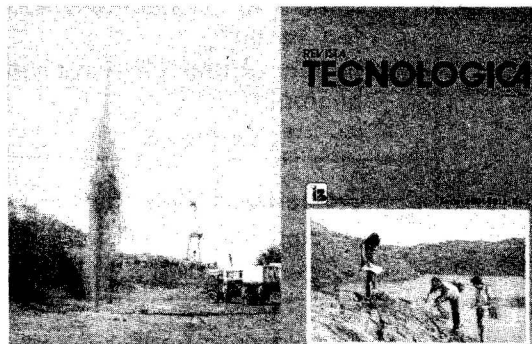




MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BASICA
REPUBLICA DE CUBA

REVISTA TECNOLOGICA

Vol. XVI, Geología, No. 2, mayo, 1986



Portada: Toma de muestras de levantamiento geológico, en Jibacoa, Región Escambray


Contraportada: Explosión en un pozo con el fin de producir ondas elásticas al aplicar métodos sísmicos destinados a la prospección de estructuras geológicas profundas, favorables para la acumulación de petróleo y gas. (Fotos Emilio Herrera, Divugación, MINBAS).

SUMARIO

SUMMARY

- | | | |
|---|--|----------------|
| 1 | Evaluación de los resultados de la aplicación del método sísmico del punto común de profundidad en las condiciones sismogeológicas de Cuba
Evaluation of results in the application of the common-depthpoint seismic method in the seismogeological conditions of Cuba
Ing. Guillermo Hernández | 3 ^v |
| 2 | Radiolarios del Campaniano de la formación Vía Blanca en la Región Habana-Matanzas
Radiolaria from the Campanian of the "Vía Blanca" formation in the Havana-Matanzas area
Lic. Emilio Florez Albín | 7 |
| 3 | Confección de los mapas hidrotimétricos y de mineralización por los horizontes acuíferos F_1 y F_2 (K_1^{ne}) del yacimiento "Boca de Jaruco"
Preparation of mineralization and hydrometric maps from horizons " F_1 " and " F_2 (K_1^{ne})" of the "Boca de Jaruco" oil field
Ing. Jorge F. Gracia, Ing. Luis M. Torres | 19 |
| 4 | Tendencias de la Ciencia y la Técnica en las investigaciones analíticas de muestras geológicas
Scientific and technical trends in the analytical investigation of geologic samples
Lic. Angel Rodríguez, Lic. C. González, Lic. R. Furef e Ing. A. Brito | 24 |
| 5 | Ofiolitas de Camagüey: naturaleza, posición tectónica y sedimentos derivados
Camagüey ophiolites: their nature, tectonic location and derived sediments
Lic. Manuel A. Hurrealde, R. Hartwich y otros | 29 |

Estudio físico-químico y estructural de la bentonita de la manifestación "La Tagua"	33
Structural and physico-chemical study of the "La Tagua" show of bentonite	
Lic. José G. Alonso, Ing. Amelia Brito, N. Vega y Donis P. Coutín	
Cromatografía en zeolitas naturales cubanas	43
Chromatography of natural zeolites in Cuba	
Lic. Miguel Autié Pérez	
Estudio comparativo de muestras para ensayo granulométricos tomadas de pozos y laboreos en yacimientos de arenas eluviales	47
Comparative study of samples taken from pits and minings in eluvian sands deposits, for granulometric tests.	
Ing. Diógenes Carballo, Ing. Juan Suros	
Procedimiento estadístico para evaluar la exactitud de los métodos analíticos	51
Statistics procedure to evaluate the accuracy of analitic methods	
Lic. Félix Castillo, Lic. Fabio Rojas	
El Cuaternario en el Mediterráneo americano y sus inmediaciones	58
The Cuaternary in the caribbean sea an ets surroundings	
Prof. Manuel Acevedo	
Composición sustancial del yacimiento artificial "Colas de Moa"	66
Substantial composition of the artificial deposits in "Colas de Moa"	
Ing. Nylis Ponce, Ing. Idenia Altarriba, Ing. Dalia Carrillo, Ing. José Fernández	
ABSTRACTS	76
РЕФЕРАТЫ	78

 <p> Editada por el Centro Nacional de Información Científico-Técnica del Ministerio de la Industria Básica Revista Tecnológica Geología es continuación en parte de REVISTA TECNOLÓGICA DIRECTOR Francisco Valdés García REDACTOR PRINCIPAL Rafael Pérez Vega CONSEJO DE REDACCION Elsa Lam García Mario Chapottín Barco Teresa Pedraza de los Ramos Zenaida Morales González Virginia Domínguez Álvarez </p>	<p>CONSEJO TECNICO ASESOR:</p> <p> Alfredo Norman Vega Nylis Ponce Seoane Angel Rodríguez Ronda Francisco Sánchez Gustavo Furrázola Bermúdez Manuel Marrero Paz Guillermo Hernández Pérez Mireya Pérez Rodríguez </p> <p>DISEÑO Y EMPLANE</p> <p>Plácido Gómez Madruge</p> <p>FOTOGRAFIA</p> <p>Jesús Olivera Salabarría</p> <p>REDACCION</p> <p> Ministerio de la Industria Básica Ave. Salvador Allende 666 Zona Postal Habana 3 Ciudad de la Habana, Cuba Telfs. 70-2540, 79-8676 Telex-511-183 </p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se desea el canje con publicaciones congéneras • On accepte des échanges avec les publications congénères • Exchange with similar publications is desired • Si desidero il cambio colla pubblicazione congeneri • Accltam-se permutas con publicado con-gene • Wir bitten um austausch ähnlichen fach-schriften. <hr/> <p> Impresa en el taller 01 de la Empresa Poligráfica "Osvaldo Sánchez" del Ministerio de Cultura. Inscripta en la Administración de Correos de Ciudad de la Habana como impreso periódico. </p>
---	---	---

