

PALEOCLIMAS DEL HEMISFERIO SUR. PRIMEROS RESULTADOS

(Conferencia para la IV Reunión de Cuaternario Ibérico)

M. H. IRIONDO

Conicet, Argentina; Casilla de Correo 487; 3100 Paraná (Argentina)

Resumen: Se presentan aquí los avances parciales obtenidos hasta este momento en un proyecto destinado a reconstruir escenarios ambientales de fases climáticas importantes del Cuaternario Superior del Hemisferio Sur. El trabajo está basado en el análisis de indicadores geológicos y geomorfológicos continentales, y complementariamente en otras disciplinas. La naturaleza y procesos del clima actual se utilizan como base de referencia. La circulación general de la atmósfera está representada en el H.S. por la Zona de Convergencia Intertropical y por los Vientos del Oeste. En el cinturón subtropical intermedio se formó un anticiclón en cada océano, lo que produce una asimetría climática en cada continente (Sudamérica, Africa y Australia). En cada continente aparece un anticiclón secundario que crece en las épocas secas y se debilita durante los climas húmedos. Durante el Último Máximo Glacial las fajas climáticas migraron unos 10° de latitud hacia el norte de sus posiciones actuales. En el período cálido Hypsithermal esas fajas se ubicaron aproximadamente 10 grados más al sur que hoy. Durante el Hypsithermal los océanos tuvieron una fase de alta energía.

Palabras clave: Paleoclimatología, Cuaternario Superior, Hemisferio Sur.

Abstract: First results of a project devoted to reconstruction of Upper Quaternary scenarios in the Southern Hemisphere suggest a rather simple pattern in the system. Relatively small continental masses are quite regularly located inside an oceanic realm. The ITCZ and the Westerlies are the main structures of the general atmospheric circulation. One anticyclonic cell develops in each ocean at tropical latitudes. Anti-clockwise circulations are forced in sea waters, which provokes climatic asymmetries on the continents: in South America, Southern Africa and Australia eastern regions are moister and warmer than their western counterparts. Secondary anticyclones develop on each continent, which grow during dry climates and weaken or disappear in humid phases. During the LGM the climatic belts migrated about 10 degrees of latitude to the north of their present positions. Conversely, at the Hypsithermal such belts shifted approximately 10° to the south of today's locations. During the warm Hypsithermal period, coastal erosion and frequent storm beaches indicate a phase of high energy in the oceans.

Key words: Paleoclimatology, Upper Quaternary, Southern Hemisphere.

1. Introducción

Esta contribución representa el primer informe parcial de un proyecto de trabajo recientemente comenzado. Evidentemente, el Hemisferio Sur está particularmente necesitado de intentos de sintetizar sus

ambientes cuaternarios, porque es claramente diferente del Hemisferio Norte y la tendencia a extrapolar hacia allá los resultados obtenidos en Europa y Norteamérica ha sido siempre irresistible para los científicos. Irresistible y devastadora. No se debe olvidar que los dos extremos del sistema climático global, la Antártida y el Estanque Caliente del Pacífico occidental, se encuentran en el Hemisferio Sur. Y es muy difícil suponer que ambas regiones jueguen un rol pasivo en los cambios climáticos originados y motorizados en el Atlántico Norte. En realidad, ambas regiones extremas abarcan en conjunto entre 12 y 16 millones de kilómetros cuadrados.

Este proyecto está basado en el análisis y coordinación de campo de ambientes continentales. Se utilizan prioritariamente indicadores geológicos y geomorfológicos, tales como campos de dunas, paleosuelos, terrazas fluviales y paleoniveles de lagos. La ventaja de los mismos es ser muy confiables, porque normalmente cubren miles de kilómetros cuadrados, no generan dudas sobre la «representatividad de la muestra» ni adolecen de los riesgos ocultos de las funciones de transferencia. Informaciones de otro tipo como palinología, micropaleontología, etc., se utilizan en forma complementaria.

Las condiciones y procesos del clima actual se utilizan como base de referencia. El objetivo es reconstruir escenarios ambientales de épocas importantes del Cuaternario superior. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos para el Último Máximo Glacial y el Hypsithermal. El punto más interesante que surge aquí es que las fajas climáticas migraron hacia el norte durante el UMG y hacia el sur en el Hypsithermal.

Las citas bibliográficas se han reducido aquí al mínimo posible por razones de espacio y de enfoque; aunque debo comentar que las publicaciones significativas sobre el tema son posiblemente alrededor de mil. Excelentes síntesis pueden encontrarse en Bowler *et al.*, (1976), Clapperton (1993), Wright (1993) y Partridge (1993).

2. Esquema climático actual

El esquema climático actual del Hemisferio Sur está dominado por el patrón de circulación general de la atmósfera sobrepuesto a una gran extensión oceánica interrumpida por masas continentales pequeñas ubicadas a intervalos bastante regulares. Tres de esos continentes, Sudamérica, África y Australia, se encuentran en latitudes tropicales y subtropicales. El restante es la Antártida, que ocupa el polo sur y regiones adyacentes.

Se produce un exceso de radiación solar entre el ecuador y la latitud de 40/42°. Desde esa línea hasta el polo la superficie del planeta irradia más calor del que recibe, debido a lo cual ocurren mecanismos de transferencia de calor (vientos, corrientes marinas) que tienden al balance térmico de la atmósfera.

