

Determinación de las lluvias en Cuba durante la glaciación de Wisconsin, mediante los relictos edáficos

FERNANDO ORTEGA SASTRIQUES y MIRIAM I. ARCIA

RESUMEN

La existencia de relictos carbonatados, silíceos, y de yeso, en los suelos cubanos, así como de otros índices geográficos que no corresponden con el clima actual, ha servido de base para determinar las precipitaciones en Cuba durante el último período glacial (Wisconsin o Würm), el cual se caracterizó por una fuerte aridez. Se explican los mecanismos climáticos que pudieron motivar el fenómeno.

Este análisis permitió elaborar el mapa de las lluvias anuales, a escala 1:1 500 000, correspondientes a ese período; en el mapa se trazaron las isoyetas de 200, 400, 600, 800, y 1 000 mm.

Sobre la base del mapa, se dan, a modo de ejemplo, algunas explicaciones que aclaran problemas de la edafología cubana; también, como ejemplo, se explica la causa de la limitada distribución de los moluscos del género *Polymita* en Cuba.

1. INTRODUCCIÓN

El avance de los glaciares ocurrió en varias ocasiones en el Cuaternario, produciendo cambios climáticos notables en las zonas tropical y subtropical. Las pruebas más convincentes sobre el aumento de la pluviosidad coincidente con el avance de los glaciares fueron dadas por CATON-THOMPSON y GARDNER (1929); estas geógrafas brindaron evidencias faunísticas, pictóricas, y geológicas irrefutables. Se ha establecido que esta alta pluviosidad provocó que el Desierto de Sahara retrocediera unos 200 km durante la glaciación de Würm (BUTZER, 1961; PANOV, 1966). En la América también se detectó el aumento de la pluviosidad con el avance del último glacial, conocido en este continente como el de Wisconsin (RUBIN, 1963).

Los mecanismos generales globales que favorecieron el aumento de la pluviosidad durante las glaciaciones son ya tan conocidos que aparecen en los cursos de climatología (por ejemplo, JANSÁ, 1969).

Manuscrito aprobado el 20 de agosto de 1981.

F. Ortega Sastriques pertenece al Instituto de Suelos; M. I. Arcia pertenece al Instituto de Geografía; ambos institutos de la Academia de Ciencias de Cuba.

Se debe señalar que el volumen real de las precipitaciones no debió ser tan grande como lo sugieren las huellas dejadas por la actividad fluvial pretérita. En realidad, como sugiere BUTZER (1963), se debe tener en cuenta el aumento de los caudales de los ríos y volumen de los lagos, como consecuencia de una disminución notable de la evaporación, dada la menor temperatura del planeta. Este autor sugiere, en consecuencia, llamar fluviales a estos períodos, en lugar de pluviales.

En Cuba hay evidencias zoológicas y geográficas de fases más húmedas (ACEVEDO, 1971; MAYO y KARTASHOV, 1972; MAYO y PEÑALVER, 1973); aunque, sobre la base de los sedimentos de las cavernas (GRAÑA, 1968; VIÑA y FUNDORA, 1970), parece ser que las fases áridas fueron más prolongadas que las húmedas.

A pesar de que la realidad de las oscilaciones climáticas en Cuba durante el Pleistoceno están ampliamente fundamentadas por los autores arriba citados y por muchos otros, en un último trabajo, KARTASHOV *et al.* (1981) niegan estas oscilaciones. Las pruebas aportadas son pobres, pero esta hipótesis es vital en el trabajo citado, para intentar probar el origen marino de lo que llaman formaciones Guevara y Villa Roja.

De acuerdo a la hipótesis general, ACEVEDO (1971) y MAYO y KARTASHOV (1972) relacionan los períodos húmedos del Pleistoceno cubano con el avance glacial y los secos con las épocas interglaciales. Sin embargo, la hipótesis general, establecida sobre la base de las observaciones realizadas principalmente en el N de Africa y S de Estados Unidos, no tiene que ser universal. Así EMILIANI (1955) correlacionó las fases secas de la zona ecuatorial y tropical con el avance de los glaciares, mientras que TRICART (1963) demostró que, si bien aumentó la pluviosidad en el N del Desierto de Sahara, disminuyó notablemente al S del mismo; este autor considera que en realidad sólo hubo un desplazamiento, hacia el S, de la zona desértica.

En Cuba, SHANZER *et al.* (1975) consideraron que el clima árido coincidió con las glaciaciones, sobre la base de las formaciones eólicas costeras del Pleistoceno en la parte occidental de la Isla; lo cual se corresponde con las deducciones de BONNATTI y GARTNER (1973), hechas sobre la base de la mineralogía de los sedimentos del Mar Caribe. Nosotros compartimos estos criterios, tomando como base para ello, las características de los suelos cubanos y los relictos edáficos, los cuales aparecen señalados en el epígrafe 2.

Fuera de TRICART (1963), no conocemos ningún otro autor, entre los que apoyan la hipótesis sobre la acentuación de la aridez en la zona tropical durante las glaciaciones, que haya intentado explicar las causas que provocaron este fenómeno, contrario al sucedido en la zona subtropical; por tanto, consideramos útil proponer una hipótesis que explique la aridez de Cuba durante la última glaciación.

1.1 Causas posibles de la aridización del clima de Cuba durante la glaciación de Wisconsin

Cuba se encuentra entre los 20 y 23° de latitud *N*, en el borde oriental del Continente Americano, y su altura sobre el Ecuador coincide con la banda de zonas desérticas y semidesérticas; sin embargo, el clima es más húmedo en las costas orientales de los continentes, gracias a la influencia de los alisios, que traen humedad desde el mar (véase el continente ideal; GRIFFITHS, 1968; JANSÁ, 1969, etc.), la cual precipita principalmente en verano por los mecanismos convectivos. Por esta causa, el clima de Cuba puede ser considerado marítimo, aunque existen algunos rasgos de continentalidad en las llanuras interiores (DAVITAYA y TRUSOV, 1965).

La gran masa del continente norteamericano hace posible que los frentes fríos polares alcancen a Cuba regularmente. Al llegar al Golfo de México, los frentes fríos se encuentran con masas de aire de más temperatura y alta humedad, las cuales se ven obligadas a ascender, con lo cual se provocan las lluvias frontales. Esta es la segunda causa de lluvias en Cuba.

Durante las glaciaciones, es lógico suponer que el anticiclón del Atlántico del Norte no alcanzara la latitud a que llega actualmente durante el verano; de esta manera, la influencia de los alisios era menor.

Durante las glaciaciones, y más concretamente, durante el Wisconsiniano, el Mar Caribe y el Golfo de México tuvieron temperaturas de 22-25°C (EMILIANI, 1958), en vez de los 27-29°C de la actualidad (BOGDANOV, 1970). Por otra parte, el nivel del mar descendió 90-100 m (FAIRERIDGE, 1963; SCHWARZBACH, 1968), lo que provocó que el Golfo de México redujera mucho su área y que el Mar Caribe se convirtiera en una depresión casi enteramente rodeada por tierras bajas (PANOV, 1966). Es de suponer que, en esas condiciones, la Corriente del Golfo no podía penetrar en el Golfo de México, o bien lo hacía en una escala mucho menor que actualmente. Por tanto, la temperatura de ese golfo de aguas someras descendería acentuadamente durante el invierno. De esta manera, el frente frío polar en su avance sobre Cuba, encontraba masas de aire más frías y mucho menos húmedas que las actuales, con lo que las lluvias de invierno eran casi nulas.

