

Efecto del tránsito climático hacia el holoceno sobre el carácter de los suelos pardos de Cuba

Fernando Ortega Sastriques*, Guillermina Hernández** y Efrén Jaimez Salgado***

*Universidad Agraria de La Habana. Ciudad de la Habana. Cuba.

**Centro Nacional de Biodiversidad, Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA. Cuba.

***Instituto de Geofísica y Astronomía.

RESUMEN

Se discute la génesis de los suelos pardos de Cuba, considerándose como suelos Pardos Mediterráneos decapitados, que en un principio se habían desarrollado en las regiones alomadas de la Isla durante la larga glaciación wisconsiniana en un clima mediterráneo seco y vegetación arbustiva abierta. La erosión masiva de casi todos los suelos de las zonas alomadas y premontanas de Cuba ocurrió durante la transición del Pleistoceno al Holoceno cuando las lluvias anuales se incrementaron de manera abrupta antes de que la nueva vegetación forestal climax pudiera cubrir la superficie de la tierra protegiendo al suelo de la erosión.

Palabras clave: Suelos Pardo Sialíticos, Transición Pleistoceno-Holoceno, Paleopedología, Paleovegetación

ABSTRACT

It is exposed the genesis of the brown soils of Cuba: these are considered as truncated Brown Mediterranean soils developed on the hilly lands of the Island during the long Wisconsin glacial period in a dry Mediterranean climate and open shrub vegetation. The massive erosion of almost all hilly and premountain soils in Cuba occurred during the Pleistocene-Holocene transition when the annual rains abruptly increased before the new forest-climax vegetation could cover the land surface protecting the soil from erosion.

Key words: Brown Sialitic Soils, Pleistocene-Holocene Transition, Paleopedology, Paleovegetation

INTRODUCCIÓN

En la década de los 80 del pasado siglo se trabajó de manera muy intensa, bajo la dirección del distinguido geólogo Guillermo Franco, en la redacción del *Léxico Estratigráfico Nacional*; se le encargó a los doctores Manuel Acevedo González y Fernando Ortega Sastriques la escritura de una breve nota sobre la evolución de los suelos de Cuba durante el Cuaternario, que sería parte de dicho *léxico*.

La muerte sorprendió al inolvidable Guillermo Franco antes de ver concluida esta obra, cuya dirección pasó a otras manos. Como sabíamos que algunos de los planteamientos de la nota preparada por Ortega y Acevedo no eran compartidos por los nuevos encargados de la dirección del *Léxico*, se decidió su publicación aparte; ésta apareció en un número de la revista *Ciencias de la Tierra y el Espacio* de la Academia de Ciencias de Cuba (Ortega & Acevedo 1988).

La nota trata de sintetizar los efectos de las oscilaciones climáticas del Cuaternario —en especial, del violento cambio del Máximo Avance Glacial (MAG) o Pleniglacial al Óptimo Climático Postglacial (OCP) sobre las características de los suelos de Cuba— síntesis extrema que no permitió ahondar de manera suficiente en varios aspectos.

Uno de esos aspectos es el rejuvenecimiento por decapitación de gran parte de los suelos de las zonas alomadas de la Isla de Cuba. Ese planteamiento lo

escuchamos por primera vez en la década del 70 en boca del académico soviético Inokenti Petrovich Guerasimov, mientras estudiábamos en el campo un perfil de suelo Pardo Carbonatado sobre la Formación Capdevila; a Guerasimov, gran conocedor de los suelos Pardos del Mediterráneo y el Cáucaso (Guerasimov 1965), le sorprendía la máxima acumulación de arcillas en el horizonte A, y en el propio terreno aventuró la hipótesis de la pérdida de un horizonte A original por la erosión, aunque no ubicó ese hecho en el tiempo.

