

LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL *Coffea arabica* L. EN CUBA. MACIZO MONTAÑOSO SAGUA-NIPE-BARACOA

F. Soto[✉], A. Vantour, A. Hernández, A. Planas, Alicia Figueroa, Paula O. Fuentes, Tamara Tejeda, Marisol Morales, R. Vázquez, Elisa Zamora, Hilda M. Alfonso, L. Vázquez y P. Caro

ABSTRACT. Even though the coffee is tolerant to a wide range of ecological conditions, under which it grows and develops appropriately, many coffee plantations are located in areas with one or more limiting factors to reach appropriate yields; also there are zones that are not dedicated to this crop; however, they could be useful for their agroecological conditions. In Cuba, 80 % grain production takes place in the eastern region, consequently, this work is very important for coffee culture in the country. Keeping in mind these elements, then it was necessary to determine those ecological factors affecting coffee crop which do not allow to reach high yields, thus, an agroecological zoning of *Coffea arabica* L. was demanded. The following factors were taken into consideration: rainfall and its distribution, temperature and soils, regarding also height above sea level. By using the Geographical Information Systems (GIS), it was possible to classify the region in four zones: good, moderately good, acceptable and useless. The potential coffee yields are fitted in each of these zones. This result allows to implement a coffee-developing program in this eastern region, and the methodology employed in this work could be further used for the agroecological zoning of other crops.

Key words: coffee, agroecological zoning, climate, soil, mountainous zone

RESUMEN. El café aun cuando es tolerante a un amplio rango de condiciones ecológicas donde crece y se desarrolla adecuadamente, muchas de sus plantaciones se encuentran ubicadas en áreas que presentan uno o más factores limitantes que imposibilitan alcanzar rendimientos adecuados, al igual que existen zonas que no están dedicadas a este cultivo y que por sus condiciones agroecológicas pueden resultar aptas. En Cuba, el 80 % del grano se produce en la región oriental, de ahí la importancia que para la caficultura del país tiene este trabajo. Teniendo en cuenta estos elementos se determinaron aquellos factores ecológicos que tienen mayor incidencia en el cultivo para alcanzar los mayores rendimientos y se procedió a zonificar agroecológicamente la especie *Coffea arabica* L. Los factores que se tuvieron en cuenta fueron: las precipitaciones y su distribución, la temperatura y los suelos, considerándose también la altura sobre el nivel del mar. Mediante la utilización de Sistemas de Información Geográficos se procedió a clasificar este macizo en cuatro zonas: óptima, medianamente óptima, aceptable y no apta. En cada una de estas zonas se establecen los rendimientos potenciales para el cultivo. Este resultado permite implementar un programa de desarrollo del café en esta región oriental y, a su vez, la metodología empleada en este trabajo puede ser utilizada para la zonificación agroecológica de otros cultivos.

Palabras clave: café, zonificación agroecológica, clima, suelo, zona montañosa

LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA Y SU IMPORTANCIA PARA EL CULTIVO DEL CAFETO

Es conocido que para lograr un adecuado crecimiento y producción de los cultivos, es imprescindible tener en cuenta las condiciones agroecológicas de la región de que se trate. Algunos autores (1) señalan que la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura.

Los trabajos de zonificación revisten gran importancia, fundamentalmente cuando se trata de hacer una planificación en los sectores productivos donde el ambiente juega un rol decisivo. En este sentido, se plantea que el desarrollo de un país necesita de una planificación de la actividad agrícola (2), la cual, si se quiere que sea econó-

Dr.C. F. Soto, Investigador Titular y Ms.C. Tamara Tejeda, Investigadora del Departamento de Fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana; A. Vantour, Investigador Auxiliar; Dr.C. A. Hernández, Investigador Titular y Marisol Morales, Investigadora del Instituto de Suelos; A. Planas, Alicia Figueroa, Paula O. Fuentes y R. Vázquez, Especialistas del Instituto de Meteorología; Elisa Zamora, Investigador Auxiliar del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje; Hilda M. Alfonso, Investigadora del Instituto de Geografía; Dr.C. L. Vázquez, Investigador Titular del Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal y Dr.C. P. Caro, Investigador Titular de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao.

✉ soto@inca.edu.cu

micamente rentable, debe ceñirse a la realidad ecológica de las áreas de producción. Cada especie vegetal tiene exigencias agroecológicas específicas y su potencial de producción y rendimiento unitario dependerán en gran parte de la satisfacción de esos requerimientos.

Puesto que el café es un cultivo permanente que ocupa áreas bien definidas, debido a sus exigencias agroecológicas, todo esfuerzo dirigido a mejorar el cultivo en cualquiera de sus facetas lleva ante todo un estudio regional.

Para otros autores (3), las unidades de zonificación son definidas mediante la combinación de tres índices: rendimiento potencial, condiciones necesarias para la antesis del cafeto y clase de suelo. El rendimiento potencial es calculado por medio de una función de producción que relaciona las variables más importantes del clima (radiación solar y temperatura del aire) con los procesos biológicos determinantes en la producción neta de biomasa (fotosíntesis y respiración). Además, se emplea el análisis frecuencial de lluvias, que expresa la disponibilidad de agua para el cultivo, en términos de probabilidad de ocurrencia de una cantidad de lluvia relacionada con la evapotranspiración potencial (ETP) durante la formación de la flor del cafeto. Las unidades son clasificadas y jerarquizadas de mayor a menor probabilidad de obtener buenos rendimientos, con el afán de facilitar a los usuarios la interpretación del mapa de zonificación agroecológica obtenido.

En México, se hace una descripción de las condiciones ambientales de las áreas marginales donde se cultiva café, señalando que uno de los elementos que define a estas áreas es el componente ecológico y que los criterios de marginalidad son diferentes de acuerdo a cada región. En su trabajo presenta de modo general los tipos climáticos encontrados en las zonas productoras altas (mayores de 1500 m snm) y bajas (menores de 600 m snm), con los promedios anuales de precipitación

y temperatura, junto con el tipo de vegetación y tipo de suelo.

En Brasil, basándose en levantamientos climáticos (4), se presentó un estudio de viabilidad para el cultivo del café a pleno sol en la zona de Espiritu Santo. Fueron consideradas las siguientes áreas y limitaciones: a) Aptas, con temperatura media anual entre 18 y 22°C con deficiencias hídricas menores de 150 mm, b) Marginales, con isotermas anuales mayores de 22°C, c) Marginales, con isotermas anuales mayores de 22°C, con deficiencias hídricas superiores a 150 mm y d) Inaptas, por carencia térmica con temperaturas medias anuales inferiores a 17°C.

Un trabajo de zonificación, que concluye con la elaboración de una carta preliminar, es el realizado por la Sección de Climatología del Instituto Agronómico de Campinas (5), el cual fue desarrollado con el fin de reordenar el uso de la tierra en Brasil, ya que las frecuentes heladas afectan en forma seria a las plantaciones de café y, como consecuencia, a la economía de este país, debido a la importancia que este cultivo tiene. Los parámetros empleados fueron: temperatura media anual, temperatura del mes más frío y deficiencias hídricas anuales.

Otro trabajo de zonificación se realizó sobre la actividad agrícola de la región Centro-Sur del Brasil, en el cual se aborda el cultivo del café como una de las especies importantes (6). El trabajo se dirigió hacia la caracterización potencial del medio físico para el establecimiento de cultivos; en éste el clima es el primer factor que se aborda, pasando posteriormente a analizar las limitaciones y posibilidades del factor suelo.

Usando un método agroclimático y ayudado por referencias bibliográficas, se establecen los tipos agroclimáticos del cafeto y se determinan sus índices agroclimáticos, con el objetivo de lograr ubicar la zona potencial para dicho cultivo en los Andes Venezolanos (7). En el estudio climatológico se toman en cuenta principalmente los regímenes térmico e hídrico.

En las áreas bajas del trópico húmedo de Venezuela, se desarrolló un trabajo de zonificación agroecológica (2) para un grupo amplio de cultivos incluidos los cítricos, el arroz y la caña de azúcar; entre otros, la metodología empleada por este autor comprende los análisis de la información climática y edáfica existentes y los requerimientos ambientales de la especie en cuestión.

Como se puede apreciar, los trabajos de zonificación no solo son aplicables a los cultivos permanentes o de ciclo largo, sino también son útiles para cultivos de ciclo corto. Un ejemplo lo tenemos en la zonificación para el cultivo del maíz desarrollada en Costa Rica (8); este autor utilizó la información disponible sobre los suelos en un distrito; realizó un estudio climático de temperatura y precipitaciones e hizo un análisis de los requerimientos del maíz por rangos de aptitud.

Requerimientos ecológicos del cafeto

El cafeto, aún 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 más 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.

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° de latitud norte hasta Paraná (Brasil) a 26° de latitud sur (9).

La altitud a la cual el cafeto crece comercialmente depende de la distancia desde el Ecuador (10), jugando este factor un papel fundamental en la distribución del cultivo (11). 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, se señala que una altitud de 200 m sobre el nivel del mar puede ser adecuada para el cafeto en una región localizada a 25° de latitud, pero no en una región cercana al Ecuador geográfico, donde las condiciones ambientales deben atemperarse cultivando el cafeto a mayores altitudes (12).

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; más 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. Se considera que la temperatura y la lluvia son los factores que más afectan en el cultivo del cafeto (12); en este sentido, en Colombia se señala que la fenología de la planta de café está estrechamente relacionada con la distribución de la precipitación, la temperatura y el brillo solar (13).

La temperatura promedio en las regiones productoras de café es de 12.7°C como mínimo y de 26.0°C como máximo y una media de 21.1°C (14); muchos autores definen el rango de temperatura adecuado para el crecimiento y la producción del cafeto entre 16 y 25°C (15, 16, 17, 18, 19).

Para las zonas productoras de Cuba, se señala la existencia de un clima alto y estable con temperatura

fresca (20); el Atlas Nacional de Cuba (21) informa que en las alturas y montañas los rangos de temperaturas mínimas y máximas son de 15-20°C y 20-30°C respectivamente. Al valorar este elemento climático, no se señalan limitantes en la isla, ya que las medias mínimas no alcanzan períodos prolongados y con las altas no se han informado efectos negativos visibles (22).

Se plantea que la precipitación media anual requerida por el cafeto es de 1 800 a 2 000 mm, distribuidos a través del año (17); se considera que el cafeto requiere una precipitación media anual superior a 1 200 mm bien distribuidos (19). Indudablemente la lluvia es uno de los factores más importantes en la distribución del cafeto en el mundo. Por ser una planta siempre verde, el cafeto 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, que algunos autores consideran entre dos y tres meses, fundamentalmente para la iniciación de las yemas florales (10); indudablemente la provisión de agua en el cafeto 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; la mayor sensibilidad del cafeto al estrés hídrico en relación con el rendimiento se encuentra en los períodos de floración y formación del grano.

El balance hídrico de una planta no es más que el equilibrio que existe entre la cantidad de agua que ingresa por absorción y la que sale por transpiración; cuando la transpiración es mayor que la absorción, ocurre déficit hídrico y el balance es desfavorable para la planta (23).

En Cuba, el Ministerio de la Agricultura, en los diferentes documentos normativos de la actividad cafetalera, señala que las condiciones adecuadas para el *Coffea arabica* en el país son (24, 25, 26, 27, 28):

Temperatura (°C)	Lluvia (mm)	Altitud (m snm)
20-26	>1200	No determinante
<30	>800	300-1200
16-28	>1100	300-1200
16-28	>1100	>300
21-24	>1300	>300

En cuanto a las condiciones edáficas, un suelo ideal para el cultivo del cafeto debe tener, en volumen, alrededor del 50 % de porosidad, 45 % de sustancia mineral y 5 % de materia orgánica (29); la profundidad efectiva debe estar alrededor de 120 cm. Se plantea que los mejores suelos para el cafeto son los profundos, con textura migajosa, estructura friable, buen drenaje y adecuada aireación. Un suelo ideal debe tener 60 % de espacios vacíos, de los cuales un tercio debe estar ocupado por aire cuando está húmedo; según este autor el cafeto requiere preferentemente suelos ácidos (30).

En Cuba, las Normas Técnicas para el Cultivo del Cafeto (24) 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 siete, siendo el óptimo entre 4.5 y 6.5; no debe ser pedregoso ni debe tener carbonato de calcio libre.

Los cafetales de Cuba se encuentran en suelos muy variados, Pardos con carbonato, Ferralíticos Rojo compactado, Fersialíticos Rojo Parduzco Ferromagnesial y Ferríticos Púrpura; muchos de ellos con buenas propiedades para el cultivo, pero en otros existe la presencia de factores limitantes, tales como pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad y erosión, entre otros, lo que hace más frágil el ecosistema, a la vez que disminuye la aptitud de estos suelos para el cultivo.

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 socioeconómicos y ecológicos de gran valor en los agrosistemas donde se cultiva el café en el país (31).

Cuba ha sido tradicionalmente un país productor de café y se ha preciado por la calidad del producto; recientemente se cumplieron 250 años de 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 60 000 t de café, la cifra más alta en la historia de este cultivo en el país. 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 en pocos años alcanzar los niveles de producción que requiere el país.

Este cultivo se concentra casi exclusivamente en las tres regiones montañosas de Cuba (32): en la región oriental del país (macizos Sagua-Nipe-Baracoa y Sierra Maestra), donde se produce el 80 % del grano, el 14 % se produce en la zona central (macizo Guamuhaya) y en la región occidental (macizo Guaniguanico) se produce el 6 % del café cubano.

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 informan 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 cuáles son aquellas zonas que por sus características edafoclimáticas son las adecuadas para el mejor crecimiento y producción del café.

En el nuevo siglo se abrirán 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 cincuenta mil toneladas de café; en los rendimientos se proponen alcanzar la media internacional de 0.5 t.ha⁻¹ de café oro como promedio nacional y en el 20 % de las áreas 1.0 t.ha⁻¹ de café oro (33).

Teniendo en cuenta los elementos anteriormente señalados, se acometió un trabajo con el objetivo de zonificar agroecológicamente el café en el macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa, para lo cual se realizó un trabajo multidisciplinario donde se tuvieron en cuenta los factores del clima, el suelo, el relieve, la incidencia de plagas y enfermedades y los requerimientos ecológicos del cultivo. Se utilizaron sistemas de información geográficos, los que se consideran la herramienta del final del segundo milenio (34); estos sistemas permiten gestionar y analizar la información espacial y elaborar mapas temáticos, que al establecer una interrelación con los diferentes elementos considerados ofrece como salida el mapa de la zonificación agroecológica.

Metodología empleada

Bases de datos

Datos del cultivo. Para poder establecer las bases para la zonificación agroecológica del café, resulta imprescindible tener la información sobre el comportamiento del cultivo en las condiciones del país; ésta debe ser confiable y a su vez representativa de las regiones cafetaleras. Con este fin se creó una base de datos con más de 100 registros mediante el empleo del FOXPRO sobre Windows 95; los datos empleados en dicha base fueron tomados de informes parciales o finales de experimentos ejecutados en las diferentes zonas cafetaleras del país, así como de bancos de semillas donde, por ser utilizada la agrotecnia adecuada para el cultivo, se considerarán los rendimientos como potenciales para cada condición.

La base posee, luego de acceder a ella, un menú principal con cuatro opciones, que son Archivo, Actualizar, Listar y Ayuda.