El descenso de las aguas durante el Wisconsiniano hizo posible que las Islas del Archipiélago de las Bahamas se unieran en una sola gran isla; la cual se encontraba en una posición tal que interceptaba parte de los alisios que debían llegar a Cuba, reduciendo las precipitaciones en la Isla. Se puede decir que el clima de Cuba se hizo continental.

Es de suponer que la perturbación de la corriente ecuatorial, generadora de las llamadas ondas de *E*, las cuales son uno de los mecanismos que más favorecen la convección y, por ende, las lluvias en el trópico (JANSÁ, 1969) y específicamente en Cuba, se limitaran durante el Wisconsiniano.

siano a una franja más estrecha, sin alcanzar al Archipiélago. De ser esto así, se podría explicar por qué, paralelamente al descenso de las lluvias en Cuba, se observa un aumento de la pluviosidad en regiones más meridionales del Continente Suramericano (RUBIN, 1963).

El desplazamiento de la zona árida hacia el S durante las glaciaciones, como vimos, fue postulado en otro continente por TRICART (1963).

1.2 La edad de los suelos de Cuba

Es necesario tratar someramente este aspecto, pues aunque para muchos es un hecho claro que la mayor parte de los suelos de Cuba comenzaron a formarse en el Plioceno (HERNÁNDEZ, 1973), otros autores, basándose en la alta saturación de bases de casi todos nuestros suelos, los consideran muy jóvenes (ZONN, 1968). Arguyen que la juventud de nuestros suelos se debe a la rápida erosión de los mismos y consideran que hoy en día predominan las cortezas de intemperismo, sobre las cuales se está desarrollando un proceso edafogenético incipiente, por lo que no son suelos propiamente dichos (GUERASIMOV, 1972).

Para nosotros, los suelos de Cuba son viejos, pero no se encuentran en su estado climax, debido a que en el Archipiélago Cubano predominó, hasta hace muy poco tiempo, condiciones climáticas favorables para la acumulación de bases y no para el lavado, como ocurre hoy en día.

Como bien apunta HERNÁNDEZ (1973), no se conoce donde se han redepositado los grandes volúmenes de materiales terrígenos que debieron desplazarse desde las cortezas lavadas en el Holoceno. La exploración de la plataforma del Archipiélago Cubano tampoco ha descubierto depósitos terrígenos recientes (IONIN *et al.*, 1976). Esto hace poco probable la hipótesis de la juventud debido a la erosión.

Este aspecto se ha tratado poco, por lo cual nos reduciremos a un sólo tipo de suelo: el Ferralítico Rojo. Esto no entorpece la consecución del objetivo de este acápite, que es demostrar que nuestros suelos no son tan jóvenes como han supuesto algunos edafólogos, ni tan viejos como para remontarnos mucho más allá del Cuaternario, a no ser en los suelos de algunos bloques elevados a más de 500 m, ya que estas tierras emergieron al final del Mioceno (FURRAZOLA *et al.*, 1964).

El hecho de que los suelos Ferralíticos Rojos ocupen preferentemente llanuras bajas (ASCANIO, 1973) nos permite concluir que los suelos eluviales que se encuentren en llanuras iguales o más elevadas son, al menos, tan antiguos como éstos.

De acuerdo con los cálculos de CAMACHO (1980), la formación de los suelos Ferralíticos Rojos de las llanuras de La Habana comenzó hace 290 000-1 100 000 de años. Para llegar a esta conclusión, el autor partió de la premisa que estos suelos eran eluviales, lo cual parece confirmado por los estudios mineralógicos del suelo y la caliza basal, realizados por él.

El origen eluvial de estos suelos ha sido puesto en duda por varios autores; los más conocidos por los edafólogos cubanos son: en el extranjero, ZONN (1968, 1970), quien no aporta datos concretos que apoyen su hipótesis aluvial o deluvial. En Cuba, los más conocidos son KARTASHOV *et al.* (1976, 1981), quienes han brindado algunas evidencias locales sobre redistribución de materiales ferralíticos, a partir de los cuales supusieron un origen marino para casi todos los suelos ferralíticos, a pesar de que jamás han encontrado en ellos restos de la fauna marina (A. de la Torre, comunicación personal). No obstante, aún siendo correcta su hipótesis, ésta no afecta el fin de nuestro trabajo, ya que ellos consideran que la Formación Villa Roja (nuestros suelos Ferralíticos Rojos) fueron depositados hace más de 700 000 años (KARTASHOV *et al.*, 1981), o sea, sufrieron la glaciación que nos interesa en este trabajo.

Para calcular la velocidad de descomposición de la caliza, CAMACHO (1980) empleó el coeficiente establecido por CORBEL (1957) en sus estudios sobre la disolución de la caliza en la Cuenca del Mediterráneo, el cual es de 32 mm/1 000 años. De haber empleado el coeficiente de 77 mm/1 000 años, que se puede calcular del trabajo de ITURRALDE-VINENT (1972) para las calizas de la Cuenca del Almedares, hubiera establecido la edad límite de estos suelos entre 120 000 y 450 000 años.

Teniendo en cuenta que en ese lapso de tiempo hay evidencias de que ningún período interglacial fue más cálido que el actual (EMILIANI, 1958), no es de esperar que el nivel del mar fuera drásticamente más elevado que el actual, durante esa etapa. De esta manera, la mayor parte de los suelos cubanos sufrieron un largo período seco coincidente con las glaciaciones de Iowa-Wisconsin y el poco notable período interglacial que existió entre ambas (75 000-15 000 años). De acuerdo a los cálculos anteriores, es posible que la glaciación de Illinois (125 000-100 000 años) también hubiera dejado sus huellas en nuestros suelos, pero estas serían menos notables.

Las huellas dejadas en nuestros suelos por estos largos períodos secos fueron reconocidas por NEMEC *et al.* (1967) y por PANOS y STELCL (1967). Estas huellas serán empleadas en este trabajo para reconstruir las isoyetas del último período seco del Pleistoceno. Se emplearán, adicionalmente, otras muestras de aridez, que se describirán en el epígrafe 2.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

DOKUCHAEV (1899b) estableció la estrecha correspondencia entre el clima y las características de los suelos. Esto permite el estudio de estas características, no correspondientes con la situación contemporánea, para deducir el paleoclima (KUBIENA, 1963; GUERASIMOV, 1971; SIRENKO, 1974). En este trabajo emplearemos los relictos que se encuentran en los suelos cubanos, la información básica sobre ellos se tomó de las observaciones de BENNETT y ALLISON (1928), BENNETT (1932), BENNETT *et al.* (1956,

1957a, 1957b, 1959a y 1959b), INSTITUTO DE SUELOS (1973) y Klimes-Szmik y Nagy (INRA, 1975). Se tomaron, asimismo, otras informaciones sobre corazas de carbonatos, depósitos eólicos, características del manto freático, etc., que han aparecido publicadas o que han sido observadas por los autores del presente trabajo.

Estos datos fueron trasladados sobre un mapa a escala 1:250 000, lo que permitió elaborar posteriormente al mapa de las lluvias, a escala 1:1 500 000, correspondiente a la glaciación de Wisconsin.