La circulación general de la atmósfera posee dos sistemas mayores en el hemisferio: la Zona de Convergencia Intertropical y los Vientos del Oeste. La ZCIT es un cinturón de baja presión caracterizado por abundantes lluvias y gran turbulencia. Se producen en su faja central vientos permanentes del este; en su borde sur vientos del ESE (alisios del sur) y en su borde norte vientos del ENE (alisios del norte). La ZCIT rodea el planeta en bajas latitudes. Su posición media anual está actualmente ubicada en el ecuador; migra hacia el norte en julio y hacia el sur en enero, siguiendo al Sol. El «Estanque Cálido» (o «Warm Pool») es una masa de agua superficial vinculada con la ZCIT. Tiene unos 100 metros de profundidad y 6 a 8 millones de kilómetros cuadrados de extensión. Está ubicada en el Pacífico ecuatorial y se caracteriza por su alta temperatura y evaporación. Es la zona donde se generan los monzones y el fenómeno El Niño (Fig. 1).

Los Vientos del Oeste son otra ancha faja de baja presión, lluvia y turbulencias que rodea la Tierra. Se ubica entre los 38/40° y los 70/75° de latitud. No se trata de vientos simples como el caso de la ZCIT; está constituida por una sucesión casi permanente de ondas ciclónicas. Dichas «nocas» son áreas inestables de 400 a 800 km. de diámetro, formadas por vientos que giran en sentido horario, al revés que en el Hemisferio Norte. Una vez que se forma una onda en alguna zona, migra hacia el este y este-noreste durante unos pocos días hasta disiparse (Rivero *et al.*, 1975). La faja de V.O. migra hacia el norte durante el invierno, produciendo lluvias estacionales en los subtropicos de los tres continentes. Determinan los llamados curiosamente «climas mediterráneos» (Fig. 2).

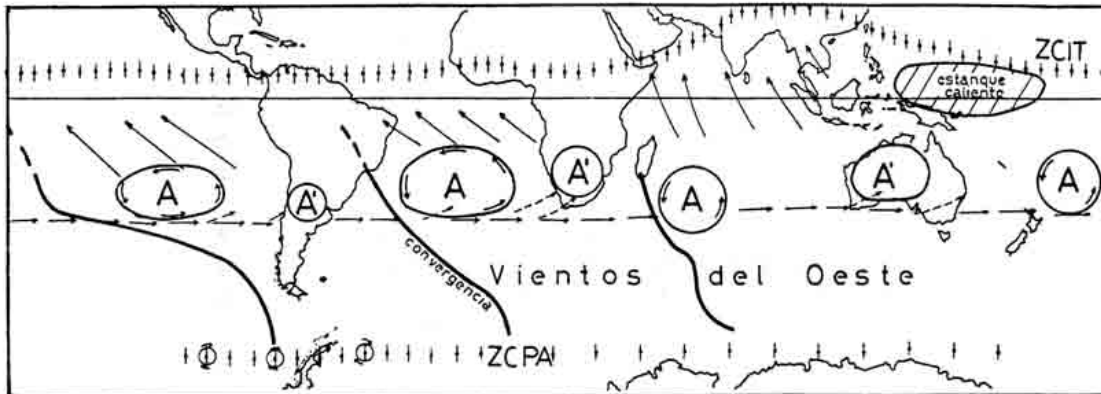


Fig. 1. Posición de las estructuras climáticas en el mes de julio en el clima actual. ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical. ZCPA: Zona de bajas Circumpolar Antártica. A: anticiclón oceánico. A': anticiclón continental.

Las latitudes tropicales y subtropicales son regiones de alta presión atmosférica. Sobre cada océano se forma un anticiclón caracterizado por escasa nubosidad y vientos suaves que giran en sentido anti-horario (o sea contrario a las agujas del reloj). En el Océano Pacífico el anticiclón está ubicado en la mitad oriental, cerca de Sudamérica; en la región occidental aparece en invierno otro sistema similar, no muy bien definido. Los vientos de los anticiclones producen corrientes marinas que afectan el clima de los continentes: En razón de su circulación antihoraria África, Sudamérica y Australia son climáticamente asimétricas, las regiones orientales son más cálidas y húmedas que las occidentales en cada caso.

Estos anticiclones oceánicos no desaparecen en todo el año y han existido durante todo el Cuaternario con características variables. Sin embargo se los denomina «semi-permanentes» porque son atravesados a veces por masas de aire tropical y olas polares. En general, son los mecanismos que determinan la meteorología entre las latitudes de 15 y 40 grados.

Sobre los tres continentes se forman anticiclones secundarios, más pequeños y débiles, muy sensibles a las variaciones interanuales del clima y a los cambios climáticos. También generan vientos con circulación antihoraria, suaves, y buen tiempo con escasa humedad atmosférica. Existen diferencias entre ellos en el clima actual. El anticiclón australiano es el más importante, abarca casi dos tercios del continente y permanece todo el año; origina un clima desértico en la región. El del sur de África es menos estable, resulta frecuentemente atravesado por ondas tropicales procedentes de la ZCIT y por células de los V.O.