La opción de Archivo permite darle mantenimiento a la estructura básica de la base de datos o salir de ella.

La opción de actualizar da acceso a la base para introducirle o modificarle datos. En este caso, aparece una ventana con 13 campos. Ellos son: orden, provincia, municipio, sitio, especie, altura, mejor rendimiento, número de cosechas, temperatura media, lluvia, suelo, autores y fuente consultada.

En la actualización de la base de datos, se pueden realizar múltiples tareas con los registros mediante 12 opciones, que son: Ir al primer registro, Ir al anterior, Buscar un registro, Ir al siguiente, Ir al último, Agregar un nuevo registro, Editar el registro actual, Borrar un registro, Salvar los cambios, Cancelar los cambios y Cerrar la pantalla. Mediante estas opciones se pueden incorporar o modificar los diferentes registros de la base, conformándose así la misma para su posterior uso.

La opción de Listar permite listar o buscar registros completos o datos parciales. Pueden listarse o no todos los campos; éstos pueden seleccionarse y darles salida por el monitor, la impresora, como presentación o como fichero. La salida por monitor visualiza todos los registros por orden; la salida por presentación saca páginas fechadas con los promedios de altura, temperatura, lluvia y rendimiento, además de cada registro con todos sus datos.

En la opción de Buscar se selecciona el campo deseado con las operaciones correspondientes. Estos son: igualdad (=), desigualdad (< >), mayor o igual (>=) y menor o igual (<=); luego se especifica el valor. Después de dar todos los criterios para la búsqueda se concluyen las solicitudes mediante la opción de listar todos los campos o sólo algunos y por dónde será la salida.

A modo de ejemplo se muestra a continuación la salida de la información de forma impresa.

T:18-22°C	Condiciones favorables		T>22°C	Condiciones no favorables			
	Ll>1500mm	A>400m snm		Ll<1500mm	A<400m snm		
Orden	86		Orden	5			
Autor	Ramón Rivera		Autor	Délira Navarro <i>et al.</i>			
Sitio	Topes de Collantes		Sitio	El Mejicanito			
Municipio	Trinidad		Municipio	Tercer Frente			
Origen	Experimento		Origen	Santiago de Cuba			
Altura	650 m snm		Altura	300 m snm			
Suelo	Ferralítico Rojo de montaña		Suelo	Pardo sin carbonatos			
Lluvia	2 176.0 mm		Lluvia	1 432.0 mm			
T media	20.5°C		T media	24.4°C			
Especie	<i>C. arabica</i>		Especie	<i>C. arabica</i>			
Mejor rendimiento	2.74 t.ha ⁻¹ café oro		Mejor rendimiento	0.34 t.ha ⁻¹ café oro			
No. de cosechas	4		No. de cosechas	3			
Fuente	Informe del cumplimiento de la etapa: Sistemas de fertilización		Fuente	Comunicación Personal			
		12 registros			20 registros		
R: 2.02	T:21.03	Ll:1807.67	A:663.21	R: 0.92	T:24.18	Ll:1344.15	A:202.53

Sistemas de Información Geográficos

El método seguido para establecer relaciones entre los diferentes parámetros y la zonificación agroecológica se basó en el uso de Sistemas de Información Geográficos, los que constituyen una herramienta insustituible para la utilización de métodos cartográficos de superposición de los elementos naturales seleccionados (35).

El enfoque integrado de planificación y ordenación de los recursos naturales, requiere el concurso de técnicas orientables a dar soporte a la toma de decisiones. Los SIG ponen a nuestra disposición herramientas para analizar y evaluar áreas con diferentes aptitudes o capacidades (36).

Los SIG permiten gestionar y analizar la información espacial; se trata de sofisticadas herramientas multipropósito con aplicaciones en disímiles campos. Almacenan en cada capa información cartográfica y alfanumérica, de modo que se elabora un fichero con información cartográfica (el mapa digital) y otro con información alfanumérica (la base de datos asociada). Ambos ficheros se encuentran conectados de forma tal que a cada uno de los objetos espaciales del mapa digital le corresponde un registro en la base de datos, lo que es posible gracias a que cada objeto del mapa digital y su correspondiente registro de la base

de datos tiene un identificador común o clave. De esta forma, al señalar en el mapa digital un determinado objeto, se puede conocer a través de su identificador cuáles son los valores que registra dicho elemento para los diferentes atributos. Este proyecto utiliza como SIG básico el Mapinfo, siendo éste uno de los SIG más difundidos en el mundo.

El Mapinfo es un SIG de naturaleza vectorial, que facilita la captación, almacenamiento, recuperación, manipulación, análisis, despliegue y salida de la información y permite realizar análisis complejos que incluyen la sobreposición de capas y modelos de evaluación espacial, así como la geocodificación y georreferenciación de las entidades espaciales; se encuentra implementado sobre ambiente Windows y resulta de fácil manejo.

El procedimiento seguido fue la captación mediante barredor óptico (escáner) de las hojas cartográficas a escala 1:100 000; luego se georreferenciaron y se digitalizaron en pantalla mediante *mouse*. Posteriormente, se realizó la unión de las hojas digitalizadas para obtener un mapa único y con éste se realizó el resto de las operaciones.

Clima

Temperatura del aire. Debido a que en el área de estudio no existen suficientes estaciones meteorológicas,

solamente hay cinco; se realizaron correlaciones de éstas con las ubicadas en las zonas llanas próximas al macizo montañoso y se establecieron diferentes gradientes por altura, llegándose a las relaciones que se señalan a continuación, las cuales coinciden con otros autores (37):

a) Las temperaturas media y máxima del aire disminuyen 0.6°C por cada 100 m de altura.

b) La temperatura mínima media del aire disminuye 0.4°C por cada 100 m de altura.

Para el análisis de la temperatura media del aire se utilizó una serie de 20 años (1975-1994) considerada confiable y homogénea, creada a partir de las observaciones realizadas en las estaciones meteorológicas cada tres horas en el horario comprendido de 7:00 a.m. a 7:00 p.m., calculándose las medias diarias por la ecuación. A partir de estas se calcularon las medias mensual y anual:

$$\frac{3(7\text{am}) + 10\text{am} + 13\text{pm} + 16\text{pm} + 2(19\text{pm})}{8}$$

La base de datos utilizada se registró en soporte digital en formato *Excel*.

A partir de esos resultados se confeccionó el mapa de la temperatura media del aire.

Lluvia. Para el análisis de la lluvia se utilizó una serie de 30 años (1961-1990) de cinco estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología y 151 pluviómetros del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos; en la Tabla I se presenta el listado y las coordenadas donde se encuentran dichos pluviómetros. Esta información fue validada según la metodología establecida por el Instituto de Meteorología para la observación de esta variable. Para establecer la posible existencia de diferencias significativas entre los acumulados de lluvia de los pluviómetros y las estaciones pluviométricas por provincias y en algunos casos por regiones se emplearon los métodos estadísticos de análisis de varianza y dúcimas de comparación múltiple de medias de Tukey, para $P < 0.05$.

Tabla I. Listado de los pluviómetros y las estaciones meteorológicas

Pluviómetro	Nombre pluviómetro	Coordenada Norte	Coordenada Este	Latitud	Longitud	Altitud	Municipio
Hl-388	Marcané	212800	592700	20° 34' 01" N	75° 56' 39" W	80	11
Hl-463	Juliana No 3	220400	605600	20° 38' 06" N	75° 49' 12" W	40	5
Hl-465	B Birán	216900	602300	20° 36' 13" N	75° 51' 07" W	60	11
Hl-496	Juan Díaz	222500	613300	20° 40' 49" N	75° 44' 45" W	10	5
Hl-498	Cerones No 4	220600	611700	20° 38' 11" N	75° 45' 41" W	60	5
Hl-508	Playa Manteca	227200	619000	20° 41' 43" N	75° 41' 28" W	10	5
Hl-516	Cañada Honda	263800	621500	21° 01' 33" N	75° 39' 56" W	110	3
Hl-519	La Emajagua	221500	622500	20° 35' 22" N	75° 39' 30" W	40	5
Hl-528	Cajimaya	227000	626500	20° 41' 35" N	75° 37' 09" W	10	5
Hl-537	Río Grande Dos	224700	634500	20° 40' 10" N	75° 32' 33" W	10	5
Hl-550	Carenerito	230800	643500	20° 43' 34" N	75° 27' 20" W	10	5
Hl-578	Barrenderas	222800	651800	20° 42' 08" N	75° 22' 34" W	15	12
Hl-580	Sagua	215300	666400	20° 35' 04" N	75° 14' 14" W	30	4
Hl-592	Río Frío	219200	657200	20° 37' 13" N	75° 19' 30" W	10	12
Hl-601	Frank País	224200	663500	20° 39' 54" N	75° 15' 51" W	10	12
Hl-608	Guaquí	211300	664600	20° 32' 54" N	75° 15' 17" W	40	4
Hl-609	Guarano	206100	661300	20° 30' 06" N	75° 17' 13" W	140	4
Hl-621	Juba de C. Abraham	205600	668400	20° 29' 47" N	75° 13' 08" W	165	4
Hl-622	Arroyo Blanco	194300	665400	20° 23' 41" N	75° 14' 55" W	300	4
Hl-632	Fuste	223200	674100	20° 39' 18" N	75° 09' 45" W	50	12
Hl-638	Majagual	206800	674800	20° 30' 25" N	75° 09' 27" W	210	4
Hl-657	Nelena	222200	676200	20° 38' 42" N	75° 08' 33" W	65	12
Hl-810	Alto del Picao	216900	676000	20° 35' 52" N	75° 08' 42" W	120	4
Hl-844	Arroyo Bueno	199400	711200	20° 26' 11" N	74° 48' 34" W	160	7
Hl-981	Pinares de Mayarí	212700	616700	20° 33' 53" N	75° 45' 51" W	500	5
Hl-982	Calabaza	200800	653000	20° 27' 17" N	75° 22' 01" W	140	4
Hl-997	Canapu	202100	596000	20° 28' 12" N	75° 54' 47" W	130	11
Hl-999	Prudencia	221700	606400	20° 36' 28" N	75° 48' 45" W	100	5
Hl-1000	Vista Alegre	219600	696300	20° 37' 13" N	74° 57' 00" W	120	7
Gt-485	Guayabal de Yatera	191300	689900	20° 21' 55" N	75° 00' 52" W	420	3
Gt-557	Purial 41/2	176100	646100	20° 13' 55" N	75° 26' 06" W	190	7
Gt-562	Vínculo	160000	644300	20° 19' 50" N	75° 27' 12" W	110	5
Gt-572	Costa Rica	170400	647600	20° 10' 49" N	75° 25' 17" W	145	7
Gt-573	Ojo del Agua	170600	645700	20° 10' 57" N	75° 26' 22" W	120	7
Gt-574	Cabañas	164000	645300	20° 27' 22" N	75° 26' 38" W	80	5
Gt-584	Tiguabos	177200	654500	20° 14' 28" N	75° 21' 20" W	130	7
Gt-586	San Manuel	174100	652300	20° 12' 48" N	75° 22' 34" W	170	7
Gt-596	La Sidra	181400	656200	20° 16' 45" N	75° 20' 17" W	190	7
Gt-597	Banito	178100	657500	20° 14' 57" N	75° 19' 33" W	170	7
Gt-598	El Caro	173100	656900	20° 12' 15" N	75° 19' 55" W	140	7
Gt-610	Torteros	178100	661400	20° 14' 56" N	75° 17' 19" W	150	7
Gt-611	Purial	177200	665900	20° 14' 25" N	75° 14' 44" W	110	7
Gt-612	San José	177400	663400	20° 14' 32" N	75° 16' 10" W	140	7
Gt-613	Perseverancia	175000	663700	20° 13' 14" N	75° 16' 01" W	100	7
Gt-627	El Salvador	175000	667500	20° 13' 13" N	75° 13' 50" W	90	7
Gt-642	Palmira	178800	671100	20° 15' 16" N	75° 11' 44" W	260	1
Gt-643	Clemencia	177000	674200	20° 14' 16" N	75° 09' 58" W	120	1
Gt-645	Los Pocitos	175200	671200	20° 13' 18" N	75° 11' 42" W	110	1
Gt-663	Honduras	174200	678400	20° 12' 43" N	75° 07' 34" W	80	1
Gt-689	Pozo Azul	172100	682100	20° 11' 34" N	75° 05' 28" W	130	9
GT-691	Hector Infante	169900	681700	20° 10' 22" N	75° 05' 42" W	80	9
Gt-693	Guamaceda	167200	683000	20° 08' 54" N	75° 04' 59" W	70	9
Gt-698	Maquey	162700	683100	20° 06' 28" N	75° 04' 57" W	30	1
Gt-699	Maquequito	159300	683800	20° 04' 37" N	75° 04' 34" W	20	1
Gt-703	Honduras	198400	685900	20° 25' 47" N	75° 03' 07" W	130	3
Gt-704	Dos Ríos	192900	697400	20° 22' 45" N	74° 56' 32" W	390	3

