

## LA SECUENCIA DE CORDONES LITORALES DE COLAN (PIURA): UN REGISTRO DEL FENOMENO "EL NIÑO" EN EL HOLOCENO SUPERIOR

L. ORTLIEB<sup>1</sup>, J. MACHARÉ<sup>2</sup>, M. FOURNIER<sup>3</sup>, y R. WOODMAN<sup>2</sup>

1 Mission ORSTOM au Pérou, Apartado 18-1208, Lima 18

2 Instituto Geofísico del Perú, Apartado 3747, Lima 100

3 Laboratoire des Formations Superficielles, Centre ORSTOM de Bondy, 70 route d'Aulnay, 93143 Bondy Cedex, Francia

### RESUMEN

La serie de ocho cordones litorales preservada en Colán representa probablemente un registro de los mayores eventos "El Niño" ocurridos entre 3,200 y 800 años BP. Los cordones están constituidos por cantos provenientes de una capa conglomerática aflorante en el escantilado que rodea la bahía arenosa de Colán. Tanto el suministro de los cantos a la playa, como su acumulación en forma de cordones supratidales, requieren condiciones oceanográficas y meteorológicas particulares que coinciden con las que caracterizan el fenómeno del Niño en esta área. Las condiciones de sedimentación, favorables a una progradación de la línea de costa, así como la configuración topográfica de la bahía explican que desde hace casi un milenio ningún cordón adicional haya podido formarse. Una serie de dataciones por radiocarbono de conchas incluidas en los cordones proporcionan una cronología relativa de los mismos. Según ésta, lapsos que varían de uno a cuatro siglos separan la formación de los cordones. Se interpreta que estos intervalos de tiempo corresponden a los que separan los mayores eventos "El Niño" (llamados "mega-El Niño" por algunos autores) durante el período considerado, en el Holoceno superior.

### ABSTRACT

The beach ridge series preserved at Colán, northwestern Peru, probably registered the main "El Niño" events which occurred between 3,200 and 800 BP. The beach ridges are made of shingles and pebbles reworked from a conglomerate unit cropping out in the cliff bordering the Colán embayment. The erosion of the pebbles, their transport to the shoreline, and their accumulation in the upper part of the beach required uncommon oceanographical and meteorological conditions which are much alike those which characterize the El Niño phenomenon in the area. Because of the sedimentation regime which favored a recent shoreline progradation and because of the topographic configuration of the embayment, no beach ridge could be built in the last 800 years. A series of radiocarbon age determinations performed on marine shells included in the sediment provide a relative chronology of the ridges. It thus appears that a beach ridge was formed every 1 to 4 centuries. We interpret that such time intervals correspond to those which separated the major "El Niño" events ("mega-El Niño" of authors) during the considered late Holocene period.

### INTRODUCCION

La secuencia de cordones litorales holocenos que se observa en la llanura de inundación entre

el pueblo de Colán y la desembocadura del Río Chira (Dpto. de Piura) es una de las cuatro principales series de cordones de la costa norte del país

ORSTOM Fonds Documentaire

N° 43436 ex 1

Cote : B

107  
19 FEB. 1996

(WOODMAN & POLIA, 1974). Las otras secuencias se ubican entre Negritos y el Río Chira (RICHARDSON, 1973, 1974, 1983; CHIGNE CAMPOS, 1975), al noroeste de Sechura (RICHARDSON & McCONAUGHY, 1987), y en la región de Santa (SANDWEISS, 1986; ROLLINS et al., 1986; WELLS & NOLLER, 1986; WELLS, 1987, 1988) (Fig. 1).

La secuencia de Colán (Fig. 2) difiere de las demás por su localización geográfica, y por el tamaño reducido de sus cordones. En efecto, es la única que no está situada en la orilla norte de la desembocadura de un río: las demás series de cordones han sido formadas por avenidas de aluviones (cantos o arenas) con la intervención de una corriente de deriva litoral S-N. Los cordones de Colán son más angostos y más bajos que los demás. A diferencia de las vecinas secuencias de Chira y de Sechura, alimentadas en arena por los ríos homónimos, los cordones de Colán están constituidos esencialmente por cantos. En Colán, donde los sedimentos litorales son exclusivamente arenosos, el material grueso proviene de las capas del conglomerado neógeno aflorante en los acantilados que recortan el tablazo de Paita (Fig. 2).

Los parámetros que determinaron la construcción de las pocas series de cordones litorales del norte peruano han sido discutidos por diversos autores. En un pasado no muy antiguo, varios autores han sugerido que los cordones se formaban durante levantamientos repetidos de la costa (RICHARDSON, 1974; WOODMAN & POLIA, 1974; GROLIER et al., 1974; SANDWEISS et al., 1983). Más recientemente, se ha considerado que la formación de estos rasgos litorales podía estar relacionada con eventos catastró-