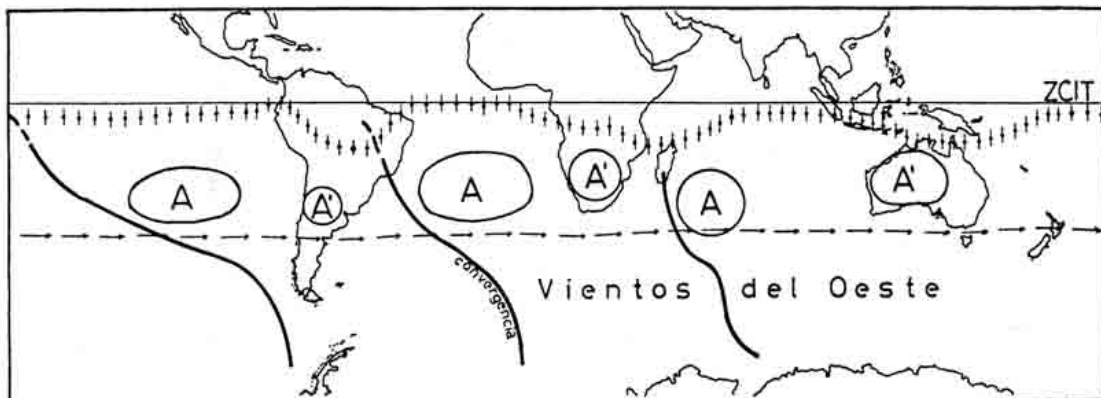


Fig. 2. Posición de las estructuras climáticas en el mes de enero en el clima actual. ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical. A: anticiclón oceánico. A': anticiclón continental.

(Preston-Whyte y Tyson (1993). El anticiclón sudamericano se forma por unos pocos días y luego desaparece, es más permanente en las capas altas de la atmósfera; esporádicamente se instala en la superficie durante varias semanas en los años secos.

La Antártida

El clima actual de la Antártida es muy poco conocido; a medida que se conoce mejor, más complejo se ve. Está formado por un área polar anticiclónica que llega hasta los 70/75° de latitud, rodeada por un cinturón ciclónico con eje en los 61/64°. Dicho cinturón oscila en ritmo semianual y está formado por ciclones de 600 a 1000 km. de diámetro que giran hacia el este. Ocasionalmente, el anticiclón polar produce vientos catabáticos que afectan a uno de esos ciclones y se genera una “ola polar” que llega hasta regiones tropicales (Hanna, 1996) (Fig. 3).

Anualmente se forma una capa de hielo marino hasta aproximadamente los 65° de latitud, o sea 1500 kilómetros más lejos del polo que en el Hemisferio Norte. Ese hielo tiene una interacción mutua y recíproca con el fenómeno El Niño, y al derretirse forma el Agua Antártica de Fondo, que es la fuente principal de la circulación termo-halina del océano mundial.

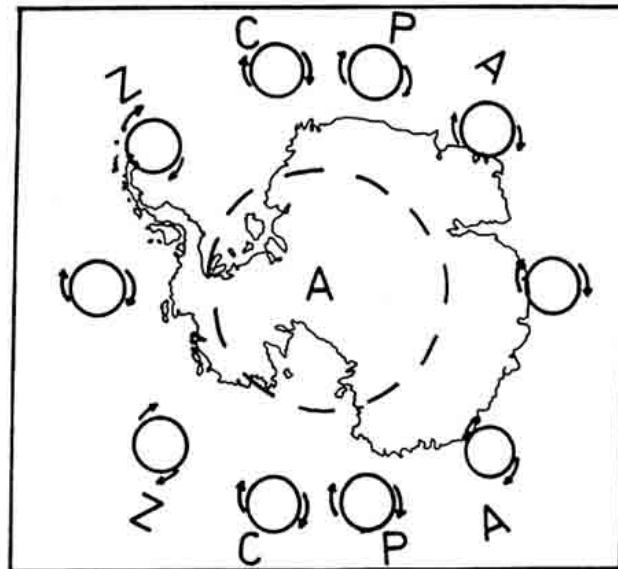


Fig. 3. Esquema climático actual de la Antártida. A: anticiclón polar. ZCPA: Zona de bajas Circumpolar Antártica.

3. El último máximo glacial

El UMG estuvo caracterizado por un corrimiento de las fajas climáticas hacia el norte. Existen variadas evidencias de ello en los tres continentes, las más claras de las cuales resultan ser las distribuciones de precipitaciones. Las principales indicaciones de este patrón son las siguientes:

- *La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)* migró unos diez grados, instalándose en el norte de Sudamérica, produciendo un clima fresco y húmedo en los Andes colombianos, con el bosque alcanzando considerable altitud sobre el nivel del mar (Helmens y van der Hammen, 1994). La costa sudamericana del Caribe y las Antillas Menores (entre 10 y 15 N), que hoy forman parte del cinturón árido del Hemisferio Norte (Lahey, 1973), estuvieron sometidas a condiciones más húmedas que las actuales según evidencias de varios autores que analizaron indicadores sedimentológicos, paleontológicos, geomorfológicos y paleohidrológicos (Schubert, 1988).

Existen también claras evidencias del corrimiento de la ZCIT hacia el norte en África Oriental. Se ha registrado una fase más húmeda que la actual en Jebel Marra, en el Sudán occidental (12 N, 25 E) entre 19 y 16 ka A.P. (Williams et al., 1980). Los lagos del Afar y del Rift etíope, localizados entre los 6 y los 14 grados de latitud norte, presentan una fase húmeda entre los 27 y los 20 ka A.P.; la fase seca subsiguiente comienza hacia los 17 ka A.P. (Gasse et al., 1980).