Pluviómetro	Nombre pluviómetro	Coordenada Norte	Coordenada Este	Latitud	Longitud	Altitud	Municipio
Gt-705	La Clarita	187400	687600	20° 19' 49" N	75° 02' 19" W	760	3
Gt-706	Felic. de Yatera	182500	686800	20° 17' 10" N	75° 02' 42" W	440	3
Gt-708	Los Plátanos	172700	688700	20° 11' 39" N	78° 56' 18" W	280	9
Gt-710	Las Delicias	167200	689900	20° 08' 51" N	75° 01' 01" W	150	9
Gt-715	Vega Grande	170400	694500	20° 10' 34" N	74° 58' 21" W	200	9
Gt-716	El Corojito	165500	691600	20° 07' 56" N	75° 00' 03" W	130	9
Gt-717	El Quemado	162400	691200	20° 06' 15" N	75° 00' 18" W	95	9
Gt-720	El Ají	178300	698700	20° 14' 49" N	74° 55' 54" W	440	9
Gt-721	La Cobrera	164500	697100	20° 07' 21" W	74° 56' 54" W	200	9
Gt-732	Pozo Azul	172200	709500	20° 11' 27" W	74° 49' 44" W	190	10
Gt-733	Mariana	163400	711800	20° 06' 39" W	74° 48' 29" W	100	10
Gt-734	Guaíbano	168500	710800	20° 09' 26" W	74° 49' 01" W	130	10
Gt-738	San Ignacio	162800	730800	20° 06' 12" W	74° 37' 35" W	60	4
Gt-739	Sabanilla	181900	747600	20° 16' 25" W	74° 27' 47" W	25	2
Gt-740	Gran Tierra	173300	772200	20° 10' 25" W	74° 13' 32" W	425	8
Gt-741	Alto la Ayua	182100	643500	20° 17' 14" W	75° 27' 34" W	350	7
Gt-747	Boca de Jiguaní	193200	723000	20° 22' 44" W	74° 41' 50" W	50	2
Gt-748	La Planta	190300	731300	20° 21' 06" W	74° 37' 05" W	30	2
Gt-749	Paso del Toa	194600	738600	20° 23' 23" W	74° 32' 51" W	5	2
Gt-752	Palma Clara	174100	748600	20° 12' 11" W	74° 27' 17" W	300	2
Gt-754	Limones	180000	772200	20° 15' 11" W	74° 13' 40" W	160	8
Gt-770	Los Machitos	169800	690300	20° 10' 16" W	75° 00' 46" W	150	9
Gt-777	Punta Maisí	179100	781000	20° 14' 37" W	74° 08' 38" W	5	8
Gt-778	La Tinta	165300	760300	20° 07' 19" W	74° 20' 28" W	100	8
Gt-845	Acueducto Baracoa	190100	742100	20° 20' 05" W	74° 30' 53" W	10	1
Gt-1061	La Oneada	176800	717000	20° 11' 08" W	74° 46' 31" W	500	10
Gt-1062	Tres Piedras	171400	723100	20° 11' 04" W	74° 41' 11" W	920	4
Gt-1063	Aguada Palmas	160900	736700	20° 05' 08" W	74° 34' 13" W	250	4
Gt-1065	Farola	170000	745500	20° 10' 00" W	74° 29' 05" W	500	4
Gt-1067	San Juan	173600	738100	20° 12' 00" W	74° 33' 18" W	660	4
Gt-1072	Los Saos	166800	749900	20° 08' 13" W	74° 26' 35" W	400	8
Gt-1074	La Isabel	170900	756900	20° 10' 23" W	74° 22' 32" W	440	8
Gt-1075	Naranjito	169800	764900	20° 09' 43" W	74° 17' 57" W	500	8
Gt-1076	Vertiente	174600	766400	20° 12' 18" W	74° 17' 03" W	375	8
Gt-1077	San Leonardo	184500	770600	20° 17' 08" W	74° 14' 33" W	160	8
Gt-1078	Limonar	165100	769900	20° 07' 08" W	74° 15' 08" W	400	8
Gt-1080	La Prenda	182000	759500	20° 16' 23" W	74° 20' 57" W	300	2
Gt-1081	Capiro	176000	758400	20° 13' 20" W	74° 23' 59" W	220	2
Gt-1083	Mosquitero	179000	751700	20° 14' 49" W	74° 25' 20" W	8	2
Gt-1086	Navas	202400	723400	20° 27' 27" W	74° 41' 32" W	190	2
Gt-1087	Camaronés	199000	731500	20° 25' 49" W	74° 36' 54" W	40	2
Gt-1088	La Poa	174900	758000	20° 12' 19" W	74° 21' 18" W	180	8
Gt-1090	La Pulga	181600	715000	20° 16' 30" W	74° 46' 31" W	760	10
Gt-1091	La Pimienta	179200	720600	20° 15' 10" W	74° 43' 19" W	280	10
Gt-1092	Jagueyes del Toa	185800	719500	20° 18' 45" W	74° 43' 54" W	480	10
Gt-1094	Mesa Quemado	162300	701600	20° 06' 08" W	74° 54' 20" W	640	9
Gt-1281	Los Jagueyes	178000	726400	20° 14' 28" W	74° 39' 59" W	600	2
Gt-1284	El Chote	170900	719100	20° 10' 40" W	74° 44' 14" W	780	10
Gt-1285	El Pomo	174400	720800	20° 12' 34" W	74° 43' 14" W	600	10
Gt-1298	San Juan	195500	692100	20° 24' 11" W	74° 59' 34" W	650	3
Gt-1308	La Diverción	182200	723000	20° 16' 46" W	74° 41' 55" W	300	1
Gt-1309	Los Calderones	187500	714000	20° 19' 42" W	74° 47' 02" W	500	3
Gt-1310	Frijoles	187200	707800	20° 19' 35" W	74° 50' 36" W	800	3
Gt-1336	El Ramón	166700	726700	20° 08' 21" W	74° 39' 54" W	600	4
Gt-1340	Finca Batea	179800	740500	20° 15' 21" W	74° 31' 53" W	280	2
Gt-1342	San Ant. de Duaba	186400	735400	20° 18' 57" W	74° 34' 45" W	140	2

Pluviómetro	Nombre pluviómetro	Coordenada Norte	Coordenada Este	Latitud	Longitud	Altitud	Municipio
Gt-1345	Mameyal	175600	707400	20° 12' 59" W	74° 50' 55" W	400	10
Gt-1346	Loma Inglés	179000	711500	20° 15' 07" W	74° 48' 32" W	500	10
Gt-1347	Maya	168800	715200	20° 09' 08" W	74° 46' 30" W	340	10
Gt-1348	Vidaya	163900	766000	20° 06' 31" W	74° 17' 23" W	500	8
Gt-1349	Lindero	176000	775500	20° 13' 00" W	74° 11' 49" W	130	8
Gt-1351	Paso Yumurí	172500	746000	20° 11' 21" W	74° 28' 47" W	400	4
Gt-1352	Guaramo	162500	705900	20° 06' 13" W	74° 51' 52" W	300	10
Gt-1353	El Cupey	185700	730400	20° 18' 37" W	74° 37' 38" W	350	2
Gt-1354	Los Negros	183100	692400	20° 17' 28" W	74° 59' 29" W	700	3
Gt-1357	La Caridad	179800	646600	20° 15' 49" W	75° 25' 52" W	310	7
Gt-1358	Santa Isabel	182300	676100	20° 17' 07" W	75° 08' 51" W	580	1
Gt-1361	Babiney	182900	669000	20° 17' 29" W	75° 12' 55" W	740	7
Gt-1366	Casi Seis	179300	682000	20° 15' 28" W	75° 05' 29" W	310	1
Gt-1369	La Ayua Abajo	184700	648200	20° 18' 34" W	75° 24' 52" W	240	7
Gt-1374	Palenquito	173600	695000	20° 12' 18" W	74° 58' 03" W	240	9
Gt-1484	Serrajón Arriba	195200	677900	20° 24' 06" W	75° 07' 44" W	220	1
Gt-1485	El Guasil	191300	660900	20° 22' 05" W	75° 17' 32" W	390	7
Gt-1538	Felicidad	182600	686600	20° 17' 14" W	75° 02' 49" W	450	3
Gt-1571	Cupella	185600	656700	20° 19' 01" W	75° 19' 58" W	460	7
Gt-1576	La Zona	197800	670600	20° 25' 33" W	75° 11' 55" W	500	1
Gt-1611	El Colorado	194500	704500	20° 23' 34" W	74° 52' 25" W	900	3
Sc-396	Grúa 20	199000	592800	20° 27' 04" W	75° 55' 53" W	130	9
Sc-438	Grúa Miranda	193100	597900	20° 23' 19" W	75° 53' 44" W	130	9
Sc-500	Chamarreta	191800	611900	20° 22' 34" W	75° 45' 07" W	310	2
Sc-511	Tesoro	195300	614500	20° 24' 43" W	75° 43' 05" W	220	2
Sc-522	Los Laneros	194000	622000	20° 23' 53" W	75° 39' 35" W	150	6
Sc-523	Resbalón	187000	625000	20° 19' 55" W	75° 38' 11" W	200	8
Sc-530	Seboruco	185100	629200	20° 18' 43" W	75° 35' 40" W	150	8
Sc-538	Jagueta 1	201000	630000	20° 27' 23" W	75° 34' 57" W	330	6
Sc-539	San Ben. de Mayarí	191900	633000	20° 22' 33" W	75° 33' 34" W	240	6
Sc-543	Manacal	185900	638700	20° 18' 40" W	75° 30' 50" W	380	8
Sc-551	Soledad de Mayarí	197700	643400	20° 22' 56" W	75° 27' 52" W	160	6
Sc-552	La Manuela	191100	642200	20° 22' 04" W	75° 28' 16" W	140	6
Sc-812	La Caoba	186600	617800	20° 19' 50" W	75° 42' 09" W	570	2
Sc-814	La Edelmira	204600	635500	20° 29' 25" W	75° 32' 04" W	600	6
Sc-1107	Peladero	193300	627600	20° 23' 18" W	75° 42' 31" W	170	6
Sc-1108	Tumba 7	197800	638100	20° 25' 43" W	75° 30' 36" W	190	6
Sc-1446	San Nicolás	199400	646900	20° 26' 33" W	75° 25' 32" W	270	6
Sc-1483	Santa Rita	194200	609100	20° 25' 17" W	75° 46' 42" W	360	2
Sc-1534	Mayarí Arriba	196300	635800	20° 24' 48" W	75° 32' 06" W	180	6
SC-1574	La Victoria	195600	649600	20° 24' 05" W	75° 23' 43" W	380	6
Est-369	Punta Maisí	179788	780342	20° 15' W	74° 09' W	10.3	8
Est-370	Guaro	223938	609404	22° 40' W	75° 47' W	20	
Est-368	Guantánamo	165374	667296	20° 09' W	75° 12' W	55.1	1
Est-371	P de Mayarí	203639	607797	20° 29' W	75° 47' W	646	5
Est-366	Gran Piedra	153946	625556	19° 59' W	75° 37' W	1128	1

La base de datos pluviométricos se creó procesando la información de cada equipo, obteniéndose la lluvia media mensual, media anual y por períodos estacionales: invierno (diciembre a febrero), primavera (marzo a mayo), verano (junio a agosto) y otoño (septiembre a noviembre). Además se seleccionaron algunos de estos pluviómetros representativos de la zona para confeccionar gráficos estacionales.

Se elaboró un mapa con la distribución anual de la precipitación, teniendo en cuenta el gradiente de variación con la altura que en este caso tiene un comportamiento parabólico.

$$Pr = 2.047 h - 0.001339 h^2$$

Relieve

Mediante las hojas cartográficas de la zona con escala 1/100 000, se llevó a cabo un proceso de escaneado para posteriormente digitalizar las curvas de nivel con equidistancia de 200 m mediante el SIG MAPINFO, quedando incluidas las alturas de 200 a 1000 m snm. A partir del mapa resultante, se elaboró el mapa de pendientes utilizando el SIG IDRISI, tomando las pendientes desde 0 hasta mayores de 45 %.

Suelos

El trabajo de campo se ejecutó a partir de las normas y principios establecidos en la Metodología del Instituto de Suelos para el mapeo y cartografía de los suelos, aplicándose el sistema genético-geográfico comparativo que se fundamenta en los conceptos neodokuchaevianos: factores de formación-procesos de formación-tipos de suelos.

El área total estudiada fue de 538 082 ha; la información se obtuvo de 750 perfiles de suelos con planillas completas para cada perfil. A partir de esta información se realizó la interpretación primaria de los suelos, determinándose las características morfológicas, su ubicación y procesos que le dieron origen.

La confección del mapa en escala 1:100 000 se realizó según el método general de elaboración de

este sistema cartográfico. Se correlacionó la clasificación de los suelos de cada planilla con la Nueva Versión de Clasificación de los Suelos de Cuba (38). Se utilizó la información del mapa en escala 1:25 000, pasándose hacia las hojas cartográficas 1:50 000 y posteriormente a las hojas 1:100 000, separándose cada uno de los contornos de los tipos y subtipos de suelos. El mapa confeccionado se digitalizó por el método *AUTOCAD, R. 14* y se preparó una Base de Datos computarizada que contiene información espacial de 1034 polígonos (contornos de suelos), separados en el mapa. El *software* fue *MAPINFO*, versión 4.0.

Se instalaron en casa de cristal como promedio siete experimentos de maceta, con el objetivo de evaluar su fertilidad mediante la técnica del elemento faltante (39). En estos experimentos se utilizó la capa de 0-15 cm de los suelos más representativos de cada región edáfica del sistema Nipe-Sagua-Baracoa.

Los análisis para caracterizar los suelos de cada región edáfica, desde el punto de vista físico, químico, mineralógico y de la fertilidad, se efectuaron según el Manual de Técnicas Analíticas del Instituto de Suelos. El resto de las determinaciones se realizaron por las siguientes técnicas:

- ★ Formas del fósforo (40)
- ★ P-sorbido (41, 42)
- ★ Formas del potasio (43).

Principales plagas y enfermedades

Para la evaluación de los índices fitosanitarios se utilizó la información que se genera en las evaluaciones decenales de los Campos Estacionarios (Ces). Estos están ubicados en zonas representativas del territorio de cada Estación Territorial de Protección de Plantas (ETPP). Dichos campos constituyen uno de los principales elementos del sistema de señalización de plagas, servicio que ofrecen las ETPP a las unidades de producción de cada territorio. Los Ces se escogen bajo el principio de representatividad de edades, variedades, topografía, distribu-

ción espacial y tecnología de cultivo, principalmente estos campos, en el caso del cafeto, son permanentes.

En este estudio se evaluaron dos tipos de variables:

- a) A nivel de los Ces existentes durante los años 1995, 1996 y 1997 para una plaga de amplia distribución y frecuencia de ocurrencia: el minador de la hoja (*Leucoptera coffella*).
- b) A nivel de territorio, para las plagas más importantes durante dos años (1997 y 1998).

Para la primera variable se tomaron los datos de las evaluaciones decenales de cada Ce y se calcularon las medias anuales del índice de infestación del minador de la hoja, según el procedimiento descrito en la metodología de señalización (44).

En el caso de las plagas más importantes al nivel del territorio, se calculó el área afectada con grado medio e intenso y el porcentaje que representa del total existente de las siguientes plagas: minador de la hoja, coccidos (*Coccus viridis*), antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*) y cercosporiosis (*Cercospora coffeicola*).

RESULTADOS

Ubicación geográfica y geomorfología del área de estudio

Esta compleja región fisiográfica ocupa parte de las provincias de Guantánamo, Holguín y Santiago de Cuba (Mapa 1); abarca un área aproximada de 7831.9 km² (45). Este macizo en correspondencia con su complejidad regional y el área extensa que abarca tienen también una interacción compleja de los factores que determinan la formación de los suelos como son: clima, relieve, geología, vegetación, tiempo y actividad antropogénica (46, 47, 48).

El Macizo Sagua-Nipe-Baracoa constituye una de las regiones montañosas de Cuba ubicada en el extremo noreste del país, la cual limita por el norte, este y sur con la llanura costera abrasivo acumulativa y por el oeste y suroeste con la región del Valle Central, formado por la llanura de Songo-La Maya y la llanura de Guantánamo.

Desde el punto de vista geomorfológico y teniendo en cuenta la regionalización geomorfológica de Cuba (49), esta región está conformada por cuatro bloques erosivo-tectónicos, los cuales se expresan en el relieve en montañas bajas y premontañas en forma de mesas con alturas entre 400 y 1 200 m y pendientes predominantes entre 15-55°C (21, 50).

Las montañas presentan una distribución latitudinal oeste-este y se encuentra formada por tres grupos de ellas "Sierra de Nipe", "Sierra de Cristal", "Cuchillas de Toa (700-1000) y las "Cuchillas" donde se encuentra las "Sierras del Purial", "Sierra de Imias" y "Sagua-Baracoa", que es el grupo más oriental.

La Sierra de Nipe elaborada sobre una gran masa de serpentinitas, con intrusiones de gabros y dioritas que produjo el arqueamiento de las calizas superiores, destruidas en partes por la erosión, formando una meseta de 500-700 m. Las superficies de planación son sobreyacidas por cortezas de intemperismo formadas por lateritas elaboradas sobre las rocas ultrabásicas serpentinizadas. La Sierra de Nipe también llamada Pinares de Mayarí, aunque también llegó hasta la zona suroeste de los municipios de Palma Soriano y San Luis.