ficos, y muy probablemente con los que acompañan el fenómeno

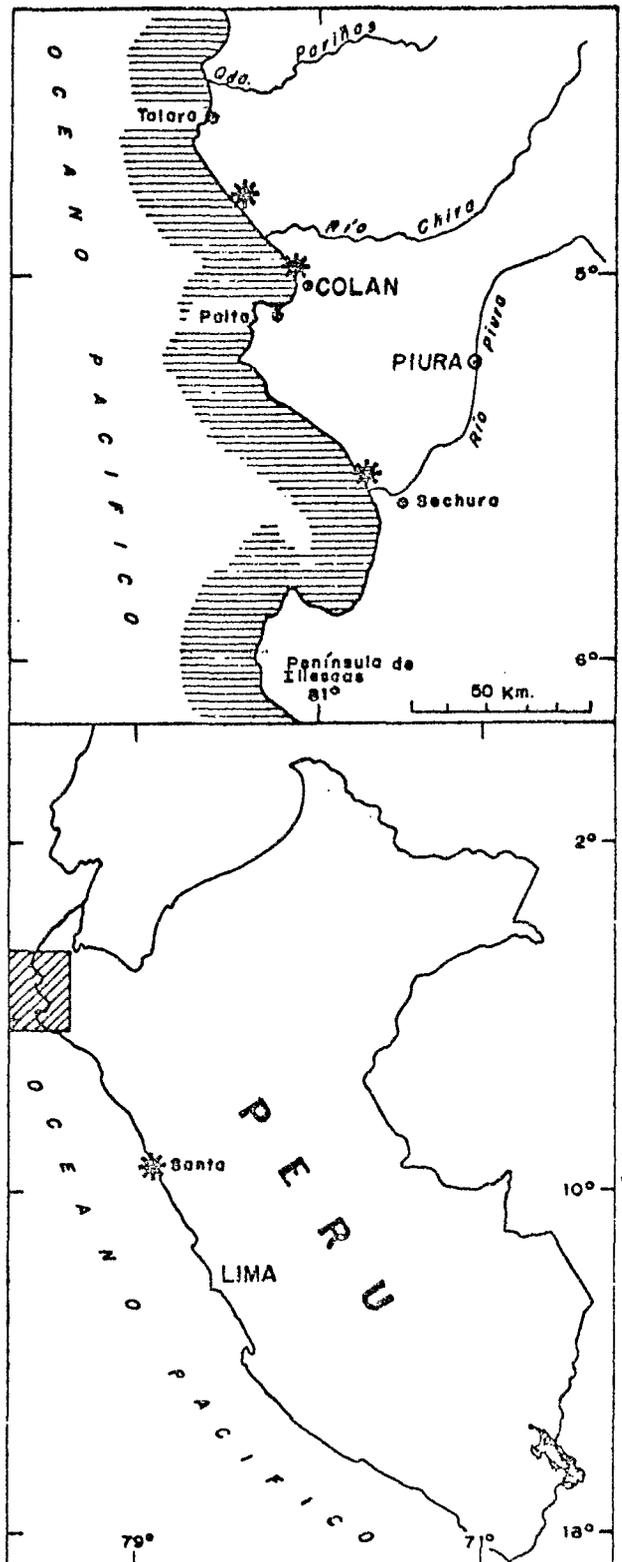


FIGURA 1. Localización de las principales secuencias de cordones litorales holocenos en el norte del Perú.



Fig. 2.- Vista aérea vertical de la secuencia de cordones litorales de Colán, con la numeración atribuida a estos remanentes de antiguas líneas de costa holocenas. A la derecha: Borde del tablazo de Paita; abajo: el pueblo de Colán y el balneario de la Esmeralda. Actualmente ha desaparecido la cubierta eólica visible sobre la llanura litoral (Foto de 1948, servicio aerofotográfico nacional) y una poza para cultivo de Artemia ha sido instalada entre el cordón #2 y el litoral.

"El Niño" (SANDWEISS, 1986; RICHARDSON & McCONAUGHY, 1987; WELLS & NOLLER, 1986; WELLS, 1988; ORTLIEB & MACHARÉ, 1988; ORTLIEB et al., 1989; MACHARÉ et al., 1989).

En esta nota, se presenta los primeros resultados de un estudio geológico detallado de los cordones de Colán, que incluye una serie de dataciones por radiocarbono de los mismos, y se analiza las relaciones genéticas que podrían existir con el fenómeno "El Niño".

### DESCRIPCION DE LOS CORDONES

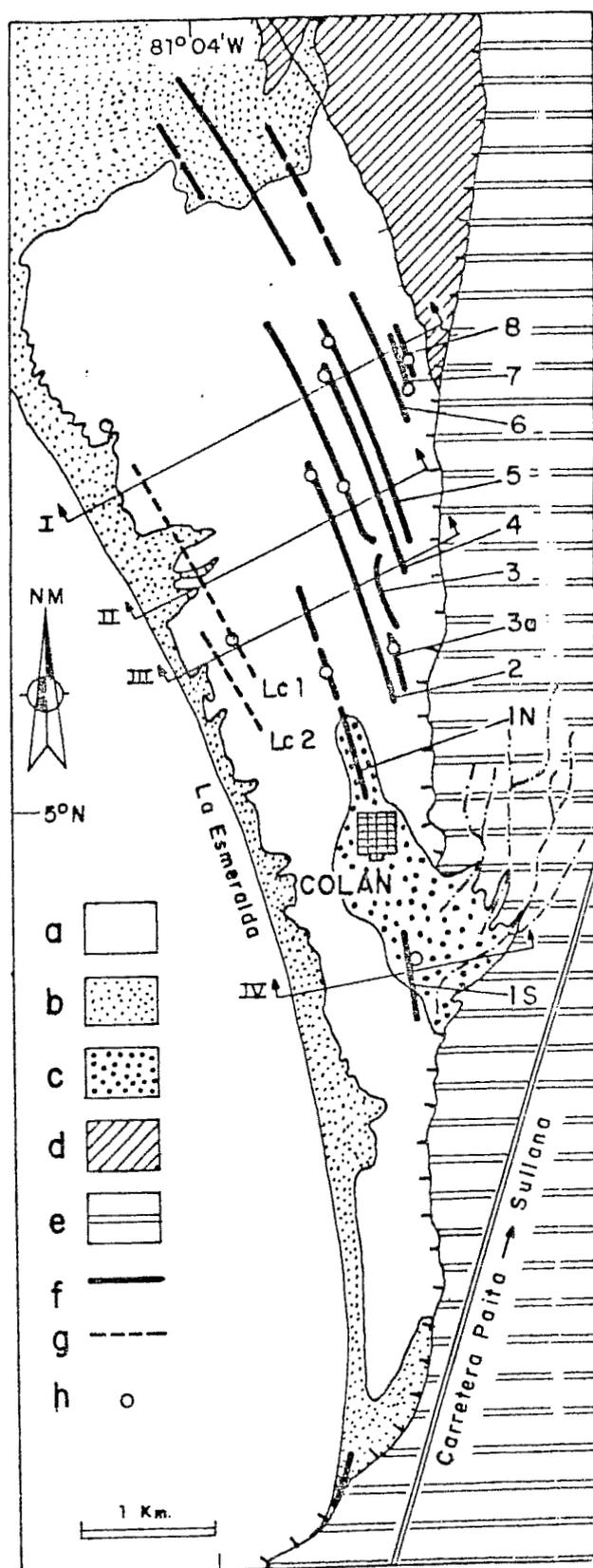
#### Presentación de la secuencia

La secuencia de Colán comprende ocho cordones holocenos (Fig. 2 y 3), numerados de 8 a 1 del más antiguo al más reciente (WOODMAN y POLIA, 1974). Los cordones miden 15-50 m de ancho, 1-3.5 m de alto, y varios kilómetros de largo (excepto para los dos más antiguos, recortados por la erosión). En la Tabla 1 están reportadas las principales características topográficas de cada cordón.

Estas construcciones litorales paralelas a la línea de costa actual están separadas por amplias llanuras cuya altura varía de +1.5 m a -0.5 m con respecto al nivel medio del mar (NMM)-

FIGURA 3. Marco geomorfológico del área de Colán.

a- Llanura litoral holocena. b- Arenas litorales y eólicas modernas. c- Aluviones de la quebrada de Colán y conchales prehistóricos. d- Terraza marina (Pleistoceno superior ?). e- Talblazo de Paíta (Pleistoceno inferior ?). f- Cordones litorales holocenos. g- Líneas de conchas. h- Localización de las zanjas y de las muestras colectadas para datación.



Cordones Litorales de Colan

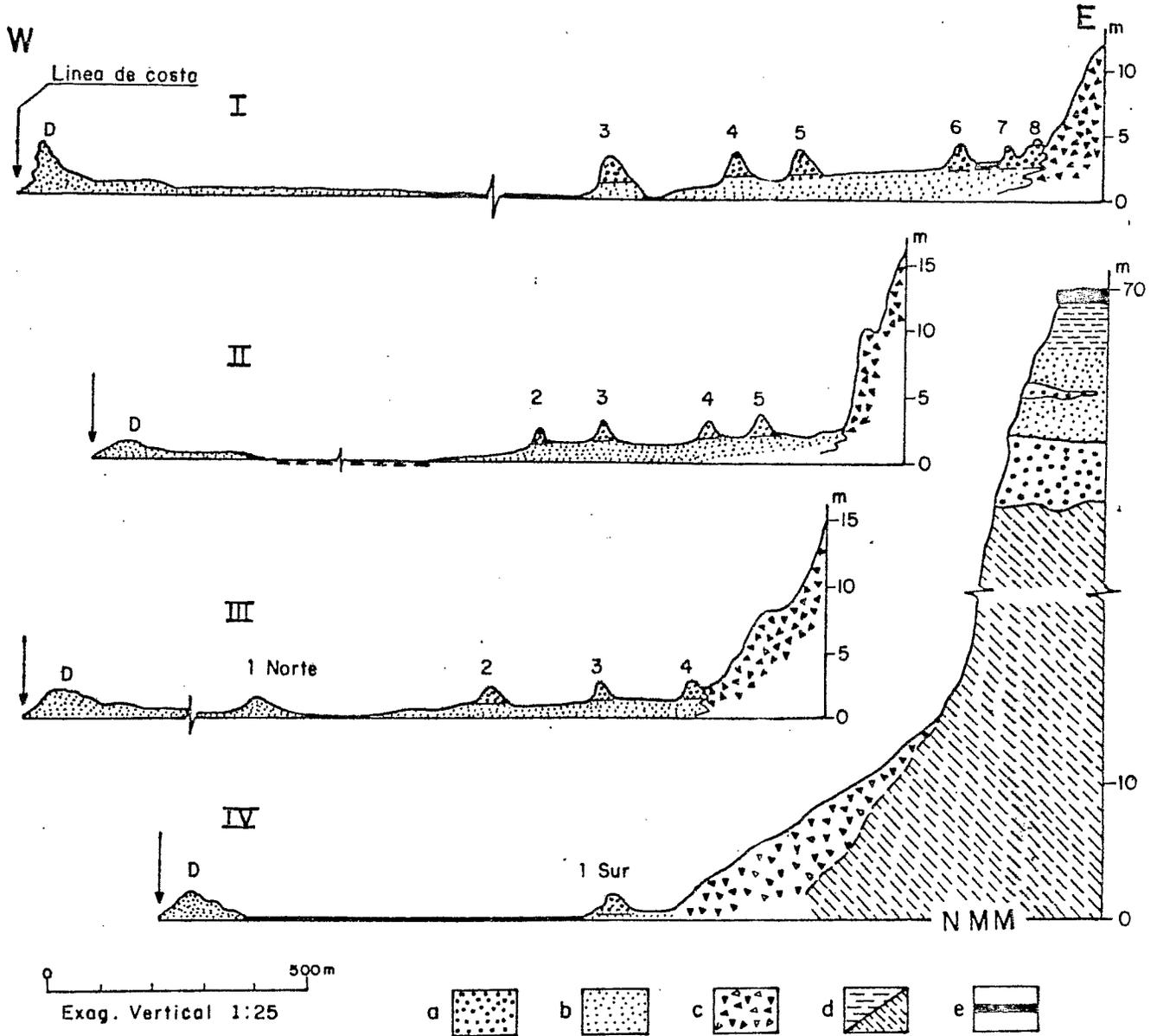


FIGURA 4. Secciones de la secuencia de cordones litorales holocenos de Colán (los perfiles I, II, y III están recortados en 750 m).  
 a- Cangrejos (cordones holocenos) y conglomerados (pliocenos). b- arenas litorales y eólicas (holocenas). c- Talud de escombros. d- Lutitas (paleógenas). e- Depósito de tablazo (Pleistoceno inferior ?).

(Fig. 4). Entre el cordón #5 y el cordón eólico actual, las llanuras están a una altura inferior a la de las mareas más altas, por lo cual son susceptibles de ser inundadas. Entre los cordones más antiguos, la altitud ligeramente superior de las llanuras se debe a un princi-

pio de relleno por arenas y limos acarreados por el viento y el escurrimiento superficial.

Los sedimentos

Los cantos que forman la mayor parte del sedimento de los cor-

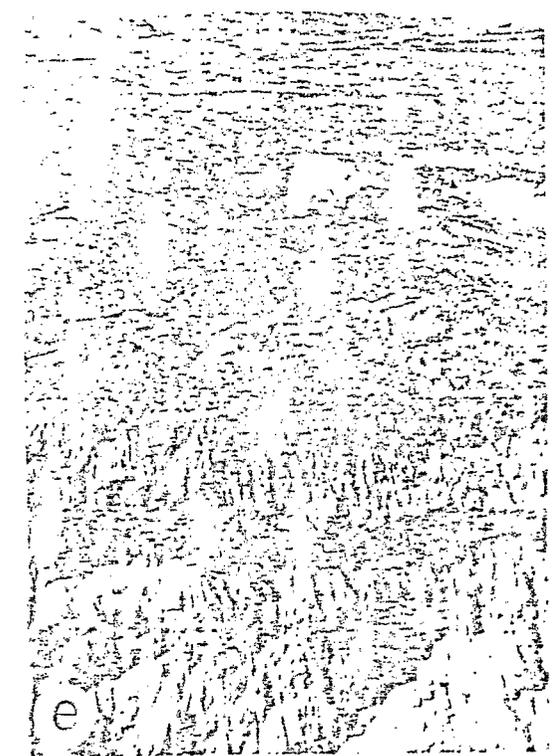
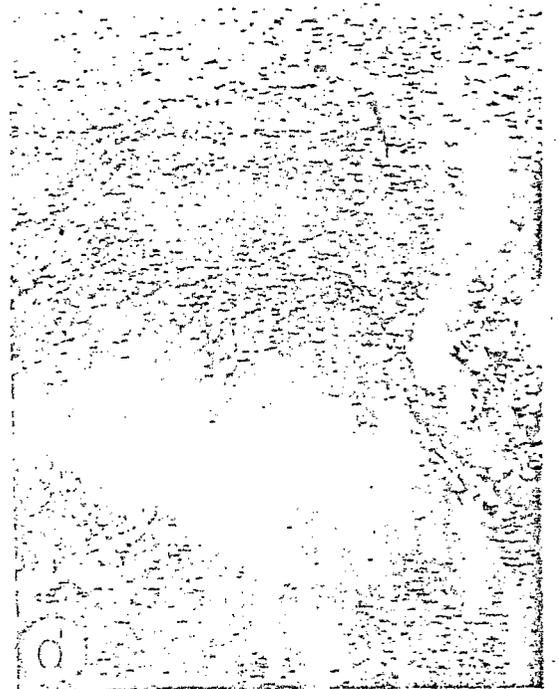


Fig. 5.- Secciones de la secuencia de cordones litorales holocenos de Colán (los perfiles I, II y III están recortados en 750 m.).  
a.- Cantos (cordones holocenos) y conglomerados (pliocenos). b.- Arenas litorales y cólicas (holocenas). c.- Talud de escarpes. d.- Lutitas (terciarias). e.- Depósito de Teblezo (Pleistoceno inferior?).

Cordones Litorales de Colán

RASGO MORFOLOGICO	ANCHO (m)	DISTANCIA (m)	ALTITUD MAXIMA (m s.NMM)	ALTURA RELATIVA (m)
Cordon #8	35	25	+4.5	1.5
Cordon #7	15	65	+4	2
Cordon #6	30	260	+4	1.5
Cordon #5	35	100	+3.5	3
Cordon #4	40	150	+3.5	3.5
Cordon #3	30/50	170	+3.5	3.5
Cordon #3a	15	170	+3	3
Cordon #2	40	350	+3	2.5
Cordon #1N	50/100	500	+0.5/+2	1.5
Linea de conchas 2	25	200	+0.5	0
Linea de conchas 1	10	300	+0.5	0
Cordon eolico moderno	250		+2/+4	3
Cordon #1S	50	600	+2	1
Cordon eolico moderno	250		+3	2

TABLE 1. Datos morfológicos y topográficos sobre la secuencia de cordones litorales de Colán

FIGURA 5. Diversos aspectos de los cordones litorales holocenos de Colán.

3A- Desde el borde del tablazo de Paita, vista hacia el norte de los cordones más antiguos: #8 (cordón múltiple más ancho, a la der.), #7 y #6 (a la izq.). 3B- Forma típica de los cordones de cantos: aquí el #5 visto hacia el norte (mar a la izq.). Ver detalle de la sección en Fig. 3D., 3C- Estructura de un cordón, con varias capas de cantos descansando sobre un substrato de arenas litorales (aquí el #6). 3D- Sección de un cordón #5, mostrando en la base de las capas conglomeráticas un horizonte de conchas (Nivela hians) que sirvieron para dataciones por C-14. 3E- Aspecto del único cordón predominantemente arenoso, el #1N: interestratificación de horizontes de cantos y capas de arenas litorales. En el fondo, el pueblo de Colán y el tablazo de Paita.

dones (Fig. 5) provienen exclusivamente de los conglomerados aflorantes en el acantilado que domina la Bahía de Colán, y en particular de una capa de la Formación Hornillos (DeVRIES, 1986) y del depósito litoral (Pleistoceno inferior ?) que constituye el tablazo de Paita. Los cantos de los cordones tienen un diámetro variable (desde 0.5 cm a varios centímetros). En general el tamaño de este material va decreciendo a lo largo de los cordones, a medida que unos se aleja del pie del paleoacantilado. En diversas localidades, los cantos aplanados presentan una imbricación hacia el suroeste, lo que indica un empuje del mar de SO a NE.

En superficie, los cantos de los cordones más antiguos presentan un pulido de origen eólico (pátina desértica), que atestigua que los cordones han quedado descubiertos desde su formación y que por lo menos los elementos gruesos superficiales no han sido erosionados.

Una serie de zanjas fueron excavadas en cada uno de los cordones, perpendicularmente a sus ejes mayores (Fig. 5b). Las secciones estratigráficas permitieron observar que los cordones están constituidos por varias capas de cantos, con proporciones variables de matriz arenosa, y que en la base existe una extensa unidad arenosa, azoica, de espesor desconocido, que forma un substrato homogéneo (Fig. 5c y 5d). Las capas de cantos fueron depositadas en un ambiente litoral, o más bien supratidal, por fuertes olas capaces de arrojar este material a la parte alta de la playa. En algunos casos se sedimentaron, junto con los cantos, restos de conchas muy rodados.

