

p. 27

EVOLUCION CLIMÁTICA AL FINAL DEL CUATERNARIO EN LAS REGIONES COSTERAS DEL NORTE PERUANO: BREVE RESEÑA

Luc Ortlieb * , José Macharé **

Resumen

Las informaciones paleoclimáticas precisas del Norte peruano son aún muy escasas. Varias reconstrucciones paleoclimáticas e interpretaciones paleoecológicas, que han sido propuestas en los últimos 20 años, se atienen a un conjunto de datos bastante limitado y fueron a veces elaboradas sobre supuestos infundados. La situación geográfica del Noroeste peruano y el control predominante que sobre el clima costero ejercen los parámetros oceanográficos (corrientes cálida y fría, surgencias y fenómeno "El Niño") explican parcialmente las dificultades para interpretar la evolución climática del final del Cuaternario, pero al mismo tiempo justifican plenamente un renovado interés en este tópic. La comprensión de los regímenes climáticos durante el último glacial y durante la fase de transición hacia las condiciones interglaciales del Holoceno, en esta región particular, tiene importantes consecuencias en el modelaje de las relaciones océano-atmósfera en el Océano Pacífico tropical durante el último ciclo hemiglacial.

Résumé :

Les données précises sur les paléoclimats du Nord péruvien sont encore en nombre très limité. Diverses reconstructions et interprétations d'ordre paléoécologique proposées lors des vingt dernières années ont parfois été élaborées à partir d'informations incomplètes, voire sur des prémisses contestables. La situation géographique du Nord-Ouest péruvien, ainsi que l'influence prépondérante exercée sur le climat régional par les paramètres océanographiques (courants chauds et froids, remontées d'eaux profondes "upwelling"- et phénomène "El Niño") expliquent une grande partie des difficultés rencontrées pour reconstituer l'évolution climatique fini-quaternaire de cette zone de transition. Mais, par là-même, ces conditions particulières justifient pleinement que l'on se penche à nouveau sur l'évolution de cette région. La reconstitution des régimes climatiques durant le dernier maximum glaciaire et la transition aux conditions interglaciaires de l'Holocène, a des répercussions importantes sur la modélisation des relations océan/climat dans le Pacifique oriental durant le dernier demi-cycle climatique.

* Misión ORSTOM, Apartado 18-1209, Lima 18, Perú.

** Instituto Geofísico del Perú, Apartado 3747, Lima 100, Perú.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 21088 ex 1

Cpte : B

Abstract :

Precise paleoclimatic informations from Northern Peru are still very scarce. Several paleoclimatic and palaeoecologic interpretations which have been proposed in the last 20 years relied on a limited set of data, and were sometimes elaborated on groundless assumptions. The geographical location of Northwestern Peru and the predominant control exercised on the coastal climate by oceanographic parameters (warm and cool oceanographic currents, upwelling and "El Niño" phenomena) partly explain the difficulty of interpreting the Late Quaternary climatic evolution, but in the same time plainly justify a renewed interest on this topic. The understanding of the climate regimes during the last glacial and during the transitional phase to the Holocene interglacial conditions, in this particular region, has important consequences in the modelling of the ocean-atmosphere relationship in the tropical Pacific ocean during the last hemiglacial cycle.

INTRODUCCION**El límite septentrional del desierto costero peruano**

Desde un punto de vista climático, la costa norte del Perú es un área muy sensible. La región comprendida entre la Península de Illescas y la frontera con Ecuador (Figura 1) constituye el límite septentrional del desierto costero peruano-chileno. En su parte norte (área de Tumbes), ella incluye la transición hacia el clima tropical húmedo de la costa ecuatoriana. Además en el mar, frente a la zona considerada del Noroeste peruano, se halla la Zona Tampón de Paita (*Paita Buffer Zone*, Olsson, 1961) que corresponde al límite oceanográfico entre las aguas ecuatoriales cálidas provenientes del norte y las aguas frías traídas del sur por la Corriente Peruana (de Humboldt). Finalmente, ésta es la región más severamente afectada por los efectos meteorológicos del fenómeno "El Niño".

El desierto costero del Noroeste peruano presenta varias particularidades. Es el segmento más ancho de la costa del Perú, especialmente a la latitud de la Península de Illescas. Geomorfológicamente, difiere de los segmentos central y sur del Perú por la existencia de grandes depresiones (valle del Bajo Piura, desierto de Sechura) y extensas terrazas marinas ("tablazos"). Es también ligeramente menos árido que más al sur, como consecuencia de lluvias episódicas relacionadas con los eventos "El Niño". Estas irregulares precipitaciones estivales, que pueden ocurrir cada 7-11 años (promedio muy aproximado), son responsables de espectaculares floraciones de la vegetación. Según la intensidad del evento "El Niño" asociado, esta vegetación puede persistir pocos meses o varios años (como fue el caso luego del "Niño" muy fuerte de 1982-1983).

No obstante la importancia de tal área clave, la historia paleoclimática de la región es aún muy poco conocida. En el continente, la mayoría de los datos disponibles fueron recolectados en el marco de estudios arqueológicos, en particular aquellos de Richardson (1969, 1973, 1974, 1978, 1981 y 1983), y a través

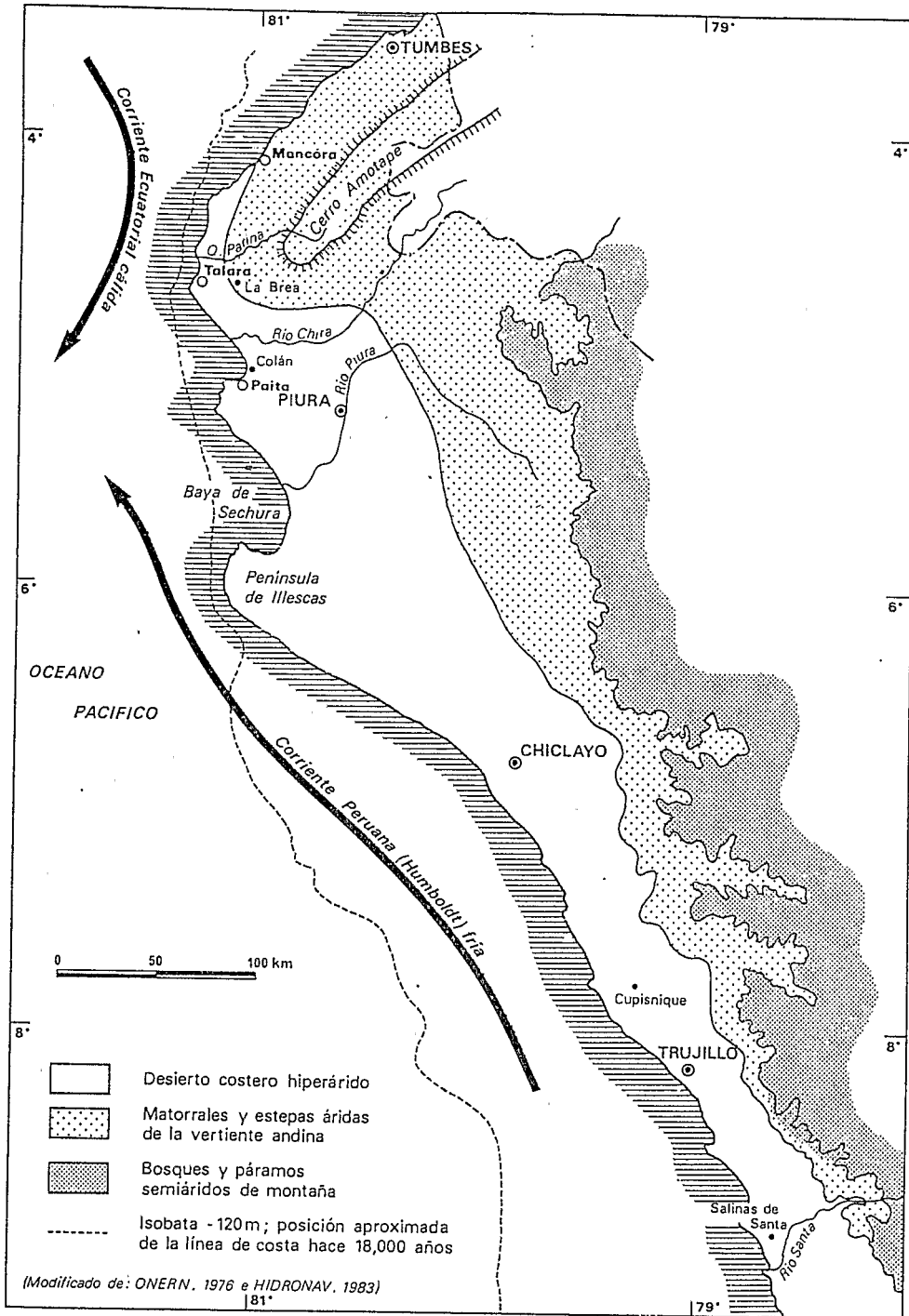


Fig. 1.- Mapa de ubicación y elementos morfoclimáticos del Noroeste peruano.

de investigaciones paleontológicas realizadas en una rica localidad del Pleistoceno Tardío cerca de Talara (Lemon & Churcher, 1961; Campbell, 1982). Hasta el momento, la región no ha sido estudiada desde el punto de vista palinológico ni mediante núcleos sedimentarios continuos.

El objetivo de esta breve reseña es recordar las principales fuentes de datos y las distintas interpretaciones y modelos que han sido propuestos para los paleoclimas del Noroeste peruano.

El debate sobre los cambios climáticos en el Cuaternario Reciente

A fines de los años sesenta y en los setenta, un gran debate opuso a los científicos trabajando en la costa oeste de Sudamérica, y particularmente en el Perú. La cuestión era de saber si habían ocurrido cambios climáticos importantes durante el Cuaternario Reciente, y más específicamente en el Holoceno Temprano. Algunos autores defendían la idea de cambios relativamente menores (Cardich, 1964; Craig & Psuty, 1968, 1971; Tricart *et al.*, 1969; Parsons, 1970; Fung *et al.*, 1972; Osborn, 1977; Craig, 1983). Otros autores sustentaban más bien que el clima había sido notablemente más húmedo hacia el final del Pleistoceno y/o durante la primera mitad del Holoceno (Lanning, 1963, 1970; Dollfus, 1964; Lanning & Patterson, 1967; Patterson & Lanning, 1964, 1967; Richardson, 1969, 1973, 1978; Dollfus & Lavallée, 1973).

El primer grupo de científicos consideraba que la aridez actual ha permanecido durante la mayor parte del Cuaternario a lo largo de la costa peruana. Las evidencias sustentando tal posición son de tipo geológico y geomorfológico (Garner, 1959; Craig & Psuty, 1968, 1971; Tricart *et al.*, 1969) o paleoecológico (Craig & Psuty, 1968, 1971; Parsons, 1970; Osborn, 1977; Craig, 1983).

El segundo grupo de autores, que defendían la hipótesis de un clima húmedo durante el Holoceno Temprano y una desecación progresiva desde el Pleistoceno Tardío hasta el presente, basaron generalmente su concepto de drásticos cambios climáticos en criterios poco fundados o en datos exteriores al desierto costero peruano (Suroeste ecuatoriano o Piedemonte andino). Realmente, las evidencias de climas más húmedos que el de hoy, en áreas situadas a cierta altitud sobre el nivel del mar, pueden haber sido correctas, sin implicar por ello que el régimen climático había sido muy diferente al actual.

Este debate inicial ya no es activo. Como veremos más adelante, ahora es generalmente admitido que hubo cambios climáticos desde el último glacial, pero cuya intensidad fue relativamente pequeña en el área costera. En los estudios más recientes, el problema es más bien determinar si durante los tiempos glacial y post-glacial existieron condiciones "El Niño" y cuáles fueron sus impactos en la costa peruana.

DATOS PALEONTOLOGICOS CONTINENTALES Y LITORALES

Sitios paleontológicos del Pleistoceno Tardío en el continente

Una de las fuentes más importantes de datos paleoclimáticos del Pleistoceno Tardío en el norte del Perú es la localidad de La Brea, donde se hallan los llamados "Talara Tar Seeps", inicialmente estudiados por Lemon & Churcher (1961). En este sitio, unos 15 km al SE de Talara, al pie del extremo sur de los Cerros de Amotape, eflorescencias naturales de petróleo atraparon y preservaron una rica asociación de fauna y flora. La fauna está compuesta por insectos (Churcher, 1966a), moluscos de agua dulce y vertebrados, entre los cuales muchos pájaros (Campbell, 1973, 1979), cocodrilos, mastodontes, cánidos (Churcher, 1959), perezosos, paleo-llamas (Churcher, 1966b), caballos, pumas, venados, etc.. Material de madera de los estómagos de perezosos suministraron varias fechas C-14 que promediaban 14,000 años B.P. (Churcher, 1966a). A partir de la composición de la fauna y flora de este sitio, Lemon & Churcher (1961) y Campbell (1982) interpretaron que el clima fue más húmedo y el ambiente más variado que en la actualidad. El paisaje consistía probablemente en una pradera relativamente abierta con algunos árboles dispersos, pero también incluía algunos pantanales, charcas temporales de aguas estancadas y bosques secos así como amplias pampas desérticas.

Lemon & Churcher (1961) no desestiman que durante la acumulación de los restos fósiles en las pozas de brea, el clima relativamente húmedo pudo haber sido interrumpido por algunas sequías y/o períodos más secos. Por su lado, Campbell (1982) favorece más bien un régimen anual en el cual una corta estación lluviosa sería seguida por una lenta y casi completa desecación.

En otra comarca paleontológica, ubicada en la región centro-norte del Perú (sitio de Cupisnique, 8° S), numerosos restos de vertebrados han sido muestreados en los potentes depósitos aluviales de la planicie costera. La fauna tiene una composición similar (caballos, paleo-llamas, megaterios, mastodontes) y es aproximadamente contemporánea con la de Talara: dos muestras de huesos fueron fechados en 12,360 +/- 200 años B.P. (Ossa & Moseley, 1972; Ossa, 1973) y 8,910 +/- 200 años B.P. (Chauchat, 1987).

Estas dos localidades, situadas ambas cerca del pie de los Andes, sugieren que al final del Pleistoceno e inicios del Holoceno el clima fue más húmedo que el actual. Pero, ya que al menos en este tiempo, la línea de costa estaba situada a cierta distancia al oeste de su posición actual (ver más adelante), estas localidades pueden haber estado más allá de la propia franja costera árida. Los restos paleontológicos de la Brea y de Cupisnique no indican claramente que el total de la región costera fue más húmedo que actualmente.