La meseta de Pinares de Mayarí tiene un área de 135 km², con un largo aproximado de 15 a 18 km y con una orientación de sureste a noreste. Esta meseta que es parte de la Sierra de Nipe constituye una superficie de nivelación ligeramente ondulada, con una altura promedio de 500 a 700 m y vierte sus aguas en la parte noroeste por el río Nipe y sus afluentes del Sur. El río Mayarí corre por el oeste y nordeste de la altiplanicie, notándose un rejuvenecimiento de estos ríos que están alimentados por las aguas subterráneas que afloran en forma de fuentes y red fluvial, lo cual evidencia la presencia de movimientos neotectónicos; muchos desaparecen durante la seca. Además, en la vertiente norte y occidental se hallan los ríos Sagua, Moa y

Jiguaní y por el sur los ríos Sabanalamar y el Yateras (50).

Estos autores caracterizan a las cuchillas del Toa por la presencia de un drenaje radial, de donde parten los ríos Sagua de Tánamo y Moa a 700 y 1000 m y un relieve cársico a 700 y 1 000 m con embudos y dolinas de 10 a 20 m y en profundidades, lo cual constituyen evidencias de zonas donde predominan los movimientos verticales ascendentes diferenciados en varios bloques, con gran intensidad de la erosión y los procesos graviclásticos dentro de los procesos geomorfológicos activos. El río Toa presenta 71 m, una cuenca de 90 km de largo, altas pendientes y cascadas, siendo la mayor la del Saltador con 17 m de altura.

La región de Pinares de Mayarí, la Sierra de Nipe, las alturas de la Sierra de Moa y las cuchillas de Toa, son los puntos más conocidos e investigados por su riqueza en minerales. Estos estudios se han llevado a cabo por notables geólogos soviéticos y cubanos bajo la orientación del Instituto Cubano de Recursos Minerales y por la Academia de Ciencias de Cuba (50).

La Sierra de Cristal constituye una elevación en forma de cúpula, que debe su nombre al mineral de cuarzo que allí abunda. Está separada de la Sierra de Nipe por el río Mayarí; su altura es de aproximadamente 1 325 m y su drenaje es radial. En las vertientes de las colinas abundan árboles y matorrales espinosos. Entre los árboles abundan las palmas, que crecen sobre todo en los terrenos calcáreos, los pinos, que lo hacen en los terrenos formados por rocas intrusivas de composición ultrabásica y otros árboles. Las altiplanicies formadas por las rocas ultrabásicas están cubiertas de bosquecillos o de árboles aislados.

Sobre las rocas ultrabásicas se desarrolla una fuerte corteza laterítica de intemperismo. Estas lateritas representan los minerales complejos de níquel, hierro y cobalto. También con estas rocas están relacionados los yacimientos grandes y pequeños de cromita (50).

Los citados autores dividen a la región oriental del Segundo Frente en dos partes: la primera situada hacia el extremo septentrional y formada por el bloque de las Cuchillas de Toa y la segunda, al Este de estas Cuchillas, constituida por las montañas del grupo de Sagua-Baracoa profundamente diseccionadas por los ríos, que recibe el nombre genérico de «Las Cuchillas». En el extremo nordeste de estas comienzan las terrazas marinas que llegan hasta Maisí. El punto más alto de esta región lo constituye el Yunque de Baracoa con 573 m de altura. Existen llanuras costeras que se extienden desde la bahía de Cabonico hasta la punta de Cabañas.

Las Cuchillas de Toa tienen una estructura propia, tanto por las formas de sus montañas como por la distribución de sus sedimentos calizos que cubren las serpentinitas. El drenaje de las Cuchillas de Toa es también radial y los ríos han cubierto los valles que se profundizan casi hasta la desembocadura. La erosión fluvial es intensa tanto por la energía del relieve que caracteriza a una zona con tendencia al ascenso como por la abundancia de precipitación. Entre los ríos principales están el Sagua de Tánamo y el Moa, contando este último con 30 km de longitud (50).

Manifiestan dichos autores que en esta zona y en las alturas de 700 a 1 000 m, hay una serie «embudos» o dolinas con un diámetro de 10-20 a 100 m y con profundidades de 3-5 a 80 m. La configuración de estos embudos es a veces ovalada, aunque generalmente es irregular. Casi siempre estos embudos, que indican el origen cársico del relieve, están formados en las peridotitas serpentinizadas.

Las «Cuchillas» del grupo Sagua-Baracoa constituyen una región no muy bien estudiada aún; están separadas de las Cuchillas por el río de este mismo nombre y se extienden hasta cerca de Maisí, constituyendo un relieve muy vigoroso e intrincado de montañas muy erosionadas por los ríos. Las divisorias de las aguas en las «Cuchillas»

situadas casi a la misma distancia de la costa norte que del sur, pero hay más ríos y son más caudalosos, en la vertiente norte, ya que llegan los vientos Alisios del NE y descargan su humedad en la ladera septentrional. Algunos de estos ríos, como el Yumurí, forman profundos cañones (50).

Entre los ríos más importantes de la vertiente norte están el Duaba, Macaguanigua y Miel. En los valles inferiores de estos ríos hay una densa población, que vive en las plantaciones de café, cacao y guineos. Entre los ríos más notables de la vertiente sur se encuentran el Sabanalamar, el Jojó y el Caleta.

Al este de estas «Cuchillas» y a partir del río Yumurí, se encuentran las terrazas de Maisí, producidas por sucesivos levantamientos de costas, pero el más importante de todos los ríos de esta basta región es el ya mencionado Toa, que desagua al oeste de la bahía de Baracoa. Se estima que su caudal es superior al del Cauto. Corre aproximadamente de oeste a este, antes de llegar a su desembocadura y tiene numerosos afluentes. Sus aguas son limpias y profundas y de corriente muy rápida. Los campesinos de la región lo han utilizado siempre para extraer los productos de los valles del interior hasta Baracoa (50).

Es de señalar que el predominio de rocas duras como las ultrabasitas serpentinizadas, la presencia de movimientos neotectónicos ascendentes intensos, no favorece la formación de grandes espesores de suelos. Los movimientos neotectónicos ocurren en forma de impulsos, lo cual origina diferentes niveles de superficies de planación cubiertos por potentes cortezas de intemperismo, ricas en minerales como níquel, hierro y cobalto principalmente, no favorables para los cultivos. Se requiere prestar una especial atención al control de la erosión de dichos suelos, ya que estos no presentan grandes espesores, son altamente susceptibles de ser erosionados por la alta energía que posee el relieve y tienen una gran importancia socioeconómica.

En la zona litoral de esta región, la llanura costera abrasivo acumulativa que rodea a esta por el norte, este y sur presenta terrazas marinas, las cuales son características de las costas de Oriente originadas por fluctuaciones del nivel del mar, debido a sucesivos movimientos de corteza terrestre y oscilaciones glacioeustáticas. Las terrazas más importantes de Cuba se hallan en las costas norte y sur de Oriente y dentro de ellas las más características son las de Maisí, que presentan siete niveles de terrazas que pueden observarse desde muchos kilómetros, mar afuera, desde la terraza más inferior hacia el interior del territorio, formando anchos y gigantes escalones (50).

Las barreras de arrecifes coralinos fósiles, llamados popularmente «seborucos», aparecen en largas zonas de las costas de Cuba y a partir de ahí la plataforma se estrecha y desaparecen las terrazas marinas. Entre Cabonico y Cayo Moa hay una llanura costera de ancho regular, donde abundan bahías lobuladas como las de Tánamo, Cananova y Cayo Moa. Al este de Cayo Moa la llanura se va estrechando y la costa se hace difícil por las terrazas y las cuchillas; pero aun así, hay varias bahías pequeñas.

Alrededor de Baracoa los ríos hacen sus deltas en forma de «tibaracones», originados por deposiciones alargadas de los propios ríos, debido al fuerte batir de las olas, en la desembocadura de estos. Son notables el tibaracón del río Macaguanigua y el del Miel. En Sagua de Tánamo y Baracoa todo el litoral está constituido por rocas ultrabásicas; hacia Maisí hay calizas del Mioceno y en el extremo oriental aparecen rocas del Cuaternario (formación Jaimanitas). Sobre estas rocas más jóvenes la abrasión marina ha formado las terrazas ya citadas, que alcanzan hasta 350 m de altura (50).

En el tramo sur, es decir, desde el cabo de Maisí hasta Guantánamo, lo más interesante es la continuación de las terrazas que se extienden desde Maisí hasta los llanos, cuya máxima altura es de 480 m. El drenaje de estas terrazas se caracteriza por ser subterráneo.

La bahía de Baitiquirí es muy pequeña, constituye un embarcadero de la costa sur de Baracoa. Después aparece la bahía de Guantánamo con 18 km de norte a sur, cuyas costas rectas y profundas a ambos lados, indican la existencia de fallas. También se observan terrazas (50).

Características del clima

En el mapa 2a se puede apreciar el comportamiento de la temperatura en la región; es de destacar, que la mayor área presenta un régimen de temperatura media anual superior a los 24°C, ocupando una menor área el rango establecido como adecuado para el cultivo del *C. arabica* (18-24°C).

Los resultados permitieron agrupar los pluviómetros y las estaciones meteorológicas de acuerdo con los acumulados similares en las décadas de los períodos seco y lluvioso. En general, se observaron pocas diferencias en el período menos lluvioso y una variabilidad considerable en el período lluvioso, particularmente a partir de las décadas 17 a la 20. Se utilizó el programa estadístico SPSS para WINDOWS, versión 6.1.3, y en particular los procedimientos frecuencias, modelos de Anova, Explorar y análisis discriminante.

En el caso de las precipitaciones, se comprobó que desde la parte inferior de las montañas hasta la altura de 400 m el gradiente vertical es mayor (51), mientras que a mayor altura dicho gradiente desciende, lo cual puede apreciarse en el mapa 2b. El gradiente vertical es de 122.0 mm de aumento por cada 100 m hasta los 400 m de altitud y a partir de esta altura el gradiente medio es de 39.0 mm por cada 100 m.

De las variables meteorológicas analizadas es la lluvia la que ejerce mayor influencia para el desarrollo del café, debido a que presenta mayor variación interanual.

Al combinar los mapas de temperatura y lluvia, considerando lo establecido en las bases para la zonificación, se elaboró el mapa 2c, donde se pueden apreciar las cinco zonas climáticas; la zona no coloreada del mapa corresponde a áreas donde las temperaturas son superiores a los 24°C.

Características de los suelos

Se confeccionó el mapa de suelos en escala 1:100 000 del macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa, aplicándose la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (38). Esta clasificación se basó en los principios Neodoku-chaevianos, es decir, los diferentes procesos de formación producen diversos tipos de suelos, los que se clasifican según sus propiedades. Estas propiedades se reflejan en el suelo a través de horizontes y características de diagnóstico; en este sistema montañoso se emplearon dos tipos de horizontes de diagnóstico para clasificar los diferentes niveles taxonómicos: horizontes principales y horizontes normales, lo que permite un conocimiento más científico de la naturaleza de los suelos de la región (48).

De los 12 horizontes principales de diagnóstico que tiene la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (38), seis tienen aplicación en el sistema Sagua-Nipe-Baracoa: Alítico, Ferrítico, Ferralítico, Fersialítico, Sialítico, Siálico y Humificado, mientras que de los 14 horizontes normales, siete tienen aplicación en este macizo montañoso: Nodular Ferruginoso, Ócrico y Petroférrico.

En la región de Sagua-Nipe-Baracoa se utilizaron, por otra parte, solamente siete características de diagnóstico, de las 18 que tiene la nueva versión: Contacto Lítico, Contacto Paralítico, Características de Color Amarillo, Características de Color Pardo Rojizo, Características de Color Rojo, Contenido Variable de Carbonatos y sin Carbonatos.

Se utilizaron cinco unidades taxonómicas para clasificar los suelos de este sistema orográfico: Agrupamiento, Tipo Genético, Subtipo Genético, Género y Especies.

Como se aprecia en el cuadro de Clasificación (Tabla II), en el macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa se diagnosticaron siete agrupamientos, 14 tipos genéticos, 28 subtipos genéticos y 59 géneros, de ellos, tienen vocación para el cultivo del café cinco agrupamientos, 10 tipos genéticos, 24 subtipos genéticos y 45 géneros.

Tabla II. Clasificación de los suelos del macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa

Agrupamiento	Tipo genético	Subtipo	Género
Alíticos	Alítico de Baja Actividad Arcilla Rojo	Típico	Corteza de intemperismo antigua
		Ócrico	
	Alítico de Baja Actividad Arcillosa Rojo Amarillento	Típico	Eluvio de rocas básicas
Ferríticos	Alítico de Alta Actividad Arcillosa Rojo Amarillento	Ócrico	Eluvio de rocas intermedias
		Típico	Eluvio de rocas básicas
		Ócrico	Ferrítico
	Ferrítico Rojo oscuro	Típico	Eútrico
		Húmico saturado	Clístrico
Ferralíticos	Ferrítico Amarillo	Húmico desaturado	Corteza de intemperismo antigua
		Húmico desaturado	
	Ferralítico Rojo	Típico	Eútrico
		Compactado	Clístrico
		Hidratado	Corteza de intemperismo antigua
	Ferralítico Rojo Lixiviado	Húmico	Eluvio de rocas básicas
		Típico	Eluvio de calizas duras
		Húmico	
	Ferralítico Rojo Lixiviado	Compactado	Eútrico
		Húmico	Clístrico
Compactado		Corteza de intemperismo antigua	
Fersialítico	Ferralítico Rojo Amarillento Lixiviado	Húmico desaturado	Eluvio de rocas ígneas o metamórficas
		Húmico desaturado	
	Ferralítico Amarillento	Lixiviado	Corteza de intemperismo antigua
		Lixiviado	Eluvio de rocas ígneas o metamórficas
	Fersialítico Pardo Rojizo	Mullido	Eluvio de calizas duras
Ócrico		Corteza de intemperismo	
Pardos Sialíticos	Fersialítico Rojo	Mullido	Ferromagnésial
		Ócrico	Sin carbonatos
		Ócrico	Medianamente lavado
		Ócrico	Lavado
		Ócrico	Lítico
	Pardo	Mullido	Paralítico
		Ócrico	Eluvio de rocas ígneas o metamórficas
		Ócrico	Eluvio de rocas ígneas
		Ócrico	Eluvio de calizas
		Ócrico	Eluvio de calizas
Húmicos Sialíticos	Húmico Calcimórfico	Típico	Ferromagnésial
		Típico	Sin carbonatos
	Rendzina	Negra	Con carbonatos
		Roja	Medianamente lavado
		Roja	Lavado
Lithosol (esquelético)	Típico	Lítico	
	Típico	Paralítico	
Poco evolucionados	Lithosol (esquelético)	Típico	Eluvio de rocas Ultrabásicas
		Típico	Eluvio de rocas intermedias
Poco evolucionados	Lithosol (esquelético)	Típico	Eluvio de calizas duras
		Típico	Eluvio de calizas suaves
Poco evolucionados	Lithosol (esquelético)	Típico	Carbonatado
		Típico	Lítico
Poco evolucionados	Lithosol (esquelético)	Típico	Eluvio de calizas duras
		Típico	
Poco evolucionados	Lithosol (esquelético)	Típico	Carbonatado
		Típico	Lítico
Poco evolucionados	Lithosol (esquelético)	Típico	Eluvio de calizas duras
		Típico	
Poco evolucionados	Lithosol (esquelético)	Típico	Eútrico
		Típico	Clístrico
Poco evolucionados	Lithosol (esquelético)	Típico	Sobre rocas ultrabásicas
		Típico	Sobre rocas intermedias
Poco evolucionados	Lithosol (esquelético)	Típico	Sobre calizas duras
		Típico	

Estos suelos con aptitudes para el cultivo del café son de naturaleza Alítica, Ferrítica, Ferralítica, Fersialítica y Sialítica, los que tienen diferentes características físicas, químicas, mineralógicas y de la fertilidad.