Aunque la mayor parte de los índices tomados en cuenta tienen, con toda seguridad, un carácter relictos, existen algunos que pueden haberse formado en las condiciones climáticas actuales; en especial nos estamos refiriendo a la coraza de carbonatos, y los pseudomicelos y suelos salinos encontrados en la Provincia de Guantánamo. No obstante ser actuales, estos índices se consideraron en el momento de trazar las isoyetas, ya que durante las glaciaciones el clima del lugar se consideró que debió ser igual o más árido que el actual, pero nunca más húmedo.

2.1 Índices empleados para trazar las isoyetas

2.11 RELICTOS DE CARBONATO

Existen diversas neoformaciones edáficas o geológicas constituidas por carbonatos. En el presente trabajo hemos considerado las concreciones endurecidas, el carbonato secundario polvoriento (conocido por caliche), los pseudomicelos, las costras de carbonatos, las corazas, y las evaporitas o travertinas.

CONCRECIONES. Las concreciones de carbonatos en el trópico se forman en las sabanas secas, no pudiendo desarrollarse en los lugares más húmedos o más secos (MAKEDONOV, 1966). Para que se formen las concreciones es necesario, además de las condiciones climáticas, condiciones hidrogeológicas, edáficas, geomorfológicas, y geobotánicas (PERELMAN, 1951); por esta causa, no debemos esperar encontrar concreciones en todos los suelos donde exista un clima favorable para su formación.

En cuanto al clima, PERELMAN (1951) plantea que el coeficiente hidrotérmico mínimo puede ser 0,1 y el máximo 0,8 hasta 0,99; lo cual corresponde con lo planteado por DRANITSIN (1915) y por BLAGOVESHENSKY (1949), quienes consideraron posible la formación de estas concreciones con lluvias no menores de 250-400 mm y no mayores de 700 mm, para una temperatura media anual de 20°C.

Si tenemos en cuenta que existe una estrecha correspondencia lineal entre la temperatura del mar y la del aire en contacto con el mismo (BROWN, 1963), se puede considerar que la temperatura media del aire en las llanuras bajas de Cuba debió ser semejante a la temperatura de las aguas superficiales del Mar Caribe, la cual era de 22-25°C (EMILIANI, 1958).

Con esas temperaturas, el coeficiente hidrotérmico se mantiene menor que la unidad, aún con lluvias de 800 mm.

Por lo expuesto, en el presente estudio se consideró que las concreciones de carbonato se pudieron formar bajo la isoyeta de 800 mm.

A medida que nos movemos de las zonas más húmedas a las menos húmedas, las concreciones de carbonatos aparecen más cerca de la superficie (MAKEDONOV, 1966). Este hecho nos permitió trazar una isoyeta intermedia que representa los 600 mm anuales, la cual separa las zonas donde aparecen las concreciones a más o menos 50 cm de profundidad.

En la parte baja de la Llanura del Cauto, donde junto a la edafogénesis ha ocurrido (y aún ocurre ocasionalmente) la acumulación sincrónica de aluvios, consideramos profundidades mayores para esta última isoyeta.

SEUDOMICELOS Y COSTRAS. Las segregaciones de carbonatos en forma de seudomicelos sobre las caras de los agregados y las costras en las caras inferiores de las piedras, son las neoformaciones más inestables de los carbonatos en los suelos. Ellas pueden existir en los suelos de la zona semidesértica, por ejemplo, en los suelos Castaños (RODE, 1955), así como en los suelos de la estepa. En las zonas más húmedas de la estepa, los suelos no presentan concreciones de carbonatos, o bien estas se encuentran a gran profundidad; la mayor parte del carbonato secundario se encuentra en forma de seudomicelos (GLINKA, 1931; VILENSKY, 1957).

En Ucrania, los seudomicelos se desarrollan con precipitaciones anuales no mayores de 640 mm con una temperatura media anual de 9°C (LEBEDEVA, 1974). En Moldavia, donde el subtipo de Chernoziom dominante es el micelar, las lluvias no sobrepasan los 550 mm, con una temperatura también de 9°C (KRUPENIKOV, 1974). Teniendo en cuenta que la temperatura de Cuba en el Wisconsiano debió haber sido bastante mayor, consideramos que los seudomicelos y costras se desarrollaron debajo de la isoyeta de 800 mm.

Se consideró posible la formación de seudomicelos de carbonatos de magnesio en lugares con lluvias menores de 600 mm, dada la menor solubilidad de esta sal. Este tipo de neoformación se ha visto en la Provincia de Camagüey, en el horizonte C y CD de suelos sobre serpentinitas.

CALICHE. En el suelo, la formación de una capa constituida por carbonato de calcio pulverulento se debe a un proceso puramente edáfico, no dependiente de las aguas subterráneas (SIDORENKO, 1956). Este fenómeno es característico de los desiertos y semidesiertos (Sidorenko, 1956). BENNETT y ALLISON (1928) encontraron capas de caliche en Cuba; conocedores, como eran, de los suelos semidesérticos del SW de Estados Unidos —aunque señalaron la semejanza del caliche visto en Cuba con el de Texas (por ejemplo véase USDA, 1979)— no se atrevieron a plantear que tuvieran un origen análogo, ya que el clima actual de Cuba **no permite**

la generación de esta capa. En el caso de Guantánamo, donde los rasgos de xeromorfismo actual son resaltantes, se atrevieron a señalar un origen semejante al del SW de Estados Unidos (BENNETT y ALLISON, 1928).

En este trabajo se ha considerado que el caliche se formó, al igual que en Texas, en áreas con menos de 400 mm anuales de lluvias.

CORAZAS DE CARBONATOS. Las corazas de carbonatos se forman en climas semidesérticos, bajo la acción de lluvias cortas y un rápido calentamiento posterior de la superficie del suelo, que hace subir la solución por los capilares, concentrándose, y hace precipitar los carbonatos (BLANKENHORN, 1910; FISCHER, 1910; DRANITSIN, 1915); esas condiciones hidrotérmicas pueden existir sólo en el semidesierto (MAKEDONOV, 1966).

GAUCHER (1948) señaló que se pueden formar corazas parecidas, al secarse los lagos de aguas duras; PERELMAN (1959) y DOBROVOLSKY (1961) relacionaron la formación de corazas carbonatadas en el semidesierto, con períodos pluviales, cuando consideraron ocurrió una elevación del manto freático, a partir del cual se formaron las corazas; sin embargo, las corazas hasta ahora reportadas en la literatura nacional (ORTEGA, 1979; TORRES y ORTEGA, 1982), se encuentran en posiciones topográficas tales que se excluye la posibilidad actual o pretérita de influencia del manto freático o de que tengan un origen lacustre.

La primera coraza reportada se consideró del Holoceno temprano (ORTEGA, 1979), aunque bien pudo ser del Wisconsiniano. La segunda coraza parece ser reciente (TORRES y ORTEGA, 1982).

En el presente trabajo consideramos que estas corazas se formaron con precipitaciones no mayores de 200 mm, lo que corresponde con las lluvias que recibe al N del Sahara, donde es notable el desarrollo de corazas de este tipo. Se debe señalar que esta cantidad de precipitaciones es menor que la mitad de la calculada por J. L. Díaz (TORRES y ORTEGA, 1982) para la faja costera del S de Guantánamo, donde se encontró la coraza contemporánea; consideramos que esta discordancia se deba a la aproximación de cálculo llevada a cabo para una zona con muy escasa información pluviométrica.

TRAVERTINAS. Se forman a partir de las aguas superficiales duras; para que su acumulación sea notable es necesario un clima árido o semiárido (GREEN, 1961; MAKEDONOV, 1966). En el presente trabajo consideramos que en Cuba se formaron en áreas con lluvias no superiores a los 400 mm.

