

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LA CORDILLERA DE GUANIGUANICO

F. Soto[✉], A. Hernández, A. Vantour, Marisol Morales, C. M. Lopetegui, O. Hernández, E. Garea, D. Morales, Á. Leyva, M. Bertolí, Irene Moreno, A. Ramírez, A. Renda y Adriana Pérez

ABSTRACT. A country development needs an agricultural planning; if it is economically profitable, it should be restricted to the ecological reality of producing areas. In this sense, agroecological zoning is one of the main tools to diminish the risks in agriculture. Keeping in mind these elements, agroecological zoning was carried out in the *cordillera de Guaniguanico*. Information was recorded in eight meteorological stations and 62 pluviometers from the net of the National Institute of Water Resources to conduct the climatic zoning; 371 000 ha were studied to get data from more than 500 profiles with complete charts, which allowed to characterize soils from the physical, chemical and mineralogical points of view. Different Systems of Geographical Information (SIG) were employed to establish the relationships among several parameters studied to attain the agroecological zoning. Starting from the analysis of information on the performance of crops, the bases for zoning were settled down, considering the temperature and the rain as fundamental climatic elements; both elements were combined to define yield potentials for each condition. The other discriminating element was the soil; firstly, the types of soils and its aptitude for cultivation were kept in mind, later on, its effective depth was considered.

Key words: coffee, zoning, environment, climate, soil, mountain zone

RESUMEN. El desarrollo de un país necesita de una planificación de la actividad agrícola, que si se quiere que sea económicamente rentable, debe ceñirse a la realidad ecológica de las áreas de producción. En este sentido, la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura. Teniendo en cuenta estos elementos, se procedió a realizar la zonificación agroecológica de la cordillera de Guaniguanico. Se tuvo información de ocho estaciones meteorológicas y 62 pluviómetros de la red del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, con lo cual se llevó a cabo la zonificación climática; se estudiaron 371 000 ha, en las que se obtuvo información de más de 500 perfiles con planillas completas, lo que permitió caracterizar los suelos desde los puntos de vista físico, químico y mineralógico. Se utilizaron diferentes Sistemas de Información Geográfica (SIG), para establecer las relaciones entre los distintos parámetros estudiados y llegar a la zonificación agroecológica. A partir del análisis de la información sobre el comportamiento de los cultivos, se establecieron las bases para la zonificación, tomándose como elementos fundamentales del clima la temperatura y la lluvia; ambos se combinaron y se definieron los potenciales de rendimiento para cada condición. El otro elemento discriminante fue el suelo; en primer lugar, se tuvieron en cuenta los tipos de suelo y su aptitud para el cultivo y posteriormente se consideró la profundidad efectiva.

Palabras clave: café, zonificación, medio ambiente, clima, suelo, zona de montaña

INTRODUCCIÓN

En un programa de desarrollo de la agricultura, como primer paso, se deben evaluar los recursos naturales disponibles y tener una medida del resultado de la interacción

entre el ambiente y los cultivos, para caracterizar la variabilidad de esa interacción tanto en forma temporal como espacial.

Un ecosistema es el conjunto de seres vivos y medio ambiente en una unidad geoespacial con sus interacciones, interdependencias y equilibrios, que permite el desarrollo de especies con determinadas características (1).

Drs.C. F. Soto, A. Leyva y M. Bertolí, Investigadores Titulares; Ms.C. Irene Moreno Investigador Agregado y A. Ramírez, Investigador Auxiliar del Departamento de Fitotecnia; Dr.C. A. Hernández, Investigador Titular del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas; Dr.C. D. Morales, Investigador Titular del Departamento de Fisiología y Bioquímica de las Plantas; Ms.C. Adriana Pérez, Investigador Agregado del Departamento de Matemática Aplicada, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, GP 1, San José de las Lajas, La Habana; A. Vantour, Investigador Auxiliar, GEPROP, CITMA; Ms.C. Marisol Morales, INIFAT; MINAGRI; C. M. Lopetegui, Investigador y O. Hernández, Especialista, Delegación Provincial del Instituto de Meteorología, Pinar del Río; Dr.C. E. Garea, CENATAV, MINBAS; Ms.C. A. Renda, Instituto de Investigaciones Forestales, MINAG, Cuba.

✉ soto@inca.edu.cu

La interrelación entre los componentes genéticos, ambientales y de manejo influye en la fisiología y las modificaciones que muestran las plantas durante su vida; la fisiología de la planta está gobernada primeramente por su genotipo, y su expresión cabal está modificada por los factores del medio ambiente como el clima y el suelo, así como por las prácticas culturales. El crecimiento, desarrollo y la productividad de los cultivos están estrechamente relacionados y dependen completamente del clima, el suelo y ambiente en general donde han sido sembrados (2).

Los estudios detallados del suelo y el uso de la tierra resultan de gran importancia para el planeamiento del desarrollo agrícola de una región y constituyen un arma insustituible para que los especialistas, productores y decisores puedan conocer cuáles son los cultivos a sembrar. En este sentido, la zonificación agroecológica es una de las principales herramientas para disminuir los riesgos a los que está sometida la agricultura.

La zonificación agroecológica de los cultivos se entiende como la distribución de las plantas cultivadas en un área, una región o un país determinado, conforme a las exigencias agroecológicas de las especies (3). 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. 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.

El comportamiento del clima es de vital interés para la vida social del hombre; sus consecuencias se reflejan en campos muy diversos de la economía nacional, pero muy especialmente en la agricultura, pues esta puede ser considerada como una gran fábrica a ciclo abierto, en la cual todas las actividades que se realizan son dependientes del tiempo atmosférico y el clima, teniendo en cuenta, sin considerar los efectos extremos, que es responsable del 60-70 % de la variabilidad de la producción (4).

Las montañas son una gran masa de rocas deformadas o un territorio elevado en más de 300 m sobre la altura del relieve local, con pendientes inclinadas donde es frecuente la presencia de variaciones en el clima y los fenómenos biológicos asociados. Estas cubren el 20 % de la superficie terrestre del planeta, constituyen la fuente de más de la mitad del agua de la Tierra, son grandes centros de diversidad biológica y cultural, y motivan inspiración y espiritualidad (5). Además, son áreas de gran inestabilidad y variabilidad, que se caracterizan por espectaculares corrimientos de sedimentos, rocas y erosión, son regiones de alta energía ambiental y centro de desarrollo socioeconómico para una parte importante de la población mundial.

Con estos antecedentes y mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se ejecutó el presente trabajo, con los objetivos de caracterizar las principales variables climáticas, edáficas y ecológicas de la cordillera de Guaniguanico y zonificar agroecológicamente, mediante mapas a escala 1:100000, dicha cordillera, basándose en las principales variables abióticas que definen el potencial productivo de los diferentes cultivos, a saber: café, cultivos varios (viandas, hortalizas y granos), frutales y forestales. La utilización de los SIG, como herramienta para la ayuda a la toma de decisiones en la agricultura, ha sido amplia en Cuba e internacionalmente, dentro de ello para la zonificación agroecológica (6).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del área de estudio. La cordillera de Guaniguanico es uno de los sistemas montañosos de la Isla de Cuba (Mapa 1), su centro se encuentra en los 22° 42' de latitud norte y los 83° 30' de longitud oeste. Incluye los municipios de Mantua, Guane, Minas de Matahambre, Viñales, La Palma, Consolación del Sur, Los Palacios, San Cristóbal, Candelaria, Bahía Honda y Pinar del Río e incluye dos municipios de La Habana. Ocupa un área de 3 710 km², representa el 20 % del área montañosa del país y se extiende longitudinalmente 160 km con un ancho máximo de 35 km (7); mantiene una dirección media ENE-OSO y se inclina al SO en su tercio occidental.