La distribución geográfica de los suelos es una de las ramas más importantes de la geografía de los suelos; el establecimiento de las leyes que definen en un territorio la distribución de su cubierta permiten crear una base para una explotación sustentable del agroecosistema.

En el sistema montañoso Sagua-Nipe-Baracoa, la naturaleza y propiedades de los suelos permitió separar tres fajas verticales de estos (Figura 1), los que se distribuyen desde la costa sur hasta la norte. Resulta significativo que en la vertiente norte solamente se manifiestan las fajas II y III, mientras que hacia la vertiente sur se presentan las fajas I, II y III.

En la Tabla III se muestran las características generales de las tres fajas edafogeográficas, comprobándose que la cobertura pedológica de la faja vertical III está caracterizada por el desarrollo de suelos desaturados, ácidos y con ausencia de carbonatación, entre los que se destacan los Ferríticos, Alíticos y Ferralíticos, los cuales tienen excelente vocación para el cultivo del café.

La faja vertical II en la vertiente sur abarca territorios que poseen alturas absolutas de 100 hasta 600 m snm, mientras que en la vertiente norte comienza en la costa y sobrepasa los 600-700 m snm, formándose suelos Pardos y Fersialíticos con determinados factores limitantes para el cultivo del café, como son poca profundidad efectiva y mayor grado de saturación por bases.

En la vertiente norte de Sagua-Nipe-Baracoa se presentan en la actualidad condiciones climáticas excepcionales, como precipitaciones que oscilan entre 3000-3400 mm al año, lo que produce una distribución vertical de los suelos muy particular para este macizo, es decir, a los 200-300 m snm es posible encontrar suelos formados sobre cortezas de intemperismo antiguo desaturados y profundos, propios de la faja III de clima tropical húmedo, aptos para el cultivo del café.

Dentro de la faja III de clima tropical húmedo existen también determinadas regularidades; así por ejemplo, los suelos del agrupamiento Ferrítico presentan una distribución acorde con el régimen lluvioso actual de la forma siguiente.

- Ferrítico Rojo Oscuro Típico: Se ubican en regiones con precipitaciones entre 1000-2000 mm/año.
- Ferrítico Rojo Oscuro húmico saturado: se encuentran en regiones con precipitaciones entre 2000-2500 mm/año.

- Ferrítico Rojo Oscuro húmico desaturado: se desarrollan principalmente en regiones con precipitaciones entre 2000-2500 mm/año.
- Ferrítico Rojo Oscuro hidratado: se ubican principalmente en regiones con muchos riachuelos y precipitaciones de 2500 mm anuales.
- Ferrítico Rojo Oscuro petroférico: se encuentran en regiones con relieve depresional y 2500 mm de precipitaciones anuales.
- Ferrítico Amarillo desaturado: se desarrollan en regiones que oscilan entre 900-1000 m snm y precipitaciones que pueden llegar desde 2500 hasta 3000 mm/año.

En el caso de los suelos Alíticos se encontró que a medida que se incrementa la altura predominan los Alíticos de Alta Actividad Arcillosa.

Los suelos Ferralíticos también manifiestan una regularidad particular; el tipo Ferralítico Rojo solamente se presenta en las terrazas de Maisí, en alturas que oscilan entre 200-300 m sobre el nivel del mar, saturados y poco saturados. Por encima de esta altura se ubican los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, pero hacia la vertiente sur.

Los suelos Ferralíticos Rojos Amarillentos desaturados se desarrollan en la vertiente norte, en alturas desde los 200 hasta 300 m snm, las cuales se pueden considerar como un estadio transicional hacia los suelos Alíticos.

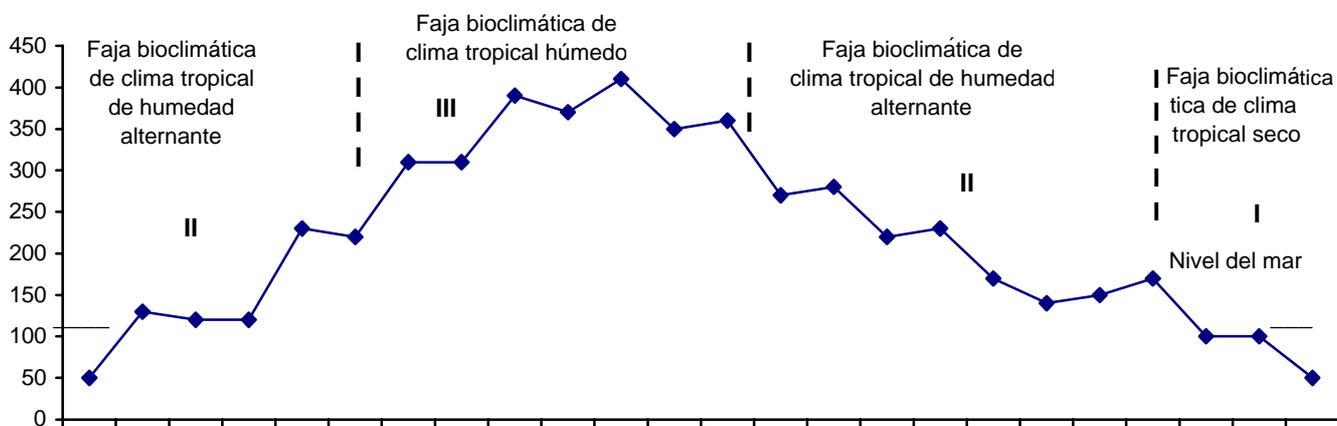


Figura 1. Distribución de las fajas bioclimáticas en las vertientes norte y sur del macizo Nipe-Sagua-Baracoa

Tabla III. Esquema de zonalidad geográfica vertical de los suelos de la región Sagua-Nipe-Baracoa

Fajas verticales de suelos	Altura sobre el nivel del mar (m)	Cantidad de precipitaciones anuales (mm)	Coeficiente hidrotérmico		Vegetación	Suelos principales
			Húmedo	Seco		
I	Menos de 100-200	Menos de 1000-1 200	< 1.2	< 1.2	Bosques secos deciduos y semideciduos, con arbustos y a veces presencia de cactáceas.	Pardos y Pardos Grisáceos Cálcidos, Solonchak y Solonetizados, Gleysoles y Fluvisoles cálcidos
II	Desde 100-200 Hasta 600-700	Desde 1000-1200 Hasta 1 800	>1.2	< 1.2	Bosques semideciduos y bosques submontañosos, representativo del clima tropical de humedad alternante.	Pardos con diferentes grados de lavado, Fersialítico, Pardo Rojizo, Húmico Calcimórfico. Algunas partes con Ferralíticos Rojos saturados
III	Mayor de 600-700	Mayor de 1 800	>1.2	>1.2	Bosques pluvisilvas de montañas y pinares	Ferríticos, Alíticos, Ferralítico Rojo Amarillento Lixiviado, Fersialítico Rojo y Fersialítico Pardo Rojizo

Los suelos Fersialíticos y Pardos de la faja III generalmente están formados de rocas no carbonatadas y se ubican en relieves inestables, son menos saturados y predomina el subtipo mullido, en comparación con sus similares de la faja II, que son más saturados y se manifiesta con mayor intensidad el subtipo ócrico.

En el macizo Sagua-Nipe-Baracoa, la faja II se ubica principalmente en las premontañas hacia la vertiente sur y en la zona de la depresión de Sagua de Tánamo, en relieves más jóvenes. Los principales suelos de la faja II son Pardos y Húmicos Carbonáticos con diferentes intensidades de lavado, así como Fersialíticos y Rendzinas.

Se puede afirmar que las formaciones paleoedafológicas típicas del sistema montañoso Sagua-Nipe-Baracoa, útiles para el cultivo del café tienen la siguiente secuencia: Ferrítico>Ferralítico>Alítico (48).

Los suelos Fersialíticos y Pardos Sialíticos son formaciones más jóvenes; cuando hay presencia de carbonatos y tienen buena profundidad son excelentes para el café.

En la Tabla IV se exponen las áreas que ocupan los agrupamientos, tipos y subtipos de suelos, destacando su importancia para el café.

Según los datos de la Tabla IV, en el macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa, los suelos con vocación para el cultivo del café, por su extensión se pueden ordenar de la siguiente manera: Fersialíticos>Pardos Sialíticos>Ferríticos>Ferralíticos>Alíticos, los que ocupan una superficie de 475 330 ha, el 88.34 % del área total estudiada.

Tabla IV. Área que ocupan los agrupamientos, tipos y subtipos de suelos

Agrupamiento	ha	Tipo genético	ha	Subtipo	ha
Alíticos	3600	Alítico de Baja Actividad Arcilloso Rojo	1569	Típico	859
				Ocrico	674
		Alítico de Baja Actividad Arcilloso Rojo Amarillento	1615	Típico	674
				Ocrico	941
Ferríticos	80544	Alítico de Alta Actividad Arcilloso Rojo Amarillento	416	Típico	275
				Ocrico	141
		Ferrítico Rojo Oscuro	77243	Típico	45295
				Húmico saturado	18568
Húmico desaturado	10896				
Ferralíticos	73307	Ferrítico Rojo Oscuro	3301	Petroférrico	1987
				Hidratado	497
		Ferrítico Amarillo	3301	Húmico desaturado	3301
				Ferralítico Rojo	30276
Fersialíticos	158963	Ferralítico Rojo	30276	Compactado	150
				Hidratado	976
		Ferralítico Rojo lixiviado	5516	Húmico	3993
				Típico	2155
Pardos Sialíticos	158916	Ferralítico Rojo Amarillento lixiviado	32910	Húmico	2486
				Compactado	875
		Ferralítico Amarillento	4605	Típico	8545
				Húmico desaturado	18117
Húmicos Sialíticos	13055	Fersialítico Pardo Rojizo	152433	Ocrico	6248
				Lixiviado	4605
		Fersialítico Rojo	6530	Mullido	3796
				Ocrico	2734
Poco evolucionados	48953	Pardo	158916	Mullido	76437
				Ocrico	76294
		Húmico Calcimórfico	417	Típico	417
Fluvisol	744	Rendzina	12638	Negra Roja	88
		Lithosol (Esquelético)	48953	Eútrico	48953
Area total estudiada: 538082 ha					

De acuerdo con estos resultados se pueden establecer cinco regiones edáficas para el cultivo del café, las cuales requieren manejo y conservación diferentes.

1. Región de Suelos Alíticos
2. Región de Suelos Ferríticos
3. Región de Suelos Ferralíticos
4. Región de Suelos Fersialíticos
5. Región de Suelos Pardos Sialíticos

A continuación se describen las características de las diferentes regiones edáficas.

Región de suelos alíticos

Esta región está integrada por los tipos de suelos Alíticos de Baja Actividad Arcillosa Rojo, Alítico de Baja Actividad Arcillosa Amarillento y Alítico de Alta Actividad Arcillosa Rojo Amarillento, de los cuales se diagnosticaron los subtipos típicos y ócricos respectivamente con diversos géneros.

Estos tipos de suelos se ubican generalmente en la porción montañosa del Sistema Nipe-Sagua-Baracoa, en altura >400 m snm, en superficies estables, donde la pendiente oscila desde 6 hasta >15 %.

El clima está caracterizado por lluvias superiores a 1 800 mm/año y coeficiente hidrotérmico >1.2 en período húmedo y seco.

La región edáfica ocupa una extensión de 3 600 ha, el 0.67 % del área total estudiada; destacándose el subtipo Alítico de Baja Actividad Arcillosa Rojo Amarillento Ócrico como el más extenso.

El material de origen está constituido por cortezas de intemperismo antiguas de porfirita-Andesita y otras rocas ígneas. Son de perfil ABtC, formadas a partir del proceso de Alitización, que se caracteriza por tener un horizonte de diagnóstico B Alítico y Argílico.

Estos suelos se caracterizan por:

- ☞ pH en KCl igual o menor de 4,0.
- ☞ Grado de saturación por aluminio cambiante mayor de 50 %.
- ☞ La textura puede ser loam arcillosa o arcillosa.
- ☞ Estructura granular de agregados finos, subangulares o poliédricas.
- ☞ Colores rojo o amarillo o sus combinaciones.
- ☞ Profundidad: muy profundo >100 cm.

- ☞ Profundidad efectiva: muy profundo >100 cm.
- ☞ Peso volumétrico: 0.90-1.30 g/cm³.
- ☞ S: 1.52-7.86 cmol (+).Kg⁻¹; T: 7.20-22.88 cmol (+).Kg⁻¹; V: desaturado.
- ☞ M.O: 3.45-5,75 %; Nt: 0.142-0.249 %; N hidrolizable: 30.46-66.84 mg.kg⁻¹.
- ☞ Formas de P: P-ocl>Al-P>Fe-P>Ca-P, P-sorbido: 80-95 % P-móvil: 7-10 mg.kg⁻¹.
- ☞ Formas de K: K.g.e>K.d.i>K.c>K.i>K.a K-móvil: 15-20 mg.kg⁻¹.
- ☞ Deficiencias de nutrientes: P>N>Ca>K>Mg>S>microelementos.
- ☞ Factores limitantes: Fuerte acidez, erosión potencial alta, régimen de nutrientes inadecuados, fuertes deficiencias de P, N, Ca y K.

Región de suelos ferríticos

Esta región la integran los subtipos de suelos Ferrítico Rojo Oscuro Típico, Ferrítico Rojo Oscuro Húmido saturado y Ferrítico Rojo Oscuro Húmido desaturado con varios géneros; otros tipos y subtipos de suelos Ferríticos no se incluyen por su menor aptitud para el cultivo del café.

Estos subtipos de suelos se ubican en la porción montañosa del sistema Sagua-Nipe-Baracoa, en alturas entre 500-800 m snm, en superficies de planación antiguas.

El clima se destaca por lluvias desde 1000 hasta 2500 mm/año y coeficiente hidrotérmico >1.2 en período húmedo y seco.

La región edáfica tiene una superficie de 74 759 ha, el 13.89 % del área total estudiada; se destaca el subtipo Ferrítico Rojo Oscuro típico por su mayor superficie.

El material de origen está formado por cortezas de intemperismo antiguas de rocas ultrabásicas. Son de perfil ABC, formadas a partir del proceso de Ferritización, que se caracteriza por poseer un horizonte de diagnóstico B férrico.

Estos suelos tienen las siguientes características:

- ☞ pH en KCl entre 5.30-6.35, cercanos al pH en H₂O.
- ☞ Grado de saturación por aluminio cambiante <5 %.
- ☞ Presencia de nódulos ferruginosos <20 % del volumen de la masa del suelo.

