

CONSIDERACIONES SOBRE LOS ENDORREISMOS DE LA COSTA NORTE DE PERÚ EN SU RELACIÓN CON EVENTOS DE EL NIÑO

Martín Lillo Carpio

Universidad de Murcia

RESUMEN

La formación en la costa de Perú de lagunas litorales muy posiblemente relacionadas con eventos de El Niño, así como la inundación de vastas extensiones provocadas por dicho fenómeno, suponen cambios ambientales importantes analizados en este trabajo.

Palabras clave: Perú, eventos de El Niño, lagunas litorales, Desierto de Sechura.

SUMMARY

The formation in Perú of coastal lagoons that might be related to «El Niño» events, as well as the flooding of vasts land extensions brought about by them cause important environmental changes which are analysed in this work.

Key words: Perú, events relating to «El Niño», coastal lagoons, Sechura desert.

Dada la importancia que en los últimos años se concede al fenómeno de El Niño, para su mayor difusión considerado responsable de buena parte de los acontecimientos luctuosos del Planeta; parece oportuno realizar algún tipo de reflexión de carácter geomorfológico, cuya base de partida se sitúe en el gozne de las relaciones entre océano y continente. Relaciones fundadas casi exclusivamente en datos atmosféricos e hidrográficos que expresan una variabilidad desconcertante¹. En este trabajo se aborda la cuestión del origen de los cordones litorales situados hoy a mayor altura y más al interior que los que correspon-

Fecha de Recepción: 15 de septiembre de 1999.

* Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Regional. Facultad de Letras. Universidad de Murcia. Campus de la Merced • 30001 MURCIA (España).

1 Entendida la Hidrografía como la parte de la Geografía Física que trata de la descripción de las aguas continentales y oceánicas: mares, lagos y corrientes.

den a las condiciones hidrodinámicas actuales; como si fuera posible ignorar para los últimos 2.000 o 3.000 años los caracteres de margen activo y consiguiente vigencia de fenómenos geodinámicos en las costas de Perú (fig. 1). También se tratan en relación con lo anterior, las peculiaridades de los importantes cambios ambientales provocados por la inundación efímera de amplios sectores de la costa peruana, cuando se producen eventos extraordinarios de El Niño.

La rápida sucesión de episodios cálidos del fenómeno ENSO (El Niño - Oscilación del Sur) acontecida desde 1970 hasta ahora, y las numerosas anomalías climáticas y oceanográficas asociadas, han suscitado la atención y provocando su estudio. Los episodios extraordinarios de 1972-1973 y, sobre todo, el de 1982-1983 fueron momentos claves en la proliferación y globalización de trabajos por parte de científicos de todo el mundo (CAPEL MOLINA, 1999). Los cuales tienen asegurada una larga aceptación, sobre todo si el indiscutible argumento de la mala gestión de los recursos planetarios y sus repercusiones en un cambio climático (detectable según los más avezados), prorroga su forzada relación con la discutida subida del nivel general de los mares.

Mientras se trabaja en el establecimiento de modelos que supongan una hipótesis deductiva a la que puedan ajustarse los datos empíricos, los depósitos litorales correspondientes a niveles marinos distintos del actual, seguirán utilizándose como rudimentario procedimiento a falta de otro mejor, para conocer las variaciones de nivel mar. Para ello y en primer lugar habrá que encontrar los restos conservados de las antiguas playas, intentar reconstruir como fueron los procesos geomorfológicos que las generaron y pos-

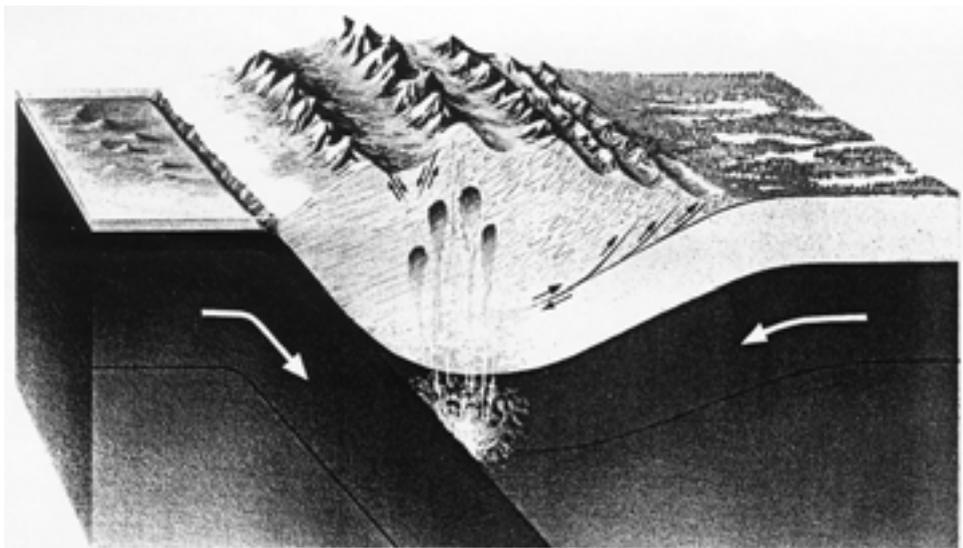


FIGURA 1. Esquema de subducción en los Andes peruanos y unidades de relieve asociadas. De océano a continente: llanura abisal, margen activo (fosa - talud - plataforma), franja costera, cordilleras paralelas y depresión amazónica (modificado de Molnar, 1986, por Durán *et al.*, 1992).

teriormente someter toda esa información a la interpretación estratigráfica y paleoclimática².

