

Paleoclima del Pleistoceno Tardío en el Caribe y regiones adyacentes: Un intento de compilación*

**Carlos SCHUBERT

RESUMEN. *Una compilación de los indicios paleoclimáticos más importantes sugiere que el clima, en general, durante el Último Máximo Glacial (hace aproximadamente 18 000 años ap) en el Caribe y regiones adyacentes de América Central y del Sur era más árido que en la actualidad. En el norte de América del Sur, debido a la cantidad de datos disponibles se pueden diferenciar muy tentativamente dos zonas de climas contrastantes: una de aridez extrema, que comprende los Llanos de Venezuela y Colombia, y una de humedad mayor que la actual en esa zona, que comprende la cuenca del Lago de Maracaibo, el norte de Falcón y las Antillas Holandesas de Sotavento. En el resto de la región se estima que existía un clima de sabana; los límites de las zonas ecológicas altitudinales eran inferiores en cientos de metros y su extensión vertical era menor que en la actualidad debido al aumento en el gradiente de temperatura.*

INTRODUCCIÓN

Recientemente, se ha avanzado significativamente en la interpretación de los indicios paleoclimáticos cuaternarios, particularmente en las regiones tropicales. Estas regiones se consideraban tradicionalmente como regiones climáticamente "estables", las cuales, durante las épocas glaciales que afectaron las latitudes medias y altas, se mantuvieron climáticamente benignas y, en consecuencia, allí se originó la inmensa va-

riedad de especies vegetales y animales (Colinvaux, 1979). Sin embargo, en los últimos 20 años se han acumulado numerosos indicios de que los trópicos también fueron afectados por fluctuaciones climáticas importantes durante las épocas glacia-

*Manuscrito aprobado en junio de 1986.

**Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.

les. Estas fluctuaciones no involucraron avances glaciales comparables a los de las latitudes medias, sino, más bien, cambios en la precipitación y, en consecuencia, en las condiciones hidrológicas (Fairbridge, 1970; Garner, 1975; Sarnthein, 1978). Esta nueva concepción paleoclimatológica tropical generó la hipótesis de los "refugios" biológicos (Fig. 1), zonas restringidas en las cuales sobrevivió la rica fauna y flora tropical durante los climas más severos de las épocas glaciales (Prance, 1982). Actualmente, las investigaciones sobre paleoclimatología tropical —hasta la fecha, poco

concluyentes— se centran en la localización de estos "refugios" (Van der Hammen, 1982).

En este intento de compilación trataremos de establecer la paleoclimatología de la región del Caribe durante la última época glacial, con base en los indicios publicados, tanto marinos como continentales, y a algunos indicios nuevos. Cada uno de ellos tienen un valor paleoclimático puntual; esperamos que la interpretación del mayor número posible de datos puntuales nos revele un panorama paleoclimático general.

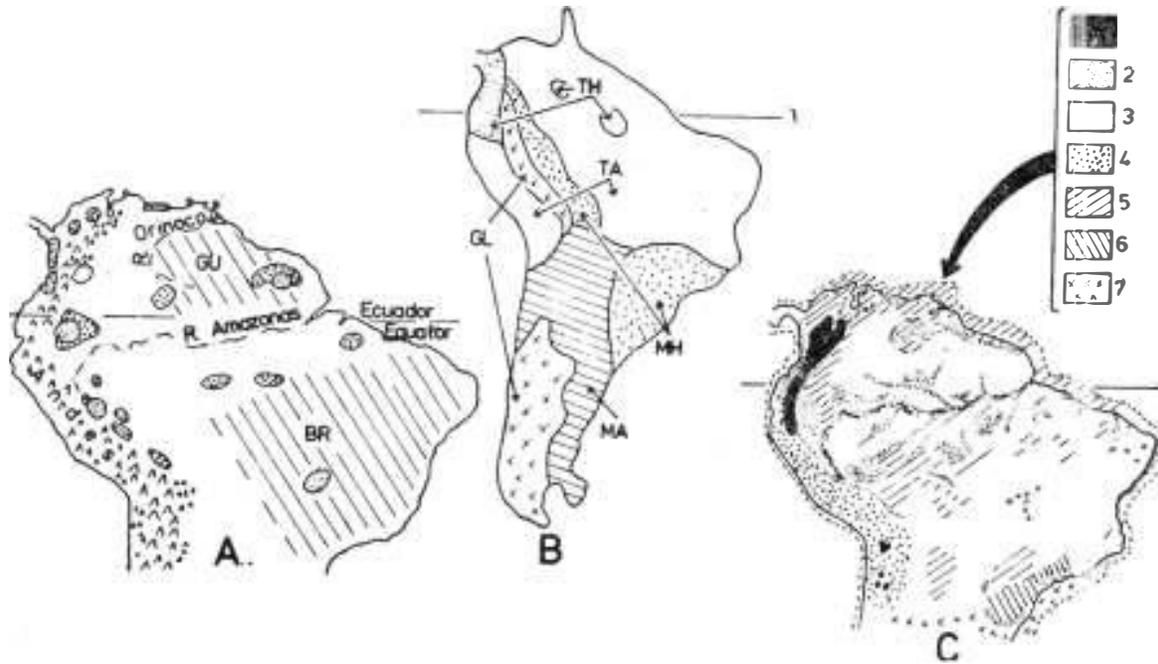


FIG. 1. Tres ejemplos de los "refugios" postulados por diferentes autores en N de América del Sur. A. Área de refugios de fauna y flora amazónica (selva tropical húmeda) durante las épocas glaciales cuaternarias, según Haffer (1969, punteado grueso) y Vanzolini (1973, punteado fino). El resto de la Amazonia consistía de caatinga o cerrado (sabanas tropicales) (BR: escudo del Brasil; GU: escudo de Guayana). B. Zonas paleoclimáticas durante la época glacial principal del Cuaternario en América del Sur (según Bigarella y Andrade-Lima, 1982). Los límites continentales expuestas por la depresión del nivel de mar (GL: glaciares; MA: mesotermal árido; MH: mesotermal húmedo; TA: tropical árido; TH: tropical húmedo). C. Dominios naturales en los cuales el clima y los factores geomorfológicos favorecieron el predominio de tipos característicos de vegetación (13 000 a 18 000 años ap) (simplificado según Brown y Ab'Saber, 1979). 1. páramo y glaciares; 2, refugios de bosques tropical húmedo, otros bosques y selvas de galerías; 3, sabanas, caatinga, cerrado; 4, desiertos costeros y andinos; 5, vegetación escasa no definida; 6, estepas, campos abiertos y bosques de Araucaria; 7, desiertos fríos y estepas patagónicas.

**PALEOCLIMATOLOGÍA GLOBAL
DURANTE EL
ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAL**

Como Último Máximo Glacial (UMG) se considera el máximo avance de los glaciares de la Glaciación Wisconsin, Würm o Weichsel (según la región estudiada; Fig. 2), el cual culminó hace aproximadamente 18 000 años *ap* (CLIMAP, 1976). Las condiciones globales durante el UMG se diferenciaban de las condiciones actuales en: (1) una extensión y volumen mayores de los glaciares continentales; (2) una depresión del nivel del mar y una disminución en el

área de la superficie oceánica; (3) un aumento en la cobertura de hielo en los mares de las latitudes altas; (4) un aumento del *albedo*, o reflectividad superficial de la Tierra; y (5) una disminución en la temperatura superficial de los océanos (CLIMAP, 1981).

En el momento del UMG (Chorley *et al.*, 1984:539), las temperaturas globales eran entre 3 y 6°C menores que en la actualidad; el nivel del mar estaba deprimido