- ☞ Tienen más de 50 % de sesquióxidos de hierro.
- ☞ La composición de minerales secundarios está representada por hematita, goethita, gibsita y trazas de minerales arcillas 1:1.
- ☞ Relaciones moleculares en arcilla SiO₂/R₂O₃<1 y SiO₂/Fe₂O₃<2.
- ☞ La textura es arcillosa >60 %.
- ☞ Estructura de agregados finos, poco estables.
- ☞ Color Rojo oscuro.
- ☞ Profundidad: muy profundo >100 cm.
- ☞ Profundidad efectiva: muy profundo >100 cm.
- ☞ Peso volumétrico: 1.05-1.55 g/cm³.
- ☞ S: 1.33-5.90 cmol(+).Kg⁻¹; T: 4.26-9.66 90 cmol(+).Kg⁻¹; V: desaturado.
- ☞ M.O: 2.38-5.36 %, Nt: 0.098-0.248 %; N hidrolizable: 54.26-157.58 mg.Kg⁻¹.
- ☞ Formas de P: P-ocl>Fe-P>Al-P>Ca-P; P-sorbido: 85-97 %; P-móvil: 3-10 mg.Kg⁻¹.
- ☞ Formas de K: K.g.e>K.d.i>K.c>K.i>K.a; K-móvil: 8-30 mg.Kg⁻¹.
- ☞ Deficiencias de nutrientes: P>N>Ca>K>Mg>S>microelementos.
- ☞ Factores limitantes: Erosión actual y potencial alta, régimen de nutrientes inadecuados, fuerte deficiencia de P, N, Ca y K y propiedades hidrofísicas desfavorables, poca retención de humedad debido a un excesivo drenaje.

Región de suelos ferralíticos

La región edáfica con predominio de suelos Ferralíticos está integrada por los tipos de suelos Ferralíticos Rojos, Ferralíticos Rojos Lixiviados y Ferralíticos Rojo Amarillentos Lixiviados, los cuales presentan una gran variedad de subtipos y géneros.

Estos tipos de suelos se distribuyen en la porción premontañosa y montañosa del sistema Sagua-Nipe-Baracoa, en alturas que oscilan desde 200 hasta >1 500 m snm en relieves estables cuyas pendientes varían entre 3 y 15 %.

El clima se caracteriza por lluvias desde 1 400 hasta >1 800 mm/año y coeficiente hidrotérmico en ocasiones >1.2 en húmedo y seco, pero hay áreas, como en el caso de los Ferralíticos Rojos, que son en húmedo >1.2 y en seco <1.2.

Esta región edáfica tiene una superficie de 67 735 ha, el 12.59 % del área total estudiada; el más extenso de estos suelos es el Ferralítico Rojo Típico, seguido por el Ferralítico Rojo Amarillento Lixiviado Húmido desaturado.

El material de origen es variable, desde calizas duras, cortezas de intemperismo y rocas básicas (Tabla I). Son de perfil ABC y ABtC según el tipo, los cuales se han formado por el proceso de Ferralitización, que se caracteriza por tener un horizonte B ferralítico; en ocasiones este horizonte puede ser argílico para los casos de los Ferralíticos Rojos Lixiviados y los Ferralíticos Rojos Amarillentos Lixiviados.

Estos suelos tienen las siguientes características:

- ☞ pH en KCl entre 4.10-6.90.
- ☞ Grado de saturación por aluminio intercambiable: 2.64-46.22 %.
- ☞ Predominio de minerales arcillosos del tipo 1:1 y pueden tener hasta 10 % del tipo 2:1 en relación con el contenido total de la fracción arcillosa.
- ☞ Relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 < 2.3$ en arcilla
- ☞ Contenido menor de 60 % de sesquióxidos de hierro en la fracción menor de dos micras.
- ☞ Textura arcillosa y loam arcillosa: 30-60 % de arcilla física.
- ☞ Estructura granular, poliédrica fina, nuciforme, bloques subangulares pequeños.
- ☞ Color rojo o amarillo y sus combinaciones.
- ☞ Profundidad: profundo: 51-100 y muy profundo >100 cm.
- ☞ Profundidad efectiva: medianamente profundo: 41-60 cm y muy profundo >100 cm.
- ☞ Peso volumétrico: 0.70-1.30 g/cm³.
- ☞ S: 0.98-17.50 cmol(+).kg⁻¹, T: 11.32-23.10 cmol(+).kg⁻¹; V: saturados en caso de Ferralíticos Rojos y desaturados los Ferralíticos Rojos Lixiviados y Ferralíticos Rojo Amarillentos Lixiviados.
- ☞ M.O: 2.09-16.60 %, Nt: 0.087-0.762 %; N hidrolizable: 30, 10-236.98 mg.kg⁻¹.
- ☞ Formas de P: Fe-P>Ca-P>P-ocl y Fe-P>Al-P>P-ocl>Ca-P; P-sorbido: 75-95 %; P-móvil: 5-17 mg.kg⁻¹.

- ☞ Formas de K: K.g.e>K.d.i>K.c>K.i>K.a; K-móvil: 7-70 mg.kg⁻¹.
- ☞ Deficiencias de nutrientes: N>P>K>Ca>>Mg>S>microelementos, P>N>Ca>K>Mg>S>microelementos; P>Ca>K>N>Mg>S>microelementos.
- ☞ Factores limitantes: erosión potencial alta, erosión actual y moderada, horizonte B compacto y arcilloso en algunos casos, régimen de nutrientes, fuerte deficiencia de P, K y Ca para los desaturados y N, P y K para los saturados.

Región de suelos fersialíticos

Esta región edáfica la forman los tipos de suelos Fersialíticos Pardo Rojizos y Ferralíticos Rojos, las cuales tienen los subtipos mullidos y ócricos, así como una cantidad variable de géneros.

Estos tipos de suelos se ubican en la porción premontañosa y montañosa del sistema Sagua-Nipe-Baracoa, en altura >200 m snm los Fersialíticos Pardo Rojizos y entre 200-400 y >400 m snm los Fersialíticos Rojos, en superficies relativamente estables con relieve poco o medianamente disecionado para los primeros y superficies inestables los segundos, cuyas pendientes oscilan desde <6 hasta >15 %.

El clima se caracteriza por lluvias entre 1200-1600 y >2000 mm/año, con coeficientes hidrotérmicos en húmedo >1.2 y en seco <1.2.

La región edáfica tiene una superficie de 158 963 ha y 29.54 % del área total estudiada; se destaca el subtipo Fersialítico Pardo Rojizo Mullido por su extensión, 83 719 ha, un 15.56 % del área total, lo que lo ubica en el primer lugar de los suelos de este macizo montañoso.

El material de origen es diverso: rocas ultrabásicas, serpentinita, básica gabras, intermedias tabas. Son de perfil ABC ó A(B)C, el proceso de formación es la fersialitización, presentando un horizonte de diagnóstico B fersialítico.

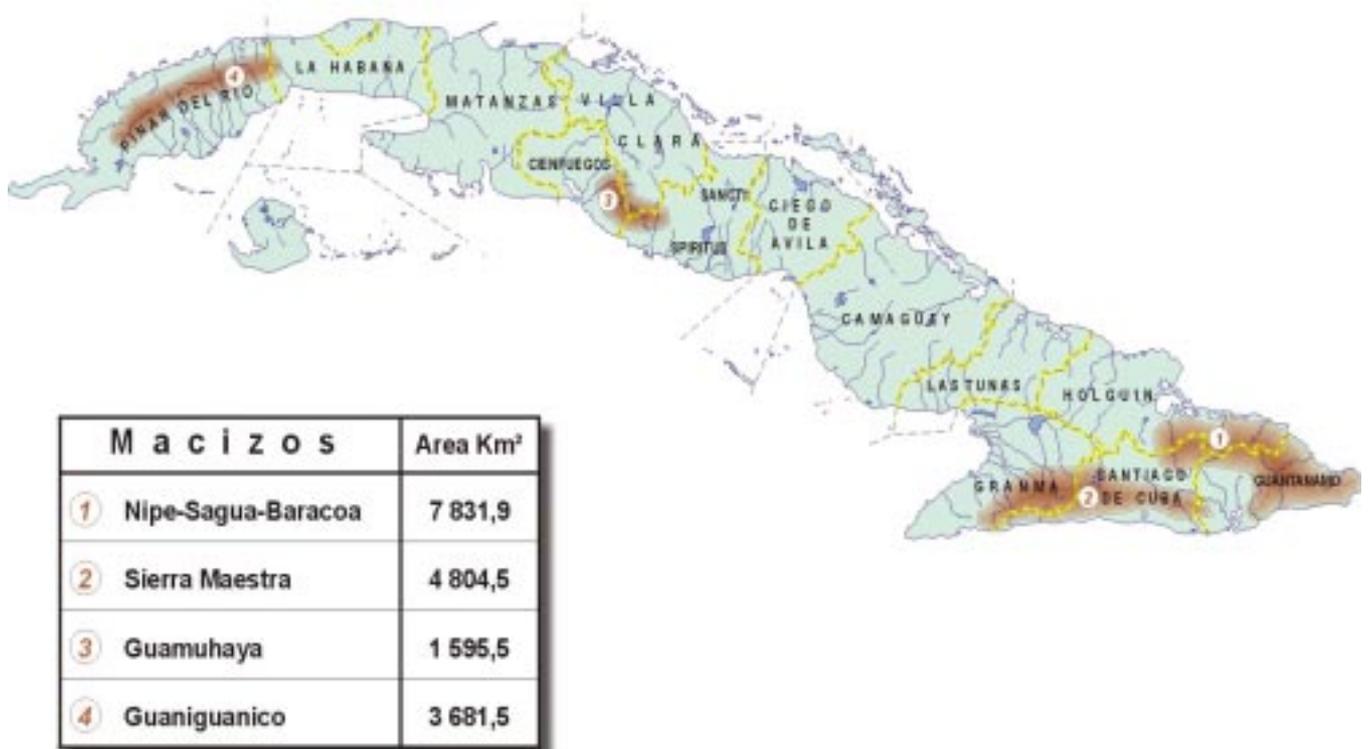
Estos suelos tienen las siguientes características:

- ☞ pH en KCl entre 4.20-5.90.
- ☞ Grado de saturación por aluminio intercambiable: 0.13-5.10 %.

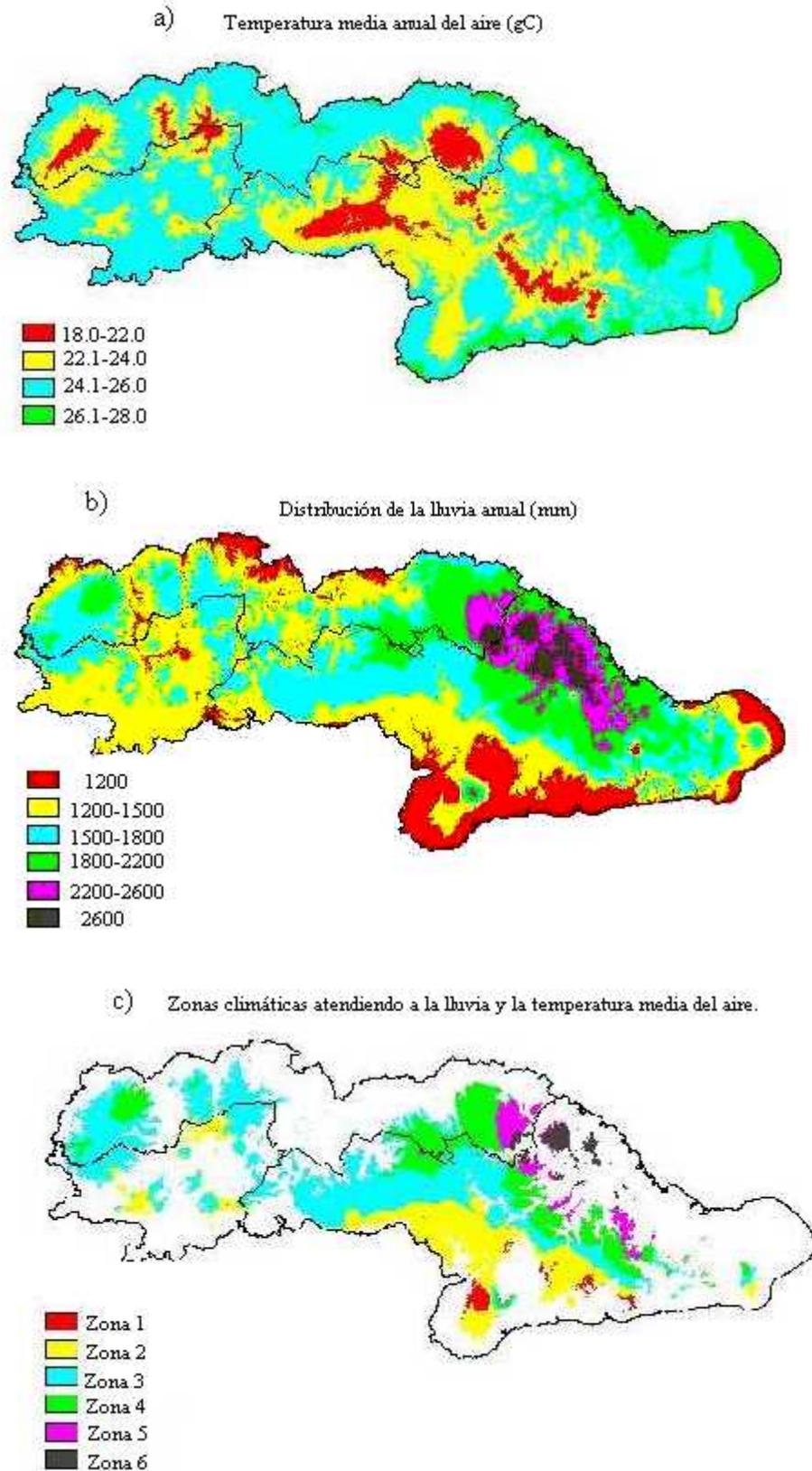
- ☞ Presencia de minerales arcillosos del tipo 2:1 y 1:1 con predominio de los primeros (mayor del 50 %).
- ☞ Contenido de Fe libre en la fracción fina >3 % y relación Fe libre/Fe total de 40-60 %.
- ☞ Textura arcillosa >60 % o loam pesado: 41-50 %.
- ☞ Estructura granular, nuciforme, poliédrica mediana o pequeña, terrena y bloques subangulares medianos.
- ☞ Color pardo rojizo y rojo parduzco.
- ☞ Profundidad: profundo: 55-100 cm y medianamente profundo: 50-70 cm.
- ☞ Profundidad efectiva: medianamente profundo: 41-60 cm.
- ☞ Peso volumétrico: 0.90-1.25 g/cm³.
- ☞ S: 11.64-36.59 cmol(+).kg⁻¹; T: 17.35-37.57 cmol(+).kg⁻¹; V: saturado, hay áreas en que estos suelos están desaturados.
- ☞ M.O: 2.41-7.24 %, Nt: 0.127-0.337 %; N hidrolizable: 39.12-119.35 mg.kg⁻¹.
- ☞ Formas de P: Ca-P~Fe-P>Al-P>P-ocl y Fe-P>Al-P>Ca-P>P-ocl, P-absorbido: 75-95 %, P-móvil: 5-20 mg.kg⁻¹.
- ☞ Formas de K: K.g.e>K.d.i>K.c>K.i>K.a, K-móvil: 38-72 mg.kg⁻¹.
- ☞ Deficiencias: P>N>K>Ca>Mg>S>microelementos y P>N~K>Ca~Mg>S>microelementos.
- ☞ Factores limitantes: erosión potencial alta y actual moderada, poca o mediana profundidad efectiva, régimen de nutrientes, fuertes deficiencias de P y N, así como interacción entre los cationes K, Ca y Mg.

