrucciones técnicas para el cultivo del café. La Habana: MINAGRI
- Hernández *et al*, (2005). Nueva versión de Clasificación Genética de Suelos de Cuba. La Habana: MINAG
- Hernández, A., Cabrera, A. Ascanio, M., Morales, M., Rivero, L., Martín, N. Baisre, J. y Frómeta, E. (1999). Nueva versión de Clasificación de los Suelos de Cuba. La Habana: Instituto de Suelos.
- Hernández, G., Coto, G. y Suárez, C. (1978). Efecto del encalado sobre algunos parámetros biológicos en un suelo pardo del Escambray. *Suelos y Agroquímica*, 3, 67 – 78.
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Facultad de Ciencias Medellín.

- Jhons, C, (2006). Fertilizantes organominerales, una alternativa en el manejo ecológico de los suelos Ferralíticos Rojos. En Lecturas recomendadas de suelo. Curso de postgrado del Centro de Estudios para la Transformación Agrícola Sostenible. (pp. 187-192). La Habana: CETAS
- Kolmans, E. y Vásquez, D. (2001). Manual de Agricultura Ecológica: Programa Agroecológico. Campesino a Campesino. Santa Clara: ANAP.
- _____. (1996). Manual de Agricultura Ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación. MAELA-SIMAS, 4, 19-34.
- Magdoff, F. (1997). "Calidad y manejo del suelo". Bases científicas para una agricultura sustentable. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. La Habana: Grupo Gestor Asociación Cubana de Agricultura Orgánica.
- Marrero, A., Riverol, M. y Aguilar, Y. (2006). El suelo, el agua y el manejo forestal. La Habana: AGRINFOR
- Martínez, F. Calero, B., Calderón, E., Valera, M. A. y Ticante, J. A. (2001). Transformación de los restos orgánicos en los suelos y su impacto ambiental. La Habana: Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo.
- Martínez, F., García y Forbes, T. (2008). Producción de húmus de lombriz a partir de la cachaza. Agricultura Orgánica, 1, 47 -48.
- Matiello, J. B. (1986). Factores que afectan la productividad del café en Brasil. Sao Paulo: associcao Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato Piracicaba,
- Mesa, A. (1974). Selección de suelos para el café. La Habana: Instituto Cubano del Libro.
- Mendoza, B., Ramírez, R. 2001: Influencia de los hongos micorrízicos arbusculares sobre la producción de materia seca y absorción de fósforo por plantas de maíz fertilizadas con roca fosfórica. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Programas y Resúmenes. Varadero, Cuba..
- Miyazawa, M., Pavan, M. y Franchini, J. (2002). Malhora da fertilidade do perfil do solo
- Mojena Peña, C. A. (2006). Producción de posturas de cafeto (*Coffea Arábica*, Lin) bajo distintos efecto de Abonos Verdes. Trabajo de diploma, Universidad Central, Santa Clara

- Morales, M., Vantour, A. y Hernández, A. (2006). Contenido y formas de N, P y K de los suelos cafetaleros de Nipe-Sagua –Baracoa. *Café Cacao* 1,3 -10.
- Morejón. (1989). Acidez y Encalado de los suelos. Curso para ingenieros en la producción de café. La Habana: Centro Nacional de Suelos y Fertilizantes, MINAG .
- Ochoa, M., Bustamante, C. y Sánchez, E. (2003). Efecto del humus de lombriz sobre las propiedades agroquímicas del suelo. *Café Cacao*, 1: 3 -7
- Ortiz, M.E., Zapata, R. y Sadeghian, S. (2006). Propiedades de la materia orgánica y capacidad acomplejante sobre el Aluminio en algunos suelos ándicos en Colombia. *Cenicafé*, 1, 51 – 57.
- Osejo, I. L. (2001). Abono combinado beneficia los cafetales.
<http://www.ni.laprensa.com.ni/cronologico/2001/enero/18/economia-20010118-07.htm1>.
- Pentón, G., Gutiérrez, G., Grant, J. y. Rivero, J. M. (1993). Elementos básicos para la tecnología del café. La Habana: MINAG.
- Peña, E. (2007). Humus de lombriz su generalización en la producción orgánica de posturas en cepellón. *Agricultura Orgánica*, 3:42 -43.
- Pérez, R. y Mury, M. (2004). Plan de fertilización para rendimientos oportunos en el cultivo del café. <http://www.disagro.com/cafe/cafe1.htm>.
- Pérez de la Riva, F. (1944). El Café: Historia de su cultivo y explotación en Cuba. La Habana: Imprenta Nacional.
- Ponce de León, D. y Balmaceda Espinosa, C. (2003). El recurso suelo en el cultivo de la caña de Azúcar. Departamento de Riego y Drenaje. La Habana: Ciencias del Suelo.
- Reyes, A. (2005). Estado de la fertilidad de los suelos Ferralíticos Rojos de Topes de Collantes. Tesis de doctorado. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara.
- Reyes, A., Menes, A. B. y Almaguer, J. (2002). Efecto del beneficio húmedo del café sobre las propiedades de un suelo Ferralítico de montaña. *Café Cacao*, 2, 70—72.
- _____. (1999). Nutrición y fertilización del *Coffeea arabica* en Cuba. En *El Cultivo del Cafeto en Cuba. Investigaciones y Resultados*. (p. 368). La Habana: INCA.