Restos arqueológicos, conchas de moluscos litorales e interpretaciones paleoclimáticas

Varios arqueólogos que trabajaron en el norte del Perú han sido muy activos en la reconstrucción de climas holocenos. Eventualmente, se hicieron algunas inferencias sobre la presencia de artefactos prehistóricos particulares. Por ejemplo, Richardson (1969, 1973) interpretó que ciertos artefactos denticulados en sitios datados de 8,000 a 5,000 años B.P., significaban que las poblaciones consideradas hacían trabajos en madera, y que por lo tanto el clima debía ser suficientemente húmedo como para permitir el crecimiento de abundantes árboles en la costa noroeste del Perú. Sin embargo, las principales inferencias paleoclimáticas hechas por arqueólogos estuvieron basadas en la composición específica de los restos de fauna, y particularmente en los restos de alimentos marinos (conchas, huesos de pescados y mamíferos, etc.).

La ocurrencia, en sitios prehistóricos, de restos de fauna que corresponden a especies que actualmente viven en ambientes más cálidos o más húmedos que aquellos que rodean hoy en día los sitios, a veces ha apresurado hipotéticas interpretaciones paleoclimáticas. Por ejemplo, cierto énfasis fue puesto por varios arqueólogos (Richardson, 1973, 1978; Sarma, 1974; Cárdenas, 1976, 1978) en el significado climático de la ocurrencia de ciertas especies de moluscos que caracterizan los ambientes de manglar (*Anadara tuberculosa*, *Ostrea columbiensis*) y que actualmente sólo se encuentran al norte de Tumbes. Estos autores asumían que si existían manglares al sur de su actual límite meridional, el paleoclima debió ser tan húmedo como lo es ahora en la zona de Tumbes-Sur ecuatoriano. Así, ellos usaban las conchas de manglar como un indicador de clima húmedo. Correlativamente, ellos interpretaban la desaparición de las especies de manglar de los conchales post-5,000 años B.P. como una evidencia de aridificación de la costa noroeste del Perú (Richardson, 1973, 1978).

Sarma (1973, 1974) fue aún más lejos en las interpretaciones paleoclimáticas de sus datos de conchales situados en la Península de Santa Elena, SW de Ecuador. A partir de la ausencia de conchas de manglar con fechas entre tres lapsos de tiempo (5,000-2,650 años A.C., 1,600-1,000 años A.C. y 950-1,000 años D.C.), infirió drásticas y rápidas fluctuaciones climáticas: durante estos tres períodos sucesivos, el clima habría devenido tan seco que el manglar (y las conchas) habría desaparecido, forzando a las poblaciones a abandonar la región. Ferdon (1981) criticó esta interpretación y enfatizó que los manglares son menos controlados por las lluvias que por parámetros oceanográficos y de morfología litoral.

Ultimamente Richardson (1981), quien aparentemente se convenció que los manglares no son precisamente indicadores de una cierta cantidad de lluvia, sugirió que durante los tiempos post-glaciales la fusión del hielo de los Andes pudo haber alimentado los ríos costeros y que dicha llegada de agua dulce pudo haber permitido el desarrollo de manglares cerca de la boca de los ríos Chira, Piura y Pariñas, en el Noroeste peruano.

Otro problema paleontológico con implicancias paleoclimáticas y paleoceanográficas concierne a la presencia, en sedimentos del Holoceno Temprano y en sitios prehistóricos coetáneos, de especies de aguas cálidas en la costa centro-norte del Perú. Numerosos restos de peces, encontrados en sitios del Paijense (alrededor de 10,000 años B.P) del área de Cupisnique (8°S) corresponden a especies tropicales que hoy en día sólo existen al norte de Paita (5°S) (Chauchat, 1982, 1987). De la misma forma, moluscos de aguas cálidas se encuentran preservados en unos pocos conchales de mediados del Holoceno y en dos depósitos litorales (Salinas de Santa y embahamiento de Casma, 8°30'-9°30'S) (Ranson, 1959; Engel, 1983; Sandweiss *et al.*, 1983, 1985; Rollins *et al.*, 1986; Sandweiss, 1986; Devries, 1986, 1987; Wells, 1988; Wells & Devries, 1988; Perrier, en prep.). Siendo estos agrupamientos faunísticos únicos -las faunas coetáneas de todas las localidades cercanas sólo contienen especies de aguas frías-, se puede inferir que las aguas oceánicas que bañaban estas regiones del Perú centro-norte no eran significativamente más cálidas que las actuales. La presencia de faunas de aguas cálidas es probablemente debida a condiciones locales particulares, a menos que ella refleje anomalías inducidas por "El Niño" (Devries, 1986, 1987; Wells, 1988).

Así, las conchas de moluscos son indicadores paleoecológicos muy útiles, pero debe tenerse cuidado al intentar interpretaciones paleoclimáticas a partir de ellas. Más aun, la acumulación de restos de recursos marinos en los sitios prehistóricos de la costa provee a los investigadores de paleoclimas de una valiosa información sobre las condiciones oceanográficas y litorales que de otra forma no estaría disponible.

DATOS PALEO-OCEANOGRAFICOS

Datos paleo-oceanográficos y paleoecológicos de mar afuera

La llave de la historia paleoclimática del norte del Perú puede venir un día de los estudios detallados de los sedimentos de mar afuera. Sin embargo, hasta ahora tales estudios paleoclimatológicos sólo se han realizado en la plataforma marina del Perú central.

Los sedimentos del Cuaternario Reciente muestreados en la margen peruana a 11°-13°S (Devries & Schrader, 1981; Devries & Pearcy, 1982; Reimers & Suess, 1983a, 1983b; Wefer *et al.*, 1983) tienden a indicar, algo sorprendente, que las aguas fueron más cálidas que hoy en día hace unos 15,000 años B.P. y que luego se enfriaron hacia el final mismo del Pleistoceno (Devries & Pearcy, 1982; Wefer *et al.*, 1983; Devries, 1987). Estas interpretaciones están aparentemente en conflicto con otros datos. La composición del carbonato y la distribución de foraminíferos, en núcleos marinos profundos del Pacífico sud-oriental, sugerían que durante el último máximo glacial las aguas marinas eran unos 5°C más frías que actualmente (Luz, 1973, 1977), y los mapas CLIMAP indican que, a lo largo de la costa

peruana, alrededor de 18,000 años B.P., la temperatura superficial del mar fue 2° - 3°C inferior a la actual tanto en febrero como en agosto (CLIMAP Project members, 1981).

Claramente, se necesitan más estudios para determinar cuál fue la historia térmica de las aguas de la costa peruana, y eventualmente, si algunas anomalías podrían estar relacionadas con condiciones tipo "El Niño". Dichos estudios paleo-oceanográficos deberían ser realizados mediante perforaciones en la margen continental del norte del Perú, en localidades suficientemente cercanas a la línea de costa -que registren los cambios climáticos del continente- y suficientemente profundas -que presenten velocidades relativamente regulares de sedimentación.

Ya que la Corriente Peruana juega un rol mayor en el clima de la zona costera, sería importante determinar si su régimen ha variado en el Cuaternario Reciente. Algunos autores asumieron que, durante los períodos glaciales, la Corriente Peruana fue reforzada y se extendía más al norte que actualmente (Patterson & Lanning, 1967; Simpson, 1975a; Simpson & Haffer, 1978; Webb, 1978). Otros autores han propuesto que, durante el fin del Pleistoceno-inicio del Holoceno, esta corriente fue debilitada y desviada hacia una posición más occidental y meridional que la actual (Richardson, 1973; Campbell, 1973; Sarma, 1974; Chauchat, 1982, 1987; Uceda, 1986). Realmente, parece poco probable que el sistema de circulación del Pacífico oriental haya sufrido profundas modificaciones durante las últimas fluctuaciones climáticas (Campbell, 1982; Devries, 1987). Los datos disponibles sobre la composición faunística de los "tablazos" del Noroeste peruano sugieren que el límite biogeográfico que se observa actualmente cerca a Paita (Olsson, 1961), ha permanecido allí por lo menos durante los estadios interglaciares del último millón de años (Devries, 1985, 1986). Sin embargo, no se puede descartar que la Corriente Peruana haya variado a través del tiempo, especialmente durante las transiciones glacial/interglacial.

Fluctuaciones del nivel del mar en el Cuaternario Reciente

El descenso del nivel del mar, coetáneo al último episodio glacial, influyó el clima del área que bordea actualmente el litoral pacífico. La caída de 120 m (+/-20m) del nivel del mar produjo un desplazamiento hacia el oeste de la línea de costa (Figura 1). Dependiendo de la batimetría de la plataforma, la zona que emergía alrededor de 18,000 años B.P. tenía desde pocos kilómetros hasta más de 100 km de ancho (Richardson, 1981; Campbell, 1982; Chauchat, 1987; Rick, 1987). El mayor desplazamiento de la línea litoral ocurrió en la zona centro-norte (7°-9°S). En el norte del Perú, la Bahía de Sechura estuvo totalmente emergida, mientras que la línea de costa se mantuvo a menos de 20 km de la costa actual entre Paita y Negritos (4°40'S), y sólo a pocos kilómetros de ésta al norte de Talara. Más al norte, el Golfo de Guayaquil estuvo totalmente emergido. En relación con esta bajada del nivel marino del último glacial, Campbell (1982) propuso un modelo paleogeográfico considerando un corredor seco uniendo el extremo norte del Perú (y en particular la Brea) con América Central. Tal franja, que

permitía un doble intercambio de varias especies de pájaros entre Centroamérica y el norte del Perú en el Pleistoceno Terminal, habría estado cubierta por una sabana rala y bordeada hacia el continente por un bosque seco.

Recientemente, Chauchat (1987) insistió sobre las consecuencias climáticas del desplazamiento oeste-este de la línea de costa en la transición glacial/post-glacial en la costa centro-norte del Perú. Enfatizó que la aridez de la zona costera ha sido controlada por los parámetros oceanográficos, tal como lo es en la actualidad, y que el desplazamiento hacia el oeste de la línea de costa fue acompañado por uno similar de las zonas ecológicas que corren paralelas al litoral.

Una de las consecuencias directas de la subida post-glacial del nivel del mar es que una importante cantidad de datos cubriendo el período Pleistoceno Terminal - Holoceno Temprano ha sido sumergida. Esta sumersión que finalizó alrededor de 7,000 años B.P. (Wells, 1988) o poco después (6,000 años B.P.), naturalmente impide cualquier estudio geológico, paleoecológico o arqueológico sobre anteriores paleo-líneas de costa así como de los antiguos ambientes litorales.

El fenómeno "El Niño" y los eventos "paleo-El Niño"

En los últimos años, han habido numerosos estudios sobre los diversos aspectos del fenómeno "El Niño" (ver bibliografía en Mariátegui *et al.*, 1985; Rasmusson, 1985; Francou & Pizarro, 1985; Enfield, 1987; Ortlieb, 1989), pero aun ellos no dan una comprensión completa acerca de su origen y su dinámica. Básicamente, este fenómeno está caracterizado por la aparición de aguas anormalmente calientes a lo largo de la costa norte del Perú durante el verano, y por fuertes (a veces catastróficas) lluvias tierra adentro.

Durante largo tiempo, se consideró que el calentamiento de las aguas costeras en el norte del Perú resultaba de una "Corriente del Niño" la cual, según su fuerza, desplazaría eventualmente la Corriente Peruana (fría) (ver por ejemplo, Murphy, 1932; Parsons, 1970; Richardson, 1981; Campbell, 1982). De hecho, la elevación de la temperatura del agua marina parece relacionada con varios procesos que incluyen: transferencias de calor a través de todo el Océano Pacífico ecuatorial, interacciones complejas entre las principales corrientes oceánicas y litorales, y una rápida depresión de la termoclina (de varias decenas de metros) la cual induce un calentamiento de las aguas costeras aflorantes. En realidad, el fenómeno conocido como "El Niño" no es una anomalía local o regional. Este fenómeno está íntimamente ligado a la Oscilación Austral, la misma que es determinada por interacciones oceanográficas y meteorológicas afectando el conjunto del Océano Pacífico (Berlage, 1966; Bjerknes, 1969; Wyrtki, 1973; Rasmusson, 1984). El sistema ENSO (El Niño Southern Oscillation) puede ser controlado por acoplamientos complejos entre la circulación atmosférica tropical, la dinámica de la capa superior del Océano Pacífico y la temperatura superficial del Pacífico ecuatorial (Graham & White, 1988). El descifrado del sistema ENSO requerirá trabajos multidisciplinarios y globales, los cuales están siendo planeados en el Programa Internacional Geósfera-Biosfera ("Global Change").

Se han realizado varios estudios históricos sobre los efectos de este fenómeno en el norte del Perú (Eguiguren, 1894; Quinn *et al.*, 1978, 1987; Francou & Pizarro, 1985; Woodman, 1985). Así, se ha identificado la ocurrencia de unos 47 eventos "El Niño", calificados de fuertes y muy fuertes, en los últimos cuatro siglos y medio (Quinn *et al.*, 1987). En estos estudios no se ha podido evidenciar una clara periodicidad; no obstante, Fairbridge (1988) consideró que un ciclo de 35 años, relacionado con parámetros astronómicos, puede haber jugado un rol importante.

En el Cuaternario Reciente, la costa noroeste del Perú parece haber registrado fenómenos de "paleo-El Niño" en distintas formas: series de cordones litorales (Richardson, 1983; Sandweiss *et al.*, 1983; Sandweiss, 1986; Rollins *et al.*, 1986; Ortlieb *et al.*, 1989a, 1989b; Macharé *et al.*, 1989), secuencias de inundaciones fluviales (Craig & Shimada, 1986; Caviodes & Waylen, 1987; Wells, 1987, 1988), inundaciones costeras (Wells *et al.*, 1987) y destrucción de edificaciones arqueológicas (Nials *et al.*, 1979a, 1979b; Moseley *et al.*, 1981; Alva, 1986). Lamentablemente, en la mayoría de los casos, la falta de fechamiento fino impide la identificación precisa y las correlaciones cronológicas de estos eventos meteorológicos catastróficos y de breve duración.

En una reciente revisión sobre evidencias de "paleo - El Niño" en el Perú, Devries (1987) insistió en dos criterios que él consideraba necesarios para evaluar cualquier antiguo evento "El Niño": primero, debía ser demostrablemente de corta duración, y segundo, debía ser contemporáneo con la advección de aguas cálidas a lo largo de la costa peruana. Sobre esta base, Devries (1987) concluyó, de manera algo pesimista, que aún no se había encontrado ninguna evidencia, realmente convincente, de eventos "El Niño" prehistóricos, exceptuando quizás el registro glacial de 1,500 años del glaciar Quelccaya (Thompson *et al.*, 1984a, 1984b, 1985).