Región de suelos pardos sialíticos

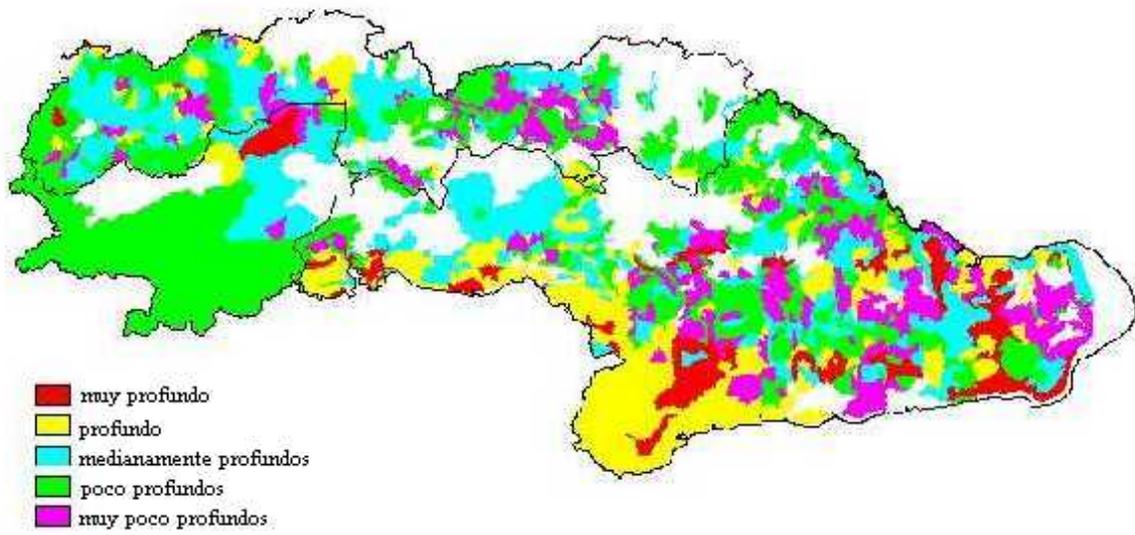
La región edáfica con predominio de suelos Pardos Sialíticos del macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa con vocación para el cultivo del café está integrada por los subtipos Pardos Mullidos y Pardos Ócricos, los que tienen una variada gama de géneros. Estos subtipos se ubican generalmente en la porción premontañosa y montañosa de este sistema orográfico, en altura variable desde <200, 200-400 y >400 m snm; se presentan en relieves ondulados y alomados disecionados, donde la pendiente oscila desde <6 hasta >15 %.



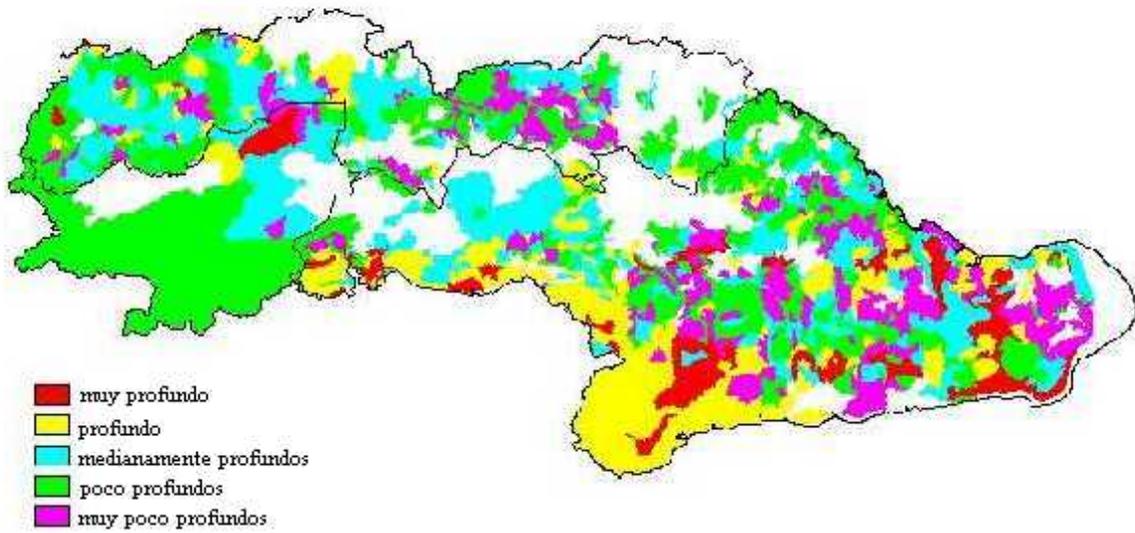
Mapa 1. Ubicación geográfica del macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa



Mapa 2. Características del clima del macizo Sagua-Nipe-Baracoa



Mapa 3. Profundidad efectiva de los suelos



Mapa 4. Zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L.

El clima está caracterizado por lluvias variables de 1200 hasta 3000 mm/año con coeficiente hidrotérmico en húmedo >1.2 y en seco <1.2.

La región edáfica ocupa un área de 152 731 ha, lo que representa el 28.38 % del área total de estudio, siendo el subtipo Pardo Mullido el más extenso con 76 437 ha, el 14.21 % del total, el segundo suelo más extenso del territorio.

Los materiales de origen son muy diversos: basalto, grabo-diabasas y areniscas calcáreas, observándose su marcada influencia en las propiedades de los suelos. Son de perfiles ABC, cuyo proceso de formación es la sialitización, presentando un horizonte de diagnóstico B sialítico.

Estos suelos tienen las siguientes características:

- ☞ pH en KCl entre 4,60-5,60.
- ☞ Grado de saturación por aluminio intercambiable: 0.43-6.32 %.
- ☞ Predominio de minerales arcillosos del tipo 2:1.
- ☞ Contenido de hierro libre menor de 3 % y relación Fe libre/Fe total en suelo menor de 40 %.
- ☞ Textura loam pesado: 44-48 % hasta arcilla ligera: 52-56 %.
- ☞ Estructura granular; bloques pequeños, subangulares, compactos.
- ☞ Color pardo, menor rojo que 2.5 y R.
- ☞ Profundidad: medianamente profundo: 20-70 cm y poco profundo <20 cm.
- ☞ Profundidad efectiva: medianamente profundo: 41-60 cm y poco profundo: 21-40 cm.
- ☞ Peso volumétrico: 0.90-1.21 g/cm³.
- ☞ S: 15.85-53.08 cmol(+).kg⁻¹; T: 22.92-58.20 cmol(+).kg⁻¹; V: saturado, hay algunas áreas con suelos medianamente saturados.
- ☞ M.O: 2.77-11.00 %; Nt: 0.142-0.513 %; N hidrolizable: 50.41-187.76 mg.kg⁻¹.
- ☞ Formas de P: Ca-P>Fe-P>Al-P>P-ocl; P-absorbido: 70-93 %; P-móvil: 8-20 mg.kg⁻¹.
- ☞ Deficiencias de nutrientes: P>N>K>Ca>Mg=S>microelementos, P>N>K>Ca~Mg>S>microelementos.
- ☞ Factores limitantes: erosión potencial alta, erosión actual mode-

rada, en algunos sectores este tipo de erosión está presente de manera fuerte y muy fuerte; mediana o poca profundidad efectiva, en algunos casos hay presencia de CaCO₃ residual, régimen de nutrientes, es frecuente el déficit de P y N así como interacción entre los cationes K, Ca y Mg.

Teniendo en cuenta todos estos elementos se estableció que los suelos adecuados para el café son: Alíticos, Ferríticos, Ferralíticos, Fersialíticos y Pardo Sialíticos, que constituyen una primera discriminación de los suelos; el otro elemento discriminante fue la profundidad efectiva considerando las características del cultivo. Se puede apreciar en el mapa 3 la distribución de los suelos de acuerdo con el agrupamiento y la profundidad efectiva.

Principales plagas y enfermedades

En la Tabla V se presentan los índices de los 18 Campos Estacionarios evaluados, donde se puede observar que aunque hubo una ligera tendencia al incremento de 1995 a 1997, el valor máximo alcanzado, 8.1 en el campo La Luisa del municipio Yateras, es muy inferior al valor del 15 % a partir del cual se considera como daño por el Programa Integral de Defensa Fitosanitaria del Café (53); al valorar el macizo Sagua-Nipe-Baracoa (Tabla VI), se evidencia la disminución del área afectada de los principales organismos nocivos para el café.

El comportamiento anteriormente descrito es el resultado de la generalización en el país del MIP, donde se combinan prácticas agronómicas (fertilización, poda, manejo de la sombra temporal y permanente, siembra de coberturas y barreras vivas, saneamiento poscosecha y otras) con una estrategia de conservación de los enemigos naturales (no utilización de insecticidas foliares, regulaciones en el momento de la aplicación de los fungicidas, fomento de la flora melífera, entre otras); la adopción de este manejo por parte de los productores ha implicado que en los últimos ocho o nueve años ha habido un efecto regulador no solo sobre el minador sino sobre otras plagas

insectiles debido al incremento de los biorreguladores.

Bases de la zonificación agroecológica

Utilizando la base de datos del cultivo, se efectuó primeramente un proceso de búsqueda teniendo en cuenta como criterios de selección, la lluvia y la temperatura como elementos del clima, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Elementos condicionantes		Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Valores medios		
Lluvia	Temperatura		Lluvia	Temperatura	Altura
<1500	>24	0.91	1400.17	24.5	191.67
<1500	20-24	0.95	1073.5	22.8	290.75
1500-1800	>24	1.76	1671.9	24.5	214.38
1500-1800	20-24	1.61	1607.2	22.5	431.89
1800-2200	20-24	2.66	2051.8	22.3	498.33
		1.65	1633	23.9	345.5

A partir de este análisis se considera que existe un potencial de rendimiento que oscila desde 1 t.ha⁻¹ hasta más de 2 t.ha⁻¹. Por otro lado, se evidencia la gran influencia que ejerce la lluvia en el comportamiento del café, expresado a través del rendimiento. En el caso de la temperatura, no se observa una marcada influencia. En relación con la altura, aún cuando existen diferencias se considera que, de forma general, este elemento tiene una mayor influencia en el régimen de lluvias que en el comportamiento de la temperatura, teniendo en cuenta los rangos considerados.

A partir de estos resultados se tomó el rendimiento como condicionante para conocer el comportamiento del resto de las variables en estudio, obteniéndose así la siguiente información:

Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Altura (mmsn)	Temperatura (°C)	Lluvia (mm)	Rendimiento medio (t.ha ⁻¹)
>2	401.4	23.04	1838.1	2.94
1-2	379.07	23.02	1635.57	1.43
0.5-0.9	232.88	23.73	1282.79	0.73
<0.5	256.67	24.03	1510.77	0.29

Mediante estos procedimientos se definieron como niveles o unidades, la lluvia unida a la temperatura, y los tipos de suelos con su profundidad efectiva. La lluvia conformaría las zonas y los suelos serían la especificidad para el distrito.

Tabla V. Características e índices del minador de la hoja en los campos estacionarios del macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa

Municipio	Localidades	Campos estacionarios	Altura (m snm)	Variedad	Edad (años)	Índice (%)		
						1995	1996	1997
Baracoa	Guandao	Guandao	400	Caturra amarillo	15	3.4	3.3	3.7
	Sabanilla	Sabanilla	380	Caturra rojo	11	1.8	1.9	1.8
	El Niño	El Niño	420	Caturra amarillo+ Caturra rojo	7	2.2	2.1	2.2
El Salvador	Juan Pon	Juan Pon	405	Caturra amarillo	20	1.8	2.6	5.6
	Limonar	El Grifo	460	Caturra amarillo	10	1.6	2.3	4.9
	Limoncito	Juana	330	Caturra amarillo	11	1.2	1.9	3.2
	San Fernando	Boda	280	Catuay	17	1.4	1.8	4.0
	La Cidra	La Cidra	150	Bourbon	24	1.3	1.6	3.1
	Los Sánchez	Jagüey	330	Caturra Amarillo	9	1.1	1.7	2.1
	La Colonia	La Colonia	340	Catimor	13	1.7	1.8	4.3
	Yambeque	Limonar	370	Caturra amarillo	17	1.6	1.9	3.1
Yateras	Virginia	Virginia	200	Caturra amarillo	30	2.3	2.8	7.6
	La Luisa	La Luisa	150	Caturra rojo	13	9.3	9.5	8.1
	Otto Palenquito	Otto Palenquito	210	Catimor	14	8.0	8.1	6.0
Niceto Pérez	Alto de Filipina	No. 1	110	Tradicional	40	-	-	1.4
	Casiruba	No. 2	200	Catimor	10	-	-	2.9
Sagua de Tánamo	El Carmen	Ginadelo	300	Caturra	10	1.3	1.3	1.4
	La Zarza	El Sapo	350	Caturra	13	1.4	1.3	1.3
		Naranjo Agrio	280	Caturra	11	1.4	1.3	1.5

Tabla VI. Área afectada (%) por organismos nocivos importantes y de amplia distribución en el café en el macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa

Macizo montañoso	<i>Leucoptera coffeella</i>		<i>Coccus viridis y Saissetia spp.</i>		<i>Colletotrichum</i>		<i>Cercospora</i>	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Sagua-Nipe-Baracoa	4.2	3.4	0.1	0.1	3.8	2.2	1.1	2.1

A continuación se presentan las bases para la zonificación agroecológica del café para el macizo Sagua-Nipe-Baracoa.

Los niveles o unidades son:

Zona. Se define por las potencialidades de desarrollo del cultivo en relación con la lluvia y la temperatura; se divide en cuatro zonas.

1. Lluvia anual de 1800 a 2200 mm y temperatura media de 18 a 24°C. En estas condiciones se pueden obtener rendimientos mayores de 2 t.ha⁻¹.
2. Lluvia anual de 1500 a 1800 mm (límite inferior) y 2200 a 2600 mm (límite superior) con temperatura media de 18 a 24°C. En estas condiciones se pueden obtener rendimientos de 1 a 2 t.ha⁻¹.

3. Lluvia anual de 1200 a 1500 mm (límite inferior) y de 2600 a 3000 mm (límite superior) con temperatura media de 18 a 24°C. En estas condiciones se pueden obtener rendimientos de 0.5 a 0.9 t.ha⁻¹.

4. Lluvia anual menor de 1200 y mayor de 3000 mm con temperatura media de 18 a 24°C. En estas

condiciones se obtienen rendimientos menores de 0.5 t.ha⁻¹.

Distrito. Se definen por los tipos y subtipos de suelos y su profundidad efectiva. Indudablemente un elemento importante considerado fue la pendiente, la cual se valoró a partir del grado de erosión y la profundidad del suelo. Las diferentes categorías son:

- Muy profundos >100cm
- Profundos 61-100cm
- Medianamente profundos 41- 60 cm
- Poco profundos 21- 40 cm
- Muy poco profundos <20 cm

A partir de estas bases se establecieron las categorías para la zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L., las cuales son:

Categoría	Lluvia (mm)	Profundidad de los suelos	Rendimiento potencial (t.ha ⁻¹)
Óptima	1800-2200	Muy profundos	>2
Medianamente óptima	1500-1800	Muy profundos y profundos	1-2
Aceptable	1200-1500	Muy profundos, profundos y medianamente profundos	0.5-0.9
No apta	<1200 >2200	Poco profundos y muy poco profundos	-

Zonificación agroecológica del macizo

En el mapa 4 se presenta la zonificación del *C. arabica* en el macizo Sagua-Nipe-Baracoa, donde se aprecian las diferentes categorías que se establecieron: las zonas no coloreadas del mapa son las que se excluyen por presentar una temperatura media superior a los 24°C, la cual se considera no adecuada para esta especie, siendo necesario hacer un estudio posterior para analizar la posibilidad de cultivar en algunas partes de esa zona la especie *Coffea canephora*, que presenta un mejor comportamiento a temperaturas más elevadas.