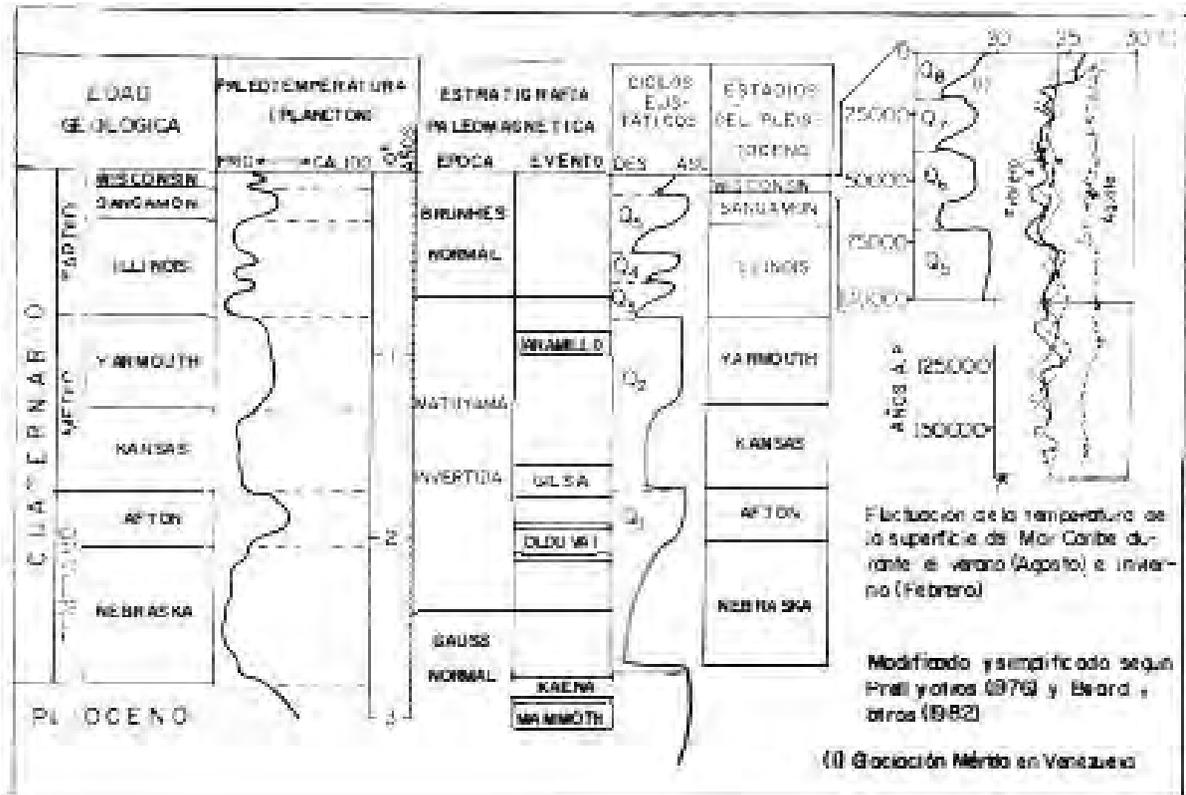


FIG. 2. Cuadro de correlación entre la edad geológica cuaternaria, los cambios climáticos, los ciclos eustáticos (DES: nivel del mar descendente; ASC: nivel del mar ascendente), la estratigrafía paleomagnética (normal: magnetización igual al presente; invertida: magnetización invertida con respecto a la normal; evento: periodo corto de magnetización invertida con respecto a la predominante para la época) y la fluctuación en la temperatura superficial estimada del Mar Caribe durante los últimos 130 000 años *ap*.

en por lo menos 85 m; las grandes capas de hielo excedían los 4 000 m de espesor en la Antártida y 3 000 m en el hemisferio N; el hielo marítimo era mucho más extenso que hoy en día y se producía una emersión de agua fría en el Atlántico y en el Pacífico; el gradiente de temperatura era mayor a lo largo del frente polar, el cual estaba desplazado hacia el Ecuador; las células de alta presión tropical se encontraban aproximadamente en sus posiciones actuales; los continentes eran mucho más fríos y secos que hoy en día, con sabanas, estepas y desiertos que crecían a expensas de los bosques; y, en particular, los trópicos eran mucho más áridos que en la actualidad, con la presencia de bosques húmedos solamente en forma de remanentes

muy restringidos ("refugios"; Fig. 1) dentro de un área extensa de sabanas.

En las Figs. 3 a 6 se muestran las condiciones globales y del continente americano durante el UMG, según algunas interpretaciones recientes. Estas interpretaciones están basadas principalmente en el análisis de microorganismos en sedimentos marinos abisales (CLIMAP, 1981) y, en el caso de Heine (1977), incluye datos continentales. En estos mapas se nota claramente la migración hacia el S y N, y la contracción latitudinal de las diferentes fajas ecológicas globales durante el UMG. Debemos tener muy en cuenta que estos mapas representan una interpretación muy preliminar y que adolecen por lo menos de los siguientes problemas (Bradley, 1985:410 #13): (1) una

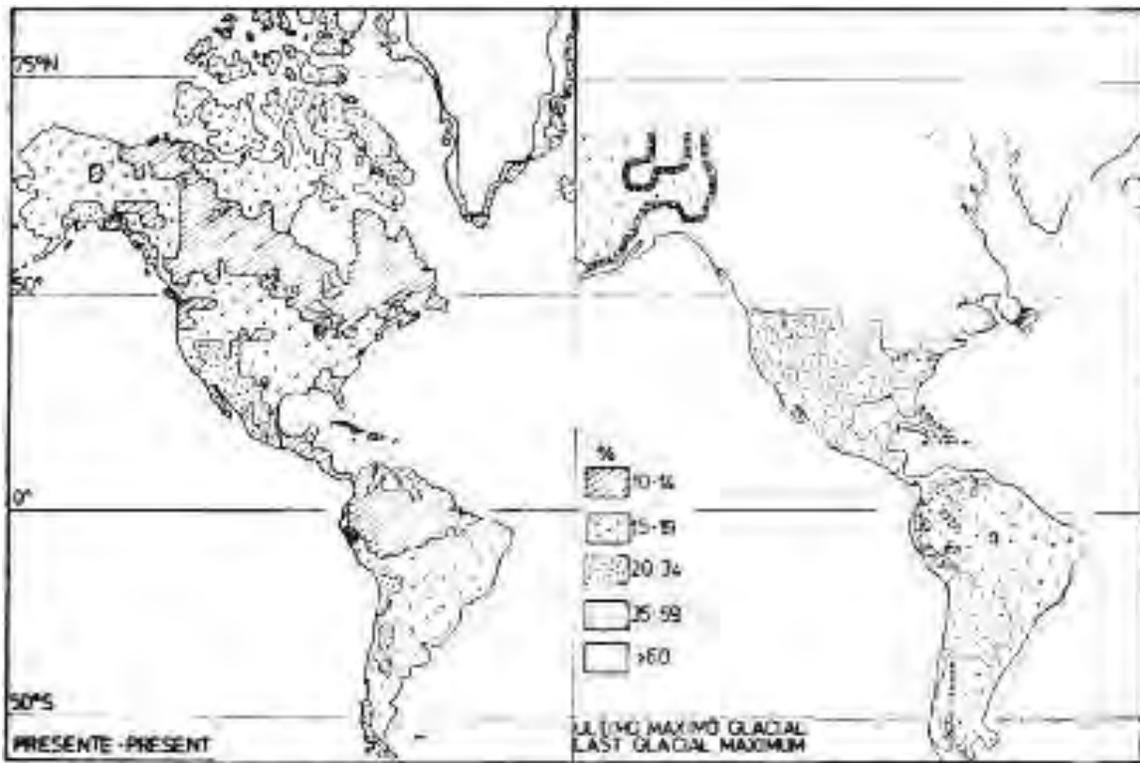


FIG. 3. Mapas representativos del albedo o la reflectividad (en %) de los continentes, en la actualidad y durante el UMG (según CLIMAP, 1981). Nótese el aumento en la reflectividad durante el UMG en las regiones tropicales debido a la expansión en el área de sabanas. El cambio en el área continental durante el UMG se debe a la depresión del nivel del mar.

calibración frecuentemente deficiente entre el índice paleoclimático y el clima real que representa; (2) fechados absolutos y relativos frecuentemente poco precisos; y (3) una distribución geográfica no uniforme de los datos. Rind y Peteet (1985) realizaron un análisis crítico de los datos usados por CLIMAP (1981) y su relación con datos paleoclimáticos terrestres, y concluyeron que, dependiendo del modelo utilizado, la

temperatura promedio del aire superficial durante el UMG podría ser 5 a 6°C menor que la actual. Sin embargo, es probable que los cambios climáticos sugeridos puedan ser utilizados en forma general; la nueva etapa en las investigaciones paleoclimáticas es la de documentar en detalle los cambios en una zona específica e integrarlos a estos mapas globales, y modificarlos según sea necesario.