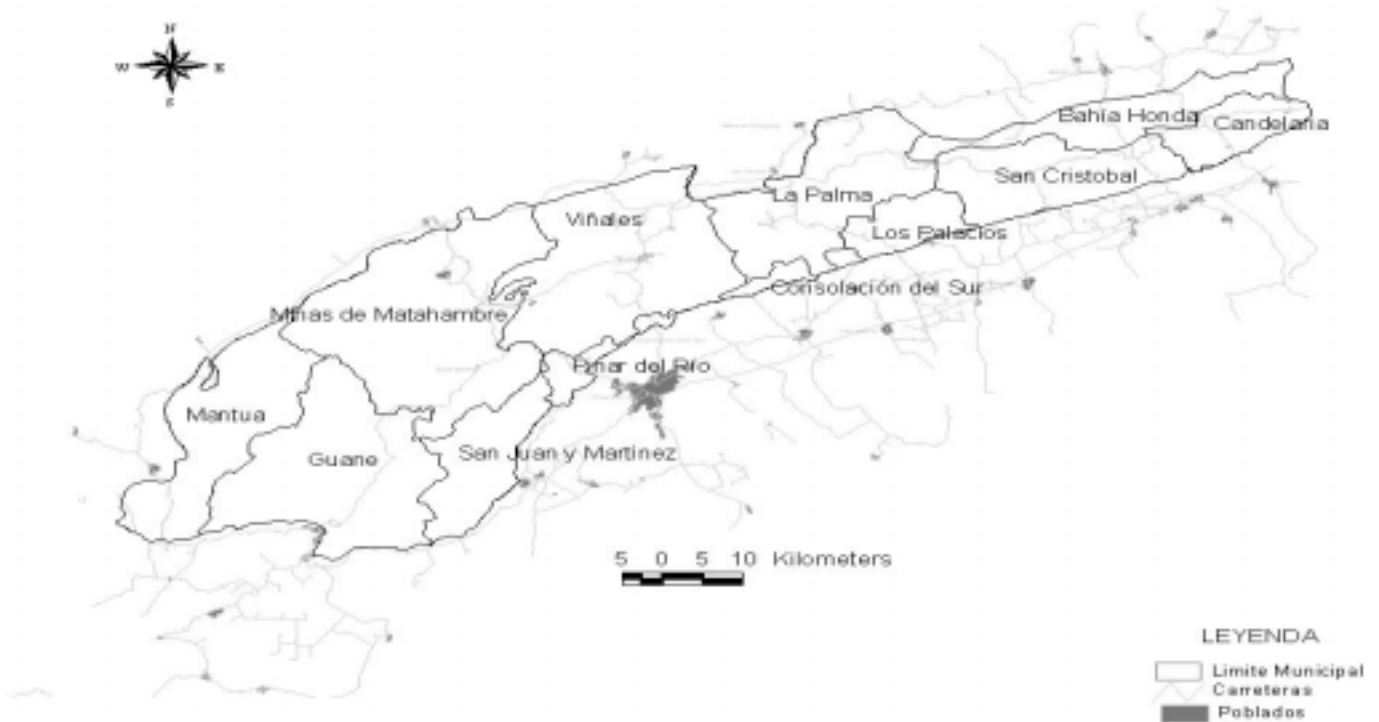
En este macizo montañoso viven alrededor de 89 618 habitantes, el 0,8 % de la población cubana; el macizo representa el 32,3 % de la superficie provincial. La cordillera se corresponde con la zona estructuro-facial Guaniguanico, que se caracteriza por su complejidad estructurotectónica y por rocas carbonatadas y ferrígenas a veces metamorfoseadas, con edades comprendidas entre el jurásico inferior y el eoceno. Se identifican estructuras complicadas y notables de plegamiento y escamas de sobrecorrimiento que perturban la sucesión estratigráfica. El desarrollo del relieve también está muy relacionado con las características litoestructurales. Son clásicos el carso cónico de cúpula y de torres (mogotes), las depresiones intramontanas de contacto y las formas superpuestas, mientras que las áreas donde afloran las rocas no carbonatadas poseen una intensa disección erosiva, la cual está influida por una extensa red hidrográfica, que antes de verter sus aguas en el Golfo de México por el norte y en el Mar Caribe por el sur, forma pantanos. Los ríos más importantes de la vertiente sur son: Ajiconal, Hondo, San Diego, San Juan y Martínez, Feo y Los Palacios, y el más caudaloso es el Cuyaguatije; en la vertiente norte se encuentran el Maní-Maní, Malas Aguas, Palma, Las Pozas y Pan de Azúcar, entre otros (7).

En esta cordillera se manifiestan interesantes combinaciones de premontañas, montañas, mesetas, mogotes y valles que la tipifican; además, en ella nacieron 51 de los 54 ríos con que cuenta la provincia, lo que define en gran medida el paisaje y el clima tanto de la cordillera como del resto de la superficie territorial (8).

Los tipos de suelos y la cobertura vegetal tienen aproximadamente correspondencia con la división litoestructural del relieve. Predominan los suelos Ferralíticos de los tipos Rojo, Rojo lixiviados, Amarillentos y Poco evolucionados del tipo esquelético. Las diferencias en la morfoestructura determinan la existencia de dos grupos de paisajes: la Sierra de los Órganos con una superficie de 2 702 km² y la del Rosario, que ocupa un área de 923,4 km². Como unidades fisiográficas más importantes se destacan sus mayores elevaciones: Pan de Guajaibón con 699 m snm, el Salón con 560 m snm y Cerro de Cabras con 484 m snm (Mapa 2).

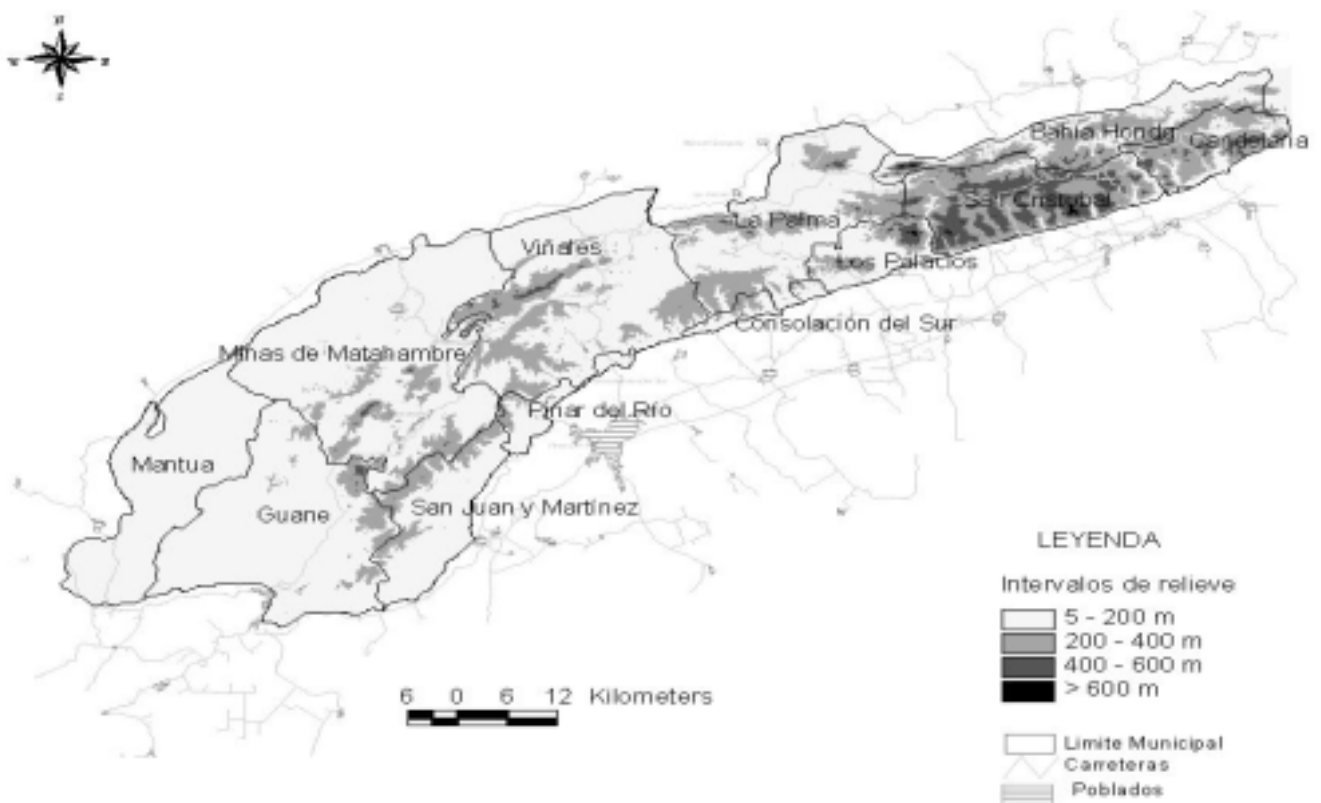
Mapa 1

**Cordillera de Guaniguanico
División Politico Administrativa**



Mapa 2

**Cordillera de Guaniguanico
Relieve**



Clima. Para la ejecución de este trabajo se seleccionaron ocho puntos en toda la cordillera, en los que se cumplieran varios objetivos: disponibilidad de datos anteriores con series relativamente representativas, ubicación que permitiera estudiar el territorio en todas sus dimensiones y posiciones (cimas, valles, laderas de barlovento y sotavento, y alturas desde 100 a 500 m snm).

Se realizaron cuatro expediciones en los períodos representativos del clima de Cuba durante una semana en cada uno de ellos (invierno, transición invierno-verano, verano, transición verano-invierno).

Durante los períodos de expedición, se realizaron observaciones simultáneas tanto en los nueve puntos seleccionados en la cordillera como en las ocho estaciones de la Red Básica Climatológica de la provincia de Pinar del Río, sobre la base de la aplicación del código FM-12 normado por la Organización Meteorológica Mundial (9), y se midieron y observaron la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) y las precipitaciones (mm). Los datos obtenidos como resultado de las expediciones fueron procesados estadísticamente, según se norma por la OMM (10) y correlacionados con el de las estaciones meteorológicas del llano, que cuentan con una serie más extensa de observaciones. Sus resultados fueron empleados para calcular las series históricas de los puntos de la montaña y posteriormente se validaron con la información anterior existente.

De la base de datos de lluvia del Instituto de Recursos Hidráulicos, se seleccionaron 62 pluviómetros con una serie de 20 años de mediciones, para la confección de los gráficos de marcha anual del régimen pluviométrico y el mapa isoyético anual de la provincia. Con toda la información procesada se confeccionaron los diagramas de isopleas para la variable temperatura.

Suelos. El trabajo cartográfico se ejecutó de acuerdo con las normas y los principios establecidos en la Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos (11), aplicándose el método genético-geográfico comparativo, el cual se fundamenta en los conceptos Neodokuchaevianos, que privilegian la interrelación de los factores de formación de suelos, que dan lugar a procesos de formación, los cuales determinan tipos de suelos y sus propiedades (12, 13).

Se estudiaron un total de 371 000 ha, analizándose más de 500 perfiles de suelos; de ellos, 300 fueron aportados por el mapa genético de suelos, en escala 1:25 000. En la delimitación de las áreas se consideraron la cota de 100 a 200 m sobre el nivel medio del mar, por coincidir con los límites geográficos del plan Turquino-Manatí.

Los trabajos pedológicos empleados como material de base se ajustaron a la Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba, la cual fue actualizada con la Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba (13), y se siguió el procedimiento desarrollado en un estudio de suelos en la cordillera de Guaniguanico (14).

Para delimitar las características y propiedades de los suelos, se tuvo en cuenta la unidad de área, descripción del perfil y clasificación de las unidades cartográficas. En la correlación se utilizaron las líneas de diferenciación del mapa genético de suelos, en escala 1: 25000, aun cuando se emplearon otros mapas en ella o diferente escala, para mantener el método de separación de las unidades areales, basadas en descripciones, resultados analíticos y un gran número de observaciones de campo.