En esta línea, el presente estudio tiene como primera finalidad, conocer como se formaron algunos de los depósitos longitudinales existentes en diversos lugares de la costa norte del Perú y que mediatizan las escorrentías de las zonas bajas costeras. A tal fin hay que considerar por un lado los rasgos geomorfológicos y medioambientales de la costa septentrional peruana y por otro los caracteres morfodinámicos asociados a sus condiciones litorales. La segunda finalidad de este trabajo, consiste en precisar las condiciones de marcado arreísmo costero, en su relación con la escasez de lluvias, y como dichas condiciones se tornan en endorréicas cada cierto tiempo de acuerdo con eventos de «El Niño». Así, sectores altimétricamente deprimidos y con dificultades de desagüe hacia el Océano Pacífico, quedan inundados por los aportes de las escorrentías superficiales, dando lugar a extensas lagunas efímeras que, a su vez evolucionan de nuevo por evaporación e infiltración (disminución de nivel y de extensión superficial) hasta las condiciones desérticas de sequedad habitual en que permanecerán hasta un nuevo evento.

1. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO Y MEDIOAMBIENTAL

De las tres unidades de relieve peruanas: Costa, región andina y Amazonía, la primera de ellas y a la que nos referimos, entre los Andes y el Océano Pacífico, supone entre el 8 y el 10% de la superficie total del país y se extiende a modo de estrecha franja que hacia el norte alcanza su máxima anchura (160 kilómetros), en el tablazo o meseta de Paita y Desierto de Sechura. A partir de este lugar, la costa, diseccionada transversalmente por los valles fluviales se va estrechando de norte a sur hasta alcanzar un mínimo de cinco kilómetros hacia Arequipa. Las onduladas llanuras litorales («pampas»), presentan afloramientos rocosos y dunas; estas últimas sobre todo en las pampas de Majes y Victor y en los márgenes de los desiertos arenosos de Sechura y de Ica. El trazado costero, en su mayor parte rectilíneo, se ve interrumpido de manera drástica por la Península de Paracas, la gran Bahía de Sechura y algunas otras más pequeñas. En el perfil litoral alternan los altos acantilados con los llanos de los desiertos y los cabos (morros o puntas) que se adentran en el mar. Como bien es sabido, la vida en la Costa se ha venido concentrando tradicionalmente en los valles alimentados por las corrientes de agua andinas que se abren hacia el Océano Pacífico.

El Desierto de Sechura, en términos generales corresponde al área que hacia el W y S limita con el Océano Pacífico, hacia el N con las tierras de los ríos Chira y Piura y hacia el E por una línea de piedemonte que corresponde aproximadamente al actual trazado de la carretera Panamericana entre Chiclayo y Chulucanas. Exceptuando los adentramientos en el mar al N y al S de la Bahía de Sechura respectivamente y constituidos a base de rocas plutónicas y del Pérmico, el resto del área, con la excepción de los afloramientos pliocenos, está formada sobre todo por materiales del Cuaternario marino (Qplm) que incluye

2 Ver: Butzer, K. (1985): «La estratigrafía del nivel marino en Mallorca en una perspectiva mundial». *En Pleistoceno y Geomorfología litoral. Homenaje a Juan Cuerda*. Universidad de Valencia, Zurich... Palma de Mallorca.

tablazos y terrazas, y del Cuaternario continental (Qc), con depósitos eólicos, aluviales y fluviales (fig. 2).

En cuanto a la región Andina peruana, que tan visiblemente incide en el conjunto de elementos que integran el paisaje costero ya aludido; se destacan en ella dos ámbitos con rasgos fisiográficos específicos. La mitad norte presenta toda la complejidad del conjunto de relieves asociado a cordilleras, altiplanos y valles que desde el nudo orográfico de Loja (situado en territorio ecuatoriano) se diversifica hacia Perú por las cordilleras Negra, Blanca, Central y Oriental que convergen en el Cerro de Pasco (altiplanicie superior a los 4.000 metros). A diferencia de la mitad norte, la mitad sur de la Región Andina, presenta ya a partir del Cerro de Pasco sendas alineaciones correspondientes a las cadenas Occidentales y a las Orientales; entre las que se encuencan los valles longitudinales (Urubamba y Apurímac) y los que surcan las altiplanicies.

De los diversos tipos climáticos que se pueden distinguir en Perú, de acuerdo con la latitud, el relieve y la presencia de la corriente marina de *Humboldt*; la franja costera, correspondiente al dominio desértico subtropical, a pesar de su proximidad al ecuador, debe su marcada aridez a la citada corriente que enfría las masas de aire del alisio procedentes del anticiclón Pacífico Sur y provoca densas nieblas que desprenden una ligerísima llovizna que apenas humedece el suelo, llamada *garúa*. Y es en los meses de Diciembre y Enero, cuando de acuerdo con la incidencia de la corriente marina cálida de El Niño que llega del Norte, suelen producirse las escasas lluvias registradas.

A diferencia de la costa propiamente dicha, las vertientes andinas del Pacífico, presentan sin embargo un clima tropical de montaña, caracterizado por la alternancia de una estación seca invernal y otra húmeda estival (octubre-abril) que entre los 2.500 y 3.500 metros de altitud adquiere caracteres térmicos templados. Por encima de los 4.000 metros dominan ya las condiciones de clima riguroso de la Puna, con bajas temperaturas y fuertes contrastes, y a partir de los 4.800 metros la vida vegetal visible desaparece con la presencia de los glaciares y nieves perpetuas. Cabe destacar que, en la región de la costa, las temperaturas y precipitaciones aumentan hacia el norte, especialmente en aquellos años anómalos en que la cálida corriente ecuatorial o de El Niño desplaza a la corriente fría de Humboldt, lo que provoca las abundantes lluvias torrenciales y subidas de temperatura. Recuerdese como ejemplo que, en Abril de 1983, Lima, Piura y Tumbes registraron durante varias semanas medias de temperatura superiores a 31°, 38° y 40° respectivamente y precipitaciones de 1.949mm en Tumbes (media 166 mm), 2.106 mm en Piura (media 135 mm) y 203mm en Chiclayo (media 23 mm). En Tumbes se anotaron 1.242 mm en mayo, cuando el promedio es tan solo de 377 mm.