También se realizó un análisis de la distribución de la lluvia por meses de cada uno de los 156 pluviómetros, pues el café necesita una seca relativa durante el periodo de iniciación de las yemas florales; para dicho análisis se establecieron cuatro categorías:

Categoría	Meses consecutivos secos	
	<50 mm	<100 mm
Óptima	0	1-2
Medianamente óptima	1	3
Aceptable	2	4-5
No apta	>2	>5

En la categoría **No apta** también se incluyen aquellas zonas donde no se presenta esa seca relativa, o sea, que durante todo el año llueve por encima de los 100.0 mm mensuales.

En la Figura 2 se presenta a modo de ejemplo la distribución anual de varios pluviómetros representativos de las diferentes categorías de zonificación; en ella se puede apreciar que el pluviómetro 981 representa la categoría óptima, pues además de tener un régimen de lluvia adecuado, presenta un solo mes donde caen menos de 100.0 mm. La categoría **Medianamente óptima** esta representada por los pluviómetros 485, en la cual hay tres meses consecutivos donde caen menos de 100.0 mm y el 55-371 donde hay tres meses consecutivos que caen menos de 100.0 mm y uno próximo a los 50.0 mm.

Para la categoría **Aceptable** se muestra el pluviómetro 814, el cual tiene dos meses consecutivos con

menos de 50.0 mm y cinco meses con menos de 100.0 mm. En el caso de la categoría **No apta**, el pluviómetro 557 representa la zona donde además de tener un régimen de lluvia por debajo de 1200.0 mm, presenta tres meses consecutivos con menos de 50.0 mm y seis meses con menos de 100.0 mm; el pluviómetro 1092 representa aquellas zonas donde aún cuando el total de lluvia anual (2003.1 mm) es adecuado para el cultivo, no presenta una buena distribución pues en todos los meses llueve por encima de 100.0 mm.

Haciendo un análisis de cada categoría de zonificación agroecológica se puede plantear lo siguiente:

Óptima: abarca un área de 7332.7 ha, se caracteriza por presentar una media anual de precipitaciones entre 1800 y 2200 mm, una temperatura media entre 18-24°C, con suelos Muy Profundos (>100 cm) y con características adecuadas para el cultivo; se puede alcanzar un rendimiento potencial superior a las 2 t.ha⁻¹ de café oro. En estas áreas pueden utilizarse altas densidades de plantación con un nivel bajo de sombra y no son requeridas grandes medidas para controlar la erosión, aunque no debe descuidarse este aspecto.

Medianamente óptima: abarca un área de 28730.6 ha, se caracteriza por presentar una media anual de precipitaciones entre 1500 y 1800 mm, una temperatura media entre 18 y 24°C, con suelos Muy Profundos (>100 cm) y Profundos (61-100 cm), con características adecuadas para el cultivo; su rendimiento potencial está entre 1 y 2 t.ha⁻¹ de café oro. Se pueden utilizar densidades de plantación altas y medias, debe tenerse en cuenta el nivel de sombra a utilizar de acuerdo con el número de cafetos por hectárea; no se requieren grandes medidas de conservación de suelos aunque en las zonas de suelos profundos es necesario extremar un poco más las medidas.

Aceptable: abarca un área de 80887.8 ha, se caracteriza por presentar una media anual de precipitaciones entre 1200 y 1500 mm, una

temperatura media entre 18 y 24°C, con suelos Muy Profundos (>100 cm), Profundos (61-100 cm) y Medianamente Profundos (41-60 cm), con características adecuadas para el cultivo; se puede alcanzar un rendimiento potencial entre 0.5 y 0.9 t.ha⁻¹ de café oro. Se pueden utilizar densidades de plantación medias, aunque preferentemente deben ser bajas, siendo necesario mantener el nivel de sombra adecuado para el cultivo (aproximadamente 30 %). Es imprescindible tomar medidas de conservación de suelos sobre todo en las donde éstos tengan una profundidad media.

No apta: abarca un área de 103364.9 ha, su principal limitante lo constituye el régimen de precipitaciones anuales (<1200 y >2200 mm) y su distribución durante el año que no es la adecuada para el café; el otro elemento limitante lo constituye la profundidad de los suelos, por lo que estas áreas no deben ser utilizadas para el cultivo del café.

Indudablemente se requiere la utilización de la agrotecnia adecuada del cultivo, además de un eficiente control de plagas mediante la utilización del manejo integrado de éstas, para lograr acercarse a los rendimientos potenciales de cada una de las zonas. Si se hace un análisis simple de las posibilidades de este macizo y se toman los rendimientos potenciales pudieran llegar a producirse más de dos millones de quintales de café oro; no obstante, considerando un rendimiento medio de 100 qq.cab⁻¹ se pueden lograr alrededor de 800 000 qq de café oro.

Como conclusiones fundamentales de este trabajo se puede plantear lo siguiente:

- ❖ La metodología utilizada, donde se consideraron como elementos discriminantes la lluvia unida a la temperatura y la profundidad efectiva de los suelos, resulta adecuada para la zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L., debiendo analizarse la posibilidad de utilizarla para la zonificación de otros cultivos.

❖ Existe un área de 116951.1 ha en las diferentes categorías de zonificación, en las cuales puede cultivarse el *Coffea arabica* L. y alcanzar rendimientos adecuados, siendo imprescindible utilizar los resultados de este trabajo para establecer la política perspectiva en cuanto al desarrollo de este cultivo en el macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa.

REFERENCIAS

1. Silva, S. C. /et al./ Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no estado de Goiás, Brasília (Brasil): Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. *Documentos*, 1994, vol. 1, no. 43.
2. Benacchio, S. Zonificación agroecológica de cultivos en áreas bajas del trópico húmedo en Venezuela. En: Simposio do Trópico Umido. (1984 nov. 2-17:Belém).
3. Rojas, O. Determinación del potencial agroecológico para el cultivo del café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. *Turrialba*, 1989, vol. 39, no. 3, p. 279-87.
4. Ortolani, A. A. Parámetros climáticos e a cafeicultura. Sao Paulo. Instituto Agronómico, 1970. 27 p.
5. Cano, F. H. Un siglo de análisis histórico y previsiones de las heladas en la cafeicultura brasileña (1970-1975). C. México. INMECAFE, 1975.
6. IPEA. Variaciones climáticas y fluctuaciones de la oferta agrícola en el centro-sur de Brasil. Zonificación Ecológica. Brasília, 1972. t. 2.
7. García, A. Aspectos sobre crecimiento y producción del cafeto. *Anacafé*, 1968, vol. 269, p. 23-28.
8. Arroyo, L. A. Método de evaluación de tierras para cultivos anuales por medio del Sistema de Información Geográfica. Estudio de caso (Distrito de Upala). *Agronomía Costarricense*. 1997, vol. 21, no. 1, p. 83-97.
9. Gindel, J. Ecological behavior of the coffee plant under semi-arid conditions. *Coffee. Turrialba*, 1962, vol. 4, p. 49-63.
10. Purscglove, J. W. *Coffea*. En: Tropical Crops. Dicotyledons. Longman Scientific and Technical, 1991. 492 p.
11. Amaya, F. /et al./ Paquete tecnológico para la producción de café. Paquetes Tecnológicos. 1998, vol. 6, 307 p.
12. Valencia, G. Manual de nutrición y fertilización. Quito. Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1988. 61 p.
13. CENICAFE. Resumen del informe anual de actividades. 1997-1998, 1998. 133 p.
14. Haarer, A. E. Producción moderna de café. La Habana. Ed. Revolucionaria, 1969. 652 p.
15. Rena, A. B. y Maestri, M. Fisiología do cafeeiro. En: Cultura do cafeeiro. Factores que afetam a produtividade. Sao Paulo. *Potafos*, 1986, p. 13-85.
16. Gutiérrez, G. Modernización de la caficultura costarricense. En: Coloquio Científico Internacional sobre el café. (13:1989 ago. 21-25:Paipa). p. 600-616.
17. Castillo, Gladis /et al./ Tecnología para la producción de café en México. C. México. INIFAP, 1999. 90 p.
18. Ramírez, J. E. Manejo agronómico del cultivo de café en Costa Rica. En: Seminario del café. Tecnologías para producir altos rendimientos y buena calidad. (1999 abr. 11-14:Guatemala).
19. Valencia, G. Fisiología de la producción de café, nutrición y fertilización. En: Seminario del café. Tecnologías para producir altos rendimientos y buena calidad. (1999 abr. 11-14:C. Guatemala).
20. Díaz, W. Manejo de plantaciones de cafetos *Coffea arabica* L. Var. Caturra, en especial: la poda y la sombra. [Tesis de Grado], INCA, 1990. 100 p.
21. Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Nuevo Atlas Nacional de Cuba, La Habana. 1989.
22. Morales, D. Influencia de la humedad del suelo y diferentes condiciones de aviveramiento del *Coffea arabica* L. [Tesis de Grado], INCA, 1986. 152 p.
23. Ruiz, María del C. Estudio de parámetros indicadores del déficit hídrico en cítricos y frutales. En: Memoria presentada para aspirar al grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. Murcia. España, 1983. 40 p.
24. INRA. Equipo Técnico Agrícola. Normas Técnicas para el cultivo del cafeto. La Habana. Instituto Cubano del Libro, 1974. 126 p.
25. Cuba. Ministerio de la Agricultura. Dirección Nacional de Café y Cacao. Instrucciones Técnicas para el cultivo y cosecha del café y cacao. La Habana. CIDA, 1981. 176p.
26. Cuba. Ministerio de la Agricultura. Dirección Nacional de Café y Cacao. Instrucciones Técnicas para el cultivo del café y el cacao. La Habana. CIDA, 1987. 208 p.
27. Cuba. Dirección Nacional de Café y Cacao. Tecnología para altas densidades en el cultivo del café. La Habana. CIDA, 1993. 42 p.
28. Martínez, J. M. El desarrollo de la montaña en Cuba: Problemas geográficos de la transformación económica y social. [Tesis de Grado], Universidad de La Habana, 1995. 23 p.
29. Guimarães, P. T. G. y Lopes, A. S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. En: Cultura do cafeeiro. Fatores que afetam a produtividade. Sao Paulo. *Potafos*, 1986. p. 115-161.
30. Villaseñor, A. Caficultura moderna en México. C. México. Ed. Futura, 1987. 469 p.
31. Vázquez, L. Manejo agroecológico de las plagas del cafeto en Cuba. En: Congreso Internacional de Manejo Integral de Plagas. (7:1998 oct. 26-30:Managua).
32. Mapping. Revista Cartográfica. La evaluación integrada de los recursos forestales y los SIG. p. 40-44. abril, 1998.
33. Díaz, W. Café y Cacao: Panorámica de su desarrollo en Cuba. Principales resultados científico-técnicos de la ECICC, al arribar a su XX Aniversario. Retos y perspectivas a la entrada del nuevo siglo. Conferencia. En: Resúmenes Simposio Internacional de Café y Cacao CUBACAFE'99. (1999:Santiago de Cuba), p. 16-23.
34. CIAT. Un nuevo enfoque del mundo. El poder integrador de los SIG. Cultivando Afinidades. 1998, no. 10.
35. González, G. H. Zonificación agroecológica de la especie *Coffea arabica* con el empleo de un SIG en un sector del Grupo Guamuha. [Tesis de Grado], Instituto de Ecología y Sistemática, 1999. 72 p.

36. Cuba. Dirección Nacional de Café y Cacao. Elementos básicos para la tecnología del café. 1993. 13 p.
37. Goldsworthy, P. R. y Fisher, N. M. The physiology of tropical field crops. Nueva York. John Wiley and sons, 1984.
38. Instituto de Suelos. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. La Habana. AGRINFOR, MINAGRI, 1999. 64 p.
39. Chaminade, R. Reserches sur la fertillite et le fertilisation des sols dans regions tropicaux. *Agron. Tropicale*. 1965, vol. 29, p. 891-904.
40. Guenzburg, K.E. y Levedeva, L. C. A method for determining mineral forms of soil phosphates. *Soviet Soil Sci.*, 1971, vol. 3, no. 1, p. 108-119.
41. Arines, J. y Alvarez, María T. Contribución al estudio del fósforo en suelos ácidos. I. Características de adsorción y fracciones de P en una tierra parda del noroeste de España. *Turrialba*, 1981, vol. 31, no. 3, p. 217-226.
42. Ruiz, J. Particularidades de la formación y uso agrícola de los suelos del macizo montañoso Sagua-Baracoa. [Tesis de Grado], Instituto de Suelos, 1988. 103 p.
43. Valdés, M. Formas del potasio en los suelos de Cuba, Metodología para su determinación. Informe de Tema. La Habana. Instituto de Suelos, 1982. 60 p.
44. Simón, F. Programa de defensa integral contra el minador de la hoja del cafeto. Hoja Informativa # 4. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. *Hoja informativa*, 1989, no. 4, 13 p.
45. Orlay, R. y Martín, G. Sistema de Información Geográfica para el manejo de las regiones especiales de desarrollo sostenible de la República de Cuba (macizos Nipe-Sagua-Baracoa, Sierra Maestra, Guamuhaya y Guaniguanico). CITMA-GEOCUBA, PNCT: Desarrollo Sostenible de la Montaña, 1999. 53 p.
46. Hernando, V. /et al./ Influencia de los aniones silicato y fluoruro sobre la retención de fósforo en suelos volcánicos. *An. de Edaf. y Agrobiol.* 1985, vol. 54, no. 5-6, p. 613-632.
47. Ruiz, J.; Hernández, A. y Torres Font, J. M. Distribución de los suelos en el macizo montañoso del Norte de Cuba Oriental. En: Memorias Congreso Nacional Soc. Mex. Ciencias del Suelo (25:1992: Acapulco), p. 10.
48. Hernández, A.; Morales, M.; Vantour, A.; Jaimez, E.; Baisre, J. y Salazar, A. Características genéticas y factores limitantes de la agroproducción de los suelos del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa. Informe de Etapa. Proyecto 007-01-002. Programa de Montaña. Instituto de Suelos, MINAGRI, 1998. 57 p.
49. Portela, A. H.; Díaz, J. L.; Hernández, J. R.; Magaz, A. R. y Blanco, P. Geomorfología. Mapa escala 1:1000000. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía. La Habana. Academia de Ciencias de Cuba, Madrid ICGC. Edit. Instituto Geográfico Nacional. España, 1988.
50. Nuñez Jiménez, A. y Torrente del Valle, J. Geografía de la región del Segundo Frente Oriental "Frank País", Santiago de Cuba. Instituto de Geografía. Academia de Ciencias de Cuba, 1975.
51. Trusov, I. I., Izquierdo, A. y Díaz, L. R. Características espaciales y temporales de las precipitaciones atmosféricas en Cuba. La Habana. Academia de Ciencias de Cuba, 1983.
52. Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV). Programa integral de defensa fitosanitaria del cafeto. La Habana. CNSV, 1989. 79 p.

Recibido: 16 de octubre del 2000

Aceptado: 26 de diciembre del 2000