En Cuba, estas travertinas fueron descritas por primera vez como una formación geológica en la Península de Zapata; el estudio de la fauna fósil permitió que A. de la Torre la fechara como pleistocénica (FORMELL, 1969). Esta formación ha sido encontrada además en la Península de Guahacabibes y en el S de la Isla de la Juventud (FORMELL, 1969; FRANCO ORRE, 1980).

A pesar de las determinaciones faunísticas que aparecen detalladamente descritas en el trabajo de FORMELL (1969), FRANCO y TORRE (1980) establecen una edad de sólo mayor de 200 años para la travertina de la Isla de la Juventud, sobre la base de una comunicación de V. Panos.

2.12 RELICTOS DE SILICIO

Los relictos de silicio en formas de concreciones, costras o vetas de ópalo, y más raramente de calcedonia, pueden encontrarse en distintos climas. Se pueden formar durante el intemperismo de las rocas básicas y ultrabásicas en climas húmedos o relativamente húmedos (MOHR, 1930; BASSETT, 1951). En las áreas de suelos Ferralíticos al N de Madruga, Provincia Habana, pueden verse vetas de ópalo formadas en estas condiciones.

La presencia de carbonato de calcio y yeso facilita el desarrollo de costras y concreciones de silicio (KOVDA, 1940, 1973), por lo que se pueden encontrar en los suelos salinos.

A pesar de lo anterior, se considera que la formación de concreciones y costras de silicio en los suelos y cortezas de intemperismo es una forma de litogénesis del semidesierto tropical y subtropical (FERSMAN, 1926; FERSMAN y VLODAVETS, 1926); pero es necesario que existan lluvias, aunque sean episódicas, o el movimiento del manto freático, para que se movilice el silicio; también la presencia de alguna cantidad de humus favorece la formación de este tipo de concreciones (MAKEDONOV, 1966).

En Australia, la formación de costras y concreciones de silicio ha ocurrido durante todo el Cuaternario en un área de 1 000 a 2 500 km²; en esta área las lluvias no sobrepasan los 350-400 mm al año (MAKEDONOV, 1966).

En el presente trabajo consideramos que se formaron con menos de 400 mm de lluvia las concreciones y películas de silicio que pueden encontrarse en las capas de gravas ("stone line") de los suelos Ferralíticos Cuarzíticos Amarillos Rojizos Lixiviados de la Isla de la Juventud (O. Asciano, comunicación personal).

Las vetas de ópalo de los suelos Ferríticos y los ópalos y calcedonias que se pueden encontrar cercanos a las serpentinitas (por ejemplo, en Guanabacoa) no fueron tomadas en consideración, pues ya vimos que pueden generarse en lugares con diversa pluviometría.

2.13 RELICTOS DE YESO

Las concreciones de yeso se forman en clima desértico con lluvias mínimas (DOKUCHAEV, 1899a; MAKEDONOV, 1966), o en la parte más meridional de las estepas secas (GLINKA, 1931). En estas regiones, con un amplio déficit hídrico, las concreciones yesosas se generan en las depresiones del macrorrelieve y, dentro de éstas, en las partes más bajas del mesorrelieve (SHERBINA, 1949).

En la estepa, las concreciones de yeso se encuentran a 1,5-é m como mínimo (GLINKA, 1931) pero a medida que se avanza hacia el desierto aparecen a menor profundidad (MAKEDONOV, 1966).

En Cuba se han encontrado concreciones de yeso en la Llanura de Alto Cedro y Valle del Cauto (BENNETT y ALLISON, 1928); generalmente aparecen a más de 1 m de profundidad.

En este trabajo hemos considerado que estas concreciones se formaron con menos de 200 mm de lluvia, ya que este fue el límite dado por BLANKENHORN (1910), DRANITSIN (1915), y BLANK (1930) para el Asia Central, Marruecos, Argelia y Túnez, y está de acuerdo con lo planteado por DOKUCHAEV (1899a).

En el N de la Provincia de La Habana, en suelos sin ningún tipo de influencia del manto freático, se han visto pequeños cristales de yeso, sin que lleguen a formar concreciones. Por ser menos notable la manifestación, hemos decidido incluir la zona bajo la isoyeta de 400 mm al año.

2.14 EL GRADO DE LAVADO DE LOS SUELOS

En el clima actual de Cuba, predominan los procesos de lavado de elementos (SHISHOV *et al.*, 1973a, 1973b; TORRES *et al.*, 1980). Sin embargo, los suelos de Cuba, en su mayoría, se encuentran saturados de bases, y existen extensas áreas con suelos automórficos con carbonatos residuales, o bien a cierta profundidad o en ocasiones desde la superficie (INSTITUTO DE SUELOS, 1973). Se puede decir que los suelos no están en equilibrio con las condiciones climáticas actuales y que estos suelos no son usuales en otras regiones del mundo con clima similar (GLAZOVSKAYA, 1973).

Los suelos carbonatados medianamente lavados, o sea aquellos suelos que presentan los carbonatos a más de 20 cm de profundidad, se consideraron como encontrados en zonas con lluvias menores de 1 000 mm, o sea, semejantes al clima mediterráneo, donde este grado de lavado de los suelos es usual.

Los suelos con efervescencia frente al CIH desde la superficie, se consideraron bajo la isoyeta de 800 mm, ya que, como vimos, con estas lluvias el coeficiente hidrotérmico estuvo cercano a la unidad, lo cual no permitió el lavado de estos suelos.

En Cuba hay áreas de suelos ácidos bien lavados; se consideró que a lo largo de su historia estos suelos siempre tuvieron lluvias superiores a los 1 000 mm. Hay excepciones: los suelos de la Isla de la Juventud tienen una baja saturación de bases y alta acidez (CÁRDENAS y RIVEROL, 1973; MARRERO, 1974); pero esto se debe no tanto al lavado de los suelos como a la pobreza en bases del esquisto que aparece como material formador. La presencia de minerales 2:1 (BAISRE, 1972; MARRERO, 1974) indica que el desarrollo de estos suelos no es tan avanzado, como han pretendido algunos autores (CÁRDENAS y RIVEROL, 1973; MARRERO, 1974), por lo que su

desaturación no señala una avanzada edad, sino una gran pobreza inicial de bases.

La relativa poca evolución de estos suelos y la presencia ocasional de silicio secundario en ellos, nos llevó a no incluirlos dentro de áreas de alta pluviosidad Wisconsiana.

En la zona noroccidental de la Provincia de Camagüey existen suelos bien lavados, desarrollados sobre deluvios de rocas básicas. El paisaje donde se encuentran estos suelos denota su gran antigüedad; hay varios niveles de alturas con bordes cóncavos, típicos de procesos de peniplanación; alturas con cimas planas protegidas por potentes horizontes de lateritas; los suelos presentan horizontes de piedras ("stone lines") formados por gravas ferruginosas, a todas luces provenientes de la destrucción de lateritas más antiguas, etc. Todas estas manifestaciones nos indican que el proceso edafogenético es anterior al Cuaternario, por lo que no se tomará en cuenta como índice de alta pluviosidad.

En esta misma región, sobre la roca ultrabásica fresca, se pueden encontrar pseudomicelos de carbonato de magnesio, que indican una aridez más reciente del clima.

2.15 SEDIMENTOS DE FOSFORITAS

Las fosforitas que se han encontrado en el Archipiélago Jardines de la Reina (REYNOSO, 1861) y en el de Los Canarreos (C. Sullí, comunicación personal) son de origen marino. Éstas se generan en aguas no muy profundas, en los lugares donde las corrientes ascendentes ponen en contacto las aguas abisales, frías y ricas en CO₂ y fosfatos solubles, con las aguas superficiales, más cálidas (BUSHINSKY, 1952, 1963; MCKELVEY *et al.*, 1953; STRAJOV, 1963). STRAJOV (1963) señaló que las fosforitas se forman preferentemente en las zonas áridas del planeta.

En este trabajo consideramos que las tierras cercanas a estos yacimientos de fosforitas no tuvieron precipitaciones mayores de 200 mm, de acuerdo a la hipótesis de STRAJOV (1963).

Es de destacar que en los lugares citados, no sólo difieren las condiciones climáticas actuales, sino también las corrientes marinas. En la actualidad son zonas de descenso de aguas (BOGDANOV, 1970), por lo que no existen condiciones para la sedimentación actual de fosforitas.

2.16 DEPOSITOS COLICOS

En las condiciones actuales, en las costas de Cuba se forman pequeñas dunas litorales; además de las dunas recientes, existen dunas antiguas mucho más potentes, de edad pleistocénica (MURATOV *et al.*, 1975; SHANZER *et al.*, 1975).

SHANZER *et al.* (1975) consideraron que las dunas antiguas se formaron en un clima semiárido; sin embargo, FRANCO (1975), coautor del trabajo de Shanzer, no comparte la opinión expresada anteriormente.

Estas dunas, hoy cementadas, se distinguen fácilmente por su estratificación cruzada; han sido señaladas en la costa *N* de La Habana y Matanzas y en la Península de Guanahacabibes (SHANZER *et al.*, 1975), así como en la costa *N* de Holguín (MURATOV *et al.*, 1975).

En este trabajo consideraremos que se formaron con lluvias inferiores a 600 mm.

2.17 AGUAS SUBTERRÁNEAS

La cantidad y calidad de las sales que contienen las aguas subterráneas dependen de varios factores, entre otros: la constitución geológica de la región; la influencia y movimiento de los límites de las cuencas marinas; las condiciones hidrogeológicas actuales; etc.; entre estos factores el paleoclima ocupa un lugar relevante (KOZLOVA, 1965).

No hay dudas que la existencia de un largo período árido debe influir en la formación de las aguas subterráneas aumentando su grado de mineralización; por esto, a pesar de las altas precipitaciones actuales de Cuba y de su coeficiente hidrotérmico positivo, se encuentran aguas subterráneas con distinto grado de mineralización (KONOVALOV, 1970).

En este trabajo se consideró que las aguas subterráneas de alta mineralización (más de 20 g/l) corresponden a zonas climáticas con menos de 200 mm de lluvias. Tales aguas no aparecen reflejadas en el Atlas Nacional de Cuba (KONOVALOV, 1970), pero se conocen en el Valle de Guantánamo, Imías, y Llanura de Alto Cedro. Las aguas de mediana mineralización (10-20 g/l) corresponderán a lluvias hasta de 400 mm, y las poco mineralizadas (menos de 10 g/l) a menos de 600 mm.

No consideramos las cuencas en que se presume ha existido una intrusión reciente del agua del mar debido a la sobreexplotación de los pozos.

2.18 SUELOS SOLONCHAK

Los suelos conocidos por solonchak pueden aparecer en distintas regiones climáticas (GLINKA, 1931) si existen condiciones de drenaje que faciliten la acumulación de sales; sin embargo, estas sales se podrán acumular extensivamente sólo en las regiones donde las lluvias sean escasas y la evaporación alta (GLINKA, 1931).

En Cuba, los suelos salinos aparecen asociados a las llanuras bajas costeras, afectadas por la cercanía del mar; se conocen otras áreas en valles interiores, donde no existe influencia marina posible; en estos valles con salinización de tipo continental, la acumulación salina sólo fue

posible por el efecto de un clima seco actual o pretérito, con lluvias inferiores a los 400 mm.

3. MAPA DE LA PLUVIOSIDAD WISCONSIANA (Fig. 1)

Como, de acuerdo con nuestra hipótesis, el mayor y más cercano período seco que sufrieron los suelos actuales de Cuba coincidió con la glaciación de Wisconsin, hemos preferido subrayar en el título del mapa el nombre de la última glaciación, aunque en términos generales, la distribución de la humedad no debió ser muy diferente en los otros períodos glaciales.

En el mapa se puede ver que la aridez se acentúa sobre todo en las grandes llanuras, en especial en la gran llanura del S de La Habana, hoy sumergida en el Golfo de Batabanó.

El efecto de sombra de las zonas montañosas era mayor, sobre todo al S del macizo de Guamuhaya, mientras que la aridez al S de la Provincia de Guantánamo era sólo algo más acentuada que la actual.

Basándonos en la información del mapa podemos encontrar explicación a algunos hechos no claros de la edafología cubana.

Por ejemplo: los suelos Ferralíticos Rojos de La Habana están más saturados que los de Ciego de Ávila, a pesar de la mayor pluviosidad actual en la primera provincia; el mapa muestra que en el tiempo de Wisconsin, la situación era inversa, lo cual puede explicar el fenómeno.

Los suelos Ferralíticos Rojos, a pesar de su edad, considerada por CAMACHO (1980) en más de 200 000 años y por nosotros en más de 100 000, están saturados en bases. Para que esto concuerde con los datos sobre la lixiviación de calcio dados por SHISHOV *et al.* (1973a, 1973b), es necesario considerar que el lavado de estos suelos se reinició en el Holoceno y que durante la época seca glacial se depositaron en ellos arenas carbonatadas; por lo menos esta debió ser una capa de 15 mm.

Existen huellas de deposición de arenas silíceas sobre estos suelos, en regiones muy alejadas de los macizos de rocas capaces de aportar arenas de este tipo (O. Ascanio, comunicación personal); estas arenas debieron ser depositadas igual que las ya disueltas arenas carbonatadas que suponemos existieron.

El mapa explica la ocurrencia de suelos bien lavados en las cercanías de suelos saturados y aún carbonatados, dada la gran diferencia del régimen hídrico entre las llanuras y las alturas durante el tiempo de Wisconsin.

Consideramos que la profundización de los estudios paleoclimáticos podrá explicar el origen de los mantos de arenas silíceas que cubren extensas áreas en las provincias de Villa Clara, Cienfuegos, y Ciego de Ávila.



Fig. 1. Pluviosidad en Cuba durante la glaciación de Wisconsin. (a) concreciones de CaCO_3 a más de 50 cm de la superficie; (b) idem, a menos de 50 cm; (c) pseudomicelos de CaCO_3 ; (d) pseudomicelos de MgCO_3 ; (e) capas de CaCO_3 pulverulento (caliche); (f) travertinas; (g) suelos con carbonato residual en la superficie; (h) coras de CaCO_3 ; (i) concreciones de yeso; (j) cristales de yeso; (k) películas de silicio; (l) suelos salinos; (m) suelos desaturados; (n) manto freático con mineralización menor de 10 g/l; (o) idem, de 10 a 20 g/l; (p) idem, mayor de 20 g/l; (q) fosforitas; (r) dunas fósiles.

En el campo de la biogeografía también servirá para explicar algunos hechos, por ejemplo:

El género de moluscos *Polymita* se encuentra circunscrito a las provincias orientales; los zoólogos hablan de una barrera ecológica que ha impedido su propagación al resto del País, pero no han podido decir la naturaleza de esta. Si consideramos que el centro de dispersión del género *Polymita* fue Gran Tierra en la Provincia de Guantánamo, ellos tuvieron que migrar 324 km para alcanzar su límite actual. Teniendo en cuenta que ellas viven únicamente en lugares húmedos con suelos cálcicos, sólo pudieron comenzar su migración hace 12 000-15 000 años. Para alcanzar los límites actuales de su área de dispersión tuvieron que avanzar de 20 a 28 m/año; esta velocidad parece razonable para los moluscos de su talla. Se puede deducir la no existencia de la barrera ecológica considerada por los zoólogos, ya que es el factor tiempo el causante de su limitada distribución.

4. CONCLUSIONES

El mapa brindado debe considerarse como una aproximación y nunca tomar las isoyetas de manera absoluta. Debe tenerse en cuenta lo amplio de los errores de apreciación sobre las condiciones de formación de los relictos edáficos y los otros índices utilizados; además, se ignoraron las variaciones que debieron existir durante el transcurso del prolongado período árido que suponemos duró unos 60 000 años, o sea, las isoyetas representan más bien la media para un larguísimo período árido. Creemos justo atribuirle a estas líneas un error de ∓ 200 mm, en el sentido de que el clima fuera más húmedo que seco.

De ser cierta la hipótesis principal del trabajo: la coincidencia de la aridez con los períodos glaciales, así como el grado de aridez que se alcanzó, los naturalistas tendrán una buena herramienta de trabajo para el estudio de las leyes más generales sobre la distribución geográfica de las especies de animales y vegetales, de los suelos y de algunos minerales útiles.

Por otra parte, el trabajo amplía más el debate sobre el clima del Pleistoceno en Cuba, ya que, como vimos, existen tres hipótesis que se contradicen. Esperamos que este trabajo motive la confrontación de opiniones, la cual seguramente propiciará el desarrollo del conocimiento de nuestro paleoclima.

RECONOCIMIENTO

Agradecemos al compañero Osvaldo Ascanio su cooperación; con su brillante memoria sobre las características de los suelos y su ubicación geográfica, nos sirvió de apoyo a nuestras observaciones.

Agradecemos al compañero Jesús Francisco de Albear la revisión del trabajo y sus observaciones, que nos han servido para mejorar al mismo.

REFERENCIAS

- ACEVEDO GONZALEZ, M. (1971): Geomorfología de Sumidero y sus inmediaciones. *Rev. Tecnol.*, 3/4:33-54.
- ASCANIO, O. (1973): Suelos latosólicos. En *Génesis y clasificación de los suelos de Cuba*. Acad. Cien. Cuba, La Habana, pp. 54-87.
- BAISRE, J. (1972): Caracterización química de tres suelos de Cuba. *Acad. Cien. Cuba*, ser. suelos, 15:3-23.
- BASSETT, H. (1951): Silification of rocks by surface waters. *Amer. J. Sci.*, 252(12) [citado por MAKEDONOV, 1966].
- BENNETT, H. H. (1932): *Algunos nuevos suelos de Cuba*. Ed. Revolucionaria, La Habana, 1966, 125 pp.
- BENNETT, H. H., y ALLISON, R. V. (1928): *Los suelos de Cuba*. Ed. Revolucionaria, La Habana, 1966, 375 pp.
- BENNETT, H. H., GRAY, C. B., PUJALS, P. P., CABRER MESTRE, P., y GARCÍA VÁZQUEZ, R. L. (1956): Los suelos y la agricultura en los municipios de Alquizar y Güira de Melena. *BANFAIC, Publ. de suelos*, 1:1-48, 1 mapa.
- (1957a): Los suelos y la agricultura en el municipio de Artemisa. *BANFAIC, Publ. de suelos*, 3:1-55, 1 mapa.
- (1957b): Los suelos y la agricultura en el municipio de Calendaría. *BANFAIC, Publ. de suelos*, 4:1-64, 1 mapa.
- (1959a): Los suelos y la agricultura en los municipios de San Cristóbal y Los Palacios. *BANFAIC, Publ. de suelos*, 5:1-61, 2 mapas.
- (1959b): Los suelos y la agricultura en los municipios de Guane y Mantua. *BANFAIC, Publ. de suelos*, 6:1-80, 2 mapas.
- BLAGOVESHENSKY, E. N. (1949): Experiencias en la restauración de las condiciones ecológicas existentes en el Turán Occidental en el período de acumulación de las arenas de Zankausko [en ruso]. *Izv. Vsesoiz. Gerogr. Ov-va*, 81(1) [citado por MAKEDONOV, 1966].
- BLANK, E. (1930): Krustenböden. En *Handbuch der Bodenlehre*, vol. 3, Berlín [citado por MAKEDONOV, 1966].
- BLANKENHORN, M. (1910): Zur Geologie Palästinas und des ägyptischen Niltals. *Z. Deutsch. geol. Ges.*, 53(31) [citado por MAKEDONOV, 1966].
- BOGDANOV, D. V. (1970): Aguas del litoral. En *Atlas nacional de Cuba*, Acad. Cien. Cuba y la URSS, La Habana, pp. 64-68.
- BONNATTI, E., y GARTNER, S. (1973): Caribbean climate during Pleistocene Ice Ages. *Nature*, 244(5418):563-565.
- BROWN, P. R. (1963): Climatic fluctuation over the oceans in the tropical Atlantic. En *Changes of climate*, UNESCO, Lieja, pp. 109-123.
- BUSHINSKY, G. I. (1952): *Apatita, fosforita y vivianita* [en ruso]. Izd-vo ANSSSR, Moscú [citado por MAKEDONOV, 1966].
- (1963): On shallow water origin of phosphorite sediments. En *Developments in sedimentology* (L. M. J. U. van Streaten, ed.). Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 1964, pp. 62-70.
- BUTZER, K. W. (1961): Climatic change in arid region since the Pliocene. En *A history of land use in arid regions*, UNESCO, París, pp. 31-56.
- (1963): The last "pluvial" phase of the Eurafrikan subtropics. En *Changes of climatic*. UNESCO, Lieja, pp. 211-221.
- CAMACHO, E. (1980): *Etude des sols des plaines karstiques de la région occidentale de Cuba*. Tesis presentada en la Universidad de Dijon, ORSTOM, París, 143 pp.

- CARDENAS, A., y RIVEROL, M. (1973): Suelos Amarillos Tropicales. En *Génesis y clasificación de los suelos de Cuba*, Acad. Cien. Cuba La Habana, pp. 88-104.
- CATON-THOMPSON, G., y GARDNER, E. W. (1929): Recent work on the problem of Lake Moeris. *Geogr. J.*, 73:20-60.
- CORBEL, J. (1957): *Les karst du N-O de l'Europe et de quelques region de comparaison. Etude sur le role du climat dans l'erosion calcaire*. Inst. des Etude Rhodan, de l'Univ. de Lyon, 541 pp. [citado por CAMACHO, 1980].
- DAVITAYA, F. F., y TRUSOV, I. I. (1965): *Los recursos climáticos de Cuba*. Acad. Cien. Cuba e INRH, La Habana, 68 pp.
- DOBROVOLSKY, V. V. (1961): Neoformaciones calcáreas en suelos paleohidromórficos en el sur de la zona de bosques [en ruso]. *Nauch. Dokl. Vishei Shkoli, ser. biol. nauk.* 3 [citado por MAKEDONOV, 1966].
- DOKUCHAEV, V. V. (1899a): Sobre el yeso secundario [en ruso]. *Zap. S. Peterburgo Mineral. ob-va, ser. 2*, 37 [citado por MAKEDONOV, 1966].
- (1899b): Para el estudio de las zonas de la naturaleza [en ruso]. En *Obras de Dokuchaev*, vol. 6, Nauka, Moscú y Leningrado. 1951.
- DRANITSIN, D. A. (1915): Viaje a Argelia [en ruso]. *Trudi Dokuchaevsk. In-ta*, 3 [citado por MAKEDONOV, 1966].
- EMILIANI, C. (1955): Pleistocene temperatures. *J. Geol.*, 63:538-578.
(1958): Paleotemperature analysis of Core 280 and Pleistocene correlations. *J. Geol.* 66:264-275.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1963): Mean sea level related to solar radiation during the last 20 000 years. En *Changes of climate*. UNESCO, Lieja, pp. 229-242.
- FERSMAN, A. E. (1926): Los problemas geoquímicos de los burganes grises del desierto de Karakum [en ruso]. *Materiali dlia izuch. estestv. Proizvodit. sil SSSR*, 59 [citado por MAKEDONOV, 1966].
- FERSMAN, A. E., y VLODAVETS, N. M. (1926): Sobre los procesos de silificación en el desierto de Karakum del Asia Central [en ruso]. *Dokl. ANSSSR*, 8 [citado por MAKEDONOV, 1966].
- FISCHER, T. (1910): Schwarzerde und Kalkkruste in Morokko. *Z. prakt. Geol.*, 18 [citado por MAKEDONOV, 1966].
- FORMELL CORTINA, F. (1969): Geología de la Ensenada de La Broa y territorios adyacentes. *Acad. Cien. Cuba. ser. Transformación de la naturaleza*, 9:1-31, 1 mapa.
- FRANCO, G. L. (1975): Las eolianitas del occidente de Cuba. *Acad. Cien. Cuba, ser. geol.*, 17:3-12.
- FRANCO, G. L., y TORRE, A. de la (1980): Los depósitos costeros del sur de la Isla de la Juventud (Isla de Pinos), Cuba. *Cien. Tierra Espacio*, 2:3-13.
- FURRAZOLA BERMÚDEZ, G., JUDOLEY, C. M., MIJALOVSKAYA, M. S., MIROLIUBOV, S., NOVOJATINSKY, K. P., NÚÑEZ JIMÉNEZ, A., y SOLSONA, J. B. (1964): *Geología de Cuba*. Consejo Nacional de Universidades, La Habana, 239 pp.
- GAUCHER, G. (1948): Sur certains caractères des croûtes calcaires en rapport avec leur origin. *C. R. Acad. Sci.*, 227 [citado por MAKEDONOV, 1966].
- GLAZOVSKAYA, M. A. (1973): *Los suelos del mundo* [en ruso]. Univ. de Moscú, Moscú, vol. 2, 427 pp.
- GLINKA, K. D. (1931): *Edafología* [en ruso]. Seljozizdat, Moscú y Leningrado, 620 pp.
- GRAÑA GONZÁLEZ, A. (1968): Notas sobre sedimentos de la cueva Valette, Mayarí, Oriente. *Acad. Cien. Cuba, ser. espeleol.*, 4:1-10.
- GREEN, R. (1961): Palaeoclimatic significance of evaporites. En *Descriptive palaeoclimatology*, (A. E. M. Nair, ed.) Interscience Publishers Inc., Nueva York, pp. 61-88.

- GRIFFITHS, J. F. (1968): *Applied climatology*. Oxford Univ. Press, Londres, 118 pp.
- GUERASIMOV, I. P. (1971): Naturaleza y propiedades de los suelos antiguos [en ruso]. En *Problemas genéticos, geográficos e históricos de la edafología moderna*, Nauka, Moscú, 1976, pp. 259-269.
- (1972): Ensayo de una aproximación genética a la clasificación de los suelos, cortezas de intemperismo y productos de su redeposición [en ruso]. En *Problemas genéticos, geográficos e históricos de la edafología moderna*, Nauka, Moscú, 1976, pp. 111-126.
- HERNÁNDEZ, A. (1973): Suelos Pardos Tropicales. En *Génesis y clasificación de los suelos de Cuba*, Acad. Cien. Cuba, La Habana, pp. 116-149.
- INRA, DIRECCIÓN NACIONAL DE SUELOS Y FERTILIZANTES (1975): *Suelos de Cuba*. Orbe, La Habana, vol. 1, 352 pp.
- INSTITUTO DE SUELOS (1973): *Génesis y clasificación de los suelos de Cuba*. Acad. Cien. Cuba, La Habana, 315 pp.
- IONIN, A. S., MEDVEDEV, V. S., PAVLIDIS, N. N., DUNAEV N. N., y AVELLO SUÁREZ, O. (1976): Estructura geológica de la plataforma submarina de Cuba [en ruso]. En *Sedimentología cuaternaria y formación del relieve de Cuba*, Nauka, Moscú, pp. 81-106.
- ITURRALDE-VINENT, M. A. (1972): Estudio cuantitativo de la actividad del carso en Cuba. *Voluntad Hidráulica*, 10(23):41-47.
- JANSA GUARDIOLA, J. M. (1969): *Curso de climatología*. Organismos, La Habana, 1974, 445 pp.
- JUDOLEY, C. M., y FURRAZOLA BERMÚDEZ, G. (1971): *Geología del área del Caribe y de la costa del Golfo de México*. Min. de la Minería, Cosmubustible y Metalurgia, La Habana, 288 pp.
- KARTASHOV, I. P., CHERNIAJOVSKY, A. G., y PEÑALVER, L. (1981): *El Cuaternario de Cuba* [en ruso]. Nauka, Moscú, 147 pp.
- KARTASHOV, I. P., MAYO, N. A., CHERNIAJOVSKY, A. G., y PEÑALVER, L. (1976): Descripciones de algunas formaciones geológicas del sistema cuaternario de Cuba reconocidas recientemente. *Acad. Cien. Cuba, ser. geol.*, 26:1-12.
- KONOVALOV, V. J. (1970): Hidrogeología. En *Atlas Nacional de Cuba*, Acad. Cien. Cuba y la URSS, La Habana, pp. 22-23.
- KOVDA, V. A. (1940): Sobre el movimiento y acumulación de silicio en los suelos salinos [en ruso]. *Trudi Poch. In-ta ANSSSR*, 22(1) [citado por MAKEDONOV, 1966].
- (1973): *Bases para el estudio de los suelos* [en ruso]. Nauka, Moscú, 2 vols.
- KOZLOVA, N. D. (1965): *Geoquímica y formación de las aguas subterráneas* [en ruso]. Nauka, Moscú, 166 pp.
- KRUPENIKOV, I. A. (1974): Los chernoziom de Moldavia [en ruso]. En *Chernoziom de la URSS*, Kolos, Moscú, pp. 282-556.
- KUBIENA, W. L. (1963): Paleosoils as indicators of paleoclimates. En *Changes of climate*, UNESCO, Lieja, pp. 207-209.
- LEBEDEVA, T. A. (1974): Condiciones naturales de la zona de los chernoziom [en ruso]. En *Chernoziom de la URSS*, Kolos, Moscú, pp. 64-83.
- MAKEDONOV, A. V. (1966): *Concreciones actuales en los sedimentos y suelos* [en ruso]. Nauka, Moscú, 284 pp.
- MARRERO, A. (1974): Suelos Amarillos Tropicales. En *Estudio edafológico de Isla de Pinos*, Acad. Cien. Cuba, La Habana, pp. 21-43.
- MAYO, N. A., y KARTASHOV, I. P. (1972): El problema de las oscilaciones climáticas en el Pleistoceno de Cuba. *Actas Inst. Geol. Acad. Cien. Cuba*, 2:57-62.
- MAYO, N. A., y PEÑALVER, L. (1973): Los problemas básicos del Pleistoceno de Cuba. *Actas Inst. Geol. Acad. Cien. Cuba*, 3:61-65.