Los factores limitantes de los suelos se evaluaron a nivel de subtipos de suelos separados en el mapa, dividiéndose en tres aspectos: factores que se relacionan con el medio o entorno geográfico, factores que son el resultado de las características edafológicas naturales y factores que son proceso de degradación del suelo por influencia antropogénica.

Las propiedades físicas, químicas y mineralógicas se determinaron a nivel de horizontes en 20 perfiles representativos de los agrupamientos de los suelos Alíticos, Ferríticos, Ferralíticos, Fersialíticos y Pardo Sialíticos, por ser los que tienen mayor vocación para la agricultura, en particular el cultivo del cafeto. Estas propiedades fueron determinadas a partir de las metodologías que aparecen en el Manual de técnicas analíticas del Instituto de Suelos (11).

Definición de los requerimientos ecológicos de los diferentes cultivos. Se realizó una búsqueda exhaustiva de la información existente en el país sobre los resultados de las investigaciones desarrolladas en diferentes condiciones ecológicas; también se utilizó la información disponible internacionalmente en cada uno de los cultivos estudiados; por último, se sometieron los elementos planteados a criterio de expertos de diferentes instituciones científicas del país, tomándose como rango de temperatura media 18-24 $^{\circ}\text{C}$. En el caso del cafeto, se partió de lo establecido en la zonificación agroecológica de este cultivo en los macizos montañosos Sagua-Nipe-Baracoa, Sierra Maestra y Guamuhaya (15, 16, 17), haciéndose algunas adecuaciones teniendo en cuenta las características de esta región. Los indicadores definidos para la zonificación se presentan en la Tabla I.

Toda la información anteriormente descrita fue integrada en el SIG ArcView v 3.2, que incluye potentes herramientas de análisis espacial y permite la realización de las combinaciones propuestas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del clima. La presencia de una elevación o del conjunto de elevaciones que componen la cordillera produce perturbaciones en la circulación atmosférica, de lo que resultan además alteraciones en el resto de los elementos climatológicos (17). En la provincia de Pinar del Río, existe durante todo el año un predominio de los vientos de región E, sobre todo en la vertiente sur y hacia zonas del centro-oeste del territorio.

Tabla I. Categorías de zonificación para los diferentes cultivos

Cultivo	Categoría de zonificación	Precipitaciones (mm)	Agrupamiento de suelos	Profundidad efectiva
Café	Optima	>1800	Fr. Al. Fs y PS	Muy profundos
	Medianamente optima	>1500	Fr. Al. Fs y PS y Ft	Muy profundos y profundos
	Aceptable	>1200	Fr. Al. Fs y PS y Ft	Medianamente profundos
Cultivos Varios	Optima	>1200	Fr. Al. Fs . PS y Fc	Muy profundos y profundos
	Medianamente optima	>1200	Fr. Al. Fs . PS y Fc y Fl	Muy profundos. profundos y medianamente profundos
Frutales	Optima	>1800	Fr. Al. Fs. PS y Fl	Muy profundos
	Medianamente Optima	>1500	Fr. Al. Fs. PS y Fl	Muy profundos y profundos
	Aceptable	>1200	Fr. Al. Fs. PS y Fl	Medianamente profundos
Forestales	Optima	>1500	Fr. Al. Fs. PS y Ft	Muy profundos y profundos
	Medianamente optima	>1200	Fr. Al. Fs. PS y Ft	Medianamente profundos

Fr: Ferralíticos; Al: Alíticos; Fs: Fersialíticos; PS: Pardo Sialíticos; Ft: Ferríticos; Fc: Ferrálicos; Fl: Fluvisoles

En algunos casos, como ocurre en las alturas pizarrosas de la Sierra de los Órganos, estos vientos penetran con una componente algo más del SE, remontando sus elevaciones, adaptándose a la configuración y fluyendo por el interior de los valles intramontanos de la citada sierra, hasta encontrarse con las zonas más elevadas como el Cerro de Cabras, donde la elevación forzada del viento se acentúa un tanto y unido al régimen de vientos locales valle-montaña provoca procesos convectivos. En la vertiente norte, la componente predominante es del ENE, provocada por su estrechez, y el viento manifiesta un comportamiento similar, generando la convección al encontrarse con elevaciones como las Sierras del Infierno y Pan de Azúcar, ambas de las alturas pizarrosas del norte.

En la Sierra del Rosario, por tener un relieve más complicado y una topografía más acentuada, el contorneado de sus elevaciones, la fluidez a través de los valles, se hace más violento y la inestabilidad convectiva se acentúa, mostrando sus efectos a lo largo del eje central de esta sierra sobre las localidades de Ciro Redondo, Rancho Mundito, Niceto Pérez, Rangel y hasta las proximidades de San Diego de los Baños.

Mientras se avanza hacia el oeste de la provincia, donde prácticamente disminuye el efecto de la cordillera, se aprecia una ligera convergencia del flujo, lo que provoca el llamado frente de brisas o de convergencia en el extremo centro-oeste.

En general, prevalece una amplia influencia del régimen de vientos locales, ya que en zonas de la cordillera existe una estrecha relación e interdependencia entre todas las unidades fisiográficas y el efecto dinámico, que se produce por la combinación de las brisas costeras y el viento local valle-montaña, corroborándose lo planteado anteriormente (18).

El incremento de la nubosidad resultante de los procesos convectivos, que se generan en las zonas de la cordillera como consecuencia de la circulación de los vientos sobre ella por una parte y de los niveles de exposición a la incidencia del sol por otra, así como la influencia

del relieve y orientación de este sistema explican la disminución en esta respecto a la llanura de la insolación y, en consecuencia, de las magnitudes de radiación solar.

Los efectos sobre el régimen térmico en la cordillera de Guaniguanico (Mapa 3) dependen en buena medida de su orientación (18), ya que la orientación este-oeste provoca que la vertiente sur reciba mayor cantidad de radiación solar que la norte, tanto para cada montaña aislada como para la cordillera en general. Lo mismo sucede para los valles, en los cuales la pendiente que mira al sur recibe más calor y lo refleja hacia la umbría.

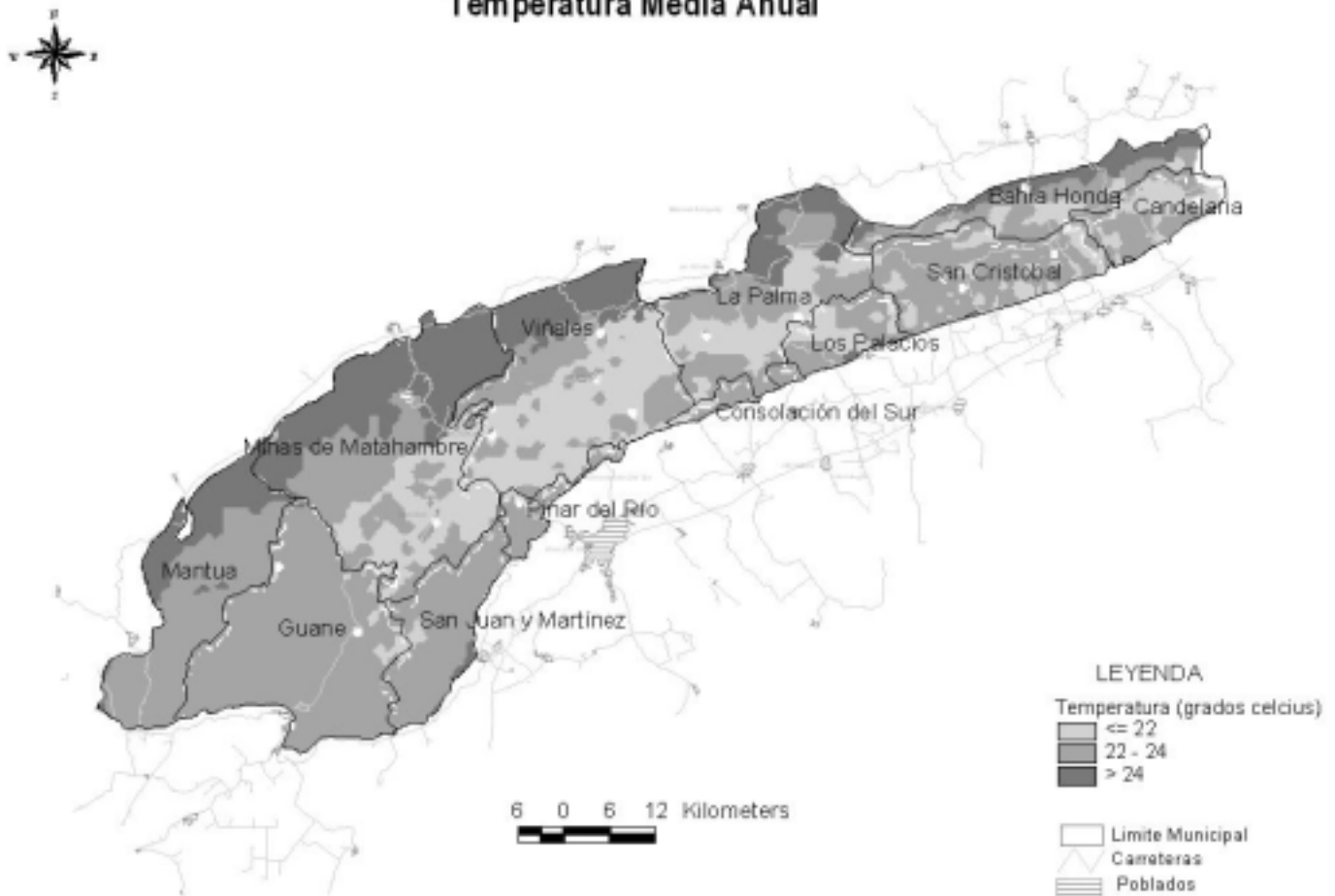
No solo la radiación como consecuencia de la orientación constituye el elemento determinante en la definición del régimen térmico de la cordillera de Guaniguanico, sino la combinación de varios factores, entre los que se destacan significativamente la circulación local, la cual produce un intercambio energético, que se hace más significativo en la Sierra del Rosario, por tener las máximas elevaciones (19).