Como resultado de tales condiciones de relieve y de clima, los ríos peruanos nacidos en los Andes, siguen en general la dirección de las cordilleras, formando amplios valles longitudinales que contrastan con los escasos y angostos desfiladeros transversales. A la vertiente *pacífica* corresponde un total de 52 ríos que drenan una superficie aproximada de 297.690 kilómetros cuadrados y exceptuando los más importantes como son el Piura, el Santa y en la mitad meridional del país el Victor, los demás ríos suelen caracterizarse por su escasa longitud. De corto recorrido pero fuerte pendiente, registran el máximo caudal en época de lluvias y sólo los más importantes cuentan con agua todo el año, de acuerdo con el régimen de alimentación glacio-nivo-pluvial. El resto de cauces, con un régimen de

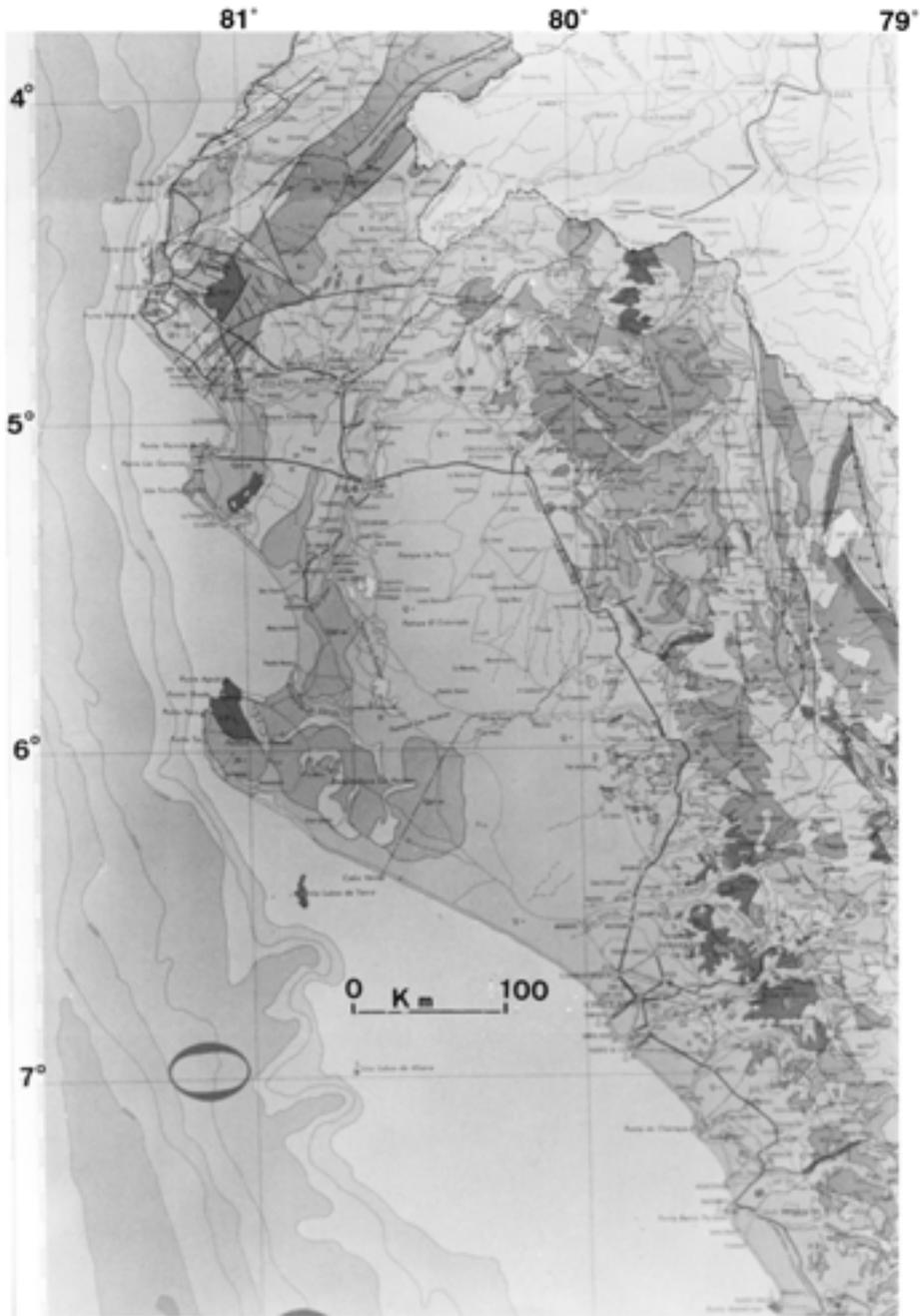


FIGURA 2. Croquis litológico y estructural de la costa norte de Perú que comprende el Desierto de Sechura y territorios circundantes (Del Mapa Geológico del Perú, 1975).

abastecimiento torrencial, permanecen secos a veces durante más de dos años, por falta de precipitaciones, o porque sus aguas se infiltran, evaporan o utilizan para la agricultura. El Río Santa (370 kilómetros de longitud) con un curso alto que discurre entre las cordilleras Blanca y Negra, es el mayor de todos estos ríos.

La plataforma continental peruana, como prolongación de la franja costera, se presenta muy estrecha al norte del país (3 kilómetros frente a Punta Fariña); se ensancha progresivamente desde punta Tur e Isla Lobos de Fuera, y alcanza los 140 kilómetros de anchura frente a Cimbote; para pasar a decrecer de nuevo hacia el sur (6 kilómetros frente a Atica). Desde la plataforma continental, los cañones submarinos situados frente a las desembocaduras de los ríos, descienden a través del talud, hacia la gran fosa submarina del Perú, que con profundidades de más de 6.000 metros se extiende desde el Departamento de Piura en el norte, hasta la frontera con Chile.