Por el contrario, los lagos situados en la zona ecuatorial de Kenya, Tanzania y Uganda (lagos Rudolf/Turkana, Victoria y Albert) tuvieron bajos niveles de agua entre 25 y 14 ka A.P. Este fenómeno fue acompañado por una supresión de árboles de bosques debido a lluvias más escasas en todas las localidades (Livingstone, 1980).

Talbot (1980), basado en la orientación de las dunas del Sahel de África Occidental, sostiene que la ZCIT debió haber penetrado hacia el norte durante el UMG y que los vientos alisios fueron notablemente más vigorosos que hoy en esa región.

Unos campos de dunas estudiados detalladamente en el Sahel (Chamad y Courel, 1975; Courel, 1977; Gallais, 1967) indican que el desarrollo de las dunas debe de haber estado influido por vientos del sur, un caso que solo es posible con la ZCIT ubicada al norte de esa región durante un periodo significativo del año, de acuerdo con Talbot (1980). Dichos paleovientos fueron detectados muy al norte, en el área de la curva del río Níger (17 N).

En Indonesia, en la isla de Java, en el área intermontana de Bandung (7 S) se detectaron condiciones climáticas considerablemente más secas que las actuales en el UMG, lo que resulta coherente con la migración de la ZCIT hacia el norte. Las regiones de Australia central prácticamente no recibieron aportes de aire húmedo tropical, lo que sugiere un alejamiento de la faja de lluvias (van der Kaars y Dam, 1997).

- *Los anticiclones oceánicos.* El comportamiento de los anticiclones oceánicos del Hemisferio Sur no ha sido homogéneo durante el UMG. El Anticiclón del Pacífico Sur cobró mayor influencia en Sudamérica, empujando al clima patagónico unos 650 kilómetros hacia el noreste (Iriondo y García, 1993) después de atravesar la Cordillera en latitudes medias (Iriondo y García, 1993). El aumento del nivel de los lagos alimentados por el deshielo de la Alta Cordillera entre los 20 y los 30 grados (González, 1981) coincide con este esquema.

Por el contrario, el Anticiclón del Atlántico Sur no dejó en la costa brasileña indicadores de un comportamiento similar. Parece haberse debilitado y migrado al norte, probablemente hacia el noreste. La diferencia de comportamiento, o mejor dicho la desigual influencia sobre Sudamérica puede deberse a la existencia de una fuerte Corriente de Humboldt, sumada al campo de hielo de los Andes Patagónicos. Ambos sistemas muy probablemente reforzaron a los vientos del APS.

- *Los anticiclones continentales.* Los anticiclones continentales se fortalecieron y migraron hacia el norte durante el UMG. El Anticiclón Continental Sudamericano afectó al Chaco y regiones vecinas entre las latitudes de 15 y 27 grados. El sector sudoeste de ese sistema climático formó campos de dunas en la baja planicie de Bolivia y Paraguay, y una orla de loess de 10 a 20 metros de espesor en las Sierras Subandinas y en el Chaco argentino (Iriondo, 1989, 1997). Existen dataciones de $16,9 \pm 0,29$ y de 28 a 29 ka A.P. en dos puntos diferentes de la formación.

Preston-Whyte y Tyson (1993) registran el fenómeno de migración del anticiclón sudafricano hacia el norte. Los campos de dunas del Kalahari muestran claras evidencias de dichos cambios en la circulación regional de vientos. La sequía fue generalizada en todo el subcontinente en el UMG (Partridge, 1993).

En Australia central Chen *et al* (1995) encontraron que dunas regionales fueron activas en esta época, lo que indica un fortalecimiento del Anticiclón Continental Australiano, con vientos más fuertes y menores precipitaciones. Según Wasson (1986) este anticiclón se fortaleció considerablemente entre los 30 y los 14 ka A.P., con un pico significativo entre los 20 y los 16 ka. Sus vientos fueron por lo menos 20 o 30 % más fuertes que los actuales. De acuerdo a las direcciones de dunas mapeadas por este autor, aparece un ACA mayor que el actual, llegando a los 37 grados en la Gran Bahía y empujando a la faja de vientos del oeste hacia el sur en la zona. Quedaron fuera del área anticiclónica la Australia Oriental y el extremo norte alrededor del Golfo de Carpentaria. Consecuentemente, al este de la longitud de 140/145 E la faja de los húmedos vientos del oeste no encontró obstáculos para

subir hacia el norte hasta los 30 grados, lo que explica el clima húmedo ocurrido en el UMG en el sudeste de Australia.

- *Los vientos del oeste.* La faja de vientos del oeste migró hacia el norte entre 5 y 10 grados en todo el hemisferio. Localmente y probablemente en forma no permanente, los anticiclones continentales de Africa y de Australia empujaron a la faja hacia el sur. Para el sur de Africa Preston-Whyte y Tyson postulan que para las épocas glaciales (en general) los vientos del oeste «se fortalecieron» y migraron hacia el norte, corriendo al anticiclón hacia el ecuador. Sin embargo, entre los 22 y los 17 ka A.P. el clima seco fue ubicuo sobre todo el sur de ese continente (Partridge, 1993), lo que indica una expansión mayor del anticiclón hacia el sur a expensas de los vientos.