### Características de los distintos cordones

El cordón #8, el más antiguo y más septentrional de la secuencia, es paralelo al paleo-acantilado. Este cordón resulta de la agrupación de cinco sub-cordones paralelos, de unos cuantos metros de ancho cada uno (Fig. 5a). El sedimento de los sub-cordones interno y externo consiste en varias capas de cantos con matriz arenosa poco abundante (excepto en la base), y numerosas conchas rodadas (especies predominantes: Donax peruvianus y Polinices uber).

El cordón #7 es muy angosto pero relativamente alto. Al igual que el cordón #8, ha sido erosionado en su parte septentrional (Fig. 2). Sus sedimentos se caracterizan por un aumento hacia arriba del diámetro de los cantos. En la base de la secuencia, una capa de arena de playa contiene algunos ejemplares (*in situ*) de Donax peruvianus.

El cordón #6 es más largo que los dos anteriores (Fig. 2 y 5a). Estratigráficamente, consta de dos unidades arenosas en la base, y de cuatro capas conglomeráticas superpuestas (Fig. 5c). Este es el único cordón que carece de restos de fauna (a tal grado que no ha podido ser fechado).

El cordón #5 ha sido bien preservado de la erosión y constituye el más largo remanente de la secuencia de Colán (Fig. 2). Ha conservado su morfología original, con el flanco hacia el mar más abrupto que la cara oriental (Fig. 5b). Al igual que el cordón #6, consta de cuatro capas de cantos, pero en este caso un horizonte de conchas (removilizadas) de Tivela hians separa la unidad inferior de cantos de la capa de arena basal

(Fig. 5d). La capa arenosa también contiene conchas (de la misma especie) así como fragmentos de carbón retrabajados.

Las dimensiones y la morfología del cordón #4 se parecen a las del #5. El cordón #4 se caracteriza por la presencia de una delgada capa de arena, con estratificación horizontal, intercalada en las unidades de cantos.

El cordón #3, uno de los más anchos y más largos, presenta la particularidad de haber conservado las huellas de una entrada de mar, la cual se materializa por una interrupción del cordón y una doble curvatura de los extremos así formados (Fig. 2). Esta morfología indica que por algún tiempo (meses o años?), existió una laguna detrás del cordón #3. En una sección de este cordón se observó un paleosuelo que sugiere que su construcción se hizo en dos etapas.

Al sur-oeste de la extremidad meridional del cordón #3, se formó un embrión de cordón que denominamos #3a (Fig. 3). Su sedimento es de granulometría gruesa, e incluye muchas conchas retrabajadas, predominantemente de las siguientes especies: Pseudochama corrugata, Anomia peruviana, Polinices uber, Trachycardium procerum, y Turritella broderipiana. Esta abundante fauna está probablemente relacionada con la laguna mencionada detrás del cordón #3.

Por sus dimensiones y su morfología, el cordón #2 es comparable a los anteriores (Fig. 2). Solamente difiere en su sedimentología, por el tamaño inferior de sus cantos y la mayor cantidad de arena que lo constituye. Sobre la parte central del cordón #1, se establecieron asentamientos humanos prehistóricos y

luego el pueblo de Colán (Fig. 3). Este cordón es distinto a los demás en varios aspectos. En su parte septentrional, al norte de Colán, el cordón #1N presenta una forma muy aplanada que se debe al hecho que esté constituido esencialmente de arena (Fig. 5e) y al efecto de la erosión (inundaciones y deflación eólica). Al sur de Colán, el cordón #1S contiene más cantos pero su estructura difiere de la de los cordones anteriores. Su secuencia estratigráfica, relativamente compleja, incluye, de la base a la cima: una unidad intertidal de arena fina con fragmentos de conchas, una capa de arcilla arenosa, lentes conglomeráticos con elementos bioclásticos, y dos capas de cantos con matriz limo-arenosa separadas por un lecho de cantos con matriz de arena bioclástica. Se interpreta que las tres unidades con arcilla o limo fueron depositadas durante episodios de inundación, los cuales estarían separados en el tiempo por fases de sedimentación litoral o supratidal (tempestades). En este caso también, la edificación del cordón se hubiera hecho en varias fases, sin que se pueda determinar precisamente la duración de cada una.

Dos lineamientos paralelos a los cordones y a la línea de costa actual, bien visibles en fotos aéreas, están localizados al NO del cordón #1N (Fig. 2). Estas "líneas de conchas" (numeradas 1 y 2, Tabla 1 y Fig. 3) son delgadas capas de conchas de Tivela hians preservadas en la superficie de la llanura de inundación, y que, probablemente, marcan la posición de antiguas líneas de costa.

#### La línea de costa actual

A lo largo de la bahía de Colán, la playa arenosa actual está

bordeada por un cordón de arenas acumuladas por el viento, de 1-4 m de altura. El único lugar donde existe una pequeña concentración de cantos, en la parte alta de la playa, es el extremo sur de la bahía, donde empiezan los acantilados que se prolongan hasta Paita. Esta acumulación de cantos, que no merece el nombre de cordón litoral, no mide más de 200 m de largo, 5 m de ancho, y 0.5 m de alto.

En 1983, durante el último evento "El Niño", el cordón eólico de la alta playa fué barrido por el mar, a consecuencia de la elevación del nivel del mar y del fuerte oleaje que se produjo entonces. Por consiguiente, el cordón eólico visible actualmente, ha sido reconstruido en apenas unos cuantos años. Durante el evento de 1983, la mayor parte de la llanuras de Colán estuvieron inundadas por el mar y por las lluvias excepcionales. Una capa de agua salobre, del orden de un metro de espesor, permaneció durante varias semanas.