A pesar de los 20 años transcurridos desde la aparición de la referida nota, la consideración de los cambios climáticos en los razonamientos sobre la génesis y características de los suelos cubanos y, en específico, la concepción del rejuvenecimiento por decapitación de los suelos de las regiones alomadas de Cuba, no ha penetrado en el acervo de la edafología del País y, por tanto, no se imparte en la docencia. La intención de esta publicación es explicar el rejuvenecimiento de gran parte de los suelos de color pardo de Cuba, que fue uno de los temas tratados en la nota del año 1988.

El tránsito abrupto de las condiciones frías y secas de período glacial a las cálidas e hiperhúmedas del postglacial es un evento de suma importancia en la historia climática de casi todo el Globo y de Cuba en particular: ese evento tuvo que tener consecuencias muy profundas en las biotas de las regiones afectadas; sin embargo es un tema que por lo general no se menciona

en los estudios sobre la génesis y evolución de nuestras biotas. La razón es el general desconocimiento de la paleoclimatología de nuestra región geográfica.

Sirva la interpretación de las características de los suelos de color pardo de Cuba como una prueba más de la ocurrencia del referido cambio climático abrupto en Cuba; concepto vital en la interpretación de la historia de nuestras biotas.

ANTECEDENTES

Síntesis de algunas características de los suelos de color pardo de Cuba

Los suelos de color pardo son los más abundantes de Cuba, en total ocupan unos 20 000 km², algo menos del 20% del territorio nacional, lo que duplica al área de los suelos ferralíticos de color rojo tan comunes en el occidente de la Isla. La mayor parte se desarrollan a partir de rocas sedimentarias, carbonatadas o no, de efusivo-sedimentarias como las tobas carbonatadas y los más evolucionados, desde el punto de vista de la mineralogía de las arcillas, a partir de rocas ígneas intrusivas, tanto ácidas como básicas (Instituto de Suelos 1973). Las arcillas están constituidas por esmectitas heredadas de la roca madre o sintetizadas en el perfil. El aumento de la relación sílice: aluminio hacia la base de los perfiles indican una desilificación incipiente en el curso de la edafogénesis actual (Tabla I); aparejado, en la mayor parte de los suelos, se observa un aumento del hierro libre. El estado evolutivo de la fracción arcillosa permite considerar que su desarrollo se encuentra en una fase sialítica o en algunos casos fersialítica.

El contenido máximo de arcilla se encuentra en la superficie o a muy pocos centímetros de ésta; en el último caso su contenido es apenas superior al del horizonte superficial. Por lo general no se observan revestimientos arcillosos sobre los agregados (*cutanes*) u otros índices de clara iluviación de arcillas; tampoco se observan acumulaciones importantes de arcillas orientadas en las láminas delgadas (Nakaidze 1976).

Estos suelos se encuentran en alturas superiores a los 25 m; desde el trabajo ya clásico de Ducloz (1963) se reconoce que la última transgresión marina que alcanzó esta cota fue en el Plioceno, lo que significa que se desarrollan en superficies de al menos 2 millones de años de antigüedad; sería de esperar encontrar suelos profundos desarrollados a partir de cortezas de intemperismo potentes, sin embargo, lo que se encuentran son suelos donde los horizontes A + B si acaso sobrepasan los 50 cm, con una rápida transición a la roca madre débilmente alterada.

La evolución del clima de Cuba en el Cuaternario Tardío

En los últimos 25 años se han acumulado suficientes evidencias sobre el carácter marcadamente árido del clima

TABLA I

Algunas características de la arcilla de los suelos pardos de Cuba.