Hacia las cimas más significativas de la cordillera se presentan los valores más bajos de temperatura media del aire (menos de 22.0°C), respondiendo al comportamiento de la variación de este elemento con la altura; sin embargo, registros similares se producen en los valles intramontanos cerrados, lo que obedece a condiciones locales (circulación y efecto de la radiación).

Al analizar la marcha diaria y anual de la temperatura en las estaciones de montaña, se evidencia la influencia tanto del relieve como de la altura, en el comportamiento de esta variable respecto a las estaciones ubicadas en el llano, ya que en todas las estaciones de montaña se registran las temperaturas más bajas, tanto diurnas como nocturnas, lo que se refuerza en las localidades ubicadas tanto en las cimas como en los valles intramontanos cerrados. La influencia de la cordillera en el régimen térmico de la provincia, experimenta un ligero descenso en la medida que se avanza hacia su interior; además, se registran valores inferiores en los valles que en las cimas, predominando más la influencia del relieve que la orografía.

Mapa 3

Cordillera de Guaniguanico Temperatura Media Anual



Lo más significativo en el análisis del régimen pluviométrico se produce en el macizo montañoso de la Sierra del Rosario, aunque en muy pocas unidades fisiográficas no se rebasan los 500 m snm; la orografía juega un papel determinante para generar sobre esa zona acumulados anuales superiores a los 2 000 mm (Mapa 4), al manifestarse la interacción de la ascendencia de las brisas que vienen de ambas llanuras y de los valles interiores convergentes sobre la zona, estimulando los procesos convectivos responsables de la ocurrencia frecuente de precipitaciones (20).

Ocupando la mayor parte de la Sierra del Rosario y la parte más próxima a esta de la Sierra de los Órganos, se producen acumulados anuales entre 1800-2000 mm. Estos mismos registros se producen aunque en una zona no tan amplia en parte de los municipios Viñales y Minas de Matahambre.

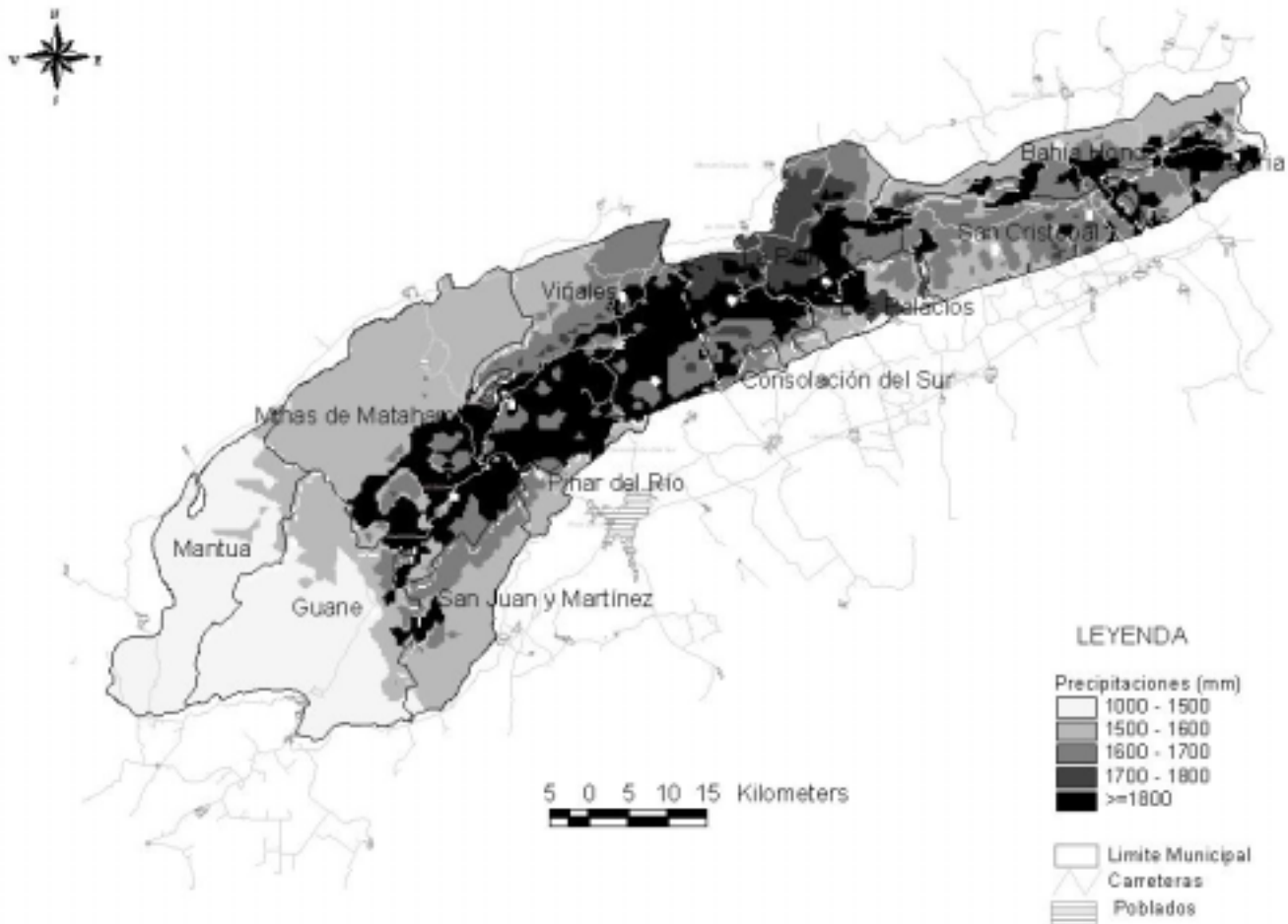
Características de los suelos. Se considera que el relieve de la región en gran parte está determinado por los movimientos tectónicos ocurridos en la zona, originando la redistribución y sedimentación de materiales geológicos y formación de suelos. En general, esta cordillera está

conformada por montañas pequeñas, premontañas, alturas periféricas y valles intramontanos, edificados sobre un sistema de bloques horst y graben en mantos y escamas de sobrecorrimientos; estas montañas han sido creadas como consecuencia de ascensos verticales diferenciados en la etapa neotectónica de formación del relieve, que involucrarán a las estructuras imbricadas inactivas antiguas (21).

En la cordillera de Guaniguanico se distinguen dos grupos montañosos principales, los cuales están bien diferenciados, y se nombran Sierra del Rosario y Sierra de los Órganos, los que están separados en su porción norte por la cuenca del río Puercos y al sur por el río San Diego. El eje orográfico de la Sierra de los Órganos posee una dirección nordeste a suroeste, que está formada por varios sistemas fisiográficos, tales como las Pizarras del Norte, Pizarras del Sur y Sierra de los Órganos en su parte central. Su límite oriental está ocupado por la depresión tectónico-erosiva de San Diego, asociada a un sistema de fallas transcurrientes. Esta gran zona de fallamiento separa las montañas de los Órganos del bloque de la Sierra del Rosario.

Mapa 4

Cordillera de Guaniguanico Precipitación Anual



Este conjunto montañoso constituye una de las regiones cubanas donde mejor se aprecian, en el relieve actual, los rasgos antiguos de la tectónica alpina de mantos de sobrecorrimientos, modificados por la tectónica moderna en sistemas de bloques con diferentes estilos geotectónicos tridimensionales; en este bloque se distinguen varios escalones morfoestructurales como las premontañas del norte, que no sobrepasan los 400 m de altura, mientras que la montañas carsificadas de la Sierra de los Órganos pueden alcanzar alturas hasta de 590 m. Estas cadenas de montañas bajas monoclinales carsificadas, constituidas por empinados mogotes de cimas cónicas o redondeadas y paredes verticales, están separadas por poljas o valles cársicos cerrados de fondo plano, con fértiles suelos de las vecinas Alturas de Pizarras. Entre las Alturas de Pizarras del Sur y la Sierra de los Órganos se han desarrollado amplias depresiones estructuro-litológicas, sobre los cuales se extienden hermosos y fértiles valles, entre los que se destacan Viñales, Isabel María, Luis Lazo y San Andrés.

La Sierra del Rosario tiene montañas constituidas por plegamientos complejos, que forman elevaciones casi

paralelas, cuya morfología difiere de la Sierra de los Organos; sus laderas aunque no verticales, como en los mogotes, son a veces muy pendientes y las cimas, en general, son puntiagudas, presentando también morfoelementos y otras manifestaciones cársicas, entre las que se destacan la Sierra de Rangel y las montañas de Soroa (20). La unidad morfoestructural de la Sierra del Rosario está constituida por un macizo montañoso bastante desmembrado, con altitudes predominantes desde 440 hasta 540 m. Al noroeste de la Sierra del Rosario se encuentra la elevación mayor de la cordillera de Guaniguanico, el pan de Guajaibón con 699 m de altura sobre el nivel medio del mar; son notables también por sus elevaciones el Cerro de Cabras con 484 m y la Loma del Toro con 674 m (8, 20). La Sierra del Rosario refleja una morfoestructura de horst en secuencias calcáreas, al oeste del sistema está enclavada la sierra mesiforme de Cajálbana, bloque masivo isométrico desarrollado sobre rocas ultrabásicas del cinturón ofiolítico septentrional de Cuba, en la cual existen moderados espesores de cortezas de intemperismo, las que posibilitan el desarrollo de suelos muy evolucionados.

La zona montañosa que comprende toda la cordillera de Guaniguanico es la más antigua y su aparición se remonta al período del Jurásico de la era Mesozoica. En estas regiones predominan fenómenos de metamorfismo, los que han generado rocas esquistosas y pizarrosas, propias de la formación San Cayetano, la cual se encuentra principalmente ubicada en las Alturas de Pizarras, en la parte occidental de la cordillera.