En el sudeste de Australia los ríos tuvieron caudales mayores que los actuales, con grandes meandros y cauces muy anchos, lo que debe explicarse mediante una migración de la faja de vientos del oeste unos 82 hacia el norte. Se trata de una región ubicada al este del paralelo de 140° E, o sea fuera de la influencia del anticiclón continental. La corriente fría de Australia Occidental fue reforzada en el borde oriental del Océano Indico debido a la migración hacia el norte de los vientos, anulando a la corriente cálida de Leeuwin (Wells y Wells, 1994).

En Sudamérica se produjeron avances glaciales hasta cerca de los 30 grados de latitud (Espizúa, 1993), lo que debe interpretarse como una migración hacia el norte de unos mil kilómetros de la faja de vientos. En el sur de la Patagonia el lago Cardiel aumentó de nivel (Stine y Stine, 1990), lo que resulta un dato coherente con el anterior; también la Salina del Bebedero, ubicada a 33° S, registró su nivel máximo de agua (González, 1981) (Fig. 4).

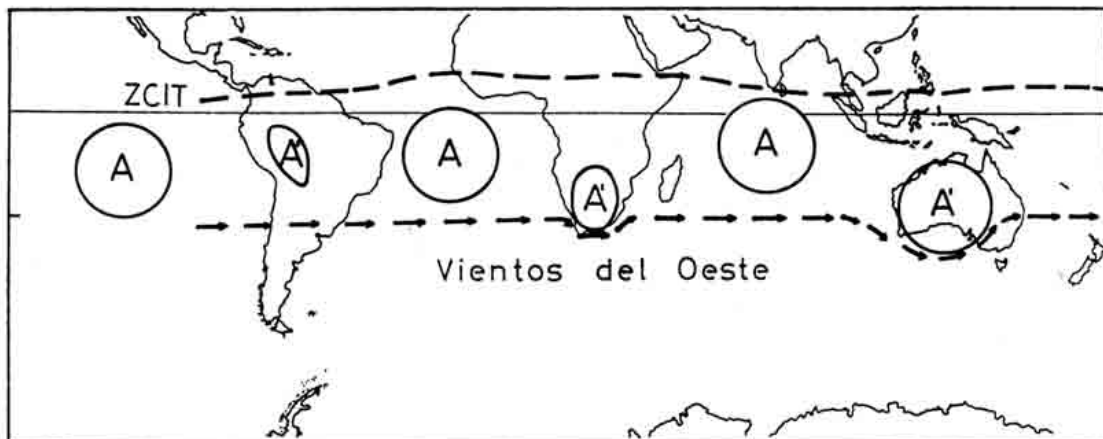


Fig. 4. Esquema climático del Hemisferio Sur durante el Último Máximo Glacial. Nótese la migración hacia el norte de las fajas climáticas y la influencia de los anticiclones continentales en los Vientos del Oeste.

4. El Hypsithermal

Se denomina aquí «Hypsithermal» al período de máximo calentamiento del Holoceno, ocurrido aproximadamente entre los 6 y los 7 ka A.P. Existen variados indicadores de que las fajas climáticas migraron cientos de kilómetros hacia el sur durante esa época; en general dicha migración puede estimarse en unos 10 grados. Resultan significativas las siguientes evidencias:

- *La Zona de Convergencia Intertropical.* En Sudamérica, los paleovientos de dirección este-oeste que marcan la posición central de la ZCIT se ubicaron en la latitud de 10/11 grados Sur (Barreto et al., 1997) mientras que los Llanos del Orinoco sufrieron un período seco con movilización de arenas

(Roa, 1980; Rinaldi et al., 1990), con sabanas en la faja ecuatorial del Amazonas (Siffedine, 1994; Martín, 1991) y bosque húmedo en el trópico sur (Ledru et al., 1997).

En el sudeste de Australia se estableció un régimen de altas temperatura y humedad entre los 8 y los 6 ka A.P.; con lluvias posiblemente 5-10 % y temperaturas 1-2 grados superiores a las actuales (Dodson y Ono, 1997).

- *Los anticiclones subtropicales.* Los anticiclones oceánicos se debilitaron claramente en esta época, disminuyendo también de tamaño. La ZCIT descendió 10 u 11 grados en el litoral atlántico de Sudamérica y aun más en el interior, mientras que el retroceso de la faja de vientos del oeste fue de solo unos 4 o 5 grados en la Patagonia. La región pampeana quedó sometida a un clima tropical/subtropical con fauna brasileña, fuerte pedogénesis y desarrollo de fajas fluviales (Iriando y García, 1993; Iriando y Kröhling, 1995). El anticiclón continental sudamericano desapareció completamente de la superficie y el clima pampeano migró unos 500 kilómetros de su posición actual hacia el sudoeste en el norte de la actual Patagonia (Iriando, 1996).

En Chile Veit (1996) encuentra formación de suelos en la Cordillera de la Costa del Norte Chico (27-33° S) y sequía en el interior, con temperaturas 3° C más altas que las actuales, deduciendo un ambiente dominado por intensas nieblas costeras.