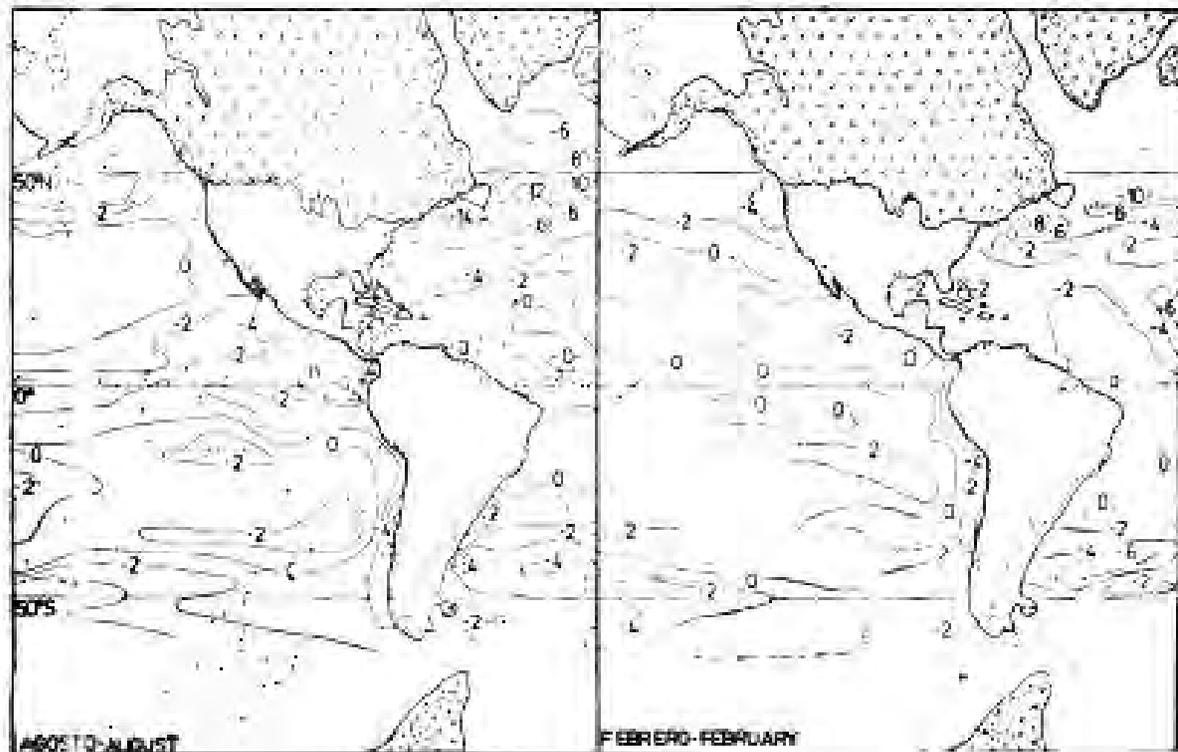


FIG. 4. Mapas demostrativos de la anomalía en la temperatura superficial de los océanos durante el UMG, para el verano (agosto) e invierno (febrero), según CLIMAP 1981. Estas anomalías se calcularon restando la temperatura durante el UMG de las temperaturas superficiales actuales. El cambio en el área continental se debe a la depresión del nivel del mar. Los puntos negros representan los sitios de análisis de núcleos sedimentarios sobre los cuales se basan los mapas. Las áreas sombreadas con cruces indican la extensión de los glaciares continentales.

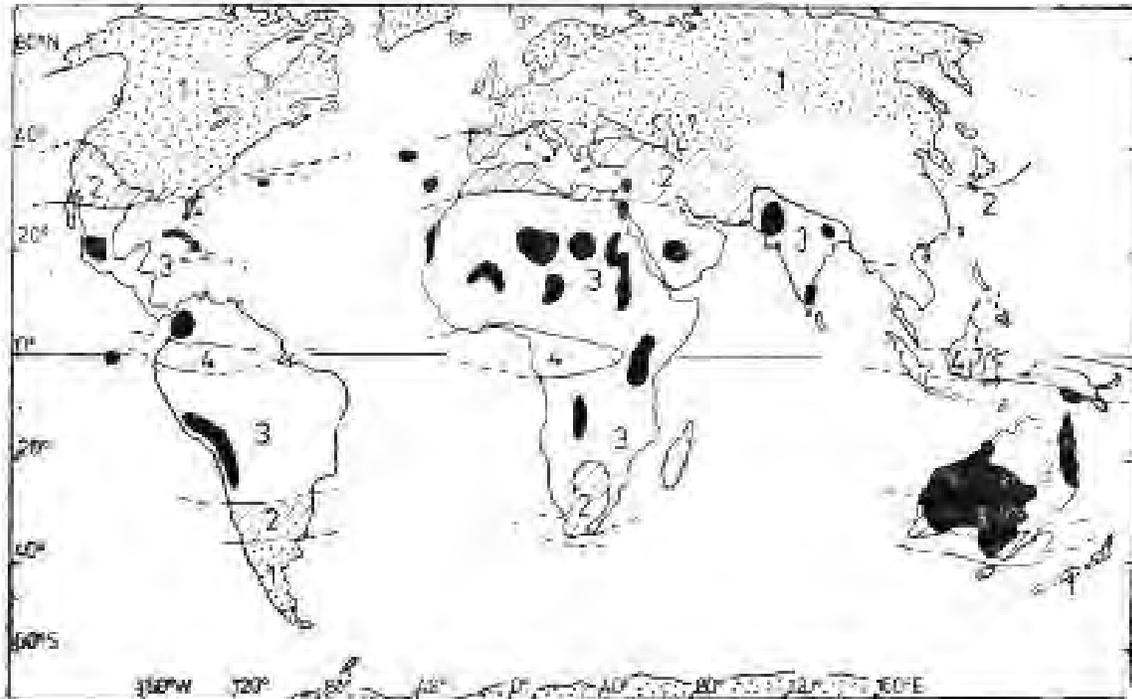


FIG. 5. Zonas ecológicas globales durante el UMG, según Heine (1977). 1. Zona con precipitaciones menores que en la actualidad, pero con un desarrollo máximo de los glaciares. 2. Zona subtropical templada con precipitaciones menores que en la actualidad. Debido a un descenso pronunciado en la temperatura se produjo un avance glacial simultáneo con la zona 1. 3. Zona tropical-subtropical con clima glacial árido (en parte más árido que en la actualidad). El avance glacial se produjo en el tardiglacial debido a la dependencia en la humedad. 4. Zona tropical con formación de glaciares durante el UMG y con precipitaciones menores que en la actualidad. Las zonas negras representan aquellas regiones para las cuales se ha documentado una aridez extrema durante el UMG.

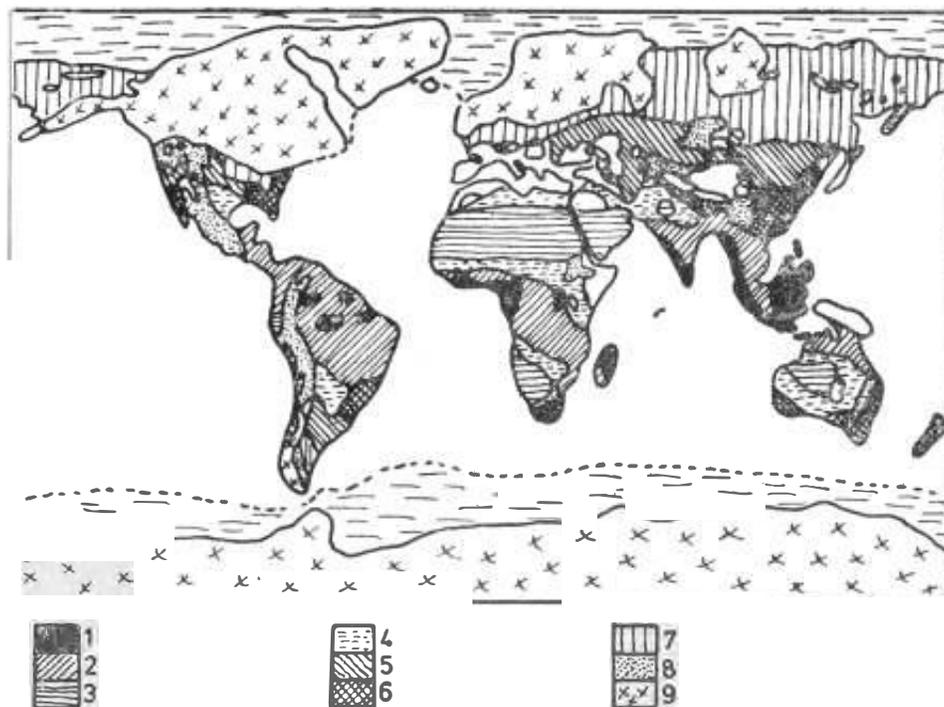


FIG. 6. Condiciones climáticas deducidas para el verano durante el UMG, según Chorley et al. (1984:541). 1, tropical húmedo; 2, tropical con alternancia húmeda-seca; 3, árido; 4, semi-árido; 5, continental seco; 6, húmedo de latitudes medias; 7, periglacial; 8, montañas; 9, glaciares; 10, hielo marítimo en julio.

PALEOCLIMATOLOGÍA DEL CARIBE

Los principales indicios de un clima distinto durante el UMG en la región del Mar Caribe y regiones adyacentes de América Central y América del Sur, pueden ser clasificados en geomorfológicos, sedimentológicos, pedológicos y paleontológicos. Entre los primeros se encuentran la morfología glacial por debajo del piso glacial actual, los drenajes anómalos, los complejos de raudales en los ríos de tierras bajas, la variación en las condiciones hidrológicas de ríos y lagos, y las terrazas fluviales. Entre los indicios sedimentológicos se encuentran campos de médanos inactivos, abanicos aluviales y aluviones colgantes, morre-

nas y otros sedimentos glaciales por debajo del piso glacial actual. Los indicios pedológicos incluyen paleosuelos por debajo de los suelos en formación, turbas relictas, y lateritas y arenas podzólicas en zonas de selva húmeda y sabanas, respectivamente. Los indicios paleontológicos consisten principalmente en la presencia anterior, basada en estudios palinológicos, de una vegetación muy distinta, y en los análisis micropaleontológicos de núcleos de sedimentos submarinos.

A continuación describiremos brevemente todos estos indicios por regiones geográficas y trataremos de integrarlos y evaluarlos

en función de las diferentes reconstrucciones paleoclimáticas. Los datos se presentan gráficamente en la figura 7, diferenciados en tipos de indicios y confiabilidad en su interpretación paleoclimática y edad.

Cordillera de la costa y los Andes

Los Andes están formados (en este contexto) por los extremos septentrionales de las tres cordilleras colombianas (Occidental, 4 200 m; Central, 5 200 m; y Oriental, 5 500 m), los Andes venezolanos (5 002 m), la Sierra de Perijá (3 600 m) y la Sierra Nevada de Santa Marta (5 600 m). La Cordillera de la Costa está formada por la cadena montañosa más septentrional de Venezuela, a lo largo de la costa central y oriental de ese país (elevación máxima: 2 365 m).