2. CONDICIONES MORFODINÁMICAS EVENTUALES: CORDONES LITORALES Y LAGUNAS EFÍMERAS

Las secuencias de cordones o barras litorales holocenas que se encuentran a lo largo de la costa del Pacífico, entre Negritos y el Río Chira, entre el Chira y Colán, en el sector al noroeste de Sechura, y en la región de Santa, son los más importantes del Perú. Todas estas barras litorales excepto las de Colán que se encuentran al sur de la desembocadura del Río Chira, están situadas al norte de las desembocaduras de los ríos Santa, Piura y del citado Chira, respectivamente y se establecieron al parecer de acuerdo con el sentido N-S de la deriva litoral. La formación de un cordón litoral en Máncora durante El Niño de 1983 y ya estudiado en su día, ayuda a entender la génesis de otras barras litorales menos recientes. Por otro lado, el ejemplo más importante de inundabilidad, lo constituyen en su conjunto las lagunas que se forman sobre el Desierto de Sechura, a partir de extensos aguazales, en los llanos costeros, precisamente donde estos presentan su máxima anchura entre los Andes y el Océano Pacífico (ver figura 2).

2.a. Observaciones sobre la serie de cordones litorales de Colán

En Colán, las barras litorales estudiadas (Ortelieb, Machare, Fournier y Woodman, 1989), se caracterizan por ser más estrechas y bajas que las de los otros lugares citados de la costa peruana y a diferencia de las del Chira y las de Sechura (integradas fundamentalmente por arenas), estas están constituidas esencialmente por cantos que proceden de los conglomerados neógenos que afloran en los inmediatos acantilados del Tablazo de Paita³. En el estudio de referencia, se analizaron precisamente las relaciones genéticas que podrían existir entre los cordones litorales y los eventos de El Niño, precisando que estos son ocho (figs. 3a y 3b) y que miden entre 15 y 50 metros de anchura, entre 1 y 3'5 metros de altura y varios kilómetros de longitud; excepto los más antiguos e interiores (cordón 8 y cordón 7), rebajados en buena parte por la erosión.

3 ORTELIEB, L., MACHARÉ, J., FOURNIER, M. y WOODMAN, R. (1989): La secuencia de cordones litorales de Colán, Piura: Un registro del fenómeno «El Niño» en el Holoceno Superior. *Boletín de la Sociedad Geológica de Perú*. Vol. 80. págs. 107-121.

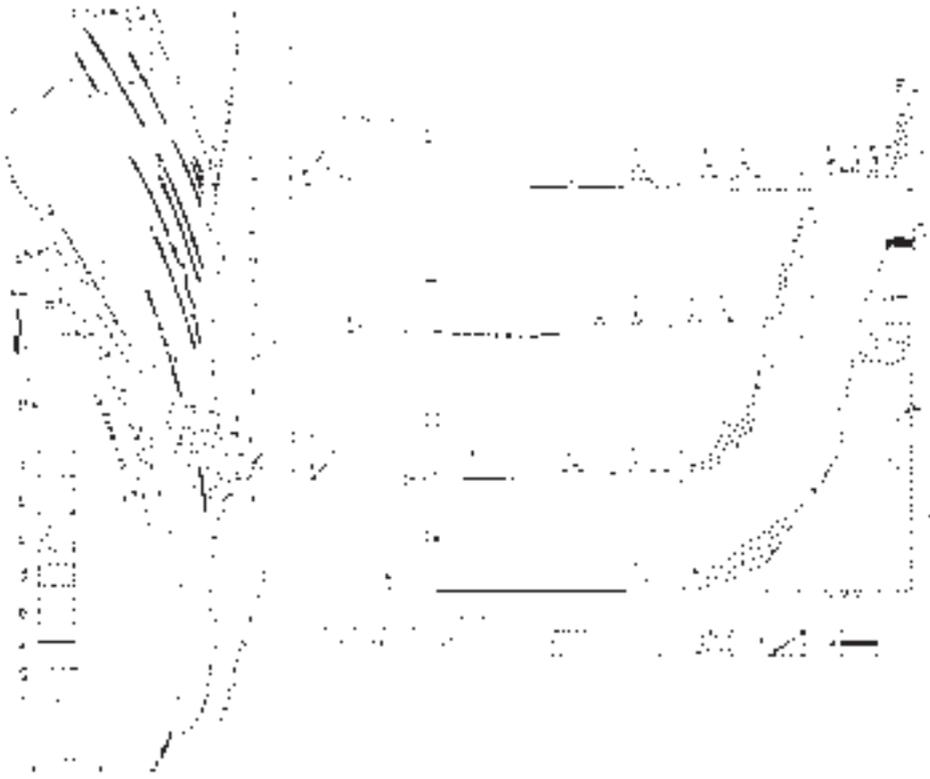


FIGURA 3. (a) Croquis geomorfológico y (b) Secciones de las barras litorales en Colán (de Ortelielb *et al.* 1989).

El contexto geomorfológico del sector considerado, es el propio de un llano litoral, cuya altura varía entre +1'5 y -0'5 metros con respecto al nivel medio del mar y del que lo separa una restinga arenosa funcional. En este llano aparecen los distintos cordones considerados, de manera que entre el cordón 5 y la restinga actual, el espacio comprendido presenta una altura inferior a la de las mareas más altas, por lo cual es susceptible de inundación. La altura algo mayor del llano entre los cordones 5 y 8 parece obedecer simplemente a un relleno, posterior a la instalación de los mismos.