- Rivera, R. et al 1997. Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos (v.a.) y bacterias rizosféricas sobre el crecimiento de las posturas de cafeto. *Cultivos Tropicales* 18(3): 15 -23
- Rivera, R. 1999. Nutrición y fertilización del *Coffea arabica* en Cuba. Capítulo VI. En: *El Cultivo del Cafeto en Cuba. Investigaciones y Resultados*. INCA. La Habana. 368 p.
- Romero - Ramírez, A. (2004). Producción de almácigo de café con abonos orgánicos. CATIE.
<http://www.ots.ac.or/rdmonfs/datasets/viewrec.phtml?d=global&fn=/usr/local/www/htdocs/rdmcnfs/datasets/binabitrop/data/14713.html&dn=5172&realds=usr>
- Salas, A.M. (2004). Papel de la materia orgánica en el ciclo del fósforo. Instituto de la Potasa y el Fósforo. *Informaciones Agronómicas*, 52,14 – 1
- Sánchez, C., Rivera, R., Bustamante, C., Pérez, C., Cupull, R. y Ceferino, C. (2002). Efecto de diferentes especies de abonos verdes en interacción con hongos micorrizógenos sobre el desarrollo de las posturas de cafetos en un suelo Pardo Gleyzoso. *Café Cacao*, 2, 65 – 67
- Sánchez, P. A. (1981). Suelos del trópico, características y manejo. San José: IICA.
- Soto, F. (1980). Estimación del área foliar en *C. arabica* L a partir de las medidas lineales de la hoja. *Cultivos Tropicales* 3, 115-128.
- Soto, F., Vantour, A., Hernández, A. (2002). La zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L en Cuba. Macizos montañosos Sierra Maestra y Guamuhaia. *Cultivos Tropicales*, 1, 35 – 44.
- Soto Carreño, S., Hernández Jiménez, A., Vantour, A. Morales, M., Panas, A., Vásquez, R. Fuentes, P., Figueroa, A., Florido, R., Tejeda, T. y Pérez, J. (2000). Zonificación Agroecológica del Cafeto en los Macizos Montañosos Sagua-Nipe-Baracoa. Sierra Maestra y Guamuhaia. CITMA. LA Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelos.
- Tulet J. (2000). La jeunesse de la caféiculture latino-américaine, in *Cahiers d'outre Mer*. Bordeaux . 3, 31-54.
- Urquiza, N. y González, A. (1982). Influencia de la materia orgánica sobre el fósforo intercambiable de los suelos. *Suelos y Agroquímica* ,1- 2,35 – 47.

Valencia, G. (1995). Nutrición y fertilización del cafeto. En R. Guerrero. Fertilización del cultivo en clima medio. (pp.87-92). Barranquilla, Monómeros Colombo Venezolanos.

Valencia, V. (1998). Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Quito: Instituto de la Potasa y el Fósforo.

Valencia, G. 2008. Fisiología, Nutrición y Fertilización del Cafeto. CENICAFE 45(2): 10 – 15.

Vicente, C. (2003). Origen de la materia orgánica. <http://www.terralia.com>