El balneario de La Esmeralda empezó a ser construido por el año 1925. Desde entonces no ha habido desplazamiento notable de la línea de costa. Lo que se ha observado de vez en cuando, son ligeras bajadas, o subidas, del nivel del mar, que duran algunas semanas, y que no tienen mayores consecuencias en la posición de la costa después de estas anomalías.

## DATAACION DE LOS CORDONES

### Metodología y resultados

En los pocos estudios anteriores sobre los cordones litorales del norte peruano, la geocronología estuvo basada en la tipología de los fragmentos de cerámica o, en el caso de los cordones del Chi-

ra, en dataciones por radiocarbono de carbones contemporáneos de la ocupación humana de dichos cordones (LANNING, 1963; RICHARDSON, 1974, 1978, 1983; CHIGNE CAMPOS, 1975). Se puede suponer que los asentamientos humanos se ubicaban en el último cordón formado, y que por lo tanto dataciones de la ocupación humana proveen una edad mínima de la construcción de los edificios litorales. Sin embargo, pueden subsistir dudas y errores, ya que no se puede descartar que tales restos antrópicos sean bastante posteriores a la formación del cordón.

En Colán, se aprovechó la existencia de conchas marinas incluidas en el sedimento de los cordones, para intentar fechar más precisamente la construcción de esos edificios. Para los análisis geocronológicos, no se han muestreado las conchas rodadas que deben ser anteriores a la fase de acumulación del sedimento. Se escogió preferentemente dos especies que siguen siendo las más comunes en la playa actual: Donax peruvianus y Tivela hians, y en cada caso se seleccionó los ejemplares mejor conservados, o sea los que pudieran haber vivido en la época de la construcción del cordón. En varias oportunidades, se colectó ejemplares con la dos valvas conectadas de Donax peruvianus que son coetáneos del depósito correspondiente.

En varios cordones, el sedimento incluye pequeños fragmentos de carbón, de origen antrópico probable. Al igual que las conchas, estos restos orgánicos se comportaron como un sedimento, que quedó atrapado en el momento de la acumulación de material en la alta playa. Pareció interesante comparar la edad aparente de estos fragmentos de carbón con la de las conchas, tomando en cuen-

ta que en ambos casos el material fechado pudiera ser un poco anterior a la construcción del cordón.

En la Tabla 2 están registrados los resultados de las dataciones por radiocarbono obtenidos a la fecha (Laboratorio ORSTOM de Bondy, Francia). Los resultados son edades calculadas con un período de media-vida de 5570 años, y no incluyen correcciones isotópicas. Las márgenes de incertidumbre indicadas corresponden a dos "sigma".

Se observa que las dataciones confirman el orden cronológico de la secuencia. En un solo caso, se traslapan las fechas aparentes de los cordones #4 y #3, sin que esto signifique que el cordón #3 haya sido formado antes del #4. Es necesario considerar las fechas obtenidas con su respectivo margen de incertidumbre. Los amplios márgenes de incertidumbre que afectan las dataciones de carbón se deben a la pequeña cantidad de material disponible para los análisis.

Cuando se dispone de fechamientos de conchas y de carbones en un mismo cordón (#8, #5 y #3), las diferencias de edades aparentes son pequeñas y quedan dentro de los márgenes de incertidumbre. Las edades aparentes de carbones pueden ser ligeramente anteriores (#8), idénticas (#4), o apenas posteriores (#3) a las que se calculó para las conchas. De alguna manera, este resultado es sorprendente ya que, casi siempre, los carbonatos marinos proveen edades aparentes más recientes que las que se miden en carbones coetáneos, en equilibrio con la atmósfera. Esta diferencia de edad aparente resulta del efecto de fraccionamiento isotópico, compensado en parte por un efecto de reservorio (que refleja la diferencia

Cordones Litorales de Colán

LOCALIDAD	DATAIONES 14C DE CONCHAS (BP) +/-2	DATAIONES 14C DE CARBONES (BP) +/-2
Cordon #8	3020 +260 -250 2890 +250 -250	3170 +300 -300
Cordon #7	2760 +210 -210	---
Cordon #6	---	---
Cordon #5	2510 +260 -250	2550 +520 -190
Cordon #4	2150 +170 -170	---
Cordon #3	2170 +320 -300	2040 +400 -380 2080 +580 -540
Cordon #3a	1660 +190 -180	---
Cordon #2	1450 +180 -180	---
Cordon #1N	960 +230 -230	---
Cordon #1S	790 +210 -210	---
Línea de conchas 2	180 +160 -160	---
Conchal prolong.línea de conchas 2	---	620 +300 -290

TABLA 2. Dataciones relativas a la secuencia de cordones litorales de Colán

de contenido en C-14 del océano y de la atmósfera). Si se confirmara que en Colán existe una coincidencia sistemática entre las edades aparentes de los dos tipos de material, podría significar que en esta localidad el efecto de reservorio es de la misma amplitud (y de signo contrario) que el efecto de fraccionamiento isotópico. Esta ano-

malia podría estar relacionada con la situación oceanográfica particular de la zona de Paíta, donde convergen aguas tibias de la Corriente Ecuatorial y aguas frías de la Corriente Peruana. Análisis suplementarios están en curso para averiguar estas hipótesis, y para permitir el cálculo de "edades calibradas" que serán más apropiadas para extrapolar los resultados de este estudio en términos de cronología "absoluta" de eventos "El Niño".

### Interpretaciones

La serie de fechamientos obtenidos constituye un primer aporte para la interpretación de la evolución paleogeográfica del área, aún considerando que por lo pronto las edades obtenidas tienen más validez en una cronología relativa que absoluta.