Suelos pardos de regiones alomadas de Cuba			
Hor.	Prof. (cm)	% arcilla	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
P. lavado sobre roca carbonatada (Instituto de Suelos 1973)			
A	0-14	74.9	3.89
AB	14-34	66.7	3.96
B	34-46	48.9	4.45
BC	46-80	-	4.51
P. carbonatado sobre roca carbonatada (Instituto de Suelos 1973)			
A _{Ca}	0-20	59.4	4.23
B _{Ca}	20-40	61.4	4.49
BC _{Ca}	40-50	37.5	4.37
C _{1Ca}	50-70	29.0	4.63
C _{2Ca}	70-100	21.2	
P. (fersialítico) sobre roca básica (Instituto de Suelos 1973)			
A	0-12	42.7	10.35 (3.5) ¹
B	12-25	24.7	13.85 (3.81)
BC	25-38	8.8	18.15 (4.21)
p. carbonatado (Benítez 1990)			
	0-10	46.3	
	10-20	46.1	
	20-30	34.3	
	30-40	27.1	
	40-50	14.5	
	50-100	13.1	
P. con carbonatos secundarios (Hernández & al. 1975)			
	0-16	50.4	5.28(3.62)
	20-40	52.8	4.90(3.43)
	40-54	46.2	
	55-75	33.6	5.14(2.97)
	80-95	35.2	4.51(3.30)
	100-120	31.4	
	120-130	32.3	
	150-170	22.9	

¹ Relación SiO₂/R₂O₃

del Caribe Occidental y Central durante la época glacial o, al menos, durante el Pleniglacial (Schubert 1988, Metcalfe 1998), la misma consideración se ha hecho respecto a Cuba (Ortega & Arcia 1982).

En un trabajo anterior (Ortega, 1984) se tomó como base las hipotéticas paleoprecipitaciones inferidas por Ortega & Arcia (1982), la temperatura del Mar Caribe durante el período wisconsiniano (Emiliani 1969) y el gradiente vertical de temperaturas calculado por Schubert & Medina (1982) para el Pleniglacial de La Española, para establecer los climas que debieron prevalecer en Cuba durante ese período. Como resultado se consideró el predominio de un clima estepario para la mayor parte de las llanuras de Cuba con extensas zonas desérticas en la parte oriental de la Pleistocénica Isla de Cuba y en sus regiones costeras, en su mayoría hoy parte de la actual

plataforma insular, entonces emergida (Ortega 1984). Si bien las investigaciones se han visto limitadas en estas últimas décadas, hay alguna nueva información que debe evaluarse para puntualizar el cuadro descrito.

En esos trabajos pioneros se consideraba que la temperatura media de las llanuras había sido la misma que la de la superficie del mar, ya que eso es lo usual en las islas, en general, y en la Cuba contemporánea en particular; sin embargo las paleotemperaturas determinadas, a partir de las relaciones isotópicas del oxígeno en una estalagmita del occidente de la Isla (Pajón & *al.* 2001) muestran un descenso mucho más marcado de la temperatura media anual (cerca de 10 °C), lo que está en consonancia con resultados obtenidos en otros lugares del trópico (Stutte & *al.* 1995); datos que modifican la idea que había prevalecido sobre una supuesta estabilidad o inercia climática de las regiones tropicales.

La mayor fortaleza del anticiclón de América del Norte y su desplazamiento más al sur, unido al seguro congelamiento de una parte de las aguas superficiales del Golfo de México durante los inviernos wisconsinianos, sin dudas, permitía la llegada muy seguida de frentes fríos, con el consiguiente aumento de la frecuencia de las lluvias frontales (Jaimez & *al.* 2005a, b). Si se tiene además en cuenta que el anticiclón del Atlántico del Norte también se desplazó más al sur, se debe considerar una muy probable disminución de las lluvias convectivas de verano; Bradbury (1997) llegó a opiniones similares para el Caribe y Centroamérica al Este del meridiano 95 °W. O sea, la distribución anual de las precipitaciones en Cuba debió ser contraria a la actual, lo que no se consideró en nuestros trabajos pioneros de la década de los 80. El clima de la mayor parte de las zonas alomadas y premontanas de la Isla de Cuba debió haber sido del tipo mediterráneo de acuerdo a la clasificación de Köppen (1919). De estar cercanas a la realidad el estimado de lluvia anual para ese período realizado por Ortega & Arcia (1982), tendríamos las variantes más secas del clima mediterráneo con una vegetación abierta de matorrales (Borhidi com. pers.) lo que concuerda con la distribución de varias especies de aves endémicas de la región que circunda al Golfo de México, que son más bien propias de los espacios abiertos poco arbolados (Pregill & Olson 1981).

En la flora de Cuba casi el 72% de las especies endémicas son árboles y arbustos, el resto son hierbas (Borhidi 1996). La familia *Poaceae* (*Graminae*), una de las familias más grandes de la flora de Cuba y la más representativa dentro de este último grupo, tiene sólo un 16.25 % de especies endémicas (Catasús 1997); este bajo endemismo refuerza la idea de que la vegetación predominante durante los prolongados períodos glaciales no debió ser herbácea.

En diversos lugares del Planeta se ha considerado una rápida transición del Pleniglacial al clima que ha prevalecido, con oscilaciones menores, durante el Holoceno (Markgraf & Kenny 1996; Alverson & Oldfield 2000); incluso se ha planteado un tránsito ocurrido en pocas décadas (Bryson & *al.* 1970).

El período inmediato al fin de la glaciación, a nivel mundial, se caracterizó por ser algo más cálido y mucho más lluvioso que el actual, por lo que se ha acostumbrado a llamar Óptimo Climático Postglacial (Fairbridge 1976). En Cuba se han detectado huellas de ese período pluvial (Acevedo 1971; Dzulynski & *al.* 1984). Esas copiosas precipitaciones caían en un paisaje con una red fluvial no adaptada a esos volúmenes de agua y con una vegetación abierta arbustiva. Existe un desfase entre un cambio climático y el establecimiento de la nueva vegetación que deberá estar en equilibrio con el nuevo clima (Bryson & *al.* 1970; Van der Hammen 1979), se considera que ese desfase puede ser inclusive hasta de dos milenios (Lewin 1985); han transcurrido algo más de diez milenios y, sin embargo, Borhidi (1991) considera que la vegetación natural que se encuentra sobre los suelos pardos de Cuba aún no ha alcanzado el estado climax.

DISCUSIÓN

Como se puede apreciar en la Tabla II, en el horizonte B de los suelos Pardos del Mediterráneo se acumula arcilla de manera notable; esta arcilla no es lavada del horizonte sobreyacente (proceso de lixiviación) sino que es sintetizada en el lugar (Guerasimov 1965).

TABLA II

Algunas características de la arcilla de los suelos pardos de Georgia (Nakaidze 1967).

Prof. (cm)	% arcilla	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
típico		
0-10	26.6	3.26
20-30	32.3	3.19
40-50	35.2	3.31
60-70	28.3	
80-90	23.5	
lavado		
0-10	33.1	4.47
25-35	48.7	4.81
50-60	45.1	4.19
75-85	44.6	4.48
100-110	34.0	4.90

Por el contrario, como vimos, los suelos pardos de Cuba tienen el mayor arcillamiento en la capa superficial o a escasos centímetros de ésta, sin que sea lógico suponer que se deba a la acumulación relativa de arcillas en ese horizonte, ya que la relación sílice:aluminio de la arcilla no suele ser constante a lo largo del perfil (Tabla I); más

bien tiende a descender hacia la superficie, lo que puede significar un proceso de desilificación que los hará evolucionar, en un no muy lejano futuro, hacia estados de intemperismo más avanzados: fersialítico.

Esa misma disminución de la relación sílice: aluminio hace poner en duda que se trate de un proceso de diagénesis de esmectitas en ese horizonte, ya que esa relación indica que esos minerales son más abundantes en el horizonte subyacente, por lo que, a todo caso, debe prevalecer el proceso contrario: la destrucción de este tipo de mineral.

Si es difícil atribuir el arcillamiento del horizonte superior a la herencia de la roca madre o a la síntesis in situ, se debe considerar la posibilidad de que estemos ante un suelo pardo decapitado. En ese caso quedaría la interrogante de cuándo se perdieron las capas superiores de estos suelos.

La vegetación que crecía sobre estos suelos hasta los siglos XVII o mediados del XVIII era un bosque denso con una biomasa de unas 12 mil toneladas por kilómetro cuadrado (Borhidi 1991) la cual protegía de manera adecuada al suelo. Si la erosión hubiera sido totalmente antrópica, vinculada con la explotación agrícola de los últimos dos siglos, deberíamos encontrar grandes depósitos aluviales y coluviales recientes y el asolvamiento, en gran escala, de las bahías de bolsa o cubriendo las arenas de la plataforma marina en las cercanías de las desembocaduras de los ríos, nada de lo cual ocurre.

La pérdida de esas capas debió ocurrir cuando se desencadenaron los procesos de erosión masiva, a finales del Pleistoceno, cuando cayeron lluvias torrenciales en un paisaje con vegetación abierta. La relación entre el aumento súbito de las precipitaciones, durante los ciclos glacial: interglacial, la colonización de la vegetación forestal y la erosión real, se han reflejado de manera muy esquemática en la Figura 1.

Parte de los materiales erosionados se depositaron en las llanuras aluviales sobrehumedecidas a partir de los cuales se formaron suelos vérticos, pero la mayor parte llegó al mar, que en esos siglos iniciales del Holoceno aún se mantenía muchas decenas de metros más abajo que en la actualidad (Van Andel 1989), por lo que deben haber caído en los profundos abismos oceánicos, más allá del veril insular.

Sobre la base del principio del actualismo, se puede suponer que este cuadro se repitió en el comienzo de cada período interglacial, a lo largo del Cuaternario, de manera que los productos de alteración fueron removidos de la misma manera al menos otras tres veces, lo que permite llegar a comprender la inexistencia de cortezas de intemperismo profundas en este tipo de relieve alomado.

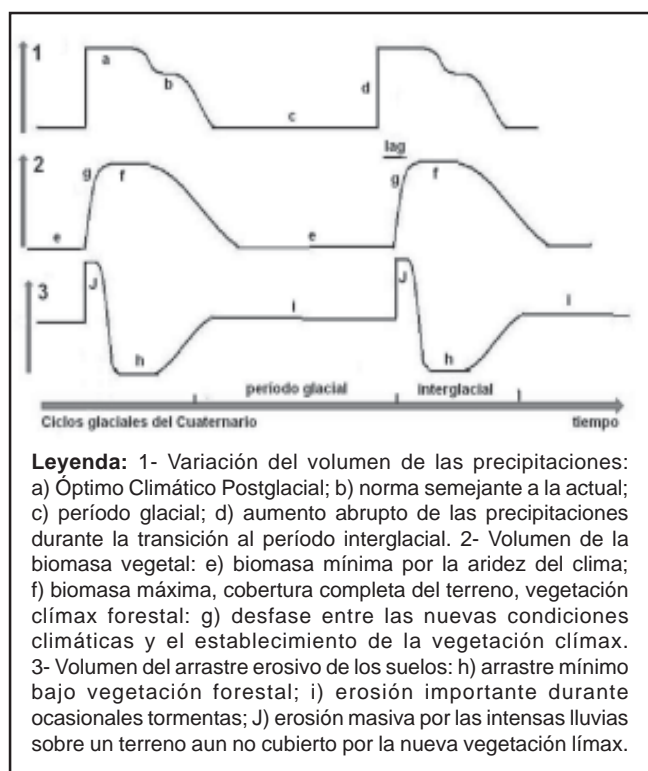


Fig. 1. Esquema de la influencia de los ciclos glacial-interglacial sobre algunos parámetros ambientales (escalas arbitrarias).

Ascanio & Obregón (1985) han considerado que la escasa profundidad de los suelos Rendzina de Cuba también se debe a la constante erosión y consiguiente rejuvenecimiento de estos suelos durante los áridos períodos glaciales, planteamiento cercano a lo aquí expuesto; aunque no creemos que sea el caso de los suelos considerados Rendzinas Rojas de las terrazas marinas bajas.

CONSIDERACIONES FINALES

Los suelos de color pardo de las regiones alomadas y premontanas de Cuba se formaron en un clima más seco y frío que el actual, con predominio de lluvias invernales (clima mediterráneo) desarrollando un horizonte B metamórfico (síntesis de esmectitas). Las abundantes lluvias del súbito cambio climático postpleistocénico decapitaron al suelo exponiendo al horizonte B o inclusive BC sobre el cual ha comenzado a desarrollarse de nuevo la edafogénesis, que se manifiesta en la decarbonatación y posterior desilificación incipiente del horizonte más superficial.

Este cuadro descrito se repitió en cada ciclo interglacial, por lo cual no se lograron formar cortezas de intemperismo profundas en los terrenos alomados de la Isla de Cuba.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Serguey Sedov de la Facultad de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, las observaciones realizadas al trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo González, M. 1971. Geomorfología de Sumidero y sus inmediaciones, Sierra de los Órganos, Pinar del Río, Cuba. *Rev. Tecnológica* 9 (3/4): 33-54.

Alverson, K. & Oldfield, F. 2000. Abrupt climate change. *PAGES*, 8(1): 7-10.

Ascanio, O. & Obregón, A. 1985. Esencia genética de los procesos de formación de los suelos Húmicos Carbonáticos de las principales regiones agrícolas de Cuba. En: Memorias, 3ª Jornada Científica del Instituto de Suelos, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, pp. 7-9.

Benítez, L. 1990. Características físicas e hidrofísicas de perfiles representativos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. En: XI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, La Habana, pp. 181-185.

Borhidi, A. 1991. Phytogeography and vegetation of Cuba. Akadémia Kiado, Budapest, 858 pp.

Borhidi, A. 1996. Phytogeography and vegetation of Cuba. Akadémia Kiado, Budapest, 923 pp.

Bradbury, J. P. 1997. Sources of glacial moisture in Mesoamerica. *Quaternary International* 43/44: 97-110.

Bryson, R. A., Baerreis, D. A. & Wendland, W. M. 1970. The character of late-glacial and post glacial climatic changes, En: Pleistocene and Recent Environments of the Central Plains, Symp. at Lawrence, KS, Oct. 25-26, 1968, Univ. Press of Kansas. pp. 53-74.

Catasús Guerra, L. 1997. Las gramíneas (*Poaceae*) de Cuba. *Fontqueria* 46: 1-260.

Duchafour, P. 1971. Précis de pédologie. Versión rusa, Nauka, Moscú, 1973.

Ducloz, C. 1963. Étude géomorphologique de la région de Matanzas, Cuba (avec une contribution a l'étude des dépôts quaternaires de la zona Habana-Matanzas. Archives de Science de Genève, 168(16) fas., 2: 351-402.

Dzulynski, S., Pszczolkowski, A. & Rudnicki, J. 1984. Observaciones sobre la génesis de algunos sedimentos terrígenos cuaternarios del occidente de Cuba. *Cien. Tierra y el Espacio* 9: 75-89.

Emiliani, C. 1969. Absolute dating of Caribbean cores P6304-8 and P 6304-9. *Science* 163:66-68.

Fairbridge, R. 1976. On the nature of certain climatic epochs which differed from the modern (1900-39) normal. En: Changes of climate, Lieja, UNESCO, pp. 125-150.

Guerasimov, I. P. 1965. Suelos pardos de las regiones mediterráneas [en ruso]. En: Dokl. na Meshd, Kongresa Pochvovedenya, Moscú.

Instituto de Suelos. 1973. Génesis y clasificación de los suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 315 pp.

Jaimez, E., Ortega Sastriques, F., Pajón, J. M. & Huelbes, J. de 2005a. Condiciones paleoclimáticas de formación de los suelos durante el Pleistoceno Superior en Cuba Occidental y su contraste con otras áreas del país y El Caribe. Implicaciones Ambientales. Mapping, *Rev. Internacional Cien. de la Tierra* 103: 72 – 80.

Jaimez, E., Ortega Sastriques, F. & Huelbes J. de 2005b. Paleorégimen hídrico en suelos del occidente de Cuba durante el Cuaternario. Aula y Ambiente, *Revista Ambiental* 9(10): 133 – 145.

Köppen, W. 1919. Climatología. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires, 1947, 478 pp.

Lewin, R. 1985. Plant communities resist climatic change. *Science*, 228(4696): 165-166

Markgraf, V. & Kenny, R. 1996. Character of rapid vegetation and climate change during the late-glacial in South America. Past and future rapid environmental changes. En: The spatial and evolutionary responses of terrestrial biota. Berlin, Springer Verlag, pp. 81-90.

Metcalf, S. 1998. Lacustrine records of Mid-Holocene climates from Mexico, Central America and the Caribbean. PEP I. Paleoclimate of the Americas, Merida.

Nakaidze, E. K. 1967. Sobre los suelos pardos de Georgia [en ruso]. *Pochvovedenie* 6: 93-96.

Nakaidze, E. K. 1976. Características edafo-mejorativas de Cuba [en ruso]. Tibilisi, Mezniereba, 262 pp.

Obregón, A., Hernández, A., González, J. E. & Fundora, A. 1979. Características mineralógicas y químicas de los suelos de la Región de Campo Florido. *Cien. Agr.*, 4: 21-39.

Ortega Sastriques, F. 1984. Una hipótesis sobre el clima de Cuba durante la glaciación de Wisconsin. *Cien. Tierra y el Espacio* 6: 57-68.

Ortega Sastriques, F. & Acevedo González, M. 1988. La evolución de los suelos de Cuba durante el Cuaternario. *Cien. Tierra y el Espacio* 14: 150-157.

Ortega Sastriques, F. & Arcia, M. I. 1982. Determinación de las lluvias en Cuba durante la glaciación de Wisconsin, mediante relictos edáficos. *Cien. Tierra y el Espacio* 4: 85-104.

Pajón, J. M., Hernández, I., Ortega Sastriques, F. & Macle, J. 2001. Periods of wet climate on Cuba: evaluation of expression in karts of Sierra de San Carlos. En: Interhemispheric climate linkages, San Diego, Academic Press, pp. 217-226.

Pregill, G. B. & Olson, S. L. 1981. Zoogeography of West Indian vertebrates in relation to Pleistocene climate cycles. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 12: 75-98.

Schubert, C. 1988. Paleoclimatología pleistocénica tardía del Caribe y regiones adyacentes: un intento de compilación. *Cien. Tierra y el Espacio* 15/16: 40-58.

Schubert, C. & Medina, E. 1982. Evidence of Quaternary glaciation in the Dominican Republic; some implications for Caribbean paleoclimatology. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 29: 281-294.

Stutte, M., Forster, M., Frischkorn, H. & Serejo, A. 1995. Cooling of tropical Brazil (5°C) during Last Glacial Maximum. *Science* 269: 379-383.

Van Andel, T. H. 1989. Late Quaternary sea-level changes and archaeology. *Antiquity* 63:703-745.

Van der Hammen, T. 1979. Changes in life conditions on Earth during the last one million years. Kobenhavn, Det Kongelige Dansue Videnskabernes Selskab, 32 pp.

Recibido: 6 de febrero de 2008.

Direcc. del autor: *Universidad Agraria de La Habana. **Instituto de Ecología y Sistemática. ***Instituto de Geofísica y Astronomía. E-mail: ortega@enet.cu