Ciertamente, en los últimos años hay una tendencia a invocar el fenómeno "El Niño" para explicar cualquier evento catastrófico que ocurra en el Perú, incluyendo aquellos que deberían ser asociados a otras causas (tsunamis, tormentas o breves cambios climáticos como la Pequeña Edad Glacial).

Pese a ello, creemos que existen muchos campos de investigación sobre el tema de "paleo-El Niño" que quedan por ser estudiados más a fondo, en particular a lo largo de la costa norte del Perú (Ortlieb & Macharé, 1988; Macharé *et al.*, 1989; Ortlieb *et al.*, 1989a, 1989b). Este es el objeto de un programa cooperativo franco-peruano (ORSTOM-IGP) actualmente en marcha.

MODELAJE PALEOCLIMATICO REGIONAL

Los posibles desplazamientos de la Zona de Convergencia Intertropical

Al igual que en el resto del desierto peruano-chileno, el clima del noroeste del Perú es controlado por factores oceanográficos. Pero, el extremo norte de este desierto presenta algunas peculiaridades: constituye su parte más cálida y muestra

las más pequeñas variaciones térmicas (Valdivia, 1977). Esto se debe a su latitud y, secundariamente, al efecto de la cercanía de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que actualmente se sitúa al norte del Ecuador.

Han habido numerosas discusiones sobre el comportamiento de la ZCIT durante el último glacial y el Holoceno Temprano. ¿ Se mantuvo ella al norte del Ecuador geográfico, produciendo así aridez en el desierto costero peruano-chileno, y más específicamente en el norte del Perú (Colinvaux, 1972; Fairbridge, 1972) ? o al contrario, la ZCIT se trasladó hacia el sur (Newell, 1973), lo cual explicaría el incremento de precipitación observado en los Andes en épocas glaciales (Hastenrath, 1967) ?. Algunos autores consideran que una posición más meridional de la ZCIT (de varios cientos de kilómetros) podría haber inducido mayor precipitación en el Noroeste peruano (Richardson, 1973; Campbell, 1973; Sarma, 1974). En otras hipótesis alternativas, se ha propuesto que la ZCIT desapareció durante el Pleistoceno Tardío (Colinvaux, 1979) o bien que existió una doble ZCIT por cierto tiempo (Asnani, 1968).

Todas estas hipótesis contradictorias fueron elaboradas en intentos de explicar conjuntos de datos incompletos o ambiguos de varias localidades del Sudeste pacífico y del Oeste sudamericano. De cierta manera, ellas muestran cuán urgente es recolectar informaciones paleoclimáticas de primera mano, particularmente en las zonas de transición como el extremo noroeste del Perú.

Reconstrucciones paleoclimáticas regionales y globales

En años recientes, se han postulado dos tipos de modelos climáticos para el Noroeste peruano. El primero es basado en las teleconexiones puestas en evidencia a través del Océano Pacífico y se asienta en el sistema acoplado Oscilación Austral - Circulación de Walker (1) (Walker & Bliss, 1932; Bjerknes, 1966); se enfoca en los cambios climáticos glacial/interglacial que ocurren en la totalidad del Océano Pacífico Tropical, y secundariamente en las condiciones oceanográficas y meteorológicas del mar peruano. El segundo es de alcance más local, aun cuando toma en cuenta interacciones océano-atmósfera.

Según el primer modelo, la emersión de las áreas de plataforma someras de Indonesia - Nor Australia, debida a la última bajada glacial del nivel del mar (Quinn, 1971; Webster & Stretten, 1978), impidió a las aguas de entrar en el área Malasia - Indonesia, provocando así conjuntamente un modo fuertemente positivo de Oscilación Austral, con una circulación de Walker intensificada, y un incremento de la surgencia frente al Perú. La surgencia reforzada en el Pacífico

(1) La Oscilación Austral se refiere a la correlación inversa que existe entre la presión atmosférica a nivel del mar en el Pacífico central (Tahití) y la de Australia (Darwin) o de Indonesia (Jakarta). La diferencia de presión entre estos dos polos, que define un Índice de Oscilación Austral, juega un papel determinante en la intensidad de la circulación zonal intertropical (células de Walker). El sistema de circulación de Walker es el que relaciona los fenómenos de convección (con fuertes lluvias) observados en los bordes orientales de los continentes y los fenómenos de subsidencia (y la aridez) que caracterizan a los bordes occidentales de los continentes, en las zonas ecuatoriales y tropicales.

suroriental y la extensión correlativa de una zona seca a través del Pacífico ecuatorial, son sustentadas conjuntamente por: una actividad biológica marina intensificada (evidenciada en los núcleos de perforación en océano profundo), grandes depósitos de guano y fosfatos así como evidencias lacustres de las Islas Galápagos (Quinn, 1971; Colinvaux, 1972), y están en buen acuerdo con las reconstrucciones de temperatura superficial del mar y campos de viento superficial para el último máximo glacial (Manabe & Hahn, 1977; CLIMAP Project members, 1981; Hastenrath, 1985). El régimen de surgencia reforzada y la zona ecuatorial seca, predichos por este modelo, habrían incrementado la aridez del desierto costero peruano, incluyendo su extremo norte, durante el último máximo glacial (alrededor de 18,000 años B.P.).

Más específicamente para el norte del Perú, Campbell (1982) ideó un modelo de paleoclima glacial algo comparable con un régimen de "El Niño" anual. Este modelo también está basado en un incremento de la circulación atmosférica general durante el período glacial (Lamb & Woodroffe, 1970; CLIMAP Project members, 1976) y en alisios reforzados que estarían situados a latitudes más bajas que hoy en día. Los fuertes alisios del sur habrían inducido incremento de la surgencia cerca de la costa y fomentado la garúa mar afuera de la costa peruana. Así en el norte del Perú, las lluvias anuales regulares de invierno habrían favorecido el desarrollo de una vegetación de sabana sobre la costa y de bosques secos locales, quizás con algunos lagos permanentes, a cierta distancia de la línea de costa. En este modelo para tiempos glaciales, la costa norte del Perú habría sido más húmeda, mientras que la del centro y sur habría experimentado condiciones aún más secas que en nuestros días.

Así, los dos modelos paleoclimáticos llegan a conclusiones divergentes respecto al régimen en el Noroeste peruano durante el último glacial. Definitivamente, se deberán llevar a cabo más estudios en esta región. Se espera que un programa de perforaciones en las depresiones endorréicas del Desierto de Sechura aportará nuevos datos útiles sobre la evolución climática de esta área.

Agradecimientos

Este trabajo fue preparado en el marco de un proyecto científico cooperativo franco-peruano (ORSTOM-IGP). Se inscribe en el Programa GEOCIT del ORSTOM (Paleoclimas intertropicales, UR 1C). Los autores agradecen a M. Servant, Cl. Hillaire-Marcel, J. Guffroy, R. Woodman y D. Bonavía por las útiles discusiones sobre el tema.

Este artículo es una contribución a los Proyectos PICG 281 (Climas Cuaternarios de Sudamérica), 274 (Evolución Cuaternaria de costas) y 252 (Evolución pasada y futura de los desiertos).

Referencias citadas

ALVA, W.

1986 "Las salinas de Chao", *Materialien zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie*, Bol. N°34, Verlag, Munchen, 169 p.

ASNANI, G.C.

1968 "The equatorial cell in the general circulation", *Jour. Atmosph. Sci.*, vol. 25, pp. 133-134.

BERLAGE, H. P.