Las capas de cantos sobre arenas que constituyen los cordones litorales, remiten a unas condiciones de fuerte oleaje (efectos de tempestad), capaces de elevar los clastos a la parte alta de la playa, en ocasiones junto a restos de conchas muy rodadas. Dichos cantos presentan además una imbricación que parece indicar una acción del oleaje con *fetch* del SW, transversal a la línea de costa. El cordón 3, presenta dos tramos separados entre sí por una discontinuidad a ambos lados de la cual estos se incurvan hacia el interior; morfología que parece remitir a pretéritas condiciones lagunares tras dicha barra o cordón litoral, en las que los intercambios con el mar se realizarían a través de la citada discontinuidad. El cordón 2, deja de asemejarse a los anteriores por el tamaño inferior de los clastos y la mayor propor-

ción de arena. El cordón 1, es distinto a los demás en varios aspectos: al norte de Colán presenta una forma muy aplanada por estar constituido sobre todo de arena; al sur de Colán contiene más cantos e incluye de abajo a arriba, arena fina, arcilla arenosa, lentejones conglomeráticos con elementos bioclásticos y dos capas de cantos con matriz limoarenosa separadas por un lecho de cantos con matriz de arena bioclástica. Por lo que los autores del trabajo de referencia interpretan que, las unidades con arcilla o limo fueron depositadas durante episodios de inundación, separados en el tiempo por fases de sedimentación litoral o supratidal (tempestades); habiéndose formado también en este caso la barra en varias fases.

La línea de costa de la bahía de Colán corresponde actualmente a la de una restinga arenosa ajustada a las condiciones hidrodinámicas del momento y que se alarga entre el océano y la llanura inundable; con una altura de entre 1 y 4 metros y una pequeña concentración de cantos en la parte alta de la playa hacia el extremo sur de la bahía; donde empiezan los acantilados que se prolongan hacia Paita. Los investigadores que se ocuparon de este ejemplo de Colán, aprovecharon la existencia de conchas marinas incluidas en el sedimento de las distintas barras o cordones, para intentar fechar la génesis de dichas formaciones litorales. A tal fin, para los análisis geocronológicos se escogieron especies que siguen siendo en la actualidad las más comunes en las inmediaciones de la restinga: *Donax peruvianus* y *Tivela hians* y se seleccionaron los ejemplares mejor conservados («los que pudieran haber vivido en la época de la construcción del (de cada) cordón»).

De acuerdo con las dataciones de radiocarbono de las conchas incluidas en los cordones litorales de Colán, estos presentan una cronología que abarca desde el 3200 BP el más antiguo, hasta el 800 BP el más moderno; lo que proporciona al menos una cronología relativa, con intervalos de tiempo entre cordones que varían entre uno y cuatro siglos. Intervalos que se interpretan precisamente como de separación cronológica entre los mayores eventos de El Niño a lo largo del período considerado.

2.b. Observaciones sobre el cordón litoral de Máncora

Máncora (Lat. 40°06S, long. 81°03W) es un pueblo de pescadores situado al sur del abanico aluvial formado por las quebradas Seca y de Fernández (o Máncora) y al norte de un promontorio rocoso por el que desemboca una tercera quebrada llamada Pozo de Cabo Blanco que defiende del oleaje del sur a la bahía que antes de 1983 servía de fondeadero a los botes de pesca (figs. 4A y 4B). Durante las lluvias de 1983 el pueblo estuvo incomunicado por tierra debido a la inundación de las aguas y a la rotura de puentes, siendo el efecto hidrodinámico más llamativo de aquellos días la bajada de las aguas por la Quebrada de Pozoblanco.

El estudio de la génesis de un cordón litoral en Máncora como consecuencia del evento extraordinario de El Niño en 1983 (Woodman y Mabres, 1993), representa tal y como argumentan sus autores, una importante contribución al conocimiento de la génesis de otras formaciones de similares características en la costa norte de Perú y en especial con respecto a las de Colán ya comentadas⁴.

4 WOODMAN, F. & MABRES, A. (1993): Formación de un cordón litoral en Máncora, Perú, a raíz de El Niño de 1983. *Bull. Ins. fr. études. Andines*. 22(1), págs. 213-226.

A tal fin y al no contar con registros pluviométricos de Máncora, los autores remiten a los datos de Zorritos (60 kilómetros al norte), donde las lluvias registradas en 1983 fueron de 3.960 mm; cantidad muy importante si se compara incluso con años de El Niño fuertes, como los de 1939, 1941 y 1943, en los que las precipitaciones totales anuales estuvieron comprendidas entre 300 y 600 mm; si bien durante 1987 con Niño fuerte, la precipitación anual registrada a escasos kilómetros al sur de Zorritos, en Cañaverál, fue de 859 mm.

Durante las lluvias, las quebradas llevaron gran cantidad de rocas y sedimentos que dieron lugar a grandes depósitos frente a sus desembocaduras, incluyendo restos de edificios y obras públicas que en el caso de la Quebrada del Pozo se adentraron unos cincuenta metros en el mar. Sin embargo, donde no se formaron esos depósitos, el mar avanzó, debido a que en los meses de mayor intensidad del evento, su nivel promedio subió hasta los 50 ó 60 centímetros sobre el nivel normal y a que las olas eran mucho mayores que lo habitual. El oleaje que normalmente era del sur y para el cual la bahía presentaba protección, pasó a ser de componente norte como consecuencia de tormentas extraordinarias en el Pacífico Norte y del cambio de régimen de vientos⁵. Hasta finales del mes de junio las



FIGURA 4. Croquis de la costa al norte de Punta Máncora, antes (A) y después (B) de 1983 (de Woodman *et. Mabres* 1993).

5 ENFIELD, D. B. (1989): El Niño, Past and Present *Reviews of Geophysics*, 27, págs.159-187.

lluvias no cesaron en el norte de Perú, permaneciendo también el nivel del mar en cotas por encima de lo normal. La nueva barra o cordón de arena de la restinga formada en 1983, presentaba la cresta a casi a 1'5 metros sobre el nivel del mar en marea alta. Tras la barra quedó una pequeña albufera, resto de un estuario, parte del cual todavía se llenaba y vaciaba con el subir y bajar de la marea. La comunicación con el mar se produce por una gola en el extremo meridional de la barra, delante del punto más cercano a la carretera (fig. 4B). Desde que se retiró el mar, cuando bajaba el agua por la quebrada de Fernández, la albufera aumentaba de tamaño y desaguaba al Océano por Punta Máncora, a menos que el caudal de la quebrada fuese suficiente como para romper el cordón litoral frente a esta.

De acuerdo con todo lo anterior los autores de la investigación realizada sobre el cordón litoral de Máncora pensaron que la sucesión de hechos que habría dado lugar a la configuración costera descrita, sería la siguiente:

- Durante las lluvias de 1983, gran cantidad de sedimentos fue acarreada por las tres quebradas y depositada en las cercanías de las desembocaduras en forma de abanicos aluviales.
- Con posterioridad los sedimentos fueron redistribuidos uniformemente a lo largo de una nueva línea de costa, paralela a la línea de rompiente.
- Como en Máncora la amplitud de oscilación promedio de la marea es relativamente alta (1'40 metros), al bajar la marea, la rompiente erosiona la barra prelitoral y transporta el sedimento a la playa.

Otra posibilidad de explicar la formación de la barra arenosa de Máncora consistiría en aceptar que el nivel promedio del mar hubiese descendido bruscamente, con lo que al bajar los 0'50 metros anómalos de los meses de mayor intensidad del evento, las barras de arena formadas tras la rompiente habrían quedado en seco. La retirada brusca del mar, podría haber provocado el que la restinga surgida tan rápidamente, en realidad correspondiese a la barra de arena sumergida tras la rompiente durante los meses de alto nivel marino.

Pero en cualquier caso el resultado sería parecido, pues se forma un cordón litoral que mediatiza la salida de aguas de la quebrada al mar. La interceptación es efectiva cuando las aguas de esta no poseen gran fuerza ni caudal, de manera que han de discurrir por detrás del nuevo cordón y por delante del anterior a una cota algo por encima del nivel alcanzado por la marea más baja. La quebrada, al dejar de llevar agua en la estación seca, da lugar a que esta franja se convierta en una laguna costera, o en un estuario que se llena y se vacía con el subir y bajar de las mareas. En este caso de Máncora, los investigadores se inclinan más bien por una retirada relativamente lenta y progresiva del alto nivel alcanzado por el mar, de manera que las barras de arena sumergidas constituirán el depósito de los sedimentos que pasaron a acumularse en la playa dando lugar a la restinga.

2.c. La inundabilidad del Desierto de Sechura

Como se ha podido ver en el apartado anterior, la formación de *barras* litorales y lagunas asociadas a las mismas, se ve favorecida en los litorales arenosos, entre otras

condiciones, por la planitud y escasa altitud del área considerada; de manera que la tendencia al endorreísmo, a mayor o menor escala, constituye la nota dominante. Pero además de las lagunas litorales y también en relación con los eventos de El Niño, cabe destacar la importancia de aquellos aguazales, charcas y lagos, a veces coalescentes, que se forman a partir de los aportes de organismos fluviales abastecidos por las fuertes lluvias eventuales. Desde luego el ejemplo más destacado lo constituyen en su conjunto las lagunas que se forman sobre el Desierto de Sechura, con extensas inundaciones de los llanos costeros, precisamente donde estos presentan su máxima anchura entre los Andes y el Océano Pacífico.

Las características de los encharcamientos que cada cierto tiempo se producen en el Desierto de Sechura, a diferencia de lo que sucediera en anteriores eventos, han sido recientemente bien precisadas y dadas a conocer con rapidez por los medios de comunicación. Sirvan como ejemplo de ello los resúmenes incluidos en sendos artículos del *diario* limeño «El Comercio», de 7 de Marzo y de 7 de Abril de 1988 respectivamente, en los que se facilita la información basada en los datos tando de la Dirección de Hidrología del *Senanhi*, como de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En el primero de ellos se recuerda como ya en el evento de 1925, cuando todavía no se habían realizado las obras de derivación de caudales de agua que existen en la actualidad, se formó en el Desierto de Sechura una laguna que fue observada desde el aire por el aviador Faucett, quien la describió como «separada del Océano Pacífico por una angosta faja de terreno» y de dimensiones (60 por 40 kilómetros), que estuvo a punto de desorientarle en su navegación.

A primeros de Marzo de 1998, 73 años después de las observaciones de Faucett, la gran laguna que se formó una vez más en el Desierto de Sechura, podía ser bien observada desde un helicóptero, o incluso acceder a ella con una embarcación deslizante de fondo plano, desde el desierto o desde la carretera Panamericana, a pesar de los desperfectos causados por la lluvia e inundación. La gran laguna de Sechura, conocida ahora como La Niña, es el resultado de la unión de dos lagunas (Ramón y Salinas), situadas a la desembocadura del Río Piura. Pues si bien las obras de derivación de los cauces La Leche, Olmos, Cascajal, y Mórrope, aportan aguas a Salinas, algo parecido sucede en Ramón a partir de las aguas de crecida del Río Piura. La nueva laguna temporal alcanzó los 300 kilómetros de largo por 40 de ancho a principios de Marzo de 1988, con una profundidad en general comprendida entre uno y dos metros y separada del mar por una franja que llegaba a ser de cinco kilómetros de anchura (fig. 5).

Un mes después de la situación anterior, a primeros de Abril de 1998 y mientras continuaban las lluvias, la capacidad de almacenamiento de agua superficial de La Niña y por tanto del Desierto de Sechura, parecía estar al límite de su capacidad (fig. 6). De los tres mil metros cúbicos por segundo de caudal del Río Piura, mil quinientos metros cúbicos por segundo alcanzaban el mar por el estuario del Virrilá (en el croquis correspondiente a la figura 6 se indican solamente $1.000 \text{ m}^3/\text{seg}$); quinientos metros cúbicos por segundo por el *dren* Sechura y mil metros cúbicos por segundo pasaban finalmente a La Niña. Se llegó a temer por tanto el momento en que La Niña, no solo dejase de recibir aportes, sino que empezase a desaguar a su vez hacia el Océano a través del estuario del Virrilá y del *dren* Sechura, con lo que se verían afectados tanto los puentes como los diques que protegen a las localidades de ambos márgenes del Piura.

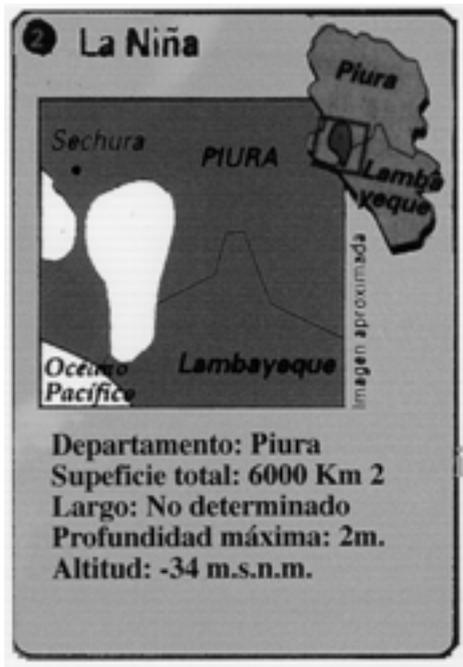


FIGURA 5. Extensión alcanzada por «La Niña» en los primeros días del mes de marzo de 1998 (El Comercio de Lima, 7 de marzo de 1998).



FIGURA 6. Extensión alcanzada por «La Niña» a primeros de Abril de 1998 (El Comercio de Lima, 7 de Abril de 1998).

3. CONCLUSIONES

Una vez analizadas, tanto las condiciones morfodinámicas eventuales que dan lugar a cordones litorales, como la evidente concomitancia de eventos y cambios ambientales en áreas inundadas por aguas de las abundantes lluvias; falta referirnos a los conceptos de régimen anual, régimen interanual y evento y en especial al primero y último de ellos por no haber sido posible, a pesar de los esfuerzos realizados, establecer una periodicidad para los años lluviosos.

Entendido el término *régimen* como «el modo regular o habitual de producirse un fenómeno», cabe referirse en esta ocasión tanto al concepto de régimen de oleaje (variaciones experimentadas por las olas en función de los cambios de tiempo estacionales; como al de régimen hidrográfico (variaciones experimentadas por el caudal de una corriente fluvial en función de los cambios de tiempo estacionales). Ambos tipos de régimen, el primero de ellos más en relación con la génesis de barras litorales y el segundo con la inundación de bajas llanuras costeras, quedan interrumpidos cada vez que se produce un evento. El evento de El Niño, como fenómeno integrado (hidrográfico y climático), por su aperiodicidad (no se produce a intervalos de tiempo determinados), interrumpe no solo los regímenes de oleaje e hidrográfico, sino también todos los órdenes de la vida a través de cambios ambientales en los espacios considerados.

En cuanto a las barras litorales descritas, si prescindimos de los efectos de levantamiento tectónico de los dos o tres últimos milenios en lo que respecta a las formaciones litorales de Colán, cabe esperar que las *barras* situadas a menor altura que la más alta e interior de las mismas, en este caso la n° 8, hayan sido generadas bajo condiciones hidrodinámicas de menor energía y altura de nivel del mar que la citada n° 8. Como todas y cada una de las *barras* relictas conservadas debe ser resultado de fenómenos de similar naturaleza aunque distinta intensidad, podríamos considerar que la morfología del sector expresa en forma de antiguos cordones litorales o *barras* los efectos sobre la costa de distintos eventos de El Niño. El escalonamiento de dichas formas de acumulación litoral (de las más altas, antiguas e interiores a las más bajas, modernas y externas), podría inducir a considerar que los eventos que han dado lugar a las *barras* que todavía se conservan en el sector de Colán, han sido desde hace unos 3.000 años cada vez menos intensos. Pero lo anterior no quiere decir que los fenómenos «El Niño» hayan sido progresivamente menos intensos cuanto más recientes, pues el «criterio altimétrico» que relaciona altura con antigüedad y que en este caso parece verse corroborado para los últimos 3.000 años por las dataciones absolutas, debe precisarse en su alcance y significado. La matización a efectuar consiste en tener bien presente que la serie de *barras* conservadas escalonadamente en el área de Colán, puede y debe ser solo una parte de las que a lo largo de los últimos 3.000 años se fueron formando en ese sector, de acuerdo con procesos eventuales de «destrucción-edificación» de cordones litorales asociados a los efectos de El Niño. Son las que deben corresponder a eventos cuyos efectos en ese preciso lugar no han sido superados por otros posteriores, porque los efectos de todo evento que superen a los de otros anteriores, primero dan lugar a la destrucción total o parcial de los depósitos existentes y después a la formación de otros nuevos. Se explica la evidencia de que la antigüedad y altura de las *barras* decrezca desde la tierra al mar, porque el número total de cordones no se con-

serva; sin tener que llevar a suponer que eventos de El Niño hayan tenido que producirse en orden de importancia decreciente. También hay que tener en cuenta que, los nuevos cordones pueden englobar materiales de los anteriormente destruidos, lo que plantea serios problemas en cuanto a las dataciones radiométricas (mayores edades que las reales del depósito) o al menos resta precisión a la cronología obtenida.

En cuanto a las condiciones hidrodinámicas, cabría destacar para cada sector considerado la importancia de la orientación y exposición al oleaje y de las corrientes adjuntas, pero teniendo en cuenta que si de acuerdo con los efectos de un evento, o de sucesivos eventos se produce el relleno de un amplio ángulo entrante de la costa, esta puede llegar a regularizarse de tal forma que, vaya dejando de ofrecer, poco a poco o rápidamente, el trazado susceptible de ser cerrado por una barra o colmatado por sedimentos; de manera que si se produce un nuevo evento, por importante que este sea, no se formará ninguna nueva barra. Todo ello de acuerdo con la dispersión de energía y abandono consiguiente de materiales, expresado por la divergencia de ortogonales a las crestas de oleaje en las concavidades de los golfos o ensenadas.

Visto que las barras litorales conservadas no son todas las que se fueron formando a lo largo del tiempo y prescindiendo de la distinta resistencia a la erosión que presenten de los movimientos orogénicos o epirogénicos responsables de que puedan presentarse hoy a mayor altura de la que se formaron, y de que una costa pueda o no presentar el trazado idóneo para que se sigan formando cordones litorales; se puede intentar establecer una aproximación al problema planteado de la eventualidad.

De acuerdo con el desarrollo de los procesos geomorfológicos litorales y a fin de ajustarlos a un modelo teórico que también pudiera hacerse parcialmente extensivo a las bajas llanuras costeras inundables, tendríamos:

Régimen habitual. Fenómenos continuos (secuencias continuas). Reajustes incesantes de las *barras* litorales a las condiciones hidrodinámicas. Valores normales de la temperatura, evaporación, precipitaciones, nivel del mar y dinámica litoral.

Eventos. Fenómenos discontinuos (secuencias discretas). Destrucción/Construcción de *barras* litorales y formación de lagunas sobre áreas anteriormente emergidas. Inundación de áreas costeras. Valores más altos de la temperatura, evaporación, precipitaciones, nivel del mar y dinámica litoral.

Por otra parte, los cambios provocados por El Niño en el área de Sechura, como se ha podido ver, son enormes a partir de que una gran extensión de terreno pasa de estar bajo condiciones subáreas a condiciones subacuáticas durante una larga temporada. El carácter de laguna efímera de La Niña le viene impuesto por el nivel de evaporación de las aguas (considerado de unos dos metros por año) y por la propia infiltración; por lo que antes de un año el área pasa de nuevo a quedar totalmente seca. Al desecarse La Niña (índice de evaporación de 0'5 a 0'6mm por día), de acuerdo también con un incremento de las temperaturas de 5 a 6 grados por encima de lo normal hasta finalizar 1998, quedó una capa de limo, rico en nutrientes que hace más fértiles los suelos. Esta situación pudo aprovecharse para sembrar de inmediato algunas especies vegetales de corta duración, como *pallar*⁶ o *fríjoles*, tan pronto va secándose el agua de la laguna. Dado que la agricultura de

6 Planta de la judía del Perú, gruesa como un haba, casi redonda y muy blanca.

la zona se abastece de agua subterránea, este evento supondrá un aumento de las reservas de agua que podría ser utilizada para contrarrestar los efectos de la sequía habitual y poder realizar una siembra intensiva de *maracuyá* y de *papaya*, cultivos típicos de este sector. También se pudo iniciar una campaña de arborización con especies resistentes como el *algarrobo*, pues estos árboles se benefician tanto de los nutrientes como del agua infiltrada y después extraída mediante pozos. Y por último, la efímera laguna, en si misma, pudo ser utilizada para la cría temporal de peces como la *liza*.

Se debe concluir diciendo que, en el momento actual los climatólogos y oceanógrafos se esfuerzan en comprender el funcionamiento global de un proceso atmosférico e hidrográfico que se produce con aperiodicidad en aquellos años en los que se invierte el sistema de presiones atmosféricas en el Pacífico ecuatorial. De manera que aunque el fenómeno sólo afecte a una quinta parte de la circunferencia planetaria, llega a modificar el tiempo atmosférico en todo el Planeta.

En la mayoría de los años el clima del Pacífico se puede encuadrar en un modelo que a su vez posibilita las predicciones, pero cada cierto tiempo y coincidiendo con la inversión del sistema de presiones, se desarrollan una serie de fenómenos meteorológicos y oceanográficos que, al menos por ahora, escapan a la modelización. Uno de los fenómenos más conocidos y divulgado es precisamente este de El Niño que afecta de forma intensa a la árida región noroccidental de Perú, incidiendo en la génesis de cordones litorales como como los de Colán o Máncora y dando lugar a inundaciones como las del Desierto de Sechura.

BIBLIOGRAFÍA

- CAPEL MOLINA, J. J. (1999): *El Niño y el sistema climático terrestre*. Ariel Geografía. Barcelona.
- ENFIELD, D. B. (1989): El Niño, Past and Present. *Reviews of Geophysics*, 27, págs. 159-187.
- ORTELIEB, L., MACHARÉ, J., FOURNIER, M. & WOODMAN, R. (1989): La secuencia de cordones litorales de Colán, Piura: Un registro del fenómeno «El Niño» en el Holoceno Superior. *Boletín de la Sociedad Geológica de Perú*, Vol. 80, págs. 107-121.
- QUINN, W. H., NEAL, V. T. & ANTÚNEZ DE MAYOLO, S. E. (1987): El Niño occurrences over the past four and a half centuries. *J. Geophys. Res.*, 92, C13. págs. 14449-14462.
- RICHARDSON, J. B. (1983): The Chira beach ridges, sea level change, and the origins of maritime economics on the Peruvian coast. *Annals Carnegie Museum*, 52. págs. 265-275.
- RICHARDSON, J. B. & MCCONAUGHY, M. A. (1987): The Holocene beach ridges of the Chira and Piura rivers, northwestern Perú: Sea level tectonics and El Niño, 51 st Annual Meeting of Society of American Anthropology, Toronto.
- SANDWEISS, D. H. (1986): The beach ridges at Santa, Perú: El Niño uplift and prehistory. *Geoarcheology*, 1. págs. 17-28.
- WOODMAN, R. & POLIA, R. (1974): Evidencias arqueológicas del levantamiento continental al norte de Perú en los últimos 4 mil años. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 43. Págs. 63-66.

- 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*. Págs. 301-332, Lima CONCYTEC.
- WOODMAN, R. & MABRES, A. (1993): Formación de un cordón litoral en Máncora, Perú a raíz de El Niño de 1983. *Bull. Ins. fr. études Andines*. 22(1). págs. 213-226.