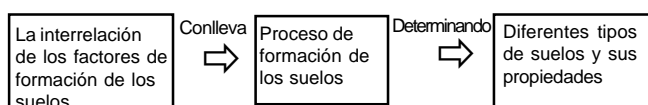
San Cayetano está conformado por esquistos, cuarcitas, mica-esquistos, alternando con calizas duras en forma de carso cónico, lo que da origen a los llamados mogotes. Desde el punto de vista edafológico, el complejo basal se puede dividir en dos tipos: uno formado por esquistos, filitas y pizarras, y el otro de composición más ácida, con areniscas cuarcíticas y esquistos cuarcíticos.

Hacia la Sierra del Rosario la geología cambia; en esta región están desarrolladas secuencias miogeosinclinales predominantemente carbonatadas, que han producido, debido a los movimientos tectónicos, un desplazamiento de las rocas egeosinclinales donde predominan las secuencias vulcanógenas (22). Por esto, en la Sierra de Rosario, se pueden observar numerosos paquetes, mantos y escamas tectónicas de rocas egeosinclinales y serpentinitas desplazadas casi horizontalmente desde el sur y encajadas o intercaladas entre las rocas carbonatadas de las facies miogeosinclinales.

El tiempo de formación de los suelos de la cordillera de Guaniguanico puede considerarse que se encuentra entre los más antiguos de Cuba, debido a que las rocas madres son principalmente del Jurásico; la estabilidad para el comienzo de la formación de suelos en la isla tuvo lugar a finales del Neógeno, principios del Cuaternario, es decir, hace aproximadamente uno o dos millones de años.

Tomando en cuenta los resultados anteriores (23), para la región de estudio se considera que en los macizos de las Alturas de Pizarras y la Sierra del Rosario, la formación de suelos es de principios del Cuaternario, bajo un clima tropical húmedo; mientras que para las regiones periféricas, alomadas-premontañas y valles internos, fue posterior, durante todo el período Cuaternario, sujeto a la formación del suelo *in situ* y redeposición de materiales de las cortezas de intemperismo desde los relieves más altos y más antiguos.

Los principios Neodokuchaevianos establecen la interacción de los factores de formación, lo que da lugar a diferentes procesos elementales de formación, que a su vez definen la manifestación de los distintos tipos genéticos de suelos y sus propiedades físicas, químico-mineralógicas y biológicas, lo que se puede expresar a través de la fórmula siguiente (12):



Las condiciones histórico-naturales de la cordillera de Guaniguanico, caracterizadas por un clima tropical húmedo y de humedad alternante con relieves relativamente antiguos y composición geológica variable con rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, determinan que los procesos de formación que actúan directamente en las transformaciones de la parte mineral de los suelos sean la alitización, ferritización, ferralitización, fersialitización y sialitización, apreciándose que la secuencia evolutiva pedogenética transita desde los suelos poco evolucionados y desarrollados del tipo Lithosol o Esquelético con perfil AR, hasta los suelos muy evolucionados Ferríticos y Alíticos de perfil ABtCR, ricos en arcillas sesquioxídicas y la formación de cortezas de intemperismo antiguas, lo que coincide con los resultados de otros macizos montañosos del país (16, 21). Estos procesos marcan la vía evolutiva de la cubierta pedológica de Guaniguanico así como las propiedades de sus suelos.

La vegetación actúa en el aporte de biomasa, sin un marcado proceso de humificación, como ocurre en la formación de los suelos Húmicos Sialíticos. El contenido de materia orgánica del solum es una función directa del tipo de bosque; los bosques pluviales aportan mayor cantidad de biomasa que los semidecíduos mesófilos y micrófilos o de vegetación secundaria. La explotación agrícola genera cambios en el equilibrio de los agroecosistemas del territorio, disminuyendo el aporte de materia orgánica y aumentando los procesos erosivos; en general, se pierde la fertilidad de los suelos con vocación agrícola, así como el intercambio de energía entre el suelo y la biodiversidad, disminuyendo o cambiando la dirección de la intensidad de los procesos pedogenéticos.

Además de los procesos elementales de formación mencionados y que dan lugar a los tipos de suelos presentes en la cordillera de Guaniguanico, en este territorio se manifiestan otros procesos secundarios como la lixiviación, el lavado de carbonatos, la humificación, formación de lateritas (mocarreros) y otros, que sirven para clasificar los suelos a nivel de subtipo genético.

Los bloques emergidos a finales del Neógeno-principios del cuaternario, con rocas fácilmente intemperizables como las serpentinitas y los esquistos, originaron potentes cortezas de intemperismo, que dieron lugar a la formación de suelos Alíticos, Ferríticos (sobre serpentinitas) y Ferralíticos Rojos Lixiviados. Esta formación estuvo bajo una fuerte influencia de un clima muy húmedo de la primera mitad del Cuaternario.

Sin embargo, estas cortezas de intemperismo están poco conservadas, solamente se observan restos de ellas en las Alturas de Pizarras, debido a su redeposición hacia los valles internos y la llanura sur de Pinar del Río, donde se pueden encontrar ejemplos de los mantos de sobrecurrencias de cortezas de intemperismo de la cordillera de Guaniguanico, que están enriquecidas en hierro, aluminio y minerales arcillosos del tipo 1:1. Por esta razón, en las Alturas de Pizarras de la cordillera de

Guaniguanico, a pesar de la edad antigua del relieve, es muy difícil encontrar en la actualidad cortezas de intemperismo antiguas y potentes, como las encontradas en los sistemas montañosos de Nipe-Sagua-Baracoa, Sierra Maestra y Guamuhaya (21).

Como consecuencia de este proceso de redistribución en las Alturas de Pizarras, solo se encuentran suelos denudados con cortezas de intemperismo truncadas, que fueron clasificados como rojos y amarillos alomados (22), aunque realmente son suelos de composición fersialítica, residuo de la corteza de intemperismo original. Además, en estos territorios hay un área muy difundida de suelos Esqueléticos o Lithosoles, en muchas ocasiones dísticas, es decir, que tienen menos de 50 % de saturación por bases, hasta un metro de profundidad (20), confirmando lo expresado anteriormente.

En la Sierra del Rosario, donde la vegetación es más tupida y los materiales minerales son menos ricos en hierro y aluminio, cuyos minerales arcillosos son del tipo 2:1, se forman fundamentalmente suelos de naturaleza Fersialítica y Sialítica, es decir, sobre las rocas carbonatadas duras con estratificaciones de carbonatos y arcillas, y en relieve alomado inestable, la formación de la cubierta pedológica de este territorio está limitada a los procesos de sialitización y fersialitización (23). No obstante, en esta sierra, en el manto de rocas calizas, se encuentran lentes intercalados de esquistos de la formación San Cayetano, a partir de las cuales se producen suelos muy evolucionados de naturaleza Alítica con cortezas de intemperismo antiguas.

En la Sierra de Cajálbana, en relieve estable y presencia de rocas ultrabásicas y vegetación de pinares con un tiempo y espacio adecuados, se produce el proceso de ferritización en la formación de los suelos Ferríticos, predominante en esta región montañosa de Guaniguanico, de la misma forma que en la meseta de Pinares de Mayarí, Holguín (14, 21, 24).

En los relieves jóvenes alomado-ondulados y presencia de rocas carbonatadas, se manifiestan los procesos de fersialitización y sialitización en dependencia de la estabilidad del relieve. Sin embargo, a partir de las esquistos, en relieves con 6-8 % de pendiente, como en el municipio La Palma, se desarrollaron los procesos de ferritización y alitización en la formación de la cubierta edáfica de muchas partes de la cordillera de Guaniguanico, encontrándose en estos lugares suelos Ferralíticos y Alíticos.

En los valles internos como Viñales, Luis Lazo y Sumidero, los suelos se han formado de los materiales redepositados de las cortezas de intemperismo y los esquistos, mediante los procesos de la ferritización y alitización, acompañados de la lixiviación. Por estas causas, en estos valles predominan los suelos Alíticos y Ferralíticos; asociados a los Ferralíticos se encuentran los suelos Ferríticos, en los cuales no se ha producido un proceso de ferritización completo.

En el Mapa 5 se presenta la distribución de los agrupamientos de suelos y en la Tabla II se presentan las áreas que ocupan los agrupamientos, tipos y subtipos de suelos en la cordillera de Guaniguanico.