- McKELVEY, V. E., SWANSON, R. W., y SHELDON, R. P. (1952): The Permian phosphorite deposit of Western United States. En *19th Internatl. Geol. Congr. C. R., Argelia*, vol. 1, pp. 45-64.
- MOHR, E. C. (1930): *Tropical soil forming processes and development of tropical soils*. The National Geological Survey of China, Peiping, 1933, 2a edn., 766 pp. [traducido del holandés],
- MURATOV, V. M., DÍAZ, J. L., y HERNÁNDEZ, J. (1975): Acerca de las dunas recientes y antiguas situadas al oeste de la desembocadura del Río Sagua de Tánamo. *Acad. Cien. Cuba*, ser. geogr., 10:3-8.
- NEMEC, F. PANOS, V., y STELCL, O. (1967): Contribution to geology of Western Cuba. *Acta Univ. Palachiana, Olomuc*, 23:83-123.
- ORTEGA SASTRIQUES, F. (1979): Primer reporte de suelos con corazas carbonatadas en Cuba. *Cien. Agr.*, 4:173-177.
- PANOS, V., STELCL, O. (1967): Carbonate crust and coatings on limestone in the seasonally humid tropical climate of Cuba. *Ceskoslovensky Kras*, 19:87-100.
- PANOV, D. G. (1966): *Geomorfología general* [en ruso]. Vischaya Shkola, Moscú. 427 pp.
- PERELMAN, A. I. (1951): Las concreciones carbonatadas de Karakum y Kizilkumov [en ruso]. *Dokl. ANSSSR*, 78(5) [citado por MAKEDONOV, 1966].
- (1959): Migración de las sales en las llanuras de Uzbekistan durante el Neógeno [en ruso]. *Trudi In-ia Rudnij Mestorozhdeny*, 25 [citado por MAKEDONOV, 1966].
- REYNOSO, A. (1861): *Estudios progresivos sobre varias materias científicas, agrícolas e industriales*. Imprenta del Tiempo, La Habana, 365 pp.
- RODE, A. A. (1955): *Edafología* [en ruso]. Goslesbumizdat, Moscú y Leningrado, 522 pp.
- RUBIN, M. (1963): Simultaneity of glacial and pluvial episodes from C¹⁴ chronology of the Wisconsin Glaciation. En *Changes of Climate*, UNESCO, Lieja, pp. 223-227.
- SCHWARZBACH, M. (1968): *Climates of the past*. D. van Nostrand Co. Ltd., Londres, 328 pp.
- SHANZER, E. V., PETROV, O. M., y FRANCO, G. L. (1975): Sobre las formaciones costeras del Holoceno en Cuba. Las terrazas pleistocénicas de la Región Habana-Matanzas y los sedimentos vinculados a ellos. *Acad. Cien. Cuba*, ser. geol., 21:3-26.
- SHERBINA, V. N. (1949): El horizonte yesoso del suelo, como uno de los factores en la formación de los horizontes yesosos fósiles [en ruso]. *Dokl. ANSSSR*, 24(5) [citado por MAKEDONOV, 1966].
- SHISHOV, L. L., SHISHOVA, V., CORDERO, J. J., y CASTELLANOS, M. (1973a): Informe preliminar sobre la lixiviación de elementos nutritivos en algunos suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. *Acad. Cien. Cuba, ser. caña de azúcar*. 60:3-8.
- SHISHOV, L. L., SHISHOVA, V., y VILLEGAS, R. (1973b): *Fertilidad de los suelos de algunas áreas cañeras de Cuba*. Acad. Cien. Cuba, La Habana, 102 pp. (mimeogr.).
- SIDORENKO, A. V. (1956): Principales rasgos de la mineralogía en el desierto [en ruso]. En *Problemas de la mineralogía de las formaciones sedimentarias*, Lvov [citado por MAKEDONOV, 1966].
- SIRENKO, N. A. (1974): Algunos aspectos metodológicos en las investigaciones paleopedológicas [en ruso]. En *Paleopedología*, Naukova Dumka, Kiev, pp. 15-17.
- STRAJOV, N. M. (1963): *Tipos de litogénesis y su evolución en la historia de la Tierra* [en ruso]. Gosgeolteizdat, Moscú, 160 pp.

- TORRES, A., OTERO, L., TRUJILLO, R., MACHIN, P., y FERNÁNDEZ MORÍN, M. (1980): Vínculos entre el agua de percolación y el balance de nutrientes en suelo Ferralítico Rojo típico con caña de azúcar. *Cien. Agr.*, 5:99-108.
- TORRES FONT, J. M., y ORTEGA SASTRIQUES, F. [1982]: Los suelos con corazas de carbonato de Guantánamo. *Cien. Agr.*, 11:126-127.
- TRICART, J. (1963): Oscilations et modification de caractère de la zone aride en Afrique et en Amérique Latine lors des périodes glaciaires des hautes latitudes. En *Changes of climate*, UNESCO, Lieja, pp. 415-419.
- USDA, SOIL CONSERVATION SERVICE (1979): *Soil survey of Knox County, Texas*. USDA, Washington, 97 pp.
- VILENSKY, D. G. (1957): *Soil Science*. Israel Progr. Scientific Transl., Jerusalem, 1963, 488 pp.
- VIÑA BAYÉS, N., y FUNDORA MARTÍNEZ, C. (1970): Estudio preliminar de los sedimentos del sistema subterráneo de Trinidad, Las Villas. *Acad. Cien. Cuba*, ser. espeleol., 26:1-19.
- ZONN, S. V. (1968): Características de la edafogénesis y principales tipos de suelos de Cuba [en ruso]. En *Génesis y geografía de los suelos de los países extranjeros por investigaciones de geógrafos soviéticos*, Nauka, Moscú, pp. 53-152.
- (1970): *Introducción al estudio de los suelos de los subtrópicos y trópicos, 2a parte* [en ruso]. Univ. Patricio Lumumba. Moscú. 343 pp.

ABSTRACT

The presence of carbonate, siliceous, and gypsum relics in Cuban soils, as well as of other geographical indexes not according with present climate, has served to determine the rain fallen during the last glacial (Wisconsin or Würm), characterized by a strong aridity. The climatological mechanisms causing the phenomenon are further explained.

This study allowed to elaborate the map of the annual precipitations at a scale of 1:1 500 000, and the isoyets of 200, 400, 600, 800, and 1 000 mm were traced.

Based on the map, some explanations are given to illustrate problems concerning Cuban edaphology, as well as the cause of the limited distribution of the mollusk *Polymita* in Cuba.

CDU [551.583.793 + 631.487]:[729.1]