Garner (1959) relacionó la textura de sedimentos en montañas tropicales con el clima, basándose en ejemplares modernos de la Cordillera de la Costa venezolana y los Andes de Ecuador y Perú. La meteorización húmeda genera sedimentos clásticos finos, los cuales son protegidos de la erosión fluvial y eólica por la cobertura vegetal; la meteorización árida, en cambio, genera sedimentos de grano grueso, los cuales tienden a ser depositados dentro de la región árida, debido a la ausencia de competencia fluvial para removerlos. En consecuencia, los sedimentos generados y depositados bajo climas áridos frecuentemente no son removidos por los procesos bajo climas húmedos posteriores, lo cual se denominó "retraso sedimentario" (en inglés: *sedimentary lag*). La existencia de remanentes de grandes rellenos aluviales en los Andes en forma de terrazas espectaculares, fue explicado por Garner (1959) como el producto del retraso sedimentario, grandes masas de sedimentos de grano grueso depositados bajo climas áridos y cortados, y

removidos parcialmente durante climas más húmedos posteriores. Una conclusión similar que apoya esta hipótesis fue obtenida en estudios sobre terrazas aluviales en los Andes venezolanos (Tricart y Illies-Lacroix, 1962; Schubert y Valastro, 1980). En los Andes venezolanos del N, dentro de una secuencia de cuatro terrazas, una fue fechada en forma preliminar como perteneciente a la parte media de la última época glacial (aproximadamente 53 000 años C-14 *ap*). En la Cordillera Oriental de Colombia se han descrito complejos de terrazas aluviales similares (Julivert, 1959; Lecarpentier, 1971).

En la parte alta de los Andes venezolanos, en la zona de los páramos, se encuentran dos niveles de sedimentos morrénicos, uno más antiguo, a 2 600 — 2 800 m de elevación, y otro más joven, a 3 000 — 3 500 m (Schubert, 1979.) Estas morrenas frecuentemente cierran la salida de valles glaciales, en los cuales se encuentran todos los indicios clásicos de la erosión glacial alpina: rocas aborregadas y con forma de lomo de ballena, estrías y surcos, escalones rocosos y circos rellenados por tuberías o lagunas. El piso glacial actual comienza aproximadamente a los 4 800 m; entre piso y las morrenas, a 3 000 m, está la zona periglacial. El avance glacial más joven ha sido fechado en más de 13 000 años C-14 *ap* (Salgado-Labouñiau *et al.*, 1977). En la Sierra de Perijá se han descrito circos y restos de morrenas, aproximadamente entre 3 000 y 3 100 m (Schubert, 1979).

En la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) se han descrito tres niveles de glaciación: el más antiguo, formado por restos de morrenas a aproximadamente 2 800 m de elevación; uno principal (Estadio Mamancanaca), por encima de 3 300 m, formado por morrenas laterales espectaculares; y un estadio joven, por encima de 4 500 m, consistente en morrenas de retroceso (Gansser, 1955).

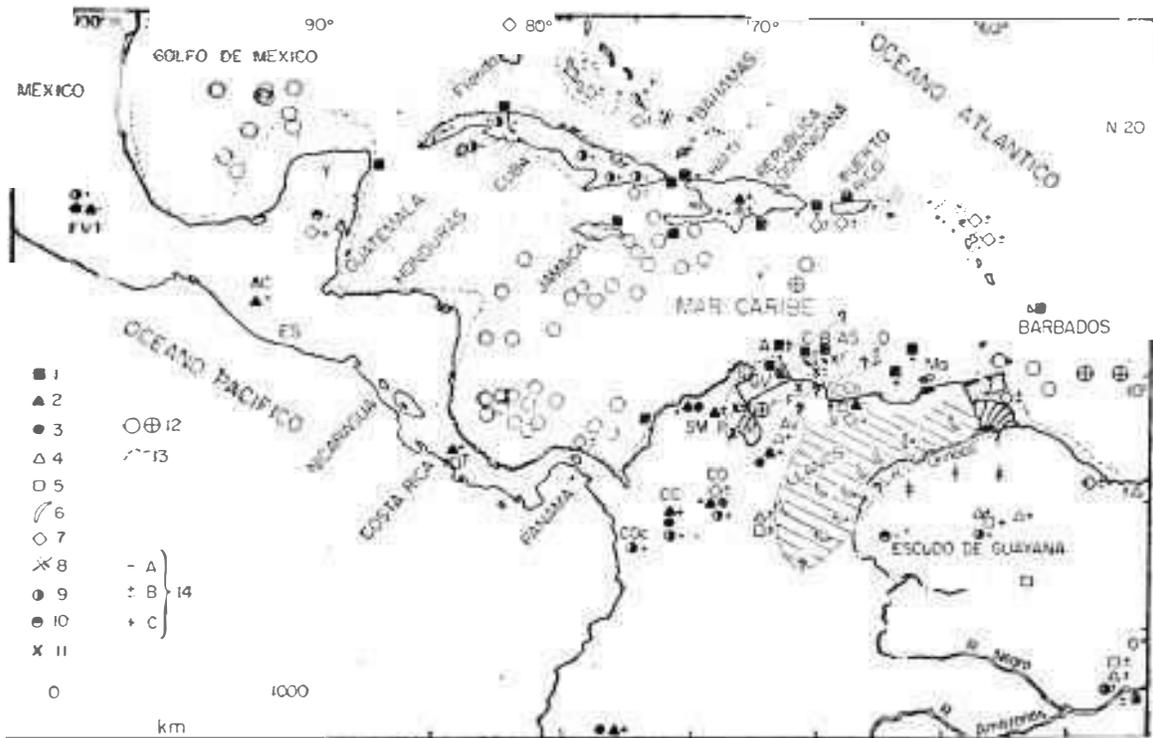


FIG. 7 Mapa demostrativo de la distribución de los indicis paleoclimáticos, principalmente durante el UMG (Pleistoceno Tardío). Abreviaturas: A: Aruba. AC: Altos de Cuchumatanes (Guatemala). AS: Antillas de Sotavento. AV: Andes venezolanos. B: Bonaire. C: Curacao. CC: Cordillera Central (Colombia). CCo: Cordillera de la Costa (Venezuela). CO: Cordillera Oriental (Colombia). C'Oc: Cordillera Occidental (Colombia). ES: El Salvador. F: Serranía de Falcón (Venezuela). FVT: Faja Volcánica Transmexicana. 10. G: Península de la Guajira (Colombia-Venezuela). GV: Golfo de Venezuela. M: cuenca del Lago de Maracaibo (Venezuela). Ma: Margarita. O: La Orchila. P: Sierra de Perijá (Venezuela-Colombia). SM: Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). T: Cordillera de Talamanca (Costa Rica). Tr: Trinidad. V: cuenca del lago de Valencia (Venezuela). Y: península de Yucatán. Leyenda: 1. Terrazas marinas (arrecifes antiguos). 2. Indicis sedimentarios y geomorfológicos de glaciación pleistocena. 3. Glaciares modernos. 4. Terrazas aluviales. 5. Aluviones colgantes, abanicos aluviales. 6. Campos de médanos fósiles; depósitos eólicos. 7. Análisis palinológico; indicis paleontológicos. 8. Drenajes anómalos; complejos de raudales. 9. Indicis paleopedológicos. 10. Sabanas relictas. 11. Indicis de mayor humedad pleistocénica. 12. Análisis micropaleontológicos (circulo abierto) y mineralógicos (circulo con cruz) de núcleos sedimentarios submarinos. 13. Línea de costa aproximada durante el UMG (Pleistoceno Tardío). 14. Confiabilidad paleoclimática del indicio: A: sugestivo; B: regular; C: bueno. El área sombreada con puntos representa el área aproximada con indicis de humedad mayor que la actual durante el UMG. El área sombreada con líneas diagonales representa el área aproximada de aridez extrema. Referencias: Bartlett y Barghoorn (1973), Beard (1973), Bibus (1983), Bonatti y Gartner (1973), Bryan (1973), Buskirk (1985), Carbone (1980), Damuth y Fairbridge (1970), Buissonje (1974), Eden (1974), Fölster y Hetsch (1978), Fölster et al. (1977), Franco (1983), Gansser (1955), Garner (1966), Goosen (1964) Graf (1969), Hastenrath (1973, 1974, 1981), Heine (1976, 1977), Kartashov (1982), Kesel y Spicer (1985), Khobzi (1981), Khobzi et al. (1980), Muller (1959), Ortega (1983), Ortega y Arcia (1982), Peeters (1984), Pregill y Olson (1981), Prell et al. (1976), Roa (1979), Salgado-Labouriau (1980), Salgado-Labouriau et al. (1977), Sarmiento y Kirby (1962), Schubert (1979, 1980, 1984, 1985, en prensa a y b, Schubert y Fritz (1985), Schubert y Valastro (1976, 1980), Shanzer et al. (1975), Tamers (1966, 1967), Toledo (1982), Tricart (1974, 1975, 1985) Tricart y Alfonsi (1981), Van Andel (1967), Van der Hammen (1963, 1974, 1982), Wilhelmy (1954), Wymstra y van der Hammen (1966), Zonneveld (1968).

En la Cordillera Oriental, Van der Hammen *et al.* (1980/1981) describieron por lo menos cinco niveles de morrenas (entre aproximadamente 2 200 y 4 500 m) en la Sierra Nevada del Cocuy. Estos autores llegaron a la conclusión de que el máximo avance de los glaciares durante el UMG tuvo lugar antes de 25 000 años *ap*, o sea, es anterior al máximo de aproximadamente 18 000 años *ap* reconocido globalmente, y llegó a elevaciones de 3 000 a 3 400 m. Análisis polínicos sugieren que entre aproximadamente 21 000 y 13 000 años *ap* el clima en la laguna de Fúquene (Cordillera Oriental) era seco Van Geel y Van der Hammen, 1973). Estudios paleopedológicos sugieren que durante el Pleistoceno Tardío existieron varias fases áridas en la Cordillera Oriental (Fölster y Hetsch, 1978).

En la Cordillera Central, en el complejo volcánico de Ruiz-Tolima, durante la máxima glaciación (UMG) los glaciares bajaron hasta aproximadamente 3 200 a 3 600 m, y la deglaciación comenzó antes de 13 800 años *ap* (Herd, 1974). La línea de nieves descendió aproximadamente 1 000 m alrededor de 15 000 años *ap*. Estudios paleopedológicos en las Cordilleras Central y Occidental sugieren un clima árido durante el Pleistoceno Tardío (Fölster *et al.*, 1977).

Recientemente, se descubrieron aluviones colgantes en el flanco *N* de la Cordillera de la Costa (Schubert, 1985). Estos aluviones, sepultados bajo la selva nublada, rellenaban los cauces de las quebradas y ríos y han sido interpretados como remanentes, debido a retardo sedimentario, de conglomerados depositados bajo un clima árido.

Lago de Valencia

El Lago de Valencia ocupa una depresión tectónica en la parte central de la Cordillera de la Costa venezolana. En el subsuelo de este lago se encuentran más de 100 m

de sedimentos lacustres y fluviales, los cuales registran por lo menos cuatro ciclos de rellenado y desecación del lago (Schubert, 1980).

El análisis palinológico y radiocarbónico de un núcleo sedimentario de 7,43 m de longitud, obtenido en la parte central del lago, reveló que antes de 12 930 \pm 500 años C-14 *ap* el lago no existía, y entre esta fecha y aproximadamente 11 500 años *ap* era un pantano o una laguna intermitente (Salgado-Labouriau, 1980); hoy en día el lago cubre una superficie de aproximadamente 300 km² y tiene una profundidad máxima de algo menos de 40 m. Esto sugiere que el clima a fines del Pleistoceno en la región era árido y en la cuenca existían sabanas y bosques espinosos; la selva nublada, la cual ocupa los flancos de la cuenca hoy en día, solo llegó a principios del Holoceno. Estos resultados están apoyados por estudios geomorfológicos y sedimentológicos (Peeters, 1984). [Nota: donde \pm - = \pm]

Los Llanos

Entre los Andes de Colombia y Venezuela, la Cordillera de la Costa y el Escudo de Guayana, se encuentra una región de bajo relieve y baja elevación (en general por debajo de 300 m), conocida como Los Llanos. En esta región se han detectado grandes campos de médanos fósiles, fácilmente reconocibles en fotografías aéreas e imágenes de satélite (Tricart., 1974, 1975, 1985; Roa, 1979; Khobzi, 1981). En general estos médanos están erosionados y cubiertos por vegetación sabanera; forman una sucesión de médanos parabólicos (en parte barjanas) y longitudinales, orientados en dirección *NE-SW*, paralelos a la dirección actual de los vientos predominantes en la estación seca. Las colas de las dunas parabólicas sugieren un desplazamiento de varios kilómetros y la granulometría sugiere que la

fueron homogénea y estable. Análisis por activación de neutrones (Herrer y Heurtebise, 1974) sugieren que la arena y los médanos tiene dos fuentes distintas: una en la zona nororiental de Venezuela y otra en el Escudo de Guayana, en la zona suroriental. La edad de los médanos aparentemente es Pleistoceno Tardío, según sugieren fechados radiocarbónicos de paleosuelos por debajo de los médanos: $11\ 100 \pm 450$ y $12\ 300 \pm 500$ años C-14 *ap* (Roa, 1979).

En los Llanos occidentales se encuentran varios niveles de terrazas aluviales, así como abanicos aluviales, pleistocénicos (Goosen, 1964; Tricart y Millies-Lacroix, 1962). Este tipo de sedimento, comunmente formado por conglomerados, ha sido explicado como un producto de sedimentación torrencial bajo un clima más árido que el actual, en combinación con la tectónica en los valles internos de los Andes (Tricart y Millies-Lacroix, 1962; Schubert y Valastro, 1980).

El Escudo de Guayana

El Escudo de Guayana comprende dos afloramientos de rocas principalmente precámbrica, *N* y *NE* del Río Amazonas. Esta región, como parcialmente parte de la cuenca amazónica, ha sido objeto de muchas especulaciones paleoclimatológicas, pero de pocos estudios detallados hasta épocas muy recientes. En particular, han sido postulados numerosos "refugios" biológicos durante los períodos de aridez pleistocénica (Prance, 1982). En la Fig. 1 se muestran tres ejemplos de "refugios" en el *N* de América del Sur.

Los estudios palinológicos en algunos de estos refugios (área costera y de Rupununi, Guyana, y Los Llanos orientales de Colombia) no han confirmado la existencia de estos refugios Van der Hammen, 1963,

1974, 1982; Wijmstra, 1971; Wymstra y Van der Hammen, 1966). Estudios geomorfológicos han demostrado la existencia de drenajes anómalos en los ríos y la presencia de raudales y terrazas a lo largo de ellos, todos los cuales han sido interpretados como indicios de un clima más árido, propicio para la sedimentación de aluviones y poca competencia del caudal de los ríos (Bakker, 1968; Garner, 1966; Krook, 1970; Zonneveld, 1972; Tricart, 1975).

Eden (1974) describió lo que parecen ser "refugios" de sabana dentro de la selva amazónica; estos "refugios" fueron interpretados como remanentes de una cobertura de sabana más extensa anterior, mantenida parcialmente en la actualidad por la quema. Recientemente, se han realizado estudios preliminares sobre sedimentos cuaternarios en el Escudo de Guayana. En las cimas de las mesetas guayanesas (formadas en cuarcita precámbrica del Grupo Roraima), se encuentra una capa discontinua y delgada (menos de 3 m de espesor) de turba. Las edades radiométricas obtenidas sugieren que esta turba, la cual está en proceso de formación bajo el clima actual (muy húmedo), comenzó a formarse en el Holoceno Temprano ($5\ 100 \pm 90$ a $6\ 000 \pm 80$ años C-14 *ap*; Schubert y Fritz, 1985). En las sabanas circundantes (Gran Sabana) se encuentran depósitos aluviales en el pie de monte de las mesetas. Estos aluviones, compuestos de conglomerados de cantos y bloques de cuarcita, diabasa y jaspe del Grupo Roraima, descansan discordantemente sobre rocas de este grupo y están cortados en terrazas (hasta cuatro niveles, desde 1 hasta más de 30 m) (Schubert, en prensa *a* y *b*). En un placer diamantífero cercano al cauce medio del Río Caroní, Briceño (1985) obtuvo una edad radiocarbónica de aproximadamente 8 000 años *ap* en la base del depósito aluvial. Estos resultados sugieren que antes del Holoceno Temprano, el clima de esta parte del Escudo de Guayana favo-

reció la erosión mecánica de las mesetas y la deposición de aluviones, y no favoreció la formación de turba. Esto se interpreta como un indicio de aridez durante el Pleistoceno Tardío-Holoceno Temprano.

Antillas Menores y Costa Norte de América del Sur

Las Antillas Menores en este trabajo se definen como todas las islas comprendidas a lo largo del arco volcánico-sedimentario que forma el borde oriental del Mar Caribe y las islas frente a la costa N de América del Sur, entre Puerto Rico y Aruba.

En las islas de Aruba, Curaçao y Bonaire se han descrito indicios conflictivos con respecto a la paleoclimatología cuaternaria. Por un lado, Wilhelmy (1954) y Zonneveld (1968) describieron la existencia de arroyos profundos bien desarrollados, los cuales sugieren un clima más húmedo anterior al actual.

Westerman (1931) mencionó la existencia de pequeños depósitos de turba en las islas de Aruba y Bonaire, cuya formación se atribuye a un clima más húmedo. Por otro lado Buissonje (1974) describió abundantes depósitos sólidos en estas islas, los cuales están aparentemente estabilizados y sugieren un clima más árido que el actual. Ninguno de estos indicios ha sido fechado en forma absoluta, excepto que los depósitos eólicos cubren parcialmente las terrazas coralinas más jóvenes que afloran en las islas (aproximadamente 130 000 años *ap*; Schubert y Szabo, 1978).

En la región de la costa de Falcón, el Golfo de Venezuela y la Península de la Guajira, se han hallado otros indicios de mayor humedad pleistocénica tardía: (1) restos de megafauna (Bryan, 1973), también en Curaçao Hooijer, 1962); (2) agua "fósil" en acuíferos, fechada por radiocarbono (Tamers, 1966, 1967); y (3) la presencia de

costras calcáreas en la Península de la Guajira (Wilhelmy, 1954). Por otro lado, indicios geomorfológicos sugieren que, durante la depresión en el nivel del mar durante el UMG, el Lago de Maracaibo era una cuenca y el canal de conexión con el Mar Caribe fue excavado bajo condiciones más áridas que las actuales (Sarmiento y Kirby, 1962). Graf (1969) sugirió que los estadios glaciales correspondían a épocas de mayor humedad en la cuenca del Lago de Maracaibo y el Golfo de Venezuela.

En la isla La Orchila se encuentran restos de médanos cuya superficie está cementada por recristalización de carbonato de calcio y los cuales están estabilizados por vegetación (Schubert y Valastro, 1976). Estos restos se encuentran sobre una terraza coralina cuya edad es de aproximadamente 130 000 años *ap*.

En las islas de Antigua y Barbuda (Antillas Menores nororientales) se hallaron restos fósiles del buho *Athene cunicularia*, una especie típica de regiones xerófitas, en sedimentos atribuidos al Pleistoceno Tardío (Pregill y Olson, 1981). En las islas de Antigua y María Galante, este buho desapareció recientemente.

América Central y México

Estudios palinológicos en Panamá (cuenca de Gatún) han revelado que entre aproximadamente 35 000 y 11 300 años *ap* no hubo sedimentación (probablemente debido a la depresión en el nivel del mar durante el UMG y que 35 000 años la temperatura era aproximadamente 2,5°C menor que en esta zona actualmente (Bartlett y Barghoorn, 1973). Entre 11 300 y 9 600 años *ap* comenzó la invasión de los manglares, aún cuando todavía se encuentra abundante polen de plantas de altura, sugiriendo que la

temperatura era por lo menos 2,5°C menor que en la actualidad.

En la Cordillera de Talamanca (Costa Rica) existen morrenas, a aproximadamente 3 500 m de elevación, que sugieren un avance glacial importante durante el Pleistoceno Tardío (Hastenrath, 1973). En el valle del Río General se han descrito varias superficies aluviales (Kesel y Spicer, 1985), las cuales muestran un desarrollo de suelos progresivamente mayor con la edad. Los aluviones podrían representar una deposición bajo un clima más seco, aunque fueron interpretados (con base en el desarrollo de suelos y el levantamiento cuaternario de la Cordillera de Talamanca) como de origen tectónico bajo un clima húmedo.

En los Altos de Cuchumatanes (Guatemala) se han descrito restos de morrenas a aproximadamente 3 500 m (Hastenrath, 1974). En el Departamento del Petén, un estudio palinológico en lagos de baja altura (Leyden, 1984) sugiere que antes de aproximadamente 10 750 años *ap* estos lagos eran ciénagas y estaban rodeados de sabanas. Asimismo, existen indicios palinológicos de la existencia anterior de sabanas en la Península de Yucatán (Toledo, 1982).

En la Faja Volcánica Transmexicana se han descrito numerosos indicios de glaciación pleistocénica, bien fechados por tefrocronología y radiocarbono (Heine, 1976). La depresión pleistocénica tardía en el límite climático de las nieves pudo haber sido de aproximadamente 1 300 m. Aunque no se ha podido establecer cuantitativamente la variación en la temperatura y la precipitación, los indicios sugieren una fase de aridez relativa entre aproximadamente 30 000 y 15 000 años *ap*; posteriormente se han observado indicios de varias fluctuaciones en la precipitación, y después de aproximadamente 9 000 años *ap* la precipitación se ajustó a los valores actuales.

Antillas Mayores

Cuba. Recientemente, Ortega y Arcia (1982) publicaron una revisión de los indicios edafológicos (relictos de carbonato, sílice y yeso, y otras características de los suelos de Cuba) llegando a la conclusión de que todos estos indicios sugieren una formación bajo un clima más árido que el actual, con precipitaciones por debajo de 800 mm/año y posiblemente no mayor a 400 mm. Asimismo, la presencia de fosfatos y depósitos eólicos (también descritos por Ducloz, 1963, y por Shanzer *et al.*, 1975) apoyan un clima anterior más seco. Con base en estos datos, Ortega (1983) presentó un mapa paleoclimático de Cuba, en el cual muestra que durante la última época glacial, el clima era predominantemente de estepa cálida, saheliano, con áreas desérticas en el oriente y regiones costeras. Por otra parte, Rodríguez *et al.* (1984), en una revisión sobre los hallazgos de desdentados holocenos en Cuba, publicaron una lista de edades radiocarbónicas en huesos, la cual sugiere una edad máxima holocena media; la presencia de estos animales podría explicarse por un clima más húmedo postpleistocénico.

República Dominicana. En la República Dominicana se han hallado restos de una glaciación pleistocénica en la Cordillera Central (Schubert, 1984.) Los rasgos geomorfológicos (restos de morrenas y circos) sugieren una línea de nieves pleistocénica entre 2 300 y 2 500 m de elevación. Consideraciones sobre el cambio en el gradiente de temperatura debido a esta depresión de los pisos térmicos, sugiere que este gradiente pudo haber sido mayor a $-1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, lo cual sugiere, a su vez, un clima más árido. En la cuenca del Río Ocoa existe un complejo de terrazas aluviales, las cuales sugieren una deposición torrencial bajo un clima más árido.

Puerto Rico. Estudios sobre depósitos de playa sugieren cambios climáticos sustanciales en el Pleistoceno, indicados principalmente por cambios en la composición, cantidad y granulometría de los sedimentos (Carbone, 1980). En la Isla de Mona se han hallado depósitos de guano, en los cuales se detectaron minerales indicativos de un clima frío, así como espeleotemas. Ninguno de estos depósitos ha sido fechado en forma absoluta.

Jamaica. Entre los insectos y anfibios actuales hay una proporción mayor de especies de sabana. Esto se ha interpretado como un remanente de especies de climas áridos anteriores (Buskirk, 1985).

General. Pregill y Olson (1981) describieron la distribución actual y pleistocénica de numerosos animales en la Florida, las Bahamas, las Antillas Mayores y las Antillas Menores nororientales. Gran parte de estos animales, por ejemplo el buho *Athene cucularia*, son característicos de ambientes xerófitos. Su distribución actual es un relicto debido a la desaparición de este ambiente desde finales del Pleistoceno.

Regiones Marinas

En las regiones marinas del Caribe, Golfo de México y el borde continental atlántico de América del Sur nororiental, se han realizado numerosos muestreos en núcleos sedimentarios, con el objetivo de realizar análisis micropaleontológicos y mineralógicos.

Damuth y Fairbridge (1970) publicaron un estudio pionero, en el cual analizaron mineralógicamente núcleos sedimentarios recolectados en el borde continental al SE del delta del Río Orinoco. En 39 núcleos se encontró la transición Pleistoceno-Holoceno. Las arenas pleistocénicas contenían un porcentaje alto de feldespato (25-60%) con respecto a las arenas holocenas (17-20%). Esto se interpretó como una consecuencia de erosión pleistocénica bajo un clima más árido que el actual, el cual no permitió la meteorización. De igual manera, Bonatti y Gartner (1973) encontraron indicios mineralógicos en sedimentos detríticos pleistocénicos en la parte central del Mar Caribe, los cuales sugieren una fuerte sedimentológica bajo un clima más árido.

Estudios palinológicos en la plataforma continental al E del delta del Río Orinoco (Muller, 1959) indican que la línea de costa estaba muy retirada hacia el E hace 17 820 años *ap*, con un contenido de polen de manglares muy reducido, con respecto a la situación actual.

Los análisis de foraminíferos en numerosos núcleos sedimentarios recolectados en el Mar Caribe, demuestran que durante las épocas glaciales (p. e., durante el UMG, hace 18 000 años *ap*), la temperatura de la superficie del mar era 2-3°C menor que durante los interglaciales (Prell *et al.*, 1976). Una depresión similar en la temperatura durante el UMG fue detectada en el Golfo de México (Beard, 1973).

CONCLUSIONES

Esta breve revisión de los principales indicios paleoclimáticos hallados en la región del Mar Caribe y regiones adyacentes, en general, sugiere que, durante el UMG, el clima en toda esta región era más árido que en la actualidad. En el N de América

del Sur se han acumulado gran número de indicios, los cuales permiten diferenciar muy tentativamente dos regiones (Fig. 7): una con una aridez extrema (los llanos de Venezuela y Colombia), relativamente bien fechada, y otra con un clima más húmedo

que en la actualidad (cuenca del lago de Maracaibo, N de Falcón y las islas de Aruba, Curaçao y Bonaire), sin fechas absolutas confiables, durante el UMG.

El resto de la región estudiada muestra indicios de aridez muy puntuales, por lo que se dificulta realizar diferenciaciones de rango de aridez. Se estima que, en general, existía un clima de sabana, con épocas de aridez y humedad alternantes bien definidas. Los límites de las zonas ecológicas altitudinales estaban deprimidos en varios cientos de metros y cada zona (en orden descendente estaba comprimida en su extensión vertical debido al aumento en el gradiente de temperatura (aproximadamente 2 a 3°C menor a nivel del mar y posible-

mente hasta 6°C menor a grandes elevaciones).

Otro problema muy importante es la falta relativa de fechados confiables. En la compilación se trató de utilizar al máximo aquellos indicios cuya cronología estuviera bien definida (esto se refleja en la asignación simbólica de confiabilidad; Fig. 7, No. 14). Sin embargo, grandes extensiones solamente han arrojado datos cualitativos con respecto a su edad. La región del Caribe está en su mayor parte sumergida. Por lo tanto, los datos paleoclimáticos en esa parte se limita a análisis paleontológicos, los cuales reflejan básicamente cambios en la temperatura de la superficie del mar.

RECONOCIMIENTOS

Agradezco a Fernando Ortega Sastriques la invitación y el estímulo para intentar esta compilación. El Departamento de Fotografía del Instituto Venezolano de Investiga-

ciones Científicas procesó las ilustraciones. El manuscrito se benefició de los comentarios críticos de Gilberto Rodríguez, Ernesto Medina y Erika Wagner.

REFERENCIAS

- Bakker, J. P. (1968): Die Flussterrassen Surinams als Hinweise auf etwas trockenere Klimate während der quartären Eiszeiten *Acta Geogr. Debrecin*, 7:9-17.
- Bartlett, A. S., y E. S. Barghoorn (1973): Phytogeographic history of the isthmus of Panama during the past 12 000 years (a history of vegetation, climate, and sealevel change). En *Vegetation and vegetational history of northern Latin America*, Elsevier, Amsterdam, pp. 203-299.
- Beard, J. H. (1973) Pleistocene-Holocene boundary an Wisconsinan substages, Gulf of Mexico. *Mem. Geol. Soc. America*, 136:277-316.
- Beard, J. H., J. B. Sangree, y L. A. Smith (1982): Quaternary chronology, paleoclimate, depositional equences, and eustatic cycles. *Bull., Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 66:158-169.
- Bibus, E. (1983): Die Klimamorphologische Bedeutung von stonelines und Decksedimenten in mehrgliedrigen Bodenprofilen Brasiliens. *Z. Geomorph. N. F., Suppl.*, 48:79-98.
- Bigarella, J. J., y D. de Andrade-Lima (1982): Paleoenvironmental changes in Brazil. En *Biological diversification in the tropics*, Columbia Univ. Press, Nueva York, pp. 27-40.
- Bonatti, E., y S. Gartner (1973): Caribbean climate during Pleistocene ice ages. *Nature*, 244:563-565.
- Bradley, R. S. (1985): *Quaternary paleoclimatology*. Allen & Unwin, Londres, 472 pp.
- Briceño, H. O. (1985): Génesis de yacimientos minerales venezolanos; II: placeres diamantíferos de San Salvador de Paúl. *Acta Cient. Venezolana*, 36:154-158.
- Brown, K. S., y A. N. Ab'Saber (1979): Ice-age forest refuges and evolution in the neotropics:

C. SCHUBERT: PALEOCLIMA DEL PLEISTOCENO TARDIO EN EL CARIBE

- correlation of paleoclimatological and pedological data with modern biological endemism. *Paleoclimas* (São Paulo), 5:1-30.
- Bryan, A. L. (1973): Paleoenvironments and cultural diversity in Late Pleistocene South America. *Quat. Res.*, 3:237-256.
- Buissonje, P. H. de (1974): Neogene and Quaternary geology of Aruba, Curaçao and Bonaire. *Uitq. Natuurewet. Studiekring Suriname Nederl. Antillen*, 78:1-293.
- Buskirk, R. E. (1985): Zoogeographic patterns and tectonic history of Jamaica and the northern Caribbean. *J. Biogeogr.*, 12:445-461.
- Carbone, V. A. (1980): The paleoecology of the Caribbean area. *Florida Anthropol.*, 33:99-119.
- Chorley, R. J., S. A. Schumm, y D. E. Sugden (1984): *Geomorphology*. Methuen, Londres, 605 pp.
- CLIMAP Project Members (1976): The surface of ice-age Earth. *Science*, 191:1131-1137.
- (1981): Seasonal reconstruction of the Earth's surface at the last glacial maximum. *Geol. Soc. America Map and Chart Ser.*, MC-36:1-18.
- Colinvaux, P. (1979): The ice-age Amazon. *Nature*, 278:399-400.
- Damuth, J. E., y R. W. Fairbridge (1970): Equatorial Atlantic deep-sea arkosic sands and ice-age aridity in tropical South America. *Bull. Geol. Soc. America*, 81:189-206.
- Ducloz, C. (1963): Étude géomorphologique de la région de Matanzas, Cuba. *Arch. Sci. Genève*, 16(2):351-402.
- Eden, M. J. (1974): Palaeoclimatic influences and the development of savanas in southern Venezuela. *J. Biogeogr.*, 1:95-109.
- Fairbridge, R. W. (1970): World paleoclimatology of the Quaternary. *Rev. Geoq. Phys. Geol. Dyn.*, 12(2):97-104.
- Fölster, H., y W. Hetsch (1978): Paleosol sequences in the Eastern Cordillera of Colombia. *Quat. Res.*, 9:238-248.
- (1981): *The glaciation of the Ecuadorian Andes*. Balkema, Róterdam, 159 pp.
- Heine, K. (1976): Schneegrenzdepressionen, Klimaentwicklung, Bodenerosion und Mensch im zentralmexikanischen Hochland im jüngeren Pleistozän und Hólozän. *Z. Geomorphol. N. F., Suppl.*, 24:160-176.
- (1977): Beobachtungen und Überlegungen zur eiszeitlichen Depression von Schneegrenze und Strukturbodengrenze in den Tropen und Subtropen. *Erdkunde*, 31:161-177.
- Herd, D. G. (1974): Glacial and volcanic geology of the Ruiz-Tolima volcanic complex, Cordillera Central, Colombia. *Pub. Geol. Esp. Ingeominas*, 8:1-48.
- Herrera, R., y M. Heurtebise (1974): Neutron activation analysis of trace elements in quartz sands: its possibilities in the assessment of provenance. *Chem. Geol.*, 14:81-93.
- Hooijer, D. A. (1962): A fossil ground sloth from Curaçao, Netherlands Antilles. *Proc. Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam, Ser. B*, 65(1):46-60.
- Julivert, M. (1959): La terraza de Bucaramanga. *Bol. Geol. Univ. Ind. Santander*, 3:5-14.
- Kartashov, I. P. (1982): The origin of the island slopes of Cuba. *Geotectonics*, 16:333-340.
- Kesel, R. H., y B. E. Spicer (1985): Geomorphologic relationships and ages of soils on alluvial fans in the río General valley, C sta Rica. *Catena*, 12:149-166.
- Khobzi, J. (1981): Los campos de dunas del norte de Colombia y de los Llanos de la Orinoquia (Colombia y Venezuela). *Rev. CIAF (Bogotá)*, 6(1-3):257-292.
- Khobzi, J., S. Kroonenberg, P. Faivre, y A. Weeda (1980): Aspectos geomorfológicos de la mazonia y Orinoquia colombianas. *Rev. CIAF (Bogotá)*, 5:97-126.
- Fölster, H., W. Hetsch, y A. Schimpf (1977): Late Quaternary paleosols in the Western and Central Cordilleras of Colombia. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 21:245-264.
- Franco, G. L. (1983): Observaciones sobre el Neógeno cuaternario de la faja costera de extremo oriental de Cuba. En *Contribución a la geología de Cuba oriental*, Editorial Científico-Técnica, La Habana, pp. 144-168.
- Gansser, A. (1955): Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien, Südamerika). *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 35:209-279.

- Garner, H. F. (1959): Stratigraphic-sedimentary significance of contemporary climate and relief in four regions of the Andes mountains. *Bull. Geol. Soc. America.*, 70:1327-1368.
- (1966): Derangement of the río Caroní, Venezuela. *Rev. Geomorphol. Dyn.*, 2:50-83.
- (1975): Rain forests, deserts and evolution. *An. Acad. Brasileira Cien.*, 47(Supl.) 127-133.
- Goosen, D. (1964): Geomorfología de los llanos orientales. *Rev. Acad. Colombiana Cien. Ex. Fís. nat.*, 12:129-139.
- Graf, C. H. (1969): Estratigrafía cuaternaria del noroeste de Venezuela. *Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petról.*, 12:393-416.
- Haffer, J. (1969): Speciation in Amazonian forest birds. *Science*, 165:131-137.
- Hastenrath, S. (1973): On the Pleistocene glaciation of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Z. Gletscherk. Glazialgeol.*, 9:105-121.
- (1974): Spuren pleistozäner Vereisung in den Altos de Cuchumatanes, Guatemala. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 25:25-34.
- Krook, L. (1970): Climate and sedimentation in the Guianas during the last glacial and the Holocene. En *Proc. 8th Guiana Geol. Conf.*, Georgetown, 2:16.
- Lecarpentier, C. (1971): Sur le Quaternaire des environs de Nieva (Colombie). *Bull. Assoc. Française Et. Quat.*, 1:21-32.
- Leyden, B. W. (1984): Guatemalan forest synthesis after Pleistocene aridity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 81:4856-4859.
- Muller, J. (1959): Palynology of recent Orinoco delta and shelf sediments: reports of the Orinoco Shelf Expedition. *Micropaleontology*, 5:1-32.
- Ortega Sastriques, F. (1983): Una hipótesis sobre el clima de Cuba durante la glaciación de Wisconsin. *Cien. Tierra Espacio*, 7:57-68.
- Ortega Sastriques, F., M. I. Arcia (1982): Determinación de lluvias en Cuba durante la glaciación de Wisconsin, mediante los relictos edáficos. *Cien. Tierra Espacio*, 4:85-104.
- Peeters, L. (1984): Late Quaternary climatic changes in the basin of Lake Valencia, Venezuela, and their significance for regional paleoclimates. En *Late Cainozoic paleoclimates of the southern hemisphere*, Balkema, Róterdam, pp. 123-127.
- Prance, G. T., ed. (1982): *Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press, Nueva York, 714 pp.
- Pregill, G. K., y S. L. Olson (1981): Zoogeography of West Indian vertebrates in relation to Pleistocene climatic cycles. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 12:75-98.
- Prell, W. L., J. V. Gardner, A. W. H. Be, y J. D. Hays (1976): Equatorial Atlantic and Caribbean foraminiferal assemblages, temperatures, and circulation: interglacial and glacial comparisons. *Mem. Geol. Soc. America*, 145:247-266.
- Rind, D., y D. Peteet (1985): Terrestrial conditions at the Last Glacial Maximum and CLIMAP sea-surface temperature estimates: are they consistent? *Quat. Res.*, 24:1-22.
- Roa, P. (1979): Estudios de los médanos de los Llanos centrales de Venezuela: evidencias de un clima desértico. *Acta Biol. Venez.*, 10:19-49.
- Rodríguez, R., O. Fernández, y E. Vento (1984): La convivencia de la fauna de desdentados extinguidos con el aborigen de Cuba. *Kobie, Ser. Paleontol. Cien. Nat.*, (Bilbao), 14:561-566.
- Salgado-Labouriau, M. L. (1980): A pollen diagram of the Pleistocene-Holocene boundary of Lake Valencia, Venezuela. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 30:297-312.
- Salgado-Labouriau, M. L., C. Schubert, y S. Valastro (1977): Paleocologic analysis of a late Quaternary terrace from Macubají, Venezuela Andes. *J. Biogeogr.*, 4:313-325.
- Sarmiento, R., y R. A. Kirby (1962): Recent sediments of Lake Maracaibo. *J. Sed. Petrol.*, 32:698-724.
- Sarnthein, M. (1978): Sand deserts during glacial maximum and climatic optimum. *Nature*, 272:43-46.
- Schubert, C. (1979): La zona del páramo: morfología glacial y periglacial de los Andes de Venezuela. En *El medio ambiente páramo*, Centro de Estudios Avanzados, I. V. I. C., Caracas, pp. 11-27.
- (1980): Contribution to the paleolimnology of Lake Valencia: seismic stratigraphy. *Catena*, 7:275-292.

- (1984): Investigaciones sobre el Cuaternario de la República Dominicana. *Rev. Geogr., Inst. Panam. Geogr. Hist.*, 99:69-92.
- (1985): Aluviones colgantes en la Cordillera de las Costas: indicio de aridez durante el Cuaternario Tardío. *Acta Cient. Venez.*, 36:201-202.
- [en prensa a]: Paleoenvironmental studies in the Guayana region, S. E. Venezuela. *Current Res. Pleist.*
- [en prensa b]: Terrazas aluviales en el Escudo de Guayanas: informe preliminar. *Acta Cient. Venez.*
- Schubert, C., y P. Fritz (1985): Radiocarbon ages of peat, Guayana Highlands (Venezuela). *Naturwissenschaften*, 72:427-429.
- Schubert, C., y B. J. Szabo (1978): Uranium-series ages of Pleistocene marine deposits on the islands of Curaçao and La Blanquilla, Caribbean Sea, *Geol. Mijnbouw*, 57:325-332.
- Schubert, C., y S. Valastro (1976): Quaternary geology of La Orchila island, central Venezuelan offshore, Caribbean Sea. *Bull. Geol. Soc. America*, 87:1131-1142.
- (1980): Quaternary Esnujaque Formation, Venezuelan Andes: preliminary alluvial chronology in a tropical mountain range. *Z. Deut. Geol. Ges.*, 131:927-947.
- Shanzer, E. V., O. M. Petrov, y G. Franco (1975): Sobre las formaciones costeras del Holoceno en Cuba, las terrazas pleistocénicas de la región de Habana-Matanzas y los sedimentos vinculados a ellas. *Acađ. Cien. Cuba., Ser. Geol.*, 21:1-26.
- Tamers, M. A. (1966): Ground water recharge as revealed by naturally occurring radiocarbon: aquifers of Coro and Paraguaná, Venezuela. *Nature*, 212:489-492.
- (1967): Radiocarbon ages of ground-water in an arid zone unconfined aquifer. En *Isotope techniques in the hidrologic cycle*, American Geophysics Union, *Geophys. Monogr.*, 11:143-152.
- Toledo, V. M. (1982): Pleistocene changes of vegetation in tropical Mexico. En *Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press, Nueva York, pp. 93-111.
- Tricart, J. (1974): Existence de périodes sèches au Quaternaire en Amazonie et dans les régions voisines. *Rev. Geomorphol. Dyn.*, 23:45-158.
- (1975): Influence des oscillations climatiques recentes sur le modéle en Amazonie Orientale (région de Santarem) d'après les images radar lateral. *Z. Geomorphol. N. F.*, 19:140-163.
- (1985): Evidence of upper Pleistocene dry climates in northern South America. En *Environmental change and tropical geomorphology*, Allen & Unwin, Londres, pp. 197-217.
- Tricart, J., y P. P. Alfonsi (1981): Actions eoliennes recents aux abords du delta de l'Orenoque. *Bull. Assoc. Geog. Franc.*, 476:75-82.
- Tricart, J., y A. Millies-Lacroix (1962): Les terrasses quaternaires des Andes vénézuéliennes. *Bull. Soc. Geol. France*, 7ma Ser., 4:201-218.
- Van Andel, T. H. (1967): The Orinoco delta. *J. Sed. Petrol.*, 37:297-310.
- Van der Hammen, T. (1963): A palynological study on the Quaternary of British Guiana. *Leidse Geol. Med.*, 29:125-168.
- (1974): The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *J. Biogeogr.*, 1:3-26.
- (1982): Paleoecology of tropical South America. En *Biological diversification in the tropics*, Columbia University Press, Nueva York, pp. 61-67.
- Van der Hammen, T. J., Barelds, H. de Jong, y A. A. de Veer (1980/1981): Glacial sequence and environmental history in the Sierra Nevada del Cocuy. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 32:247-340.
- Van Geel, B., y T. Van der Hammen (1973): Upper Quaternary vegetational and climatic sequence of the Fuquene area (Eastern Cordillera, Colombia). *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 14:9-92.
- Vanzolini, P. E. (1973): Paleoclimates, relief, and species multiplication in equatorial forests. En *Tropical forest ecosystems in Africa and South America*, Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 255-258.
- Watts, W. A. (1975): A Late Quaternary record of vegetation from Lake Annie, south-central Florida. *Geology*, 3:344-346.

- Westermann, J. H. (1931): The geology of Aruba. *Geol. Med. Utrecht, Phys.-Geol. Reeks*, 7:1-129
- Wijmstra, T. A. (1971): *The palynology of the Guiana coastal basin*. Druk. de Kempnaer, Oegst eest, Holanda, 62 pp.
- Wilhelmy, H. (1954): Die klimamorphologische und pflanzengeographische Entwicklung des Trockengebietes am Nordrand südamerikas seit dem Pleistozän. *Die Erde*, 6(3-4):244-273.
- Wijmstra, T. A., y T. Van der Hammen (1966): Palynological data on the history of tropical savannas in northern South America. *Leidse Geol. Med.*, 38:71-90.
- Zonneveld, J. I. S. (1968): Quaternary climatic changes in the Caribbean and N. South America. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 19:203-208.
- (1972): Sulas and sula complexes. *Göttinger Geog. Abh.*, 60:93-101.

Ciencias de la Tierra y del Espacio, 15 y 16, 1989

LATE PLEISTOCENE PALEOCLIMATOLOGY OF THE CARIBBEAN AND ADJACENT REGIONS: A COMPILATION ATTEMPT

Carlos SCHUBERT

ABSTRACT. *A compilation of the main paleoclimatic evidence suggests that, in general, the climate during the Last Glacial Maximum (about 18 000 years bp), in the Caribbean and adjacent regions of Central and South America, was more arid than today. In northern South America, due to the large quantity of available data, it is possible to differentiate very tentatively two zones of contrasting climates: one of extreme aridity which comprises the Llanos of Venezuela and Colombia, and another of greater humidity than today in that zone, which comprises the Lake Maracaibo basin, northern Falcón, and the Netherlands Leeward Island. In the rest of the region, it is estimated that a savanna climate predominated. The limits of the altitudinal ecological zones were lowered by several hundreds of meters, and their vertical extent was less than today due to the increase in the temperature gradient or lapse-rate.*