Mapa 5

Cordillera de Guaniguanico Agrupamientos de Suelos

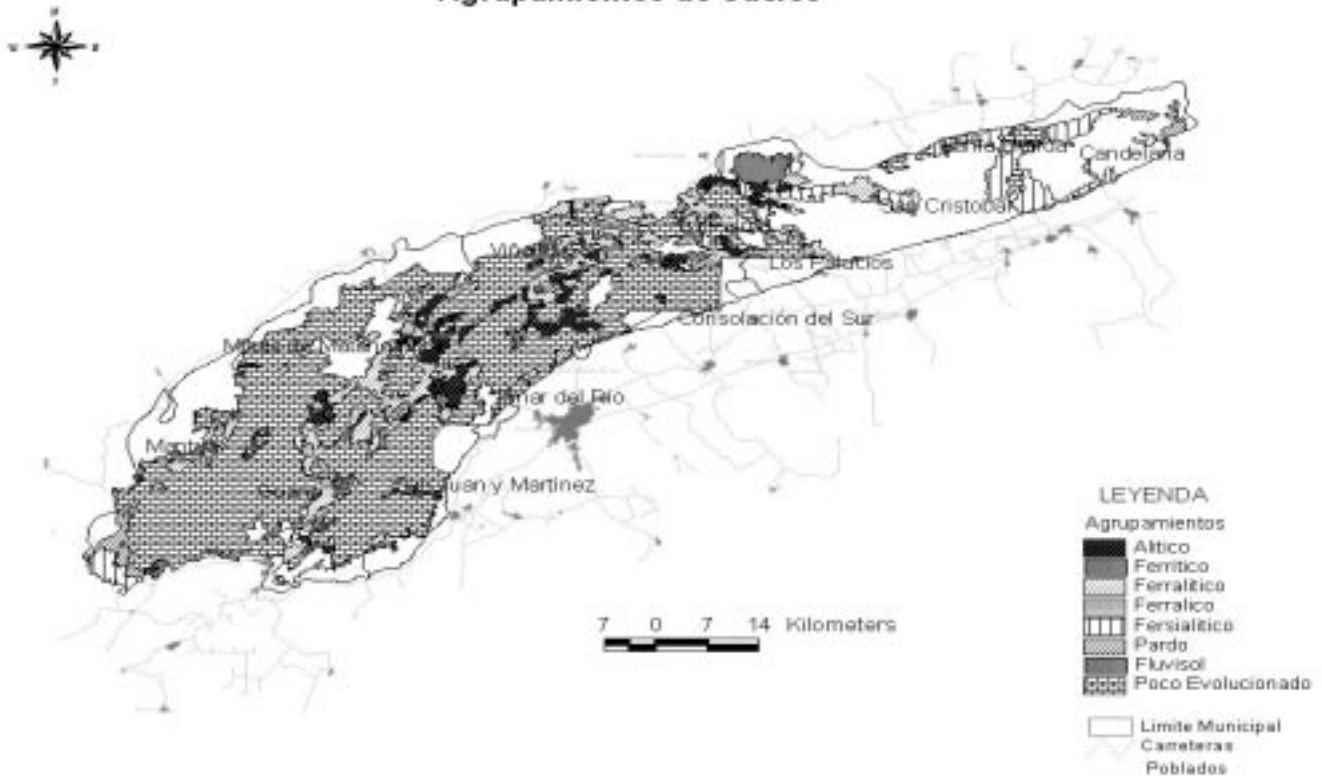


Tabla II. Áreas que ocupan los agrupamientos, tipos y subtipos de suelos en la cordillera de Guaniguanico

Agrupamiento	ha	%	Tipo	ha	%	Subtipo	ha	%
Alfítico	28010.5	7.55	Alfítico de BAA Rojo	6047.3	1.63	Típico	3413.2	0.92
						N. ferruginoso	2634.1	0.71
			Alfítico de BAA Rojo Amarillento	7642.6	2.06	Típico	5008.5	1.35
						Ócrico	2634.1	0.71
			Alfítico de BAA Amarillento	2941.1	0.79	Típico	1819.9	0.49
						Ócrico	1121.2	0.30
Alfítico de AAA Rojo Amarillento	11379.5	3.07	Típico	9413.2	2.54			
			Ócrico	1966.3	0.53			
Ferrítico	37396.8	10.08	Ferrítico Rojo Oscuro	37396.8	10.08	Típico	24374.7	6.57
						Petroférrico	4081.0	1.10
						H. desaturado	8941.1	2.41
Ferralítico	58395.4	15.74	Ferralítico Rojo	7345.8	1.98	Típico	4637.5	1.25
						N. ferruginoso	2708.3	0.73
			Ferralítico Rojo Lixiviado	27676.6	7.46	Típico	9497.6	2.56
						N. ferruginoso	8347.5	2.25
						H. desaturado	8273.3	2.23
			Ferralítico Rojo Amarillento Lixiviado	23373.0	6.30	Típico	11686.5	3.15
N. ferruginoso	4563.3	1.23						
Ferralítico Rojo Amarillento Lixiviado	23373.0	6.30	H. desaturado	7123.2	1.92			
			Típico	3264.8	0.88			
Ferrálico	8904.0	2.40	Ferrálico Rojo	5639.2	1.52	Ócrico	2374.4	0.64
						Lixiviado	1966.3	0.53
						N. ferruginoso	1298.5	0.35
Fersialítico	79913.4	21.54	Fersialítico Pardo Rojizo	67113.9	18.09	Mullido	36803.2	9.92
						Ócrico	21555.1	5.81
			Fersialítico Amarillento	12799.5	3.45	Lixiviado	8755.6	2.36
						Mullido	2634.1	0.71
						Ócrico	5379.5	1.45
Fersialítico Amarillento	12799.5	3.45	Lixiviado	4785.9	1.29			
			Mullido	56392.0	15.20			
Pardo Sialítico	103360.6	27.86	Pardo	103360.6	27.86	Ócrico	46968.6	12.66
						Típico	1261.4	0.34
Fluvisoles	5305.3	1.43	Fluvisoles	5305.3	1.43	Diferenciado	927.5	0.25
						Gléyico	630.7	0.17
						Arénico	2485.7	0.67
						Eútrico	26749.1	7.21
						Dístrico	14394.8	3.88
Poco evolucionado	49714.0	13.40	Lithosol	41143.9	11.09	Negra	8570.1	2.31
						Protorrendzina	8570.1	2.31
			AREA TOTAL ESTUDIADA: 371 000 ha					

BAA: Baja actividad arcillosa

N: Nodular

AAA: Alta actividad arcillosa

H: Húmico

Desde el punto de vista agrícola, los suelos con mayor vocación para los cultivos son los Ferralíticos, le siguen en orden los Fersialíticos, Alfíticos, Fluvisoles y Pardos Sialíticos. Estos suelos son aptos para la agricultura y se ubican en la Sierra de los Órganos, en alturas que varían desde 100 hasta más de 400 m sobre el nivel del mar. En la Sierra del Rosario, estos suelos ocupan de manera similar un amplio sector, asociados en ambos casos a los poco evolucionados; se localizan también en las macropendientes sur de las Alturas de Pizarras del Sur, donde sobresalen los Pardos del género carbonatado, asociándose a los Aluviales con características arenosas, así como en la zona más elevada del sector extremo oriental de las Pizarras del Norte (altura al sur del asentamiento La Palma), donde predominan los Pardos del género sin carbonatos, los que se encuentran asociados con los suelos poco evolucionados.

Los suelos más representados en esta cordillera son los Pardos Sialíticos, que ocupan un área de 103 360,6 ha y que representa un 27.86 % del total evaluado. Se ubican en la zona montañosa y premontañosa en alturas que pueden oscilar entre 200 y 600 m con pendientes variables. Los subtipos más representados son mullido y ócrico.

El agrupamiento de suelos Ferralíticos ocupa un área de 58 395,4 ha, lo que representa un 15,74 % del área evaluada. Los tipos más representativos son Ferralítico Rojo Lixiviado y Ferralítico Rojo Amarillento Lixiviado, con los subtipos típicos, nodular ferruginoso y húmico desaturado. Estos suelos tienen una mayor manifestación en alturas superior a los 300 m sobre el nivel del mar, fundamentalmente en las Sierras de los Órganos y del Rosario. En las Alturas de Pizarras del Norte predominan los Ferralíticos Rojos; en los valles intramontanos que separan las Alturas de Pizarras del Norte y Sur de

las calizas amogotadas del centro, aparecen los Ferralíticos Rojos Lixiviados y en las Pizarras del Sur los Ferralíticos Rojos Amarillentos Lixiviados. Los suelos de naturaleza Ferralítica en Guaniguanico se encuentran asociados con los de naturaleza alítica, ferrálica y fersialítica.

Los Fersialíticos ocupan una superficie superior a las 79 000 ha, un 21,54 % del área total estudiada. El tipo más representativo es el Fersialítico Pardo Rojizo, con los subtipos lixiviados, mullidos y ócricos. Estos suelos se ubican en alturas que oscilan desde 100 hasta más de 400 m sobre el nivel del mar; en el sector extremo oriental de las Alturas de Pizarras del Norte y Pizarras del Sur, tienen una amplia difusión en las Sierras de los Órganos y en la del Rosario.

El agrupamiento Ferrítico ocupa una extensión de 37 396,8 ha, un 10,08 % de la superficie evaluada, representado por el tipo Ferrítico Rojo Oscuro con los subtipos típicos. Este tipo de suelos se distribuye exclusivamente en la Sierra de Cajálbana, en alturas mayores de 300 m snm, debido a que se forma exclusivamente a partir de rocas ultrabásicas o cortezas de intemperismo antiguas de este propio material geológico.

En el caso de los suelos Alíticos, tienen una extensión superficial de 28 010,5 con un 7,55 % en relación con la superficie estudiada. El tipo más difundido es el Alítico de baja actividad arcillosa Rojo Amarillento con los subtipos típico y ócrico. Estos suelos se localizan en la porción montañosa y premontañosa de la Sierra de los Órganos y del Rosario, así como en los valles intramontanos, entre las Alturas de Pizarras del Norte y del Sur.

Por último, los suelos Fluvisoles se distribuyen en la superficie de la cordillera de Guaniguanico en un área de 5 305,3 ha., lo que representa el 1,43 % del total; se localizan en asociación con los Ferralíticos Rojos formados de calizas duras en áreas de los mogotes de las Sierras de los Órganos y las Alturas de Pizarras del Norte y del Sur; mientras que los Ferralíticos Amarillentos se ubican en los valles intramontanos asociados con los suelos Alíticos de baja actividad arcillosa Amarillentos y los Ferralíticos Rojos Amarillentos Lixiviados. Los Fluvisoles se distribuyen a lo largo de los cursos de los ríos de este territorio montañoso.

Factores limitantes. Las principales limitantes de los suelos en la cordillera de Guaniguanico pueden resumirse de la siguiente manera:

- ↳ las características pedogenéticas de algunos agrupamientos como los poco evolucionados y Alíticos
- ↳ el 79,21 % de los suelos tienen poca o muy poca profundidad efectiva
- ↳ el 14,11 % de los suelos ocupan pendientes alomadas o fuertemente alomadas
- ↳ el 8,25 % de los suelos son extremadamente rocosos o muy rocosos

- ↳ el 45,48 % se clasifican de muy altamente o altamente drenados, pierden rápidamente la humedad y pueden provocar sequía temporal en los cultivos
- ↳ el 63,60 % de los suelos tienen baja a muy baja CIC ($<20 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$), lo que se clasifica como de baja fertilidad natural
- ↳ el 7,22 % de los suelos están muy afectados o afectados por el contenido de Al_3^+ , elemento tóxico para la mayoría de los cultivos
- ↳ el 67,15 % están afectados por mediana o fuerte erosión.