1966 *The Southern Oscillation and world weather*. Koninklijk Nederl. Meteorol. Inst., Mededelingen en Verhandelingen, n° 88, 152 p.

BJERKNES, J.

1966 "A possible response to the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature", *Tellus*, vol. 18, pp. 820-829.

1969 "Atmospheric teleconnections from the equatorial pacific", *Monthly Weather Rev.*, vol. 97, pp. 163-172.

CAMPBELL, K.E.

1973 "The Pleistocene avifauna of the Talara Tar-Seeps, Northwestern Peru" (Ph.D. disert., Univ. Florida).

1979 *The non-Passerine Pleistocene avifauna of the Talara Tar Seeps, northwestern Peru*. Roy. Ontario Mus., Toronto, Life Sciences Contrib., n°18, 203 p.

1982 "Late Pleistocene events along the coastal plain of north-western Peru", *In Biological diversification in the tropics*, G. Prance (ed.), Columbia Univ. Press, New York, pp. 423-440.

CARDENAS MARTIN, M.

1976 *Informe preliminar número 1 del trabajo de campo en Piura (Bajo Piura, Sechura e Illescas)*, Pontif. Univ. Catól. Perú, Inst. Riva Agüero, Inf. inédito.

1978 "Obtención de una cronología del uso de los recursos marinos en el antiguo Perú", Pontif. Univ. Catól. Perú, Inst. Riva Agüero, Publ. N°107, pp. 3-26.

CARDICH, A.

1964 *Lauricocha: Fundamentos para una prehistoria de los Andes centrales*, Centro Argent. Est. Prehist., Buenos Aires.

CAVIEDES, C.N. & WAYLEN, P.R.

1987 "El Niño y crecidas anuales en los ríos del norte del Perú", *Bull. Inst. Fr. Et. And.*, vol. XVI, N°1-2, pp. 1-19.

CHAUCHAT, C.

1982 "Le Paijanien du désert de Cupisnique: recherches sur l'occupation préhistorique de la côte nord du Pérou au début de l'Holocène" (Thèse Etat, Univ. Bordeaux I, T.1: 719 p., T.2: plans h.t., 11 feuilles).

1987 "Niveau marin, écologie et climat sur la côte nord du Pérou à la transition Pléistocène-Holocène", *Bull. Inst. Fr. Et. And.*, vol. XVI, N°1-2, pp. 21-27.

CHURCHER, C.S.

1959 "Fossil *Canis* from the Tar Pits of La Brea, Peru", *Science*, vol. 130, pp. 546-565.

1966a "The insect fauna from the Talara tar seeps, Peru", *Can. Jour. Zool.*, vol. 44, pp. 985-993.

1966b "Camelid material of the genus *Paleolama*, Gervais, from the Talara Tar Seeps, Peru, with a description of a new subgenus *Asylolama*", *Proc. Zool. Soc. (London)*, N°145, pt. 2, pp. 161-205.

CLIMAP Project Members

1976 "The surface of the Ice age earth", *Science*, vol. 191, pp. 1131-1137.

1981 **Seasonal reconstructions of the Earth's surface at the last glacial maximum**, *Geol. Soc. Amer. Map Chart Ser.*, MC-36, 18 p., 9 maps, 1 microfiche.

COLINVAUX, P.

1972 "Climate and the Galapagos Islands", *Nature*, vol. 240, pp. 17-20.

1979 "The Ice-age Amazon", *Nature*, vol. 278, pp. 399-400.

CRAIG, A.K.

- 1983 "Cis-Andean environmental transects: Late Quaternary ecology of northern and southern Peru", *In* Andean ecology and civilization, S. Masuda, I. Shimada & C. Morris (eds.), Papers from Wenner-Gren Found. Anthropol. Res. Sympos. N°91, Univ. Tokyo Press, pp. 23-44.

CRAIG, A.K. & PSUTY, N.P.

- 1968 *The Paracas Papers: studies in marine desert ecology (reconnaissance report)*. Florida Atlantic Univ., Dept. Geogr. Occasional Publ. N°1, 196 p.

- 1971 "Paleoecology of shellmounds at Otuma, Peru", *Geogr. Rev.*, vol. 61, pp. 125-132.

CRAIG, A.K. & SHIMADA, I.

- 1986 "El Niño flood deposits at Batán Grande, northern Perú", *Geoarcheology*, vol. 1, pp. 29-38.

DEVRIES, T.

- 1985 "Pliocene and Pleistocene counterparts to the modern marine Peruvian Province: a Molluscan record", *Proc. VI Congr. Latinoamer. Geol.*, vol. 1, pp. 301-305.

- 1986 "The geology and paleontology of the tablazos in northwest Peru" (Ph.D. dissert., Ohio State Univ., Columbus, Ohio. 964 p.).

- 1987 "A review of geological evidence for ancient El Niño activity in Peru", *Jour. Geophys. Res.*, vol. 92, C13, pp. 14471-14479.

DEVRIES, T. & SCHRADER, M.

- 1981 "Variation of upwelling/oceanic conditions during the latest Pliocene through Holocene off the Central Peruvian coast; a diatom record", *Mar. Micropaleontol.*, vol. 6, N°2, pp. 157-167.

DEVRIES, T. & PEARCY, W.G.

- 1982 "Fish debris in sediments of the upwelling zone off Central Peru; a late Quaternary record", *Deep-Sea Res.*, part A, vol. 29, N°1, pp. 87-109.

DOLLFUS, O.

- 1964 "Préhistoire et changements climatiques post-würmiens au Pérou", *Bull. Assoc. Franç. Et. Quatern.*, vol. 1, N°1, pp. 6-12.

DOLLFUS, O. & LAVALLEE, D.

- 1973 "Ecología humana y ocupación del espacio en los Andes tropicales durante los últimos veinte mil años", *Bull. Inst. Fr. Et. And.*, vol. II, N°3, pp. 75-92.

EGUIGUREN, V.

- 1894 "Las lluvias en Piura", *Bol. Soc. Geogr. Lima*, vol. 4, N°7- 9, pp. 241-258.

ENFIELD, D.

- 1987 "Progress in understanding El Niño", *Endeavour*, vol. 11, N°4, pp. 197-204.

ENGEL, F.

- 1983 "La playa fosil de Las Salinas en la costa norte del Perú", *Bol. de Lima*, N°29, pp. 25-30.

FAIRBRIDGE, R.W.

- 1972 "Climatology of a glacial cycle", *Quatern. Res.*, vol. 2, pp. 283-302.

- 1988 El Niño related to luni-solar tides (Unpubl. manuscript).

FERDON, E.N.

- 1981 "Holocene mangrove formations on the Santa Elena Peninsula, Ecuador: pluvial indicators or ecological response to physiographic changes", *Amer. Antiquity*, vol. 46, N°3, pp. 621-626.

FRANCOU, B. & PIZARRO, L.

- 1985 "El Niño y la sequía en los altos Andes centrales : Perú y Bolivia", *Bull. Inst. Fr. Et. And.*, vol. XIV, N°1-2, pp. 1-18.

FUNG, P.R., CENZANO, Z. & ZAVALETA, A.

- 1972 "El taller lítico de Chivateros, Valle del Chillón", *Rev. Museo Nac.*, vol. 38, pp. 61-72.

GARNER, H.F.

- 1959 "Stratigraphic-sedimentary significance of contemporary climate and relief in four regions of the Andes Mountains", *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 70, N°10, pp. 1327-1368.

GRAHAM, N.E. & WHITE, W.B.

- 1988 "The El Niño cycle: a natural oscillator of the Pacific Ocean-atmosphere system", *Science*, vol. 240, pp. 1293-1302.

HASTENRATH, S.L.

- 1967 "Observations on the snow line in the Peruvian Andes", *Jour. Glaciol.*, vol. 6 pp. 541-550.

- 1971 "On the Pleistocene snow-line depression in the arid region of the South American Andes", *Jour. Glaciol.*, vol. 10, pp. 255-267.

- 1985 *Climate and circulation in the tropics*. D. Reidel Publ. Co., Dordrecht.

HIDRONAV

- 1983 *Carta batimétrica del Perú a esc. num.: 1: 3'000.000*. Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina, Lima.

LAMB, H. & WOODROFFE, A.

- 1970 "Atmospheric circulation during the last Ice Age", *Quatern. Res.*, vol. 1, pp. 29-58.

LANNING, E.P.

- 1963 "A pre-agricultural occupation on the central coast of Peru", *Amer. Antiquity*, vol. 28, N°3, pp. 360-371.

- 1970 "Pleistocene man in South America", *World Archeol.*, vol. 2, pp. 90-111.

LANNING, E.P. & PATTERSON, T.

- 1967 "Early Man in South America", *Scientif. Amer.*, vol. 217, pp. 44-61.

LEMON, R.R.H. & CHURCHER, C.S.

- 1961 "Pleistocene geology and paleontology of the Talara region, northwest Peru", *Amer. Jour. Sci.*, vol. 259, pp. 410-429.

LUZ, B.

- 1973 "Stratigraphic and paleoclimatic analysis of late Pleistocene tropical south-east Pacific cores", *Quatern. Res.*, vol. 3, pp. 56-72.

- 1977 "Late Pleistocene paleoclimates of the South Pacific based on statistical analysis of planktonic foraminifera", *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, vol. 22, pp. 61-78.

MACHARE, J., ORTLIEB, L., PERRIER, C., VERGNAUD-GRAZZINI, C. & WOODMAN, R.

- 1989 "Late Quaternary global change studies on the northwestern Peruvian coast", *Intern. Sympos. Global Change in South America during the Quaternary (Sao Paulo, 1989)*, Abstr., pp. 210-212.

MANABE, S. & HAHN, D.B.

- 1977 "Simulation of the tropical climate of an ice age", *Jour. Geophys. Res.*, vol. 82, pp. 3889-3911.

MARIATEGUI, J., de VILDOSO, A.C. & VELEZ, J.

- 1985 *Bibliografía sobre el fenómeno El Niño desde 1891 a 1985*. Bol. extraord. Inst. Mar Perú. 136 p.

MOSELEY, M.E., FELDMAN, R.A. & ORTLOFF, C.R.

- 1981 "Living with crises, human perception of process and time", *In Biotic crises in ecological and evolutionary time*, M.H. Nitecki (ed.), Academic Press, New York, pp. 231-267.

MURPHY, R.C.

- 1932 "The Humboldt and Niño Currents", *Geogr. Rev.*, vol. 22, pp. 148-150.

NEWELL, R.E.

- 1973 "Climate and the Galapagos Islands", *Nature*, vol. 245, pp. 91-92.

NIALS, F.L., DEEDS, E.R., MOSELEY, M.E., POZORSKI, S.G., POZORSKI, T. & FELDMAN, R.A.

- 1979a "El Niño: the catastrophic flooding of coastal Peru: part I", *Field Museum Nat. Hist. Bull.*, vol. 50, N°7, pp. 4-14.

- 1979b "El Niño: the catastrophic flooding of coastal Peru: part II", *Field Museum Nat. Hist. Bull.*, vol. 50, N°8, pp. 4-10.

OLSSON, A.A.

- 1961 Mollusks of the tropical Eastern Pacific, Panamic-Pacific Pelecypoda. Paleontol. Res. Inst., Ithaca, N.Y. 574 p.

ONERN

- 1976 Mapa ecológico del Perú a esc. num.: 1:1'000.000. Ofic. Nac. Eval. Rec. Nat., Lima.

ORTLIEB, L.

- 1989 Eléments bibliographiques pour l'étude du phénomène "El Niño" et de l'évolution climatique fini-quaternaire dans les régions côtières du Pérou. ORSTOM, Lima, Rapp. int., 62 p.

ORTLIEB, L. & MACHARE, J.

- 1988 "Current research in Peru in relation with IGCP Project 274", Intern. Sympos. Theoretical and applied aspects of coastal and shelf evolution, past and future (Amsterdam, 1988), Abstr., pp. 94-95.

ORTLIEB, L., MACHARE, J., FOURNIER, M. & WOODMAN, R.

- 1989a "Late Holocene beach ridge sequences in northern Peru: did they register the strongest paleo - El Niños?", Intern. Sympos. Global Change in South America during the Quaternary (Sao Paulo, 1989), Abstr., pp. 206-209.

ORTLIEB, L., MACHARE, J., FOURNIER, M., WOODMAN, R.

- 1989b "La secuencia de cordones litorales de Colán (Piura): un registro del fenómeno "El Niño" en el Holoceno Superior", Bol. Soc. Geol. Perú, vol. 80 (en prensa).

OSBORN, A.J.

- 1977 "Strandloopers, mermaids, and other fairy tales: ecological determinants of marine resource utilization, the Peruvian case", In For theory building in archaeology, L. Binford (ed.), Academic Press, New York, pp. 157-206.

OSSA, P.P.

- 1973 "A survey of the lithic preceramic occupation of the Moche Valley, north coastal Peru: with an overview of some problems in the study of the early human occupation of the west andean South-America" (Ph.D. dissert., Harvard Univ.).

OSSA, P.P. & MOSELEY, M.

- 1971 "La Cumbre: a preliminary report on research into the early lithic occupation of the Moche Valley, Peru", Nawpa Pacha, vol. 9, pp. 1-16.

PARSONS, M.H.

- 1970 "Preceramic subsistence on the Peruvian coast", Amer. Antiquity, vol. 35, N°3, pp. 292-304.

PATTERSON, T.C. & LANNING, E.P.

- 1964 "Changing settlement patterns on the central Peruvian coast", Nawpa-Pacha, vol. 2, pp. 113-123.

- 1967 "Los medios ambientes glacial tardío y postglacial de Sudamérica", Bol. Soc. Geogr. Lima, t. 86, pp. 1-19.

QUINN, W.H.

- 1971 "Late Quaternary meteorologic and oceanographic developments in the equatorial Pacific", Nature, vol. 229, pp. 330-331.

QUINN, W.H., ZOPF, D.O., SHORT, K.S., KUO YANG, R.T.W.

- 1978 "Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts", Fishery Bull., vol. 76, pp. 20-28.

QUINN, W.H., NEAL, W.T. & ANTUNEZ de MAYOLO, S.E.

- 1987 "El Niño occurrences over the past four and a half centuries", Jour. Geophys. Res., vol. 92, C13, pp. 14449-14461.

RANSON, G.

- 1959 "Mollusques de la plaine côtière soulevée de Guadalupito récoltés par M. Bernardo Boit", Jour. Conchyol., vol. 99, pp. 66-76.

RASMUSSEN, E.M.

- 1984 "El Niño: the ocean/atmosphere connection", Oceanus, vol. 27, pp. 5-12.

- 1985 "El Niño and variations in climate", Amer. Scientist, vol. 73, pp. 168-177.

REIMERS, C.E. & SUESS, E.

- 1983a "Spatial and temporal patterns of organic matter accumulation on the Peru continental margin", *In Coastal upwelling, its sediment record, part A*, J. Thiede & E. Suess (eds.), Plenum Press, New York, pp. 311-345.
- 1983b "Late Quaternary fluctuations in the cycling of organic matter off central Peru: a proto-kerogen record", *In Coastal upwelling, its sediment record, part A*, J. Thiede & E. Suess (eds.), Plenum Press, New York, pp. 497-526.

RICHARDSON, J.B.

- 1969 "The preceramic sequence and Pleistocene and post-Pleistocene climatic change in northwestern Peru" (Ph.D. dissert., Univ. Illinois, Urbana, 323 p.).
- 1973 "The preceramic sequence and the Pleistocene and post-Pleistocene climate of the northwest Peru", *In Variations in anthropology*, D. Lathrap & J. Douglas (eds.), Univ. Illinois Press, Urbana, pp. 199-212.
- 1974 "Holocene beach ridges between the Chira River and Punta Parinas, northwest Peru, and the archeological sequence". Comm. Soc. Amer. Archeol., Washington D.C. meeting (may 1974).
- 1978 "Early man on the Peruvian north coast, early maritime exploitation and the Pleistocene and Holocene environment" *In Early man in America, from a circum-Pacific perspective*, A.L. Bryan (ed.), Occas. papers, Dept. Anthropol., Univ. Alberta, vol. 1, pp. 274-289.
- 1981 "Modeling the development of sedentary maritime economies on the coast of Peru: a preliminary statement", *Ann. Carnegie Museum*, vol. 50, pp. 139-150.
- 1983 "The Chira beach ridges, sea level change, and the origins of maritime economies on the Peruvian coast", *Ann. Carnegie Museum*, vol. 52, N°1, pp. 265-275.

RICK, J.W.

- 1987 "Dates as data: an examination of the Peruvian preceramic radiocarbon record", *Amer. Antiquity*, vol. 52, pp. 55-73.

ROLLINS, H.B., RICHARDSON, J.B. & SANDWEISS, D.H.

- 1986 "The birth of El Niño: geoarcheological evidence and implications", *Geoarcheology*, vol. 1, pp. 3-15.

SANDWEISS, D.H.

- 1986 "The beach ridges at Santa, Peru: El Niño, uplift and prehistory", *Geoarcheology*, vol. 1, pp. 17-28.

SANDWEISS, D.H., ROLLINS, H.B. & RICHARDSON, J.B.

- 1983 "Landscape alteration and prehistoric human occupation on the north coast of Peru", *Ann. Carnegie Museum*, vol. 52, N°12, pp. 277-298.
- 1985 "Prehistoric people and rapid landscape alteration in the Holocene record of the Peruvian coast", *Geol. Soc. Amer. Abstr. Progr.*, vol. 17, N°7, p. 706.

SARMA, A.V.N.

- 1973 "Holocene displacements of the Humboldt Current reflected in the paleoecology of coastal Ecuador", *Relaciones Antropológicas, Mus. Anthropol., Univ. Northern Colorado*, vol. 1, pp. 21-29.
- 1974 "Holocene paleoecology of south coastal Ecuador", *Amer. Philos. Soc. Proc.*, vol. 118, N°1, pp. 93-134.

SIMPSON, B.B.

- 1975a "Glacial climates in the eastern tropical South Pacific", *Nature*, vol. 253, pp. 34-36.
- 1975b "Pleistocene changes in the flora of the high tropical Andes", *Paleobiology*, vol. 1, pp. 273-294.

SIMPSON, B.B. & HAFFER, J.

- 1978 "Speciation patterns in the Amazonian forest biota", *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 9, pp. 497-518.

THOMPSON, L.G., MOSLEY-THOMPSON, E. & MORALES ARNAO, B.

- 1984 "El Niño-Southern Oscillation events recorded in the stratigraphy of the tropical Quelccaya Ice Cap, Peru", *Science*, vol. 226, pp. 50-53.

- THOMPSON, L.G., MOSLEY-THOMPSON, E., GROOTES, P.M., POURCHET, M. & HASTENRATH, S
 1984b "Tropical glaciers: potential for ice core paleoclimatic reconstructions", *Jour. Geophys. Res.*, vol. 89, D3, pp. 4638-4646.
- THOMPSON, L.G., MOSLEY-THOMPSON, E., BOLZAN, J.F. & KOCI, B.R.
 1985 "A 1,500 year record of tropical precipitation in ice cores from the Quelccaya Ice Cap, Peru", *Science*, vol. 229, pp. 971-973.
- TRICART, J., DOLLFUS, O. & CLOOTS-HIRSCH, A.R.
 1969 "Les études françaises du Quaternaire sud-américain", *In Etudes françaises sur le Quaternaire*, VIII Congr. Intern. INQUA, Suppl. Bull. Assoc. Franç. Ét. Quatern., 1969, pp. 215-234.
- UCEDA CASTILLO, S.E.
 1986 "Le Paijanien de la région de Casma (Pérou): industrie lithique et relations avec les autres industries précéramiques" (Thèse Doct., Univ. Bordeaux I).
- VALDIVIA PONCE, J.
 1977 *Meteorología general*. Impr. Univ. Nac. May. San Marcos, Lima. 168 p.
- WALKER, G. T. & BLISS, E. W.
 1932 "World weather", *V. Roy. Meteorol. Soc. Mem.* 3, n°36, pp. 53-84.
- WEBB, S.O.
 1978 "A history of savanna vertebrates in the New World, part 2: South America and the great interchange", *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 9, pp. 393-426.
- WEBSTER, P.J. & STRETEN, N.A.
 1978 "Late Quaternary ice age climates of tropical Australasia: interpretations and reconstructions", *Quatern. Res.*, vol. 17, pp. 56-70.
- WEFER, G., DUNBAR, R.B. & SUESS, E.
 1983 "Stable isotopes of foraminifers off Peru recording high fertility and changes in upwelling history", *In Coastal upwelling, its sediment record, Part B: Sedimentary records of ancient coastal upwelling*, J.Thiede & E.Suess (eds.), Plenum Press, New York, pp. 295-307.
- WELLS, L.E.
 1987 "An alluvial record of El Niño events from northern coastal Peru", *Jour. Geophys. Res.*, vol. 92, C13, pp. 14463-14470.
 1988 "Holocene fluvial and shoreline history as a function of human and geologic factors in arid northern Peru" (Ph.D. dissert., Stanford Univ., Stanford, Calif., 381 p.).
- WELLS, L.E., DEVRIES, T. & QUINN, W.H.
 1987 "Driftwood deposits of the 1618 AD tsunami, northern coastal Peru", *Geol. Soc. Amer. Abstr. Progr.*, vol. 18, N°2, p. 199.
- WELLS, L.E. & DEVRIES, T.
 1988 "Holocene history of the littoral current system off northern Peru: implications for the history of El Niño", *Geol. Soc. Amer. Abstr. Progr.*, vol. 20, p. 208.
- WOODMAN, R.
 1985 "Recurrencia del fenómeno El Niño con intensidad comparable a la del Niño 1982-1983", *In Ciencia, tecnología y agresión ambiental: el fenómeno El Niño*, CONCYTEC, Lima, pp. 301-332.
- WYRTKI, K.
 1973 "Teleconnections in the equatorial Pacific", *Science*, vol. 180, pp. 66-68.