Las tres fechas más antiguas provienen del cordón #8, y más precisamente, del sub-cordón occidental (el más reciente de la serie de cinco). Por consiguiente, se infiere que el inicio de la construcción de los cordones de Colán es un poco anterior a  $\approx 3,200$  BP. Un lapso aparente de uno a tres siglos habría transcurrido antes de la formación del cordón #7. No hay fechamiento para el cordón #6, pero las dataciones del cordón #5, sugieren que en el transcurso de dos siglos se habrían formado los tres cordones #7, #6 y #5. Para el #4, una sola datación es disponible, y ésta es la que se traslapa con una de las tres dataciones del cordón #3. Un lapso importante de cuatro o cinco siglos separa aparentemente la formación del cordón #3 y el #3a. Después, dos siglos más habrían transcurrido antes de la construcción del #2. Entre este último y el #1N, parece que transcurrieron cinco siglos. No se descarta la posibilidad que en-

tre el #2 y el #1N se haya formado un cordón intermedio que luego habría sido totalmente erosionado (tomando en cuenta que este espacio inter-cordón es el más ancho de toda la secuencia, Fig. 2). El cordón #1S proveyó una fecha dos siglos más reciente de con respecto al #1N: es posible que el cordón #1, que es morfológicamente distinto a los demás, haya funcionado durante varios siglos. Las dos fechas más recientes de la serie ( $180 \pm 160$  y  $620 \pm 300$  BP) corresponden, una a la línea de conchas 2, y la otra a un asentamiento humano sobre una pequeña duna en la prolongación de la misma línea de conchas 2 (Fig. 3); estos resultados podrían significar que por lo menos desde hace  $\approx 6$  siglos, la línea de costa está localizada al oeste de esta línea de conchas 2.

Con respecto a los datos arqueológicos del área existe una buena coherencia temporal. Según RAVINES (1987), los conchales situados en el borde del tablazo que domina los cordones #8 a #5, fueron ocupados entre 3,150 y 2650 B.P. (fases Paita C y D y Sechura A y B, de LANNING, 1963) y la mayor parte de los asentamientos de la llanura costera de Colán corresponden al período Chimú (750-400 BP, cinco fases del estilo Piura, de LANNING, 1963). La construcción de los cordones de Colán empezó al final del período Precerámico, pero es de notar que los restos arqueológicos son muy escasos en los cordones mismos.

## LOS CORDONES Y EL FENOMENO "EL NIÑO"

### Formación de los cordones

Los cordones litorales de Colán han sido formados, y preservados, por una conjunción de condiciones paleogeográficas, pa-

leoclimáticas y paleoceanográficas favorables. Es precisamente porque esta secuencia da una oportunidad excepcional de reconstituir algunos de estos parámetros climáticos y oceanográficos en el pasado, que se justifica su estudio detallado.

La disposición geométrica y la sedimentología de los cordones indican claramente que la mayor parte del material proviene de un tamo corto del acantilado, al este y noreste de Colán. Es en esta parte del acantilado que mejor afloran los conglomerados que suministran los cantos y donde desemboca una de las muy escasas quebradas que recortan el tablazo (Fig. 2). Una vez acarreados al pie del acantilado, los cantos eran transportados hacia el norte por deriva litoral, repartiéndose a lo largo de las líneas de costas sucesivas. La edificación de los cordones, y su preservación ulterior, implican una dinámica litoral excepcional para el área. La asimetría transversal de los cordones (flanco hacia el mar más empinado que el otro) y la imbricación de los cantos hacia el oeste confirman que olas muy fuertes (de tipo tormenta) empujaban y lanzaban este material grueso hacia la alta playa. Otro factor favorable podría haber sido una ligera subida del nivel marino durante la edificación de los cordones. En algunos casos (cordón #3), se formaban así lagunas temporales detrás de los cordones.

Como los cordones descansan sobre arenas litorales finas que carecen de material grueso, se interpreta que las avenidas de cantos y su acumulación en la zona supratidal, debieron haberse producido durante eventos particulares, de duración relativamente corta. Por otro lado,

la estructura y la estratigrafía de la mayoría de los cordones sugieren que éstos han sido edificados en varios episodios, sin que hasta ahora se pueda determinar los intervalos que separan estos episodios. No se descarta que algunos cordones hayan sido construidos en un solo año, y se contempla la posibilidad que el lapso de formación de los demás cordones haya abarcado varios años.

#### Relaciones con el fenómeno "El Niño"

Actualmente, las únicas precipitaciones capaces de provocar una erosión importante y una movilización de grandes cantidades de cantos ocurren durante los eventos del fenómeno "El Niño". Es probable que en el transcurso de los últimos milenios haya sido igual (ORTLIEB & MACHARÉ, 1990). A nivel oceanográfico, el fenómeno del Niño se caracteriza, en esta región, por una elevación de algunos decímetros del nivel marino y por una mayor ocurrencia de marejadas, fuertes oleajes y tempestades. Así, aparece muy probable una correlación estrecha entre la formación de los cordones y la ocurrencia de eventos intensos del fenómeno "El Niño", de los que han de producirse cada tantos siglos.

Ninguna comprobación de esta interpretación puede hacerse a la luz de eventos recientes (o futuros) del Niño, ya que durante los últimos siglos, la progradación litoral ha alejado demasiado la línea de costa del acantilado. En el extremo sur de la bahía, donde permanece un acantilado vivo, no se pueden formar cordones litorales debido a la orientación de la línea de costa respecto a la dirección de la deriva litoral. Durante el evento "El Niño" de 1983, el mar destruyó el cordón eólico re-

ciente e invadió la llanura de Colán, pero no formó ningún nuevo cordón de cantos.

#### CONCLUSION

Los estudios relativos al fenómeno conocido como "El Niño", o "ENSO" (El Niño-Southern Oscillation) tienen mucha trascendencia, no solamente para el Perú que es directamente afectado por sus efectos catastróficos, sino también para una amplia comunidad científica. Se sabe que las anomalías oceanográficas y meteorológicas que caracterizan este fenómeno se hacen sentir en todo el Pacífico, y de manera indirecta en el resto del globo. El evento de 1983 ha despertado un gran interés por los estudios de esta manifestación de las interacciones complejas que existen entre atmósfera, océanos y litósfera. Una de las maneras de abordar el problema consiste en buscar los registros geológicos o paleoclimáticos de tal fenómeno. Este tema de investigación sobre "paleo-El Niño" ha sido seleccionado por el Panel Coordinador sobre "Cambios Globales en el Pasado", del Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP).

La costa noroccidental del Perú es una de las áreas más propicias para investigar huellas de antiguas ocurrencias de este fenómeno (DEVRIES, 1987; QUINN et al., 1987; MACHARÉ et al., 1989; ORTLIEB et al., 1989). La secuencia de cordones litorales de Colán presenta numerosos caracteres que implican diversos fenómenos geodinámicos del tipo de los que acompañan los eventos "El Niño". Las dataciones realizadas sobre estos cordones sugieren una frecuencia de dichos eventos que varía de uno a cuatro siglos. Consecuentemente, los fenómenos "El Niño" que habrían sido registrados en Colán

serían los más intensos en el transcurso de los últimos 3,200 años.

Las investigaciones en curso, en el marco del convenio IGP-ORS-TOM, tienden a precisar la cronología de los mayores eventos "El Niño" en la secuencia de Colán y también en las series de cordones vecinas de Chira y Sechura. Solamente una correlación estrecha entre las fases de edificación de los cordones, en distintas localidades, permitirá establecer firmemente una reconstitución cronológica de los mayores "paleo-El Niño".

#### AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte de un programa científico llevado a cabo en colaboración entre el Instituto Geofísico del Perú y el ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération), dedicado a la evolución paleoclimática reciente y a la búsqueda de registros geológicos del fenómeno El Niño en el noroeste peruano. Los autores agradecen la colaboración científica brindada por M. Servant, L. Martin, J. Guffroy, J.F. Saliège, L. Ruiz y A. Mabres. Las dataciones han sido realizadas gracias al financiamiento del UR 1C del ORSTOM (Programa GEOCIT). Este trabajo es una contribución a los proyectos PICG Nº 274, 252 y 281.

#### REFERENCIAS

CHIGNE CAMPOS N. (1975) "Movimientos de arenas y antiguas líneas de costa en el noroeste peruano": Tesis Bach., Univ. Nac. San Marcos, Lima, 77 p.

DEVRIES T. (1986) "The geology and paleontology of the tablazos in northwest Peru": Ph.D. disert. Ohio State Univ., Columbus,

964p

DEVRIES T. (1987) "A review of geological evidence for ancient El Niño activity in Peru": J. Geophys. Res., 92, C13, 14471-14479.

GROLIER M.J., ERICKSEN G.E., McCAULEY J.F. & MORRIS E.C. (1974) "The desert landforms of Peru, a preliminary photographic atlas": U.S. Geol. Surv. Interagency Rept., Astrogeology, 57, 146 p.

LANNING E.P. (1963) "A ceramic sequence for the Piura and Chira coast, north Peru": Univ. Calif. publ. Archeol. Ethnol., 46, 2, 135-284.

MACHARE J., ORTLIEB L., PERRIER C., VERGNAUD-GRAZZINI C. & WOODMAN R. (1989) "Late Quaternary Global Change studies on the northwestern Peruvian coast": Intern. Symp. Global Change in South America during the Quaternary, Sao Paulo, Abstr. v., 210-212.

ORTLIEB L. & MACHARE J. (1988) "Current research in Peru in relation with IGCP Project 274": Intern. Symp. Theoretical and applied aspects of coastal and shelf evolution, past and future, Amsterdam, Abstr. v., 94-95.

ORTLIEB L., MACHARE J., FOURNIER M. & WOODMAN R. (1989) "Late Holocene beach ridge sequences in northern Peru": did they register the strongest paleo-El Niños? Intern. Symp. Global Change in South America during the Quaternary, Sao Paulo, Abstr. v., 206-209.

ORTLIEB L. & MACHARE J. (1990) "Evolución climática al final del Cuaternario en las regiones costeras del Norte peruano, breve reseña": Bull. Inst. Fr.

Cordones Litorales de Colán

- Et. Andines (sometido en agosto 1989)
- QUINN W.H., NEAL V.T. & ANTUNEZ de MAYOLO S.E. (1987) "El Niño occurrences over the past four and a half centuries": J. Geophys. Res., 92, C13, 14449 - 14462.
- RAVINES R. (1987) "Colán, evidencias arqueológicas": Rev. Museo Nac., Lima, t. XLVIII, 1986-87, 55-79.
- RICHARDSON J.B. (1973) "The pre-ceramic sequence and the Pleistocene and post-Pleistocene climate of the northwest Peru": In Variations in Anthropology, D. Lathrap & J. Douglas, Univ. Illinois Press, Urbana, 199-212.
- RICHARDSON J.B. (1974) "Holocene beach ridges between the Chira River and Punta Pariñas, northwest Peru, and the archeological sequence": Soc. Amer. Archeol., Washington DC mtg (mayo 1974).
- RICHARDSON J.B. (1983) "The Chira beach ridges, sea level change, and the origins of maritime economics on the Peruvian coast": Ann. Carnegie Museum, 52, 265 - 275.
- RICHARDSON J.B. & McCONAUGHY M.A. (1987) "The Holocene beach ridges of the Chira and Piura rivers, northwestern Peru": sea-level, tectonics and El Niño": 51st Ann. Meet. Soc. Amer. Anthropol. (Toronto, 1987).
- ROLLINS H.B., SANDWEISS D.H. & RICHARDSON J.B. (1986) "The birth of El Niño: geoarcheological evidence and implications": Geoarcheology, 1, 3-15.
- 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, 52, 277-298.
- SANDWEISS D.H. (1986) "The beach ridges at Santa, Peru: El Niño, uplift and prehistory": Geoarcheology, 1, 17-28.
- WELLS L.E. (1987) "Paleogeographic control of beach ridge morphology, northern Peru": XII INQUA Congr., Ottawa, abstr. v., 287.
- WELLS L.E. (1988) "Holocene fluvial and shoreline history as a function of human and geologic factors in arid northern Peru": Ph.D. dissert., Stanford Univ., 381 p.
- WELLS L.E. & NOLLER J.S. (1986) "Morphology, formation and implications of Holocene beach ridges in northern coastal Peru": Geol. Soc. Amer. Abstr. Progr., 18, 2, 197.
- WOODMAN R. & POLIA (1974) "Evidencias arqueológica del levantamiento continental al norte del Perú en los últimos 4 mil años": Bol. Soc. Geogr. Lima, 43, 63-66.