Zonificación agroecológica de los cultivos

Cafeto. En este cultivo, como se expresó en la Tabla I, se tuvieron en cuenta para la categoría Óptima los suelos Ferralíticos, Alíticos, Fersialíticos y Pardo Sialíticos; para las categorías Medianamente Óptima y Aceptable se añadieron los suelos Ferríticos.

En el Mapa 6 se aprecian las áreas que se pueden dedicar al cultivo del cafeto en las diferentes categorías. En la categoría de Óptima, existen 1 536,9 ha, en las que se pueden lograr rendimientos por encima de $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; como Medianamente Óptima aparecen 8 634,8 ha, cuyo rendimiento potencial está entre $1 \text{ y } 2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; en la categoría de Aceptable existen 15 178,2 ha con un rendimiento potencial entre $0,5 \text{ y } 0,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Cultivos Varios. En este grupo de cultivos para la categoría Óptima se consideraron los agrupamientos Ferralíticos, Alíticos, Fersialíticos, Ferralíticos y Pardo Sialíticos; para la categoría Medianamente Óptima se incluyeron los Fluvisoles. En este caso se incluyó como elemento discriminante la altura sobre el nivel del mar y se estableció para la categoría de Óptima un rango entre 200 y 400 m snm, así como para la Medianamente Óptima se consideró $<200 \text{ m snm}$.

Como se aprecia en el Mapa 7, las áreas Óptimas para este grupo de cultivos ocupan 1361 ha. y como Medianamente Óptimas existen 42 024 ha.

Frutales. Para la zonificación de estos cultivos, se tuvieron en cuenta los agrupamientos de suelos Ferralíticos, Alíticos, Fersialíticos, Pardo Sialíticos y Fluvisoles.

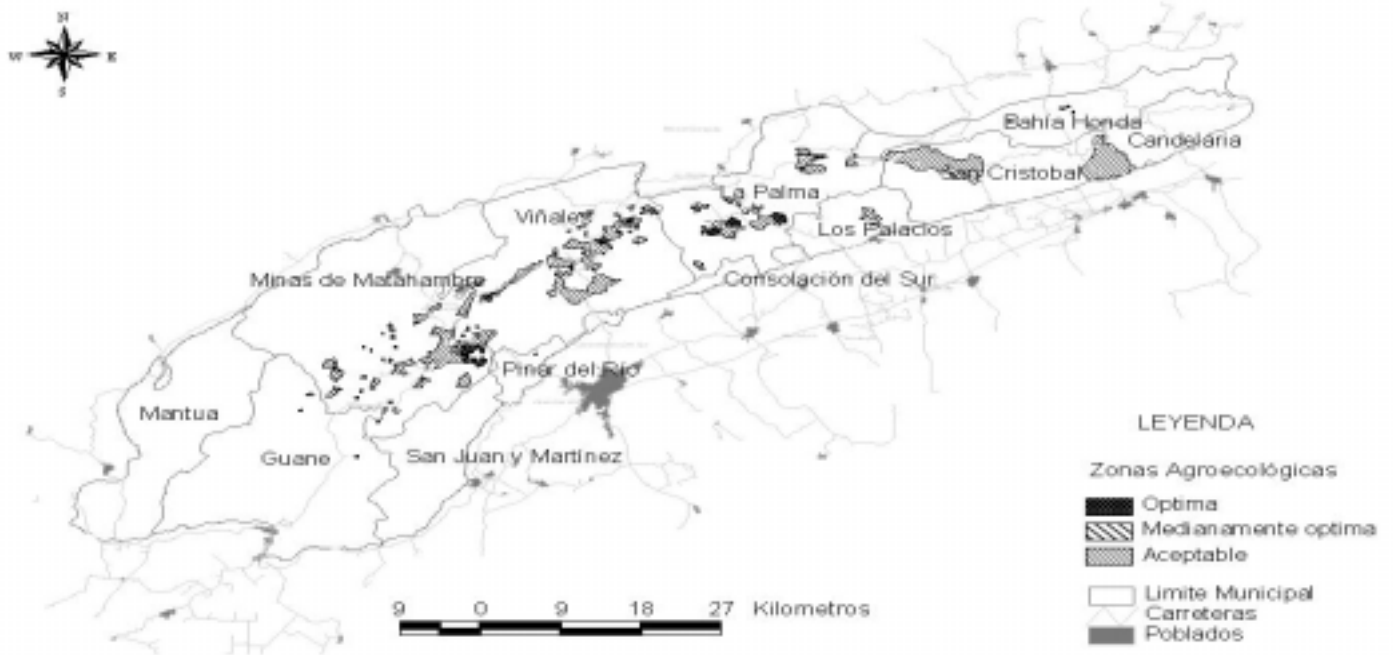
Dentro de la categoría de Óptima existen 1 553,5 ha, que se pueden dedicar a este grupo de cultivos; como Medianamente Óptima hay 8 751,1 ha y como Aceptable se pueden destinar 18 336,6 ha (Mapa 8).

Forestales. En el caso de este grupo de especies, los agrupamientos utilizados fueron: Ferralíticos, Alíticos, Fersialíticos, Pardo Sialíticos Fluvisoles y Ferríticos.

Para esta zonificación se consideraron dos categorías: en la Óptima existen 16 444,1 ha. y en la Medianamente Óptima se pueden destinar 32 519,6 ha. (Mapa 9).