- [5] ROBINSON, D., BENNETT, M. C.; *Determination of 19 trace elements in International Geochemical Reference Samples*, Geost. Newslet. Vol. 5, No. 2, 175-181, 1981.
- [6] CAMPBELL, E.; ARUSCAVAGE, P. J.; *Molybdenum and Tungsten Contents of Five CRPG and eight ANRT Geochemical Reference Materials*. Geost. Newslet.
- [7] KURODA R. SEKI T. *Accurate determination of cobalt in silicate Rocks By A combined cation exchange separation atomic spectrophotometric*. Z Anal. Chem. Vol 296 146-148, 1979.
- [8] DIEKER, J. W. VAN DER, L. *Determination of iron (II) and iron (III) By Flow injection and amperometric detection with a glassy carbon electrodes*: Vol 114. 267-274, 1980.
- [9] LISTER B., *Evaluation of analytical Data: A practical guide for Geanalists*; Geost Newslet. Vol. 6, No. 2, 175-205, 1982.
- [10] SPIRIDONOV, V. P.; LOPATKIN, A. A.; *Tratamiento Matemático de datos Físico-Químicos*. Mir Moscú (1973).
- [11] LERCH, G.; *La Experimentación en las Ciencias Biológicas y Agrícolas*. Editorial Científico-Técnico, La Habana (1977).

CDU 551.35

EL CUATERNARIO EN EL MEDITERRANEO AMERICANO Y SUS INMEDIACIONES

Prof. Manuel Acevedo*

RESUMEN

El límite entre el Plioceno y Pleistoceno en el área correspondiente a un severo deterioro climático y, en los depósitos de la cuenca, se advierte la alternancia de faunas de aguas frías y cálidas, vinculadas a cambios en la profundidad; los intervalos fríos representan descensos correlacionables con las glaciaciones de Norteamérica. La amplitud de las oscilaciones del nivel del mar fue de unos 200 m y las variaciones de las temperaturas de las aguas superficiales del orden de 8 °C. Los cambios climáticos y glacioeustáticos, así como el vulcanismo, la sismicidad y los movimientos neotectónicos, se reflejaron en el conjunto de los componentes de la envoltura geográfica en las tierras continentales inmediatas y en las insulares del interior de la cuenca. Las terrazas marinas emergidas y sumergidas, que pueden agruparse en ocho grandes grupos; las dunas fósiles; el desarrollo del carso regional, con varios niveles sucesivos de cavernas; los depósitos y formas que indican la evolución de varias glaciaciones en las más elevadas regiones montañosas; el desarrollo, la distribución y la extinción parcial de la fauna y la flora, son algunas de las evidencias que permiten reconstruir el cuadro general de la evolución que culminó con la llegada del hombre primitivo a principios del Holoceno, pero que continuó aun.

*Instituto Superior Pedagógico

INTRODUCCION

Durante el Cuaternario se produjeron en el área del Mediterráneo americano vulcanismo y sismicidad, hundimientos y levantamientos neotectónicos, oscilaciones climáticas y fluctuaciones glacioeustáticas que se reflejaron en el conjunto de los componentes de la envoltura geográfica.

Este trabajo es una contribución de la Facultad de Geografía del Instituto Superior Pedagógico «Enrique José Varona» a las labores del Comité Nacional Cubano para el Programa Internacional de Correlación Geológica, en el marco del Proyecto 165 «Correlación Estratigráfica Regional del Caribe», auspiciado por la UNESCO y el Gobierno cubano; su objetivo es integrar parte de la información obtenida en investigaciones realizadas en esta región, o en partes de ella, en los últimos años y brindar un modelo coherente de su desarrollo durante el Cuaternario.

El autor manifiesta su reconocimiento a todos los que de un modo u otro, han contribuido a la elaboración del presente trabajo, especialmente a los colegas cubanos R. Gutiérrez, M. Iturralde, A. de la Torre, G. Franco, L. Peñalver, A. Barrientos y F. Ortega, al polaco J. Rudnicki y al venezolano C. Schubert.

CARACTERISTICAS DEL CUATERNARIO EN LA REGION

Cuencas del Golfo de México y Mar Caribe

Información paleontológica y palinológica señala que el límite entre el Plioceno y el Pleistoceno en el área corresponde a un severo deterioro climático correlacionable con la extinción de *Globotruncana* en los diagramas de frecuencia relativa de palinómorfs y en la alternancia de faunas de foraminíferos de aguas frías (*Globorotalia inflata*) y cálidas (*Globorotalia menardii*), se advierten varios ciclos glacia-

les, vinculados con cambios en la profundidad del agua, correspondientes a oscilaciones glacioeustáticas del nivel del mar; los intervalos fríos representan descensos y se correlacionan con las glaciaciones de Norteamérica (Beard, 1969); la primera glaciación puede compararse, sobre la base de foraminíferos y discoasteridos, con la época Calabresa del S de Italia.

Las variaciones de las temperaturas de las aguas superficiales del Mediterráneo americano fueron del orden de 8 °C durante el Pleistoceno y principios del Holoceno. Cuando las glaciaciones, su promedio descendió de 2° a 5° C en el mar Caribe y, en el Golfo de México y océano Atlántico en el área de Bahamas (Tongue of the Ocean), de 3° a 4° C (Emiliani, 1966, 1970; Lynts et al., 1973, Ortega, 1983).

La amplitud de la oscilación del nivel del mar durante el Pleistoceno fue de unos 200 m en relación con el nivel actual (Fairbridge, 1961). El máximo de una glaciación puede haber hecho descender el nivel del mar 100 a 160 m (Mörner, 1979). En Bahamas, por ejemplo, a fines del último interglacial, 65 000 años A.P., el nivel del mar estaba 8 a 10 m por encima del presente y, durante la última glaciación, 17 000 años A. P., pudo haber llegado 120 m por debajo del nivel actual (Pregill y Olson, 1981).

Durante el Holoceno no han cesado las oscilaciones del nivel del mar, aunque son de menor magnitud. En los últimos años en el S de Norteamérica y probablemente en todo el Mediterráneo, ocurrieron una decena. Los descensos han estado vinculados a periodos de enfriamiento climático generalizados (Fairbridge, 1958).

Junto a los ascensos y descensos glacioeustáticos, la tendencia generalizada al solevantamiento de las tierras y abatimiento del nivel del mar, así como el levantamiento, hundimiento o basculamiento de bloques locales, influyó en las sucesivas posiciones ocupadas por las líneas costeras;

la actual es resultado de la conjugación de oscilaciones eustáticas y glacioeustáticas, movimientos isostáticos y neotectónicos, actividad de las corrientes, oleaje y mareas, procesos de acumulación y desgaste fluvio-marinos, subaéreos y biogénicos, así como de otros factores y procesos propios de la dinámica litoral, cuya acción continúa.

Tierras continentales septentrionales

Durante las glaciaciones del Pleistoceno el clima de esta área era mucho más frío y seco que el actual; por ejemplo, en la llanura costera meridional en la Florida, durante el Wisconsin tardío (24 000 a 18 000 años A.P.) la vegetación se caracterizaba por terrenos arbolados abiertos o árboles aislados y tenía una composición distinta; la conífera más abundante era *Pinus banksiana* cuyas poblaciones contemporáneas más cercanas se encuentran 1 300 km al N (Davis, 1982). La presencia de dunas, actualmente fósiles también indica mayor sequedad.

Hacia 18 000 años A. P. el clima se fue calentando y, aunque se mantenía seco al SE, al SW de Texas en el área actual del desierto de Chihuahua, era cálido y húmedo (Barry, 1982). En esta región hasta fines del Pleistoceno (entre 11 000 y 8 000 años A. P.), las condiciones eran todavía más húmeda que las presentes y el área estaba cubierta por bosques de *Juniperus* y *Quercus* (Baker, 1982).

En la cuenca del río Tombigbee en Mississippi y Alabama, ya desde 12 000 años A.P. se había asentado población humana y en el área se iba produciendo un gradual calentamiento y desecación del clima (Bense y Pettry, 1982).

El nivel del mar, que durante el interglacial Sangamon talló en la llanura costera tres terrazas marinas por encima del nivel actual (Fairbridge, 1958): Talbot (15 a 20 m), Pamlico (6 a 8 m) y Dismal Swamp o Princess Anne (3 a 5 m), cuando la glaciación de

Wisconsin en el área de Mississippi se encontraba 150 m por debajo del actual.

En la llanura costera meridional al principio del Holoceno (10 000 años A.P.), aunque el clima se mantenía relativamente seco, ya las temperaturas eran unos 2 °C más cálida que las actuales y *Pinus banksiana* comenzó a ser sustituida por *Quercus* hasta 5 000 años A.P. en que otras especies de *Pinus* fueron haciéndose más abundantes que *Quercus* (Davis, 1982). Mientras tanto, al SW de Texas (entre 8 000 y 4 000 años A.P.), las condiciones climáticas comenzaron a desecarse y se fueron desarrollando estepas secas hasta que el desierto llegó a ser dominante (Baker, 1982).

Al comenzar el Holoceno el nivel del mar fue subiendo gradualmente de modo que, en la región del delta del Mississippi, 9 000 años A.P., ya estaba a sólo 23 m por debajo del actual y algunos rasgos morfológicos del NW del Golfo de México y de la costa occidental de la Florida resultaron cubiertos por el mar en elevación; por ejemplo, plataformas primarias a 12, 66 y 16 m de profundidad y arrecifes a 40,34 y 25 m.

Tierras continentales occidentales

También aquí se manifestaron oscilaciones climáticas que dejaron su impronta en los componentes de la envoltura geográfica, pero su interpretación se complica por la actividad volcánica.

En las montañas de la Cordillera Neovolcánica o Cadena Volcánica Transversal mexicana, las evidencias de glaciaciones pleistocénicas están obliteradas por depósitos volcánicos recientes y prácticamente no existen huellas de fenómenos glaciales; sin embargo, en el Ixtaccihuatl (5 386 m), volcán relativamente antiguo, con pequeños glaciares actuales, la huella de glaciaciones anteriores está bastante bien conservada. Estas evidencias demuestran que el límite de las nieves persistentes, actualmente hacia los 4 600 a

4 700 m, debe haber descendido hasta los 3 700 a 3 800 m (Enjalbert, 1967).

En otras regiones montañosas se reconocen varias glaciaciones, como al N de la Sierra Madre Oriental, donde se han determinado dos glaciaciones correlacionables con las de Illinois y Wisconsin que, en su inicio y desarrollo máximo, fueron húmedas y frías, etapa durante la que se desarrollaron crisis erosivas y, en su fase final secas y frías, durante la que se produjeron acumulaciones de travertina.

Durante la última glaciación en la zona más seca de México ocurrieron cinco avances glaciales que, por las características climáticas de la región, no coinciden cronológicamente con los de Norteamérica. Estos avances no pudieron desarrollarse en las épocas más frías y secas por falta de humedad, sino en tiempo no tan fríos, cuando el clima era un poco más cálido y húmedo. Según dataciones con el método del carbono 14, el primer avance del Wisconsin ocurrió 33 000 años A.P. y hubo avances muy cercanos al Holoceno (10 000 a 9 000 años A.P.)

Depósitos y formas del relieve encontrados hacia 3 400 a 3 600 m. en los Altos Cuchumatanes, Guatemala, indican que, durante el Pleistoceno, se experimentaron climas fríos y rigurosos, cuya acción fue tan intensa como para transformar el modelado anterior; en la cordillera de Talamanca, Costa Rica, alrededor del Chiripo (3 850 m), existen formas y depósitos glaciales, que indican un límite de las nieves perpetuas hacia los 3 600 m, pero el clima era menos riguroso que en la alta montaña guatemalteca, tal vez por estar más al S.

Un diagrama polínico obtenido en el parque «Vicente Lachner», también en Costa Rica, hacia 2 400 m de altitud, muestra que desde 36 000 años A.P. hasta 8 000 a 10 000 años A.P. existía allí una estepa de alta montaña o páramo herbáceo abierto, que fue sustituido por el actual bosque

montano lluvioso de *Quercus*, cuyo límite altitudinal está hoy a 3 100 m, por lo que dicho nivel llegó a más de 650 m por debajo del presente (Livingstone y Van der Hammen, 1980).

En las laderas y al pie de estas regiones montañosas hay evidencias de fenómenos periglaciales en gran escala. En las zonas llanas inmediatas las glaciaciones se reflejaron en acumulaciones aluviales.

Durante el Pleistoceno en las regiones calcáreas continuaron desarrollándose o comenzaron su evolución los notables aparatos cársicos del área; en el sistema cavernario de Cacahuamilpa, valle de Ixtapán, al S del Nevado de Toluca, México, se advierten dos etapas fundamentales de desarrollo (Bonet, 1971); en el sistema cavernario del macizo del río Candelaria, Alta Verapaz, al E de Guatemala, hay tres niveles (Courbon y Druex, 1976); en el cerro Barra Honda, península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica, se ha desarrollado un conjunto de cavidades predominantemente verticales, en las que se advierten dos etapas de evolución, expresadas por la superposición de «terrazas» o salones (Mora, 1981). Estas etapas de desarrollo son reflejo de los fenómenos cíclicos del Pleistoceno.

La fauna de vertebrados terrestres del Pleistoceno se conoce en la región gracias a numerosos hallazgos realizados, entre otras localidades, en el valle de México, al N de Nicaragua y en la península de Nicoya; sus representantes supervivieron hasta bien entrado el Holoceno.

En las tierras bajas tropicales según datos palinológicos, por ejemplo de la cubeta de Gatún, Panamá, plantas que ahora crecen a altitudes de 500 a 1 000 m se desarrollaban cerca del nivel del mar 12 000 años A.P., lo que indica que las temperaturas eran entonces unos 2,5 °C más bajas que en la actualidad, pero fueron aumentando hasta que hacia 7 300 años A.P. se igualaron con las actuales, entre esa época y 4 200

años A.P. el clima se fue haciendo seco y las estaciones más definidas; en los depósitos de los últimos milenios aparece polen de plantas probablemente cultivadas (maíz y yuca). Datos de las lagunas Petenxil y Cuscachapa, situadas en las tierras bajas con bosque tropical lluvioso de la región maya de Guatemala y el Salvador, indican que los cambios experimentados por la vegetación en los últimos 4 000 años fueron provocados esencialmente por el hombre, en particular por la agricultura que afectó intensamente al bosque durante la época clásica maya, entre 1 100 y 1 800 años A.P. (Livingstone y Van der Hammen, 1980).

En muchas regiones, como en México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, el vulcanismo y la sismicidad han continuado durante todo el Holoceno.

Tierras continentales meridionales

En un lago que existió en la Sabana de Bogotá durante la mayor parte del Pleistoceno, se depositaron centenares de metros de sedimentos lacustres intercalados con capas de cenizas volcánicas datadas por método radiométrico, que comprenden unos tres millones de años. En la potente secuencia se advierte la alternancia de vegetaciones de páramo y de bosque, que representan períodos glaciales e interglaciales, respectivamente. El límite altitudinal del bosque, en la actualidad a 3 500 m, descendía unos 1 500 m en las épocas glaciales; la llegada de elementos nuevos se ha establecido con relativa precisión: *Alnus* hacia 2 000 000 de años A.P. y *Quercus* hacia 900 000 años A.P. (Livingstone y Van der Hammen, 1980).

De acuerdo con la información disponible los interglaciales tuvieron un clima lluvioso ligeramente más cálido que el actual y las épocas glaciales mostraron varios estadios e interestadios, al principio fueron muy lluviosas, pero el clima se fue desecando y enfriando progresivamente hasta

llegar a ser extremadamente frío y seco a fines del pleniglacial o principios del tardiglacial. La temperatura media anual era, por lo menos, 6° a 7°C y tal vez hasta 8°C más baja que la actual en las regiones montañosas y las precipitaciones anuales 100 a 400 mm, menos de la mitad que hoy. Como la temperatura en las llanuras inmediatas sólo era unos 3°C inferior a la presente, el gradiente de temperatura en los Andes septentrionales debe haber sido mucho más brusco que ahora.

Datos radiométricos de la cordillera Central de Colombia (rastros de fisión), han permitido datar una morrena glacial cubierta por ceniza volcánica, como de más de 100 000 años A.P. (Herd y Naeser, 1974).

En la sierra Nevada del Cocuy, también Colombia, hay una serie de morrenas entre 3 000 y 3 500 m, datos de los depósitos de una laguna situada detrás de ellas indican una edad de más de 21 000 años por lo que las morrenas tienen que ser más antiguas. Hay otros sistemas enormes que tienen unos 11 000 años y otros más pequeños de unos 7 000 años. A 2 600 m hay otras morrenas cuya edad se desconoce.

En los Andes venezolanos, donde los glaciares están restringidos en la actualidad a una pequeña región por encima de 4 700 m, en la sierra Nevada de Mérida, una glaciación que presentó dos estadios y es correlacionable con la glaciación Wisconsin, fue denominada glaciación de Mérida (Schubert, 1974). Sus niveles morrénicos se encuentran de 3 000 a 3 500 m de altitud el más joven, que corresponde al último avance glacial, cuya antigüedad es de más de 10 000 años y posiblemente de más de 13 000 y de 2 600 a 2 700 m el más antiguo, que debe representar el avance principal (Schubert, 1979).

También Schubert (1975) describió rasgos glaciales de la sierra de Perijá en el límite entre Colombia y Venezuela, que com-

paró con el nivel morrénico más bajo de la sierra de Mérida.

Las posibilidades de correlación entre estas localidades en Colombia y Venezuela son evidentes.

La tectónica del Pleistoceno en los Andes se caracterizó por fallas y movimientos verticales de levantamiento en bloque, con escasos pliegues y ondulaciones.

A fines del Plioceno y principios del Pleistoceno, en los llanos orientales de Venezuela, estado Guárico, Anzoátegui, Monagas y Sucre, el río Orinoco depositó un vasto recubrimiento constituido por sedimentos deltaicos y palustres, con un casquete de gravas ferruginosas endurecidas: la formación Mesa, que alcanza un espesor de 275 m en la mesa de Maturín y que se extiende hasta la isla Trinidad, donde se conoce como formación Cedros (Venezuela, 1970). Estos depósitos fueron contados en bloques por fallas y basculados en dirección del golfo de Pará y delta del Orinoco como consecuencia de deformaciones cuaternarias.

En otras regiones bajas como en el lago de Valencia (400 m), situado entre la cordillera de la Costa y la serranía del Interior Venezuela, hay indicios de que a fines del Pleistoceno (entre 13 400 y 10 500 años A.P.) hubo una fase semiárida, donde hoy hay 40 m de profundidad de agua, había entonces un pantano o lago intermitente y la región inmediata estaba ocupada por vegetación xerófila (Salgado-Labouriau, 1980; Platt Bladbury et al., 1961).

Entre Colombia y Venezuela, en los Llanos del Orinoco, hacia los cursos inferiores de los ríos Arauca y Meta, durante la glaciación Wisconsin, se desarrolló un extenso sistema de dunas actualmente fosilizadas en parte por aluvión holocénico, las que fueron modeladas por vientos cuyo curso era el mismo de los alisios actuales. Más al S, entre San Martín y Puerto Lleras, el mismo período seco se caracterizó por un intenso escurrimiento que generó pavimentos pétreos en las la-

deras y, al pie de las mismas, se formaron sedimentos vinculados con las terrazas inferiores de los ríos (Tricart, 1974).

Al comenzar el Holoceno, según datos de la laguna de Fuquene (2 580 m), cordillera Oriental colombiana y del lago de Valencia, Venezuela, al irse elevando el nivel del mar, se desarrolló una fase húmeda de altos niveles lacustres. Durante el óptimo climático (hacia 6 000 años A.P.), la temperatura media anual debió ser 2°C más alta que la presente, hasta que unos 3 000 años A.P. fue descendiendo a los valores actuales. Los sedimentos de la laguna Herrera, Sabana de Bogotá, indican que en los últimos milenios se experimentaron fases secas reflejadas en niveles de agua bajos, aproximadamente a 5 000, 2 000, 700 y 500 años A.P., (Livingstone y Van der Hammen, 1980).

En los últimos siglos el lago de Valencia comenzó a desecarse y, entre 1908 y 1960, su volumen se redujo en 31 % y su área en 20 % (Salgado-Labouriau, 1980).

En la sierra Nevada de Santa Marta, también en Colombia, hay claros indicios de una neoglaciación, algunas pequeñas morrenas terminales se formaron en 1 600, 1 750, 1 800 e, incluso en el propio siglo XX.

Según datos de los espeleólogos venezolanos, el desarrollo del carso en la región también se ha caracterizado por varias etapas que se reflejan en no menos de tres niveles de cavernamiento, como ocurre en cuevas de Federación, estado Falcón y sierra de San Luis, estado Bolívar, las que pueden correlacionarse con las oscilaciones pleistocénicas.

Archipiélagos del Caribe y Bahamas

Entre otras evidencias las terrazas marinas representan los efectos de las oscilaciones glacio-eustáticas y de los movimientos neotectónicos: en Maisí, Cuba oriental, se encuentran 19 (Busto, 1975), que pueden agruparse

en ocho niveles principales que, por estar basculados por la neotectónica, alcanzan 400 m al N y más de 500 m al S (Acevedo, 1976, 1981); estos niveles indican épocas importantes de estabilización del océano cuya correlación parece obvia con los ocho ciclos glaciales y con los ciclos astronómicos de Milankovitch que han ocurrido desde la última inversión paleomagnética principal (límite Brunhes-Matuyama), ocurrido aproximadamente 700 000 años A.P.

En la costa norte de Habana-Matanzas, Cuba occidental, se reconocen por lo menos cinco transgresiones cuaternarias: la flamenca, que alcanzó unos 2 a 3 m por encima del nivel actual del mar, datada en unos 5 000 años A.P.; la segunda (¿retroceso glacial Iowa-Tazewell del Wisconsin?), que llegó hasta 11 a 12,5 m y cuya edad es de 26 000 a 34 000 años A.P. (Kino et al., 1972 *vide* Shantzer et al., 1976); la tercera (interglacial Sangamon), que alcanzó cerca de 20 m y que ocurrió 82 000 años A.P. (Czerdinzev, 1969, *vide* Shantzer et al., 1976); las transgresiones más antiguas, que alcanzaron unos 36 m y 55 m, respectivamente, todavía no han sido datadas por métodos absolutos. En esta región se ha reconocido la existencia de cuatro terrazas marinas sumergidas del Pleistoceno.

En Haití, donde tres arrecifes coralinos elevados han sido datados (Schubert, 1984), terraza Mole (79 000 a 81 000 años A.P.), terraza Saint (106 000 a 108 000 años A.P.) y terraza Nicolás (125 000 a 130 000 años A.P.), el número y altitud de las terrazas marinas depende de la neotectónica localmente diferenciada. En la península del Noroeste, donde en Mare Rouge las calizas arrecifales del Pleistoceno alcanzan 643 m de altitud (Butterlin, 1960) en la región de Mole Saint-Nicolas se han reportado hasta 28 niveles (Woodring et al., 1928), pero en otras localidades solo se encuentran dos o tres.

En la República Dominicana

hay arrecifes pleistocénicos elevados hasta 98 m y se considera que la acción marina durante esa época llegó hasta 120 m sobre el actual nivel del mar (Barrett, 1962, *vide* Schubert, 1984). Al igual que en Cuba se han descrito ocho niveles principales de terrazas, la mayoría de las cuales también son compuestas; la edad de la terraza inferior (3 a 6 m) oscila entre 121 000 y 235 000 años A.P. (Schubert, 1984).

En Puerto Rico han sido reportadas terrazas hasta 390 m de altitud, algunas de las cuales pueden ser del Plioceno; los sedimentos marinos pleistocénicos más elevados se encuentran a unos 40 m y han sido atribuidos al interglacial Yaurmoth (Grestenhauer, 1964). En Virgen Gorda, islas Vírgenes, se reportan plataformas de abrasión marina hasta unos 378 m, pero algunas pueden ser del Plioceno (Richards, 1972).

Las terrazas elevadas de Jamaica se encuentran hasta alturas de 300 m o más (Richards, 1972), pero su número y desnivel entre ellas en distintas regiones varía, lo que indica solevantamientos neotectónicos activos y diferenciados localmente.

En Barbados hay ocho o nueve niveles de terrazas marinas, el más joven, que alcanza de 6 a 22 m de altura, tiene 82 000 años; el segundo, entre 6 y 30 m, 105 000 años; el tercero, entre 33 y 58 m, conocido localmente como Primer Acantilado Alto, data de 125 000 años A.P., a continuación hay dos o tres niveles que se encuentran entre 75 y 185 m, cuya antigüedad es mayor de 250 000 años; los sigue el nivel del Segundo Acantilado Alto, con una elevación promedio de 175 m y que tiene unos 600 000 años; hay otras terrazas más antiguas que pueden tener unos 700 000 años, coincidiendo con la inversión paleomagnética de Brunhes-Matuyama (Mesolella et al., 1969).

En las Antillas Holandesas se han reconocido cuatro o cinco terrazas marinas en las Islas de Sotavento (Aruba, Curazao y Bo-

naire), que alcanzan hasta 80 m de elevación (Hummelinck, 1970; de Buisonjé, 1974, *tide* Schubert, 1984). En la costa norte de Curazao se han descrito dos terrazas submarinas a -5 a -10 m y a -32 a -40 m (Focke, 1978, *tide* Schubert, 1984).

Schubert (1976) y Schubert y Valastro (1976) señalan que, en la isla La Orchila del Caribe venezolano, se encuentran tres niveles de nichos de abrasión marina hasta 33 m y, por debajo de ellos, una terraza marina de 1 a 3 m, datada radiométricamente como Sangamon (aproximadamente 131 000 años A.P.) y, en La Blanquilla, otra isla cercana, tres terrazas marinas superpuestas hasta 30 m s.n.m.

Las sucesivas regresiones y transgresiones marinas motivadas por las oscilaciones glacioeustáticas dieron lugar a variaciones en la extensión de los archipiélagos y en las distancias que separan las islas. Durante los niveles deprimidos del mar coincidentes con las glaciaciones, Cuba y sus archipiélagos formaron una masa terrestre continua de unos 200 000 km² de extensión; el archipiélago de las Bahamas, compuesto de islas muy bajas que, por lo general, no sobrepasan los 4 m de altitud, fue afectado muy fuertemente y, por ejemplo, durante el Wisconsin, una parte considerable de los bancos actualmente por debajo del nivel del mar emergió y la extensa isla que constituyó el Gran Banco de Bahama tenía no menos de 300 km de N a S.

Puerto Rico y las islas Vírgenes formaban, en esta época, una masa terrestre continua y solo se separaron unos 7 000 años A.P. Al E de Puerto Rico se encuentran las islas de Anguila, San Martín y San Bartolomé, que emergen del banco de Anguila, estas tres pequeñas islas también deben haber estado unidas y emergidas durante gran parte del Pleistoceno, cuando formaban las áreas montañosas de un territorio extenso del cual las áreas llanas eran el actual banco sumergido.

Sin embargo, durante las eta

pas de niveles marinos elevados, las islas disminuyeron notablemente de extensión; por ejemplo, Cuba no sólo se separó de sus actuales archipiélagos, sino que ella misma resultó subdividida por brazos de mar; La Española se dividió en dos islas: la septentrional y la meridional, a lo largo de la actual llanura de Cul-de-Sac, que se transformó en un canal submarino; las Bahamas deben haber estado casi completamente sumergidas y las Islas de Sotavento, en las Antillas Holandesas, parecen haberlo estado totalmente.

Los cambios climáticos reiterados también se manifestaron con fases más húmedas alternadas con fases mucho más secas que la presente, incluso con áreas desérticas (Pregill y Olson, 1981; Ortega, 1983, Acevedo, 1983). Los datos disponibles sugieren que, durante las glaciaciones, el gradiente de temperaturas también aquí era mayor que el actual; hay la posibilidad de que hayan existido glaciares en la Sierra Maestra cubana (Ortega, 1983), lo que ya ha sido comprobado en la Cordillera Central dominicana, donde la línea de las nieves se encontraba de 2 200 a 2 300 m (Schubert y Medina, 1982; Schubert, 1984).

Los niveles elevados del mar coincidieron, en términos generales, con las mayores precipitaciones y, en Cuba y las Islas de Sotavento se han reportado «períodos pluviales» (Acevedo, 1967, 1971; Hummelinck, 1970), con lámina de lluvias dos o tres veces mayores que la actual y una distribución anual diferente.

En las regiones cársicas se localizan varios niveles de cuevas superpuestas que, en la sierra de los Organos, Cuba occidental, llegan hasta seis (Acevedo, 1971, 1976) y, en la gran caverna de Farallones de Moa, Cuba oriental, hasta cinco, vinculados a la evolución del relieve epigeo en que se conservan relictos de varias superficies de aplanamiento (Acevedo, 1985). En las Antillas Holandesas también existen distin-

tos niveles de cavernas relacionados con las terrazas marinas existentes (Hummelinck, 1970) y el relieve cársico de Puerto Rico se formó esencialmente durante el Cuaternario (Gerstenhauer, 1964).

En estas cuevas se han encontrado restos de la fauna pleistocénica, de la cual la presente no es más que una representación depauperada. En Cuba algunas de sus formas supervivieron hasta unos 2 000 años A.P. (Vento et al., 1981). Las faunas de Haití y Puerto Rico están vinculadas a la de Cuba y parecen proceder de Suramérica, pero su evolución fue independiente; la de Jamaica es distinta a la del resto de las Antillas y pudiera provenir de Nicaragua y Honduras, por lo que esta isla no debe haber tenido relaciones con el resto de las Antillas durante el Cuaternario.

Muchos de los depósitos formados tanto en ambiente subaéreo, como costero o marino, constituyen el resultado de sedimentación en determinadas condiciones que se han repetido a lo largo del tiempo, desde el Neógeno hasta el Holoceno y, por ello, representan eventos ecológicos, que requieren una datación precisa para poder correlacionarlos.

La llamada orogenia antillana, que tuvo su climax general en el Mioceno, se manifestó de distinto modo y en diferentes épocas como resultado de la interacción de la placa Caribe con las placas continentales (Norteamérica y Suramérica) y oceánica (Atlántica y Pacífica) circundantes, y fue seguida por la neotectónica caracterizada por movimientos de tipo vertical, vinculados a fallas que separan diferentes unidades estructurales. Por ejemplo, en las Antillas Menores y en la fachada occidental de Centroamérica actualmente hay vulcanismo y sismicidad activos; en Haití las series del Oligoceno, Mioceno y Plioceno fueron plegadas en Pleistoceno inferior y se produjeron fenómenos volcánicos e intrusivos (erupciones de basaltos nefelínicos); en Cuba, sin embargo, la neotectónica puede haberse iniciado desde el Oligoceno

superior y experimentó una intensificación notable en el Plioceno en que se acentuó la depresión del Cauto y el elevamiento de la Sierra Maestra, vinculados a una reactivación de la fosa de Bartlett. En general la neotectónica, expresada en los movimientos recientes continúa.

También se mantienen, aunque en menor escala, las fluctuaciones climáticas, que se manifiestan en fases cíclicas de pocas lluvias.

CONCLUSIONES

El Cuaternario en el Mediterráneo americano se caracterizó por oscilaciones climáticas con fases más frías y secas que la actual, durante las cuales el gradiente de temperatura fue mayor que el presente, y permitieron el desarrollo de glaciaciones en las regiones montañosas muy por debajo del límite de las nieves actual; estas fases alternaron con otras más cálidas y húmedas. Dataciones geocronológicas absolutas permiten correlacionar estas fases con las glaciaciones e interglaciaciones de Norteamérica.

El nivel del mar se deprimió durante las fases frías por debajo del actual y lo sobrepasó durante las cálidas, lo que se manifestó en variaciones en la extensión de las tierras emergidas por las sucesivas transgresiones y regresiones glacioeústicas que dejaron sus huellas en terrazas marinas emergidas o sumergidas y otras formas litorales que pueden agruparse en ocho niveles principales.

La interacción de la placa Caribe con las placas continentales y oceánicas que la circundan propició el desarrollo del vulcanismo y la sismicidad en el área y se mantienen activos en las fajas de contacto entre dichas estructuras. La actividad neotectónica, caracterizada por desplazamientos verticales de bloques, modificó las estructuras y aun se manifiesta en los movimientos recientes.

La influencia recíproca de estos y otros factores determinó el desarrollo de los componentes de

la envoltura geográfica, como por ejemplo, la evolución, distribución y extinción de la flora y la fauna pleistocénicas, a lo que contribuyó la acción antrópica desde principios del Holoceno cuando el hombre arribó a las tierras continentales que circundan la cuenca y a las insulares que en ella se encuentran.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ACEVEDO GONZÁLEZ, M.: *Clasificación general y descripción del carso cubano*, Publicación Especial No. 4:23-64, Inst. Nac. Rec. Hidráulicos, La Habana, 1967.
- [2] ———: *Geomorfología de Sumidero y sus inmediaciones, sierra de los Organos*, Pinar del Río, Cuba, *Rev. Tecnológica*, 9(3-4):33-54, 1971.
- [3] ———: *Las costas de Cuba*, *Geografía de Cuba I*, Unidad VIII, 16 pp., Dpto. Geogr., Inst. Pedag. "Enrique José Varona", La Habana, 1976.
- [4] ———: *Geomorphologie und Hydrogeologie des Cuyaguaje Flussgebietes*, Pinar del Río, Kuba, *Petermanns Geogr. Mitt.*, 120(3):177-191, Gotha, 1976.
- [5] ———: *Geografía Física de Cuba*, Tomo I, 313 pp., Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1981.
- [6] ———: *Observaciones sobre hipótesis recientemente enunciadas acerca del Plioceno y Pleistoceno de Cuba occidental*, *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 7:37-56, La Habana, 1983.
- [7] ———: *Observaciones sobre los Farallones de Gran Tierra de Moa y contribución al estudio del origen y desarrollo de las cortezas lateríticas poliméticas regionales*, *Simpodium XLV Aniversario Soc. Espel. Cuba*, pp. 42-43, Acad. Cien. Cuba, La Habana, 1985.
- [8] BAKER, R. G.: *Holocene vegetational changes in Western United States*, *Abstracts XI INOUA Congress*, 2:17, Moscú, 1982.
- [9] BARRY, R. G.: *Paleoclimatic reconstructions of late Quaternary climates in North America*, *Abstracts XI INOUA Congress*, 1:28, Moscú, 1982.
- [10] BEARD, J. H.: *Pleistocene temperature record based on planktonic foraminifers*, *Gulf of México*, *AAPG Bull.*, 53(9):2032, 1969.
- [11] BENISE, J. A. y D. E. PETTRY: *Late Quaternary paleosol/cultural correlations in the upper Tombigbee Valley of the Southeastern United States: Part II*, *Abstracts XI INOUA*.
- [12] BONET, F.: *Espeleología de la región de Cacahuamilpa*, *Gro.*, *Boletín No. 20*, 98 pp., Inst. Geol., Univ. Nac. Auton., México D. F., 1971.
- [13] BUSTO ALVAREZ, R. DEL: *Las terrazas marinas de Maisí*, *Univ. Habana*, *Cien. ser. 7, Geogr.*, 12 pp., La Habana, 1975.
- [14] BUTTERLIN, J.: *Géologie générale et régionale de la République d'Haïti*, 194 pp., Inst. Haut. Etud. Amérique Latine, Paris, 1960.
- [15] COURBON, P. y D. DREUX: *Candelaria. Etude du réseau hydrospéléologique de Candelaria-Alta Verapaz*, *Spelunca, Supplément au n° 3, Spécial*, 1:12-17, 1976.

- [16] DAVIS, M. B.: *Late-Quaternary vegetation and climate of Eastern United States, Abstracts XI INOUA Congress*, 2:53, Moscú, 1982.
- [17] EMILIANI, C.: *Paleotemperature analysis of Caribbean cores p 6304-8 and p 6304-9, and a generalized temperature curve for the past 425 000 years*, *J. Geol.*, 74:109-126, 1966.
- [18] ———: *Pleistocene paleotemperatures*, *Science*, 168:822-825, 1970.
- [19] ENJALBERT, H.: *Les montagnes calcaires du Mexique et du Guatemala*, *Ann. Géogr.*, 413(76):29-59.
- [20] FAIRBRIDGE, R. W.: *Dating the latest movements of the Quaternary sea level*, *Trans. New York Acad. Sci., Ser. 11*, 20(6):471-482, 1958.
- [21] GERSTENHAUER, A.; *Nord-Puerto Rico*, *Internationaler Karst-Atlas*, Blatt 3b, *Erdkunde*, 18(2): Beilagen 1b/1a, 1964.
- [22] HERD, D. C. y C. W. NAESER: *Radiometric evidence for pre-Wisconsin glaciation in the northern Andes*, *Geology*, 2:230-231, 1974.
- [23] HUMMELINCK, P. W.: *Las cuevas de las Antillas holandesas*, *Symposium XXX Aniv. Soc. Espel. Cuba, Ser. Espel. y Car. sol.*, 7:59, Acad. Cien. Cuba, La Habana, 1970.
- [24] LIVINGSTONE, D. A. y T. VAN DER HAMMEN: *Paleogeografía y paleoclimatología*. En *Ecosistemas de los bosques tropicales*, pp. 68-101, Inv. sobre los rec. nats. XIV, UNESCO/CIFCA, Madrid, 1980.
- [25] LYNTS, G. W., J. B. JUDD y C. F. STEHMAN: *Late Pleistocene history of Tongue of the Ocean, Bahamas*, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84:2 665-2 684, 1973.
- [26] MESOLELLA, K. J., R. K. MATTHEWS, W. S. BROECKER y D. L. THURBER: *The astronomical theory of climatic change: Barbados Data*, *J. Geol.*, 77(3):250-274, 1969.
- [27] MORA CASTRO, S.: *Barra Honda*. 94 pp., EUNED, San José, 1981.
- [28] MÖRNER, N. A.: *Earth's movements, paleoceanography, paleoclimatology and eustasy: mayor events in the Cenozoic of the North Atlantic*, *J. Geoph.* (preprint), 7 pp., 1979.
- [29] ORTEGA SASTRIQUES, F.: *Una hipótesis sobre el clima de Cuba durante la glaciación de Wisconsin*, *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 7:57-68, 1983.
- [30] PLATT BRADBURY, J., B. LEYDEN, M. SALGADO-LABOURIAU, W. M. LEWIS, JR., C. SCHUERT, M. W. BINFORD, D. G. FREY, D. R. WHITEHEAD, F. H. WEIBEZAHN: *Late Quaternary environmental history of Lake Valencia, Venezuela*, *Science*, 214(4 527):1 299-1 305, 1981.
- [31] PREGILL, G. K. y S. L. OLSON: *Zoogeography of West Indian vertebrates in relation to Pleistocene climatic cycles*, *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 12:75-98, 1981.
- [32] RICHARDS, H. G.: *Some aspects of the marine Quaternary of the Caribbean Area*, *Memorias VI Conf. Geol. Caribe*, pp. 426-429, Margarita, Venezuela, 1972.
- [33] SALGADO-LABOURIAU, M. L.: *A pollen diagram of the Pleistocene-Holocene boundary of Lake Valencia, Venezuela*, *Rev. Palaeobot. Palyn.*, 30:297-312, 1980.
- [34] SCHUBERT, C. (1974): *Late Pleistocene Mérida Glaciation, Venezuelan Andes*, *Boreas*, 3:147-152, Oslo, 1974.
- [35] ———: *Evidencias de una glaciación antigua en la sierra de Perijá*, *Estado Zulia*, *Bol. Soc. Venezolana Espel.*, 6(12):71-75, 1975.
- [36] ———: *Formación Blanquilla, isla La Blanquilla (Dependencias Federales): informe preliminar sobre terrazas cuaternarias*, *Acta Cient. Venezolana*, 27:251-257, 1976.
- [37] ———: *La zona del páramo: morfología glacial y periglacial de los Andes de Venezuela*, En *El medio ambiente páramo*, Salgado-Labouriau, M. L. (Edit.), Edic. Centro Estud. Avanzados, IVIV, pp. 11-27, Caracas, 1979.
- [38] ———: *Investigaciones sobre el cuaternario de la República Dominicana*, *Rev. Geogr., Inst. Panam. Geogr. Hist.*, 99:69-92, 1984.
- [39] SHUBERT, C. y E. MEDINA: *Evidence of Quaternary glaciation in the Dominican Republic: some implications for Caribbean paleoclimatology*, *Paleogeog. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 39:281-294, 1982.
- [40] SCHUBERT, C. y S. VALASTRO: *Quaternary geology of La Orchila island, central Venezuelan offshore*, *Caribbean Sea, Geol. Soc. America Bull.*, 78:1 131-1 142, 1976.
- [41] SHANTZER, E. V., O. M. PETROV y G. L. FRANCO: *Sobre las terrazas marinas costeras y los depósitos relacionados con ellas*, En *Acumulación de sedimentos cuaternarios y formación del relieve* (en ruso), Edit. Ciencia, pp. 34-80, Moscú, 1976.
- [42] TRICART, J.: *Existence de périodes seches au Quaternaire en Amazonie et dans les régions voisines*, *Rev. Geomorph. dynam.*, 23:145-158, 1974.
- [43] Venezuela, República de: *Léxico estratigráfico de Venezuela*, Direcc. Geol. Min. Min. Hidrocarb., *Bol. Geol. Publ. Espec.* No. 4, Caracas, 756 pp., 1970.
- [44] VENTO, E., R. RODRÍGUEZ y L. FRANCO: *La datación absoluta por el método colágeno en Cuba*, *Kobie*, 11:165-172, 1981.
- [45] WOODRING, W. P., J. S. BROWN y W. S. BURBANK: *Geology of the Republic of Haiti*, Por-au-Prince, 631 pp., 1924.