En Australia central no hubo formación de dunas entre los 8 y los 4 ka A.P. (Wasson, 1986). Preston-Whyte y Tyson (op. cit.) señalan que condiciones más húmedas y temperaturas levemente más altas que las actuales prevalecieron entre 9 y 4 ka A.P. en el sur de Africa, Australia y Nueva Zelanda. Esto último queda confirmado por la migración hacia el sur de los manglares costeros en Nueva Zelanda, una comunidad vegetal que depende de la temperatura del aire como requerimiento ecológico fundamental (Brown, 1995); los manglares alcanzaron por lo menos la latitud de 39 grados en esa isla.

Este esquema es coincidente para asumir el debilitamiento o desaparición de los anticiclones continentales también de Africa y Australia; hasta el momento es más probable la hipótesis de un debilitamiento y disminución de tamaño, ya que no se ha observado pedogénesis en esas regiones, salvo en el norte de Australia.

La menor influencia de los anticiclones oceánicos produjo también un visible aumento en la energía de las tormentas marinas. En ambas costas del Atlántico Sur los sedimentos litorales de la ingresión holocena poseen granulometría mas gruesa y estructuras de mayor energía que las playas actuales; uno de esos casos puede verse en Isla y Espinosa (1995). En la costa del Pacífico ecuatorial, en la frontera entre Colombia y Ecuador también existen depósitos de alta energía atribuidos al Holoceno medio (Iriando, 1995). En Australia Occidental se observó una fase importante de erosión de costas entre 6,7 y 6 ka A.P. (Shepherd y Eliot, 1995). Brown (1995) menciona también erosión acelerada provocada por tormentas (y eventos tectónicos) durante el período 7,5-5,5 ka A.P. en la isla norte de Nueva Zelanda.

- *Los vientos del oeste.* La faja de vientos del oeste migró hacia el sur unos 5 grados en Sudamérica, quedando el norte de Patagonia sujeto al clima pampeano (Iriando y García, 1994; Iriando, 1996). En Chile los vientos migraron hacia el sur entre los 7,3 y los 5 ka A.P. (Veit, 1996).

En el sur de Africa los vientos se alejaron hacia el sur, ocurriendo un episodio árido entre el 8300 y el 4200 ka B.P., debido a la supresión de las lluvias de invierno producidas por aquellos (Partridge, 1993).

En el caso de Australia este tema presenta características interesantes. El Sudeste de ese continente tuvo durante el Hypsithermal un clima húmedo. Como las condiciones actuales también son húmedas debido a los vientos del oeste, se tiende a suponer que existió en esa época el mismo patrón que en la actualidad; incluso se postula que esos vientos fríos migraron más al norte (Harrison y Dodson, 1993). Sin embargo, ello resulta anómalo dentro del esquema hemisférico general, tanto del que resulta de informaciones de campo como del que surge de la Física General. Una aproximación algo más elaborada permite adjudicar ese clima húmedo a una migración hacia el sur de las precipitaciones tropicales. Los argumentos son los siguientes:

- En el Holoceno medio de Nueva Zelanda (10-7 ka A.P.) crecieron manglares por lo menos hasta los 39 grados de latitud (Brown, 1995), o sea unos 300 kilómetros al sur de la actual dis-

tribución de esa comunidad vegetal. El factor climático básico que gobierna la distribución geográfica de dichas especies es la temperatura del aire, que debe estar dentro del rango tropical o subtropical (Blasco, 1984).

- Los lagos de Tasmania tuvieron niveles inferiores a los actuales (Harrison y Dodson, 1993), lo que se explica fácilmente asumiendo una migración del cinturón de altas presiones 5 a 8 grados hacia el sur, y resultaría una anomalía inexplicable en el supuesto contrario.
- Las reconstrucciones de temperaturas basadas en polen de Tasmania (y de toda la línea desde Nueva Guinea a lo largo de Australia) indican temperaturas superiores a las actuales entre 0,5 y 1,5° C alrededor del 6 ka A.P., según Harrison y Dodson.
- El esquema resulta claramente similar al observado en las llanuras sudamericanas, tanto en el aumento de temperatura como en el régimen de lluvias y la biota litoral. La migración latitudinal del clima aparece semejante (Fig. 5).

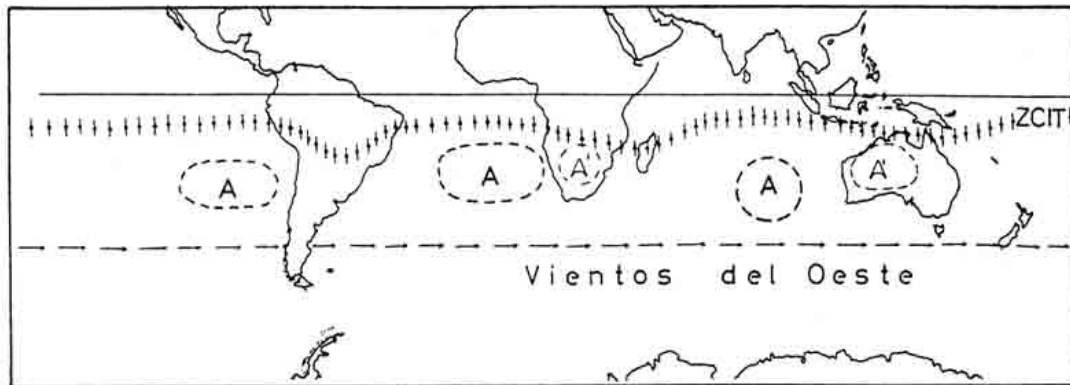


Fig. 5. Esquema climático del Hemisferio Sur durante el Hypsithermal. Nótese el debilitamiento de los anticiclones y la desaparición del anticiclón continental sudamericano.

5. Conclusiones

Una observación sistemática, a escala general, del Hemisferio Sur revela en esta primera etapa algunas características importantes:

- Se trata de un hemisferio básicamente oceánico, con masas continentales relativamente pequeñas distribuidas regularmente.
- Debido a esas condiciones geográficas, la dinámica y estructura de la atmósfera presentan notables analogías en los tres continentes tropicales y en los tres océanos. La más notable de ellas es la asimetría climática entre las regiones orientales y occidentales en cada continente.
- Otra analogía significativa es la existencia de anticiclones continentales, que se refuerzan en los episodios climáticos secos y se debilitan en los periodos húmedos. Dichos anticiclones son los sistemas más efectivos de modificación de los paisajes.
- De acuerdo a la información de campo proveniente de varias disciplinas, en los tres continentes se registró una migración de las fajas climáticas hacia el norte durante el Último Máximo Glacial. Dicha migración puede estimarse en unos diez grados de latitud.
- De la misma manera, se deduce una migración hacia el sur de dichas fajas climáticas en el período Hypsithermal, hasta unos diez grados al sur de su posición actual la Zona de Convergencia Intertropical y aproximadamente 5 grados los Vientos del Oeste.
- Los tres océanos tuvieron una fase de alta energía en el período Hypsithermal, manifestada en erosión de costas, desarrollo de playas de tormenta, etc.

Referencias bibliográficas

- Barreto, A., Tatumi, S., Suguío, K., Branco, F. & Almeida, T.** *As megadunas parabólicas compostas do Quaternário tardio do medio rio Sao Francisco (Bahia) e suas implicacoes paleoambientais* VI Congresso da ABEQUA, Res. Exp.:168-170, Curitiba 1997.
- Blasco, F.** (1984): Climatic factors and the biology of mangrove plants. En *The Mangrove Ecosystem: Research Methods* (Snedaker y Snedaker, eds.) UNESCO, pp. 18-35, París.
- Bowler, J., Hope, G., Jennings, J., Singh, G. & Walker, D.** (1976): Late Quaternary climates of Australia and New Guinea. *Quaternary Research*, 6:359-394.
- Brown, L.** (1995): Holocene shoreline depositional processes at Poverty Bay, a tectonically active area, NE North Island, N. Zealand. *Quaternary International*, 26:21-34.
- Clapperton, Ch.** (1993): *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. 534 pág. Elsevier Publ., Amsterdam.
- Courel, M.** (1977): *Etude géomorphologique des dunes du Sahel: Niger nord-occidental, Haute-Volta septentrionales*. Thèse 3^{me}.Cycle, Université de París.
- Chamard, P. & Courel, M.** (1975): Contribution a l'étude geomorphologique du Sahel. Les formes dunaires du Niger occidental et de la Haute-Volta septentrionales. *Bull. ASEQUA*, 44-45:5565.
- Chen, X., Chappell, J. & Murray, A.** (1995): High (ground)water levels and dune development in central Australia: TL dates from gypsum and quartz dunes around Lake Lewis (Napperby), Northern Territory. *Geomorphology*, 11(4):311-322.
- Dodson, J. & Ono, Y.** (1997): Timing of Lata Quaternary vegetation response in the 30-50° latitude bands in SE Australia and NE Asia. *Quaternary International*, 37:89-104.
- Espizúa, L.** (1993): Quaternary glaciations in the Río Mendoza valley, Argentine Andes. *Quaternary Research*, 40:150-162.
- Gallais, J.** (1967): *Le delta interieur du Niger et ses bordures*. Memoires et Documents, Centre Recherche Doc. Cart. Géogr, Vol. 3.
- Gasse, F., Rognon, P. & Street, F.** (1980): Quaternary history of the Afar and Ethiopian Rift lakes. En *The Sahara and the Nile* (M. Willfams y H. Faure, eds.), pp. 361-400, A.A.Balkema, Rotterdam.
- González, M.** (1981): Evidencias paleoclimáticas en la Salina del Bebedero, San Luis. *VIII Congreso Geológico Argentino*, Actas 3:411-438, San Luis.
- Hanna, E.** (1996): The role of Antarctic sea ice in global climate change. *Progr. in Physical Geography*, 20(4):371-401.
- Harrison, S. & Dodson, J.** (1993): Climates of Australia and New Guinea since 18,000 yr B.P. En *Global Climates Since the Last Glacial Maximum* (H. Wright, J. Kutzbach, T. Webb, W. Ruddiman, F. Street-Perrot y P. Bartlein, eds), pp. 265-293, Univ. Minnesota Press, Minneapolis.
- Helmens, K. & Van der Hammen, T.** (1994): The Pliocene and Quaternary of the High Plain of Bogotá (Colombia): A history of tectonic uplift, basin development and climatic change. *Quaternary International*, 21:41-62.
- Iriondo, M.** (1989): Los campos de dunas del Chaco boliviano. En *Deserts, Past and Future Evolution*, IGCP-252, Scientific Reports, pp. 71, Marsella.
- Iriondo, M.** (1994): The Quaternary of Ecuador. *Quaternary International*, 21:101-112.
- Iriondo, M.** (1996): Patagonia. En *Paleoclimas de Sudamérica* (Ph.Mourguiart y J. Argollo, eds.), pp. 89-96, ORSTOM/UMSA, LaPaz.
- Iriondo, M.** (1997): Models of deposition of loess and loessoids in the Upper Quaternary of South America. *Journ. South Amer. Earth Sci.*, 10(1):71-79.
- Iriondo, M. & García, N.** (1993): Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 101:209-220.
- Iriondo, M. y Kröhling, D.** (1995): El Sistema Eólico Pampeano. *Com. Museo Prov. Ciencias Naturales*, 5(1):1-68, Santa Fe.
- Isla, F. y Espinosa, M.** (1995): Coastal environmental changes associated with Holocene sea-level fluctuation: SE Buenos Aires, Argentina. *Quaternary International*, 26:55-60.

- Lahey, T.** (1973): On the origin of dry climate in Northern South America and South Caribbean. En *Coastal Deserts* (D. Amiran y A. Wilson, eds.) The University of Arizona Press, Tucson.
- Ledru, N-P. , Salgado-Laboriau, M. & Lorscheitter, M.** (1997): Holocene vegetation in southern and central Brazil. *VI Congresso da ABEQUA*, Res. Exp.:451-454, Curitiba.
- Livingstone, D.** (1980): Environmental changes in the Nile headwaters. En *The Sahara and the Nile* (M. Williams y H. Faure, eds.), pp. 339-360, A.A.Balkema, Rotterdam.
- Martin, L.** (1991): Registros sedimentológicos e palinológicos de flutuaciones climáticas, no decorrer dos últimos 60000 anos, em sedimentos de uma lagoa na Serra dls Carajás (Pará, Brasil). *32 Congresso da ABEQUA*, Resumos:17-20, Belo Horizonte.
- Partridge, T.** (1993): Cainozoic aridification in Southern Africa. *Quaternary International*, 17:105-110.
- Preston-Whyte, R. & Tyson, P.** (1993): *The Atmosphere and Weather of Southern Africa*. Oxford University Press, 374 pág., Ciudad del Cabo.
- Ribero, O., García, N. & Migliardo, R.** (1975): Ciclogénesis, movimiento, distribución de depresiones y densidad de pasaje de frentes en océanos australes durante el período diciembre 1969 a noviembre 1970. *Boletín del Servicio de Hidrografía Naval*, 11-12:21-87.
- Rinaldi, M., Rull, V. & Schubert, C.** (1990): Análisis paleoecológico de una turbera en la Gran Sabana (Santa Cruz de Mapaurí), Venezuela. *Acta Científica Venezolana*, 41:66-68.
- Roa, P.** (1980): Algunos aspectos de la evolución sedimentológica y geomorfológica de la llanura aluvial de desborde en el Bajo Llano. *Boletín de la Soc. Venezolana de Cs. Naturales*, Caracas.
- Schubert, C.** (1988) Climatic changes during the Last Glacial Maximum in northern South America and the Caribbean: A review. *Interciencia*, 13(3):128-137.
- Shepherd, M. y Elliot, I.** (1995): Major phases of coastal erosion ca. 6700-6000 and ca. 3000-2000 B.P. between Cervantes and Dongara, Western Australia. *Quaternary International*, 26:125-130.
- Siffedine, A., Bertrand, P., Fournier, M., Martin, L., Servant, M., Soubies, F., Suguío, K. & Turcq, B.** (1994): La sédimentation organique lacustre en milieu tropical humide (Carajás, Amazonie orientase, Brésil): Relation avec les changements climatiques au cours des 60.000 dernières années. *Bull. de la Société- Géologique de France*, 165(6):613-621.
- Stine, S. & Stine, M.** (1990): A record from lake Cardiel of climate change in southern South America. *Nature*, 345:705-707.
- Talbot, M.** (1980): Environmental responses to climatic change in the West African Sahel over the past 20,000 years. En *The Sahara and the Nile* (M. Williams y H. Faure, eds.), pp.37-62, A.A.Balkema, Rotterdam.
- Van der Kaars & Dam, R.** (1997): Vegetation and climate change in West-Java, Indonesia during the last 135,000 years. *Quaternary International*, 37:67-72.
- Veit, H.** (1996) Southern westerlies during the Holocene deduced from geomorphological and pedological studies in the Norte Chico, Northern Chile (27-33° S). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 123:107-119.
- Wasson, R.** (1986): Geomorphology and Quaternary history of the Australian continental dunefields. *Geographical Review of Japan*, 59(1):55-67.
- Wells, P. & Wells, G.** (1994): Largo-scale reorganization of ocean currents offshore Western Australia during the Late Quaternary. *Marine Micropaleontology*, 24:157-186.
- Williams, M., Adamson, D., Williams, F., Morton W. & Parry, D.** (1980): Jebel Marra volcano: a link between the Nile valley the Sahara and Central Africa. En *The Sahara and the Nile* (M. Williams and H. Faure, eds.), pp. 305-338.
- Wright, H., Kutzbach, J., Webb, T., Ruddiman, W., Street-Perrot F. & Bartlein, P.** *Global Climates Since the Last Glacial Maximum*. University of Minnesota Press, 569 pág., Minneapolis.