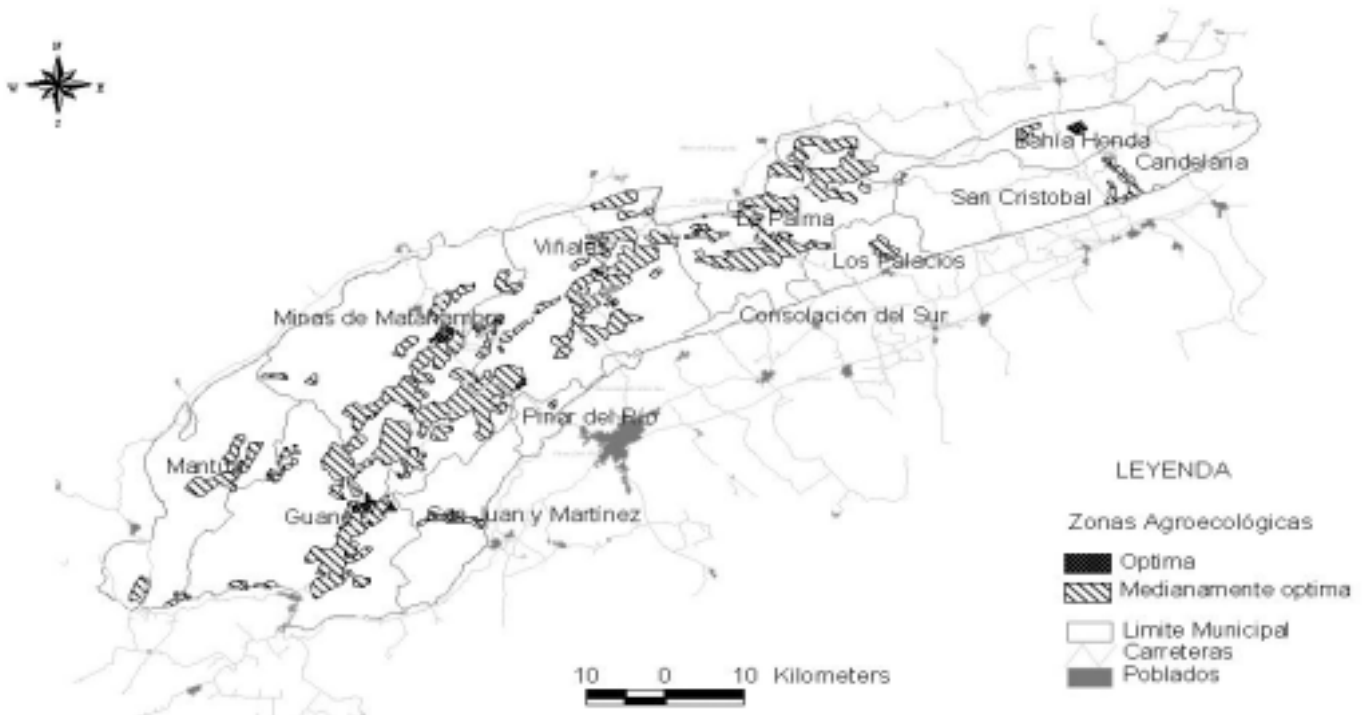
Mapa 6

Cordillera de Guaniguanico Zonas Agroecológicas para el cultivo del Cafeto



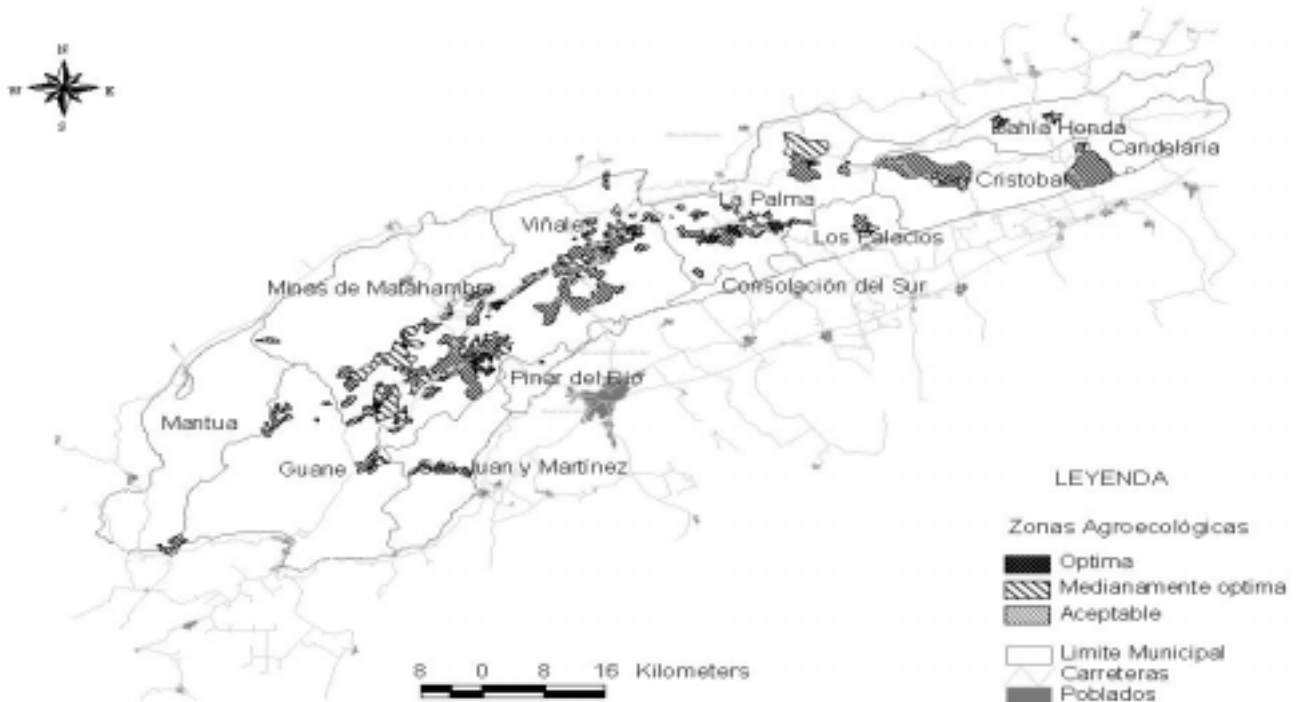
Mapa 7

Cordillera de Guaniguanico Zonas Agroecológicas para la Producción de Cultivos Varios



Mapa 8

**Cordillera de Guaniguanico
Zonas Agroecológicas para la Producción de Frutales**



Mapa 9

**Cordillera de Guaniguanico
Zonas Agroecológicas para la Producción de Forestales**



CONSIDERACIONES GENERALES

Es importante tener en cuenta que el resultado de esta zonificación agroecológica brinda diferentes alternativas a los decisores, por lo que deben tener en cuenta un grupo de elementos, entre los que se pueden destacar la infraestructura existente (instalaciones, población, vías de acceso, etc.), así como elementos estratégicos, mediante los cuales se decida desarrollar uno u otro cultivo. El criterio utilizado fue considerar producciones a determinada escala, o sea, no se incluyen posibles pequeñas áreas localizadas, en las que se pueden desarrollar los cultivos a nivel de pequeños productores.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados alcanzados en este trabajo, se puede arribar a las siguientes conclusiones:

- * La orientación y el relieve de la cordillera determinan el comportamiento de los elementos meteorológicos estudiados en cada unidad fisiográfica y la marcada diferencia de cada una de ellas con las llanuras aledañas. En consecuencia, la circulación de los vientos, insolación y radiación solar son responsables de los registros termométricos, humedad relativa del aire e incluso de los acumulados de lluvias en cada una de las unidades fisiográficas.
 - * En toda la cordillera hay una influencia significativa de vientos locales (valle-montaña), y sus combinaciones con el viento predominante, cuya resultante se comporta de acuerdo con el relieve y la orientación de cada unidad fisiográfica. El análisis del gradiente de temperaturas refleja que aunque en las cimas se producen registros bajos, en los valles intramontanos son inferiores. En la zona de Sierra del Rosario, son mayores los acumulados anuales de lluvias (más de 2 000 mm), mientras los registros más bajos se van produciendo hacia las costas.
 - * La cordillera de Guaniguanico es un sistema montañoso complejo, donde los factores y procesos de formación dan lugar a suelos de naturaleza alítica, ferrítica, ferralítica, ferrálica fersialítica y sialítica. Las características de los suelos dependen de su naturaleza y estado de evolución, localizándose suelos de extrema acidez y baja fertilidad como los Alíticos, con elevado contenido de hierro como los Ferríticos, así como los Fersialíticos y Pardos Sialíticos, que por su menor evolución poseen un complejo de cambio saturado en calcio y magnesio, que le confieren mayor grado de fertilidad natural.
 - * Los factores limitantes de la cubierta edáfica de esta región montañosa dependen de los tipos de suelos, encontrándose suelos con problemas de profundidad efectiva, erosión actual y potencial elevada, presencia de pedregosidad y/o concrecionamiento que afecta su agroproductividad.
- * Se demuestra que la metodología utilizada, donde se consideraron como elementos discriminantes la lluvia unida a la temperatura, los agrupamientos de suelos y su profundidad efectiva resultan adecuados para la zonificación agroecológica de los diferentes cultivos analizados en este proyecto.
 - * Se creó una base de datos que permite, mediante la utilización del SIG, el manejo de la información edáfica y climática de la Cordillera de Guaniguanico, lo que posibilita elaborar estrategias para la protección del medio ambiente y la zonificación agroecológica de los cultivos agrícolas.

REFERENCIAS

1. Ayes, G. N. Medio ambiente: Impacto y Desarrollo. Ed. Científico Técnica. La Habana. 2003. 185 p.
2. Pino, M. de los Á., Terry, E. y Soto, F. Sistemas de sombra natural como modificador del fitoclima en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 2, p. 5-10.
3. Aguilar, N. y Fernández, J. R. Zonificación agroecológica del cultivo del pimiento en la cuenca de Guantánamo. En: XIV Congreso Científico del INCA (2004, nov. 9-12, La Habana). Memorias CDROOM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2004.
4. Solano, O. y Vázquez, R. Proyecto "Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático". Una contribución al conocimiento y evaluación de la variabilidad del clima actual en Cuba y su aplicación a la investigación y al sistema de vigilancia de la sequía agrícola. La Habana, Cuba. 2005. 114 p.
5. Carrasco, A. La conectividad entre ecosistemas de montaña puede mitigar los impactos del cambio climático. Disponible en: <www. Conservationconnectivity.org.>. Consultado 20/12/2006.
6. Becerra, E., Mas, R., Pineda, E., Barreto, B., Hernández, N. y Gatorno, J. Los Sistemas de Información Geográfica como una herramienta para el manejo sostenible de una unidad de producción. En: XV Congreso Científico del INCA (2006, nov. 7-10, La Habana). Memorias CDROOM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2006.
7. Comisión Nacional de Nombres Geográficos. Diccionario Geográfico de Cuba. La Habana : Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia. 2000. 386 p.
8. Instituto de Planificación Física. Pinar del Río en cifras. Informe Plan Directivo de la Montaña. Cuba. 1993. 15 p.
9. OMM. Programa Mundial de Vigilancia Meteorológica. Vol 1. Suiza. 1993. 25 p.
10. OMM. Guía de Prácticas Climatológicas 5-28. Suiza. 1990.
11. Instituto de Suelos. Manual de técnicas Analíticas. La Habana: MINAG. 1994, 150 p.
12. Vantour, A., Hernández, A. Morales, M. y Tremols, J. Características edáficas de las regiones para el café. Informe Final Proyecto 007-01-002 PNCT "Desarrollo Sostenible de la Montaña": Instituto de Suelos. 2001. 185 p.
13. Hernández, A. Morell, F., Ascanio, M. O., Borges, Y., Morales, M. y Yong, A. Cambios globales de los suelos ferralíticos rojos lixiviados (nitisoles ródicos eutrícos) de la provincia La Habana. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 41-50.

14. Hernández, A., Vantour, A., Morales, M., Soto, F., Garea, E. y Baisre, J.. Características de los suelos del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa I. Suelos Alíticos, Ferríticos y Ferralíticos. *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 1, p. 45-53.
15. Soto, F. *et al.* La zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L. en Cuba. Macizo montañoso Sagua-Nipe-Baracoa. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 3, p. 27-52.
16. Soto, F. *et al.* Metodología para la zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L. en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 4, p. 51-54.
17. Soto, F. *et al.* La zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L. en Cuba. Macizos montañosos Sierra Maestra y Guamuhaya. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 1, p. 35-44.
18. Jansa, G. Curso de Climatología. Varias referencias sobre Climatología y Clima de Montaña. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología. 1974.
19. Furrázola, G. Generalidades sobre la geología de la Sierra del Rosario. En *Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario*, Cuba. ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, 1988, 75-87 p.
20. Díaz, L.R. *et al.* Influencia de la Orografía sobre la distribución de la precipitación en Cuba. *Voluntad Hidráulica*, 1983, p. 47.
21. Vantour, A.; Hernández, A.; Morales, M. y Tremols, J. Características edáficas del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa. En: *Resúmenes Seminario Científico del INCA (12:2000:La Habana)*. 2000. 123 p.
22. Hernández, A., Pérez, J. M., Gómez, D., Bosch, D., Marrero, A., y Obregón, A. Estudio genético y uso de los suelos del plan de Macurijes. *Ser. Suelos 17Acad. Cien.* 1973. 27p.
23. Ascanio, M. O., Pérez, J. M. y Hernández, A. Los Suelos de la Sierra del Rosario. Informe del Instituto de Suelos, entregado al Plan Las Terrazas. Mecanografiado, 1968. 17 p.
24. Cárdenas, A., y Baisre, J. Los suelos Ferríticos Cubanos; sus relaciones con el orden Oxisols, de la obra "Soil Taxonomy". *Cien. Agr.*, 1986, vol. 29, p. 79-83.

Recibido: 24 de noviembre de 2005

Aceptado: 5 de marzo de 2007

Cursos de Verano

Precio: 320 CUC

Biotecnología

Coordinador: Dra.C. María M. Hernández Espinosa

Fecha: julio

Duración: 40 horas

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (47) 86-3773
Fax: (53) (47) 86-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu