

# OCURRENCIA DE *Chione broggi* (Pilsbry & Olsson, 1943) (PELECYPODA) EN DEPOSITOS LITORALES CUATERNARIOS DEL SUR DEL PERU: IMPLICACIONES PALEOCEANOGRAFICAS

Luc ORTLIEB<sup>1</sup>, Thomas DEVRIES<sup>2</sup>, Amanda DIAZ<sup>1,3</sup>

1. Mission ORSTOM au Pérou (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération),  
Apartado 18-1209, Lima 18

2. Department of Geological Sciences, University of South Carolina, Columbia, SC 29208, EE.UU.

3. Laboratorio de Paleobiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Apartado 138, Lima 18.

Algunas especies de moluscos de la Provincia Panameña y de la Zona de Transición de Paíta, en particular el bivalvo *Chione broggi* (Pilsbry & Olsson, 1943), han sido colectados en depósitos costeros cuaternarios del Perú central y meridional. Se muestra que la presencia de estos fósiles mucho más al sur de su área de distribución actual no significa que las condiciones oceanográficas eran distintas a las actuales, y tampoco implica que la temperatura del mar durante los dos últimos interglaciales fue superior a la actual. Pero se infiere que anomalías oceanográficas, posiblemente de corta duración, de tipo El Niño, podrían haber existido al final del Pleistoceno medio y en el Pleistoceno superior.

## INTRODUCCION

### Los "TAMA": anomalías biogeográficas y paleoceanográficas

La presencia de conchas fósiles que pertenecen a especies de ambientes relativamente cálidos en conjuntos de fauna de aguas frías constituye un problema paleontológico y paleoclimático que no ha sido totalmente resuelto. A este tipo de asociaciones anómalas de fósiles de ambientes cálido y frío, a menudo observado en depósitos de terrazas marinas, se le ha dado el nombre de "TAMA": "thermally anomalous molluscan assemblages" (= asociaciones térmicamente anómalas de moluscos) (Valentine, 1965; Zinsmeister, 1974). Desde hace más de un siglo, se ha investigado extensivamente este tema, en particular en las costas de California y de Baja California, México (Carpenter, 1866; Smith, 1919; Woodring et al., 1946; Valentine, 1955, 1961; Woodring, 1957; Valentine & Meade, 1961; Valentine & Emerson, 1961; Addicott, 1966; Kern, 1971; Zinsmeister, 1974; Killingley & Berger, 1979; Emerson, 1980): De esta larga discusión, se ha podido concluir que:

- los "TAMA" caracterizan las regiones cercanas a límites biogeográficos, y más precisamente las zonas de aguas relativamente frías no muy alejadas de las zonas tropicales;

- la existencia de "TAMA" ha sido favorecida en algunos episodios interglaciales del Pleistoceno superior y medio, notablemente durante el máximo del último interglacial, cuando la temperatura del mar fue ligeramente superior a la actual;

- más allá que una simple diferencia de temperatura media del mar, los "TAMA" reflejan cambios complejos, y de duración variable, en el sistema de circulación oceánica de las zonas costeras, lo que involucra variaciones en la intensidad y la dirección de corrientes litorales, modificaciones en los sistemas de upwelling (surgencias), cambios en la disponibilidad de nutrientes, en la estructura de la cadena trófica, etc.

En la mayoría de los casos estudiados en California finalmente, los "TAMA" indican la juxtaposición de ambientes tales como bahías protegidas, que permitían el desarrollo de faunas más "cálidas", y zonas litorales expuestas, donde vivían

21 OCT. 1991

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 34.822 ex 1

Cote : B p69 M

especies normalmente "frías". En otros casos, el concepto de "TAMA" se aplica a la ocurrencia excepcional de unos cuantos individuos de una o varias especies muy alejados de sus límites biogeográficos usuales, lo que sugiere la intervención de un fenómeno estrictamente accidental y anormal, como pueden ser los eventos El Niño más intensos que se conocen hoy día.

Las condiciones oceanográficas que permiten el traslado de los individuos fuera de su área de distribución normal son todavía mal conocidas. El hecho de que la gran mayoría (85%, según Thorson, 1950) de los moluscos marinos tropicales tengan una fase larval de tipo pelágico facilita a priori su dispersión geográfica potencial. Las condiciones que permitirían a las larvas desarrollarse lejos de su ambiente normal podrían estar relacionadas con los profundos trastornos oceanográficos que provoca la anomalía El Niño. Se sabe que, actualmente, este fenómeno oceanológico-climático llega a modificar profundamente algunos parámetros oceanográficos en todas las costas del continente americano, y tiene múltiples consecuencias biológicas (Barber & Chavez, 1983; Arntz, 1986). Sin embargo, queda todavía por establecer firmemente si existió el fenómeno El Niño durante el Pleistoceno, y en este caso, cuáles fueron sus características respecto a los eventos documentados en el Holoceno (DeVries, 1987; Quinn et al., 1987; Macharé & Ortlieb, 1990).

#### El "TAMA" holoceno de Santa

En el Perú, se ha hablado de "TAMA" para algunos depósitos litorales holocenos, en particular en la región de Santa (Sandweiss et al., 1983; Rollins et al. 1981, 1986; Wells, 1988; DeVries & Wells, 1990). Una fauna característica de aguas relativamente cálidas, que actualmente vive al norte de los 6°S, se desarrolló en una laguna cerrada detrás de un gran cordón litoral, entre 6 500 y 4 300 años BP. Esta asociación faunística fósil incluyó entre otras especies: *Chione broggi* (Pilsbry y Olsson), *Cerithium stercusmuscarum* Valenciennes, *Cerithidea valida* (C.B. Adams), *Ostrea palmula* (Carpenter), y *Protothaca asperrima* (Sowerby). Estas especies pertenecen a la Provincia Panameña y a la Zona de Transición de Paita (Olsson, 1961). Coetáneamente existía, del otro lado del cordón litoral y en todas las áreas vecinas, una fauna de aguas frías idéntica a la que se encuentra hoy día (DeVries & Wells, 1990). Algu-

nos autores habían interpretado que por ser de tipo "cálido" (refiriéndose al conjunto de la paleo-laguna), la fauna subfósil de Santa indicaba condiciones oceanográficas distintas a las actuales, e inclusive habían sugerido que hace unos 5 000 años el límite biogeográfico entre las Provincias Panameña y Peruana podía haber estado 500 km más al sur de su posición actual (Sandweiss et al., 1983; Rollins et al., 1986). Recientemente, quedó establecido que la presencia de las especies "cálidas" se debía esencialmente a las condiciones paleogeográficas particularmente favorables (poca profundidad, aislamiento de los efectos de las corrientes frías y de los fenómenos de "upwelling", recalentamiento solar del cuerpo de agua), las que no implicaban ningún cambio térmico en el océano abierto (DeVries & Wells, 1990). Un estudio de geoquímica isotópica en curso busca precisar la variación de los rangos de temperaturas de las aguas del mar abierto en el transcurso de los últimos 7 000 años, así como en la laguna litoral entre 6500 y 4300 BP (Perrier et al., 1990, en prep.).

Todavía no ha sido claramente determinado cómo se inició la formación de esta asociación de fauna "cálida" en la laguna de Santa, y bajo qué condiciones llegaron los primeros individuos. Se infiere que el fenómeno El Niño siendo la mayor anomalía oceanográfica que afecta a la costa norperuana, ha permitido, de una manera u otra, el transporte de larvas desde los 6°S hasta los 8°30'S (DeVries, 1986; Ortlieb et al., 1989; Macharé & Ortlieb, 1990; DeVries & Wells, 1990; Perrier et al., en prep.). Una vez instalada en un ambiente propicio y protegido, la comunidad parece haberse perpetuado durante unos dos mil años. Es probable que la supervivencia de estas especies "cálidas" fuera de su área de distribución normal haya sido facilitada por condiciones climáticas favorables (Ortlieb & Macharé, 1989).

La ausencia de terrazas marinas emergidas en la región de Santa, como en el resto de la costa entre 7° y 14°S (DeVries, 1986; Ortlieb & Macharé, 1990), nos priva de información acerca de las eventuales anomalías paleoecológicas y paleoceanográficas ocurridas durante el resto del Cuaternario en esta región.

Las variaciones de la composición de la fauna litoral en el Pleistoceno, y sus consecuencias paleoecológicas y paleoclimáticas, tienen que estudiarse más al sur, a partir de la latitud de Pisco.

## OCURRENCIAS DE *Chione broggi* EN DEPOSITOS CUATERNARIOS

Uno de los principales fósiles de aguas cálidas que son susceptibles de encontrarse en depósitos litorales cuaternarios al sur de los 6°S, es *Chione broggi*. Veamos si las ocurrencias de esta especie en depósitos de terrazas marinas corresponden al concepto de "TAMA", y qué significado paleoceanográfico podrían tener.

### *Chione broggi*

*Chione broggi*, es un pelecípodo (Veneridae) cuya posición taxonómica no ha sido bien establecida, siendo muy parecido a *Chione subrugosa*, Wood. No se descarta que esta especie constituya una variedad geográfica de *Chione subrugosa*, pero por el momento lo trataremos aquí como una especie aparte.

A nivel de habitat, *Chione broggi* es un bivalvo filtrador que forma parte de la infauna en substrato de arena fina y limos, en ambientes protegidos de aguas tranquilas y someras.

Actualmente, su área de distribución es muy reducida, ya que parece extenderse entre Cabo Blanco (4°15'S) y Bahía de Sechura (5°45'S). En términos biogeográficos, se considera como perteneciente a la Zona de Transición de Paita (Olsson, 1961), intermedia entre la Provincia Panameña (norte de Cabo Blanco) y la Provincia Peruana (sur de Bayovar): por lo tanto no es una especie propiamente "panameña".

*Chione broggi* fue particularmente abundante en lagunas litorales y en bahías poco profundas, las cuales eran muy extensas y numerosas hace unos milenios en la región costera entre Talara y Lambayeque. Grandes cantidades de sub-fósiles se observan en particular en la subsuperficie de algunas zonas deprimidas del Desierto de Sechura (estuario de Virrilá, Depresión de Ñamuc) y en llanuras litorales (Reventazón). También se encuentra, aunque en cantidades menores, en los tablazos (terrazas marinas) del norte del Perú (DeVries, 1986, 1988).

### Localidades pleistocenas con *Chione broggi*

La presencia aparentemente anómala de *Chione broggi* ha sido señalada anteriormente en escasas

localidades pleistocenas de la costa sur del Perú, específicamente en San Juan Marcona (15°20'S) y al oeste de Sacaco (15°30'S) (DeVries, 1986; DeVries & Wells, 1990). Se confirma aquí la existencia de esta especie en depósitos al sureste de Lomas (=oeste de Sacaco), y se reporta su presencia en, por lo menos, dos depósitos pleistocenos de la región de Ilo (17°40'S): en la gran terraza marina situada a +20/25 m de altura, conocida como "Pampa del Palo" (Narvaez, 1964), y en depósitos litorales más antiguos, ubicados a +60 y +70 m de altura inmediatamente al noreste de la anterior (Fig. 1).

La amplia terraza de ca. +40 m de altura que se extiende al sureste de Lomas, como los depósitos que cubren la Pampa del Palo, y la terraza baja (+30 m) localizada al norte de la aeropista de San Juan-Marcona pueden ser atribuidas al Pleistoceno superior. Las dos primeras localidades han sido correlacionadas con el máximo de la transgresión del último interglaciar (estadio isotópico 5e de la cronoestratigrafía isotópica) (Ortlieb et al., 1990; Goy et al., 1990; Ortlieb & Macharé, en prensa). En el caso de la localidad de San Juan-Marcona, existe una pequeña incertidumbre, ya que Hsu (1988a, 1988b; Hsu et al., 1989) interpreta que la terraza corresponde al estadio isotópico 5e (aminozona IIa) mientras que Ortlieb & Macharé (en prensa) la atribuyen a un subestadio posterior (5a o 5c). En todo caso, el número extremadamente reducido de ejemplares muestreados por uno de los autores (T.D.) puede hacer pensar que estos individuos han sido removilizados del depósito anterior (el cual pertenece igualmente al Pleistoceno superior).

Las dos localidades situadas a +60 y +70 m de altura arriba de Pampa del Palo son consideradas del final del Pleistoceno medio, en base a argumentos geomorfológicos y geocronológicos (Ortlieb et al., 1990, en prep.; Goy et al., 1990).

En estas distintas localidades pleistocenas, *Chione broggi* está asociado a conjuntos de fauna casi exclusivamente de la Provincia Peruana (Tabla 1). En algunos casos, *Chione broggi* coexiste con ejemplares de *Cerithium stercusmuscarum* (especie panameña). Pero en ninguna localidad estos representantes de aguas relativamente "cálidas" son muy numerosos (< 1%). Un análisis más detallado de la composición de la fauna en cada localidad confirma que la presencia de *Chione broggi*, así como la de

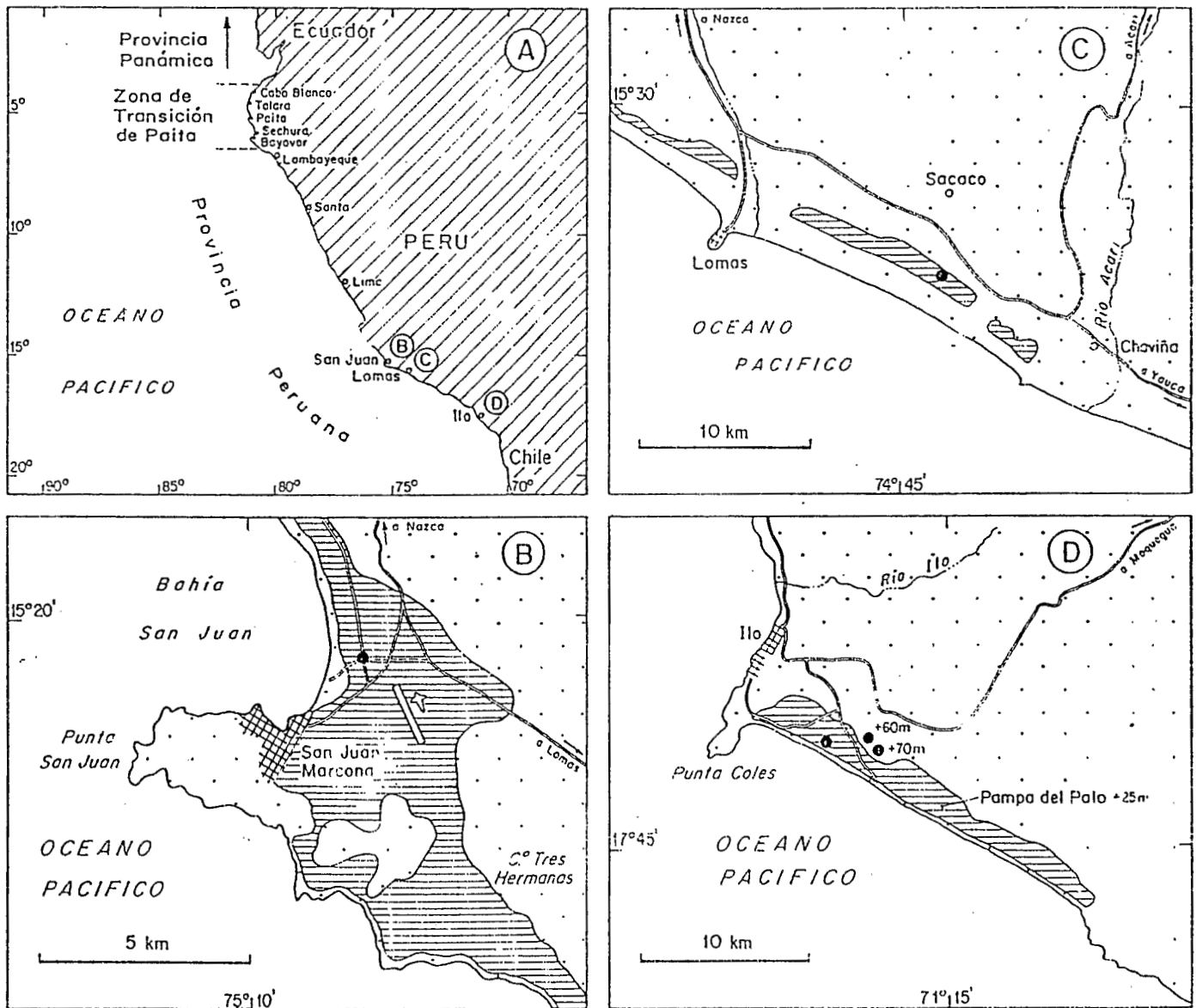
*Cerithium stercusmucarum*, corresponde a anomalías biogeográficas (Tabla 1).

### Paleoambientes litorales

#### Pleistoceno superior

La fauna colectada en las terrazas del Pleistoceno superior (San Juan-Marcona, SE de Lomas, y

Pampa del Palo) presenta una gran similitud con la fauna actual de las mismas áreas, con la sola excepción de *Chione broggi* y de *Cerithium stercusmucarum* (Tabla 1). Por consiguiente, se considera que las condiciones oceanográficas litorales en las tres localidades eran muy similares a las actuales. Los habitats reconstituídos en base a las especies colectadas abarcan desde fondos arenofangosos hasta zonas rocosas y pedregosas (con una predominancia



**Figura 1.-** Localización de los muestreos de *Chione broggi* (pelecípodo actualmente limitado a la Zona de Transición de Paita) en las únicas terrazas pleistocenas de la costa sur del Perú. A: Mapa de ubicación, con indicación de las tres provincias biogeográficas mencionadas para los moluscos; B: Área de San Juan-Marcona; C: Área de Lomas; D: Área de Ilo. Las zonas rayadas figuran los remanentes de terrazas marinas atribuidos al último período interglacial (Pleistoceno superior).

Tabla 1.- composición de la fauna colectada en los depósitos de terrazas marinas pleistocenas de la costa sur-peruana donde se ha encontrado fósiles de *Chione broggi*, y comparación con la fauna actual de las mismas áreas (recolección L.O., determinaciones A.D. t.L.O.). 1: Localidad "puente de la carretera a San Nicolás" (+30 m), Pleistoceno superior. 2: Fauna actual en el área Bahía San Nicolás-Bahía San Juan. 3: Terraza de +40 m al E de Lomas, Pleistoceno superior. 4: Fauna actual en el área Lomas-Peñuelas. 5: Pampa del Palo, capas superficiales (+15/25 m), Pleistoceno superior. 6: Localidad +60 m, NE de Pampa del Palo, Pleistoceno medio. 7: Localidad +70 m, NE de Pampa del Palo, Pleistoceno medio. 8: Fauna actual en el área de Ilo-Ite.

PELECYPODA	SAN JUAN		LOMAS		P. Palo	ILO		
	+30m 1	Actual 2	+40m 3	Actual 4	+20m 5	+60m 6	+70m 7	Actual 8
<i>Ameghinomya antiqua</i> (King)	++	++		+				
<i>Anomia peruviana</i> (Orbigny)					+	+		
<i>Argopecten purpuratus</i> (Lamarck)	+	+		+	+			
<i>Aulacomya ater</i> (Molina)		++		+				++
<i>Brachidontes granulata</i> (Hanley)		+						
<i>Brachidontes semilaevis</i> (Menke)		+						
<i>Cardita spurca</i> Sowerby	+							
<i>Chama pellucida</i> Sowerby		+		+				
<i>Chione broggi</i> (Pilsbry y Olsson)	+		+		++	+++	++	
<i>Choromytilus chorus</i> (Molina)	++	+	+	++	+	+	+	++
<i>Cryptomya californica</i> (Conrad)					++	+		
<i>Cyclinella subquadrata</i> (Hanley)		+						
<i>Donax obesulus</i> (Reeve)					+	+		
<i>Ensis macha</i> (Molina)	+			+	+	+		
<i>Eurhomalea lenticularis</i> (Sowerby)	+++	+	+++	++	++	+++	++	
<i>Eurhomalea rufa</i> (Lamarck)	++		++	++	+++	+		
<i>Gari solida</i> (Gray)		+		++				
<i>Glycymeris ovata</i> (Broderip)	++		++	+	+	+		
<i>Lithophaga peruviana</i> (Orbigny)		+						
<i>Mesodesma donacium</i> (Lamarck)	+		++	+++	+++	++		+++
<i>Mulinia edulis</i> King	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++	
<i>Perumytilus purpuratus</i> (Lamarck)		+						++
<i>Petricola rugosa</i> Sowerby		+			+	+		
<i>Pholas chiloensis</i> Molina	+							
<i>Protothaca thaca</i> (Molina)		+++	+	+++	+++	+		+++
<i>Semele corrugata</i> (Sowerby)		+		+				
<i>Semele solida</i> (Gray)		+		+				
<i>Semimytilus algosus</i> (Gould)	+	+			+			++
<i>Tagelus dombeii</i> (Lamarck)	+	+			++			
<i>Trachycardium procerum</i> (Sowerby)	+				++			
<i>Transennella pannosa</i> (Sowerby)					+	+		
GASTEROPODA								
<i>Aeneator fontainei</i> (Orbigny)		+		+				
<i>Anachis</i> sp.					+			
<i>Acanthina monodon</i> (Solander)	+				+		+	
<i>Bursa ventricosa</i> (Broderip)	+	+						
<i>Calyptiraea trochiformis</i> (Born)	+	+		++	+		+	+++
<i>Cancellaria buccinoides</i> Sowerby					+		+	+
<i>Cerithium stercusmuscarum</i> (Valenciennes)	+					++	+	
<i>Collisella</i> spp.				+				++
<i>Concholepas concholepas</i> (Bruquiere)	+	++		+	+	+		++
<i>Crassilabrum crassilabrum</i> (Sowerby)	+	++						++
<i>Crepidula</i> sp.					+			
<i>Crepidatella dilatata</i> (Lamarck)	+++	++		++	+	+	+	++
<i>Crepidatella dorsata</i> (Broderip)								+
<i>Crucibulum quiriquinae</i> (Lesson)				+				
<i>Diloma nigerrima</i> (Gmelin)		+						
<i>Fissurella</i> sp.					+	+		
<i>Fissurella bridgesi</i> (Reeve)		+		+				+
<i>Fissurella crassa</i> Lamarck								+
<i>Fissurella cumingii</i> (Reeve)					+			
<i>Fissurella latimarginata</i> Sowerby	+	++			+			+
<i>Fissurella limbata</i> Sowerby				+				+
<i>Fissurella maxima</i> Sowerby		+		+				+
<i>Fissurella peruviana</i> Lamarck	+	+		+				++
<i>Littorina peruviana</i> (Lamarck)								++
<i>Mitra orientalis</i> Griffith y Pidgeon				+				
<i>Nassarius dentifer</i> (Powys)	+				+	++	+++	
<i>Nassarius gayi</i> (Kiener)	+				+	+	+	
<i>Olivella</i> sp.					+	+		
<i>Oliva peruviana</i> (Lamarck)	++	+		+	+++	+		++
<i>O. peruviana coniformis</i> Philippi					+		+	+
<i>Polinices</i> cf. <i>P. uber</i> Valenciennes	+				++	+	++	+
<i>Priene rude</i> (Broderip)	+	++			+			+
<i>Priene scabrum</i> (King)	+	+		+				+
<i>Prisogaster niger</i> (Wood)	+	+			+			+
<i>Scurria scurra</i> (Lesson)	+	+			+			+
<i>Scurria viridula</i> (Lamarck)		+						
<i>Sinum cymba</i> (Menke)	+	+		+	+			
<i>Tegula atra</i> (Lesson)	+	++		++	++	+		+++
<i>Tegula euryomphalus</i> (Jonas)	+	+		+	+			
<i>Tegula luctuosa</i> (Orbigny)	++							
<i>Tegula tridentata</i> (Potiez y Michaud)		+		+				
<i>Thais chocolata</i> (Duclos)	+	++		++	+			
<i>Thais haemastoma</i> (Linnaeus)		+		++	++			++
<i>Trophon peruvianus</i> Lamarck	+				+			
<i>Turbo</i> cf. <i>T. fluctuosus</i> Wood						+		
<i>Turritella cingulata</i> Sowerby	+				+		+	
<i>Xanthochorus buxea</i> (Broderip)	+							

+ : Escasos                      ++ : Abundantes                      +++: Muy abundantes

de los primeros) y sugieren un ambiente submareal favorable para los bivalvos infaunales más comunes, como *Eurhomalea* spp., *Mulinia edulis* Wood.

La morfología y la sedimentología de los depósitos que cubren las extensas terrazas marinas aquí consideradas indican que después del máximo de la transgresión correspondiente se formaron bahías relativamente protegidas. En el caso de Pampa del Palo, llegaron a formarse lagunas cerradas, en las cuales se producían evaporaciones periódicas (alterancias de capas de yeso de varios metros de potencia). Se puede suponer entonces que existían, al menos durante algunos lapsos, condiciones paleogeográficas muy favorables para el desarrollo de *Chione broggi*.

#### *Pleistoceno medio*

En las localidades atribuidas al Pleistoceno medio de Ilo (+60/70 m), *Chione broggi* está asociado a un gran número de elementos de fauna peruana pero también a algunas especies panameñas o de la Zona de Transición de Paita como *Cerithium stercusmuscarum* y *Turbo* cf. *fluctuosus*, Wood. Aunque el tipo de depósito en el cual fueron colectados estos últimos fósiles no corresponda típicamente a un ambiente lagunar, se deduce de los datos paleontológicos que existía a proximidad un ambiente lagunamarino protegido.

Este último hallazgo implica que a finales del Pleistoceno medio se formaron también lagunas con aguas suficientemente templadas como para que sobreviviesen algunos representantes de especies nortefías.

En los otros depósitos del Pleistoceno medio muestreados en distintos puntos de la costa surperuana, y en particular en las áreas de San Juan-Marcona, Lomas e Ilo, los autores no han encontrado más ejemplares de *Chione broggi*. Cabe mencionar aún unos individuos de *Chione broggi* encontrados en un depósito correlacionado con el Pleistoceno inferior, a +200 m de altura, cerca de Sacaco (Muizon & DeVries, 1985).

#### CONCLUSION

La presencia de *Chione broggi*, eventualmente en asociación con *Cerithium stercusmuscarum*, está

restringida a unas cuantas localidades pleistocenas. Estos fósiles se hallan solamente en un tipo de ambiente protegido que no ha sido muy común en la costa sur del Perú. Por otro lado, estas ocurrencias pleistocenas se caracterizan por un número muy reducido de individuos, lo que diferencia estas asociaciones de los grandes yacimientos subfósiles del Holoceno de la costa norte (región de Sechura) y central ("TAMA" de Santa) del Perú.

Los contextos faunísticos de las localidades indican sin ambigüedad que las condiciones de temperaturas eran similares a las actuales. Se concluye que la sola presencia de *Chione broggi* (y de *Cerithium stercusmuscarum*, localmente) no es suficiente para indicar que las condiciones térmicas de las aguas costeras eran superiores a las actuales. Los ejemplares de *Chione broggi* muestreados en localidades muy alejadas de su área de distribución actual podrían más bien indicar que se producían, durante los últimos interglaciales, anomalías oceanográficas de duración limitada, de tipo El Niño.

Desde un punto de vista más global, se deduce de este análisis que ha sido bien distinta la evolución de las condiciones paleoceanográficas en los dos límites, norte y sur, de la Provincia Panameña. Durante los últimos interglaciales, las temperaturas costeras, los sistemas de upwelling y las corrientes litorales presentaban una mayor variabilidad en California que a lo largo de las costas del Perú. Esto refleja probablemente una menor variabilidad en las características dinámicas de la Corriente Peruana (=de Humboldt) respecto a la Corriente Californiana y una cierta permanencia del sistema de circulación oceánica en el Pacífico sudoriental.

#### AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido realizado en el marco de un Convenio Científico entre el ORSTOM (UR 1E y 1C) y el Instituto Geofísico del Perú. Los autores agradecen particularmente a J. Macharé su colaboración.

Es una contribución a los Proyectos PICG 274 (Evolución de las costas en el Cuaternario) y 281 (Climas cuaternarios de América del Sur).

#### REFERENCIAS

ADDICOTT, W.O. (1966): "Late Pleistocene marine paleoecology and zoogeography in central California",

- U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 523C, 21 p.
- ARNTZ, W.E. (1986): "The two faces of El Niño 1982-1983", *Meeresforschung*, 31, 1-46.
- BARBER, R.T. & CHAVEZ, F.P. (1983): "Biological consequences of El Niño", *Science*, 222, 1203-1210.
- CARPENTER P.P. (1866) "On the Pleistocene fossils collected by Col E. Jewett at Santa Barbara, California, with description of new species", *Mag. Nat. Hist. Ann. Ser.*, 3 (17), 274-278.
- DEVRIES, T. (1986): "The geology and paleontology of the tablazos in northwest Peru". PhD dissert., Ohio State Univ., Columbus. 964 p.
- DEVRIES T. (1987) "A review of geological evidence for ancient El Niño activity in Peru", *J. Geophys. Res.*, 92 (C-13), 14471-14479.
- DEVRIES, T. (1988): "The geology of late Cenozoic marine terraces (tablazos) in northwestern Peru", *J. South-Amer. Earth Sci.*, 1 (2), 121-136.
- DEVRIES, T.J. & WELLS, L.E. (1990): "Thermally-anomalous Holocene molluscan assemblages from coastal Peru: evidence for paleogeographic, not climatic, change", *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 81, 11-32.
- EMERSON, W.K. (1980): "Invertebrate faunules of Late Pleistocene age with zoogeographic implications, from Turtle Bay, Baja California Sur, Mexico", *Nautilus*, 94 (2), 67-89.
- GOY, J.L.; MACHARE, J.; ORTLIEB, L. & ZAZO, C. (1990): "Neotectonic and Plio-Pleistocene sea level records in southern Peru", *INQUA Neotect. Comm. Bull.*, Stockholm, 12, 72-73.
- HSU, J.T. (1988a): "Emerging Quaternary marine terraces of southern Peru: Sea level changes and continental margin tectonics over the subducting Nazca ridge". PhD. dissert., Cornell Univ., Ithaca, 310 p.
- HSU, J.T. (1988b): "Optional field stops: Quaternary marine terraces", in: Cenozoic geology of the Pisco Basin, R. Dunbar & P. Baker (eds.), Guidebook for the Regional IGCP 156 field workshop (Peru, 1988), 231-238.
- HSU, J.T.; LEONARD, E.M. & WEHMILLER, J.F. (1989): "Aminostratigraphy of Peruvian and Chilean Quaternary marine terraces", *Quatern. Sci. Rev.*, 8, 255-262.
- KERN, J.P. (1971): "Paleoenvironmental analysis of the Late Pleistocene estuary in Southern California", *J. Paleontol.*, 45, 810-823.
- KILLINGLEY, J.S. & BERGER, W.H. (1979): "Stable isotopes in a mollusk shell: detection of upwelling event", *Science*, 205, 186-188.
- MACHARE, J. & ORTLIEB, L. (1990): "Global Change studies in northwestern Peru: a high potential for records of former El Niño events", *Rev. Geofis.* (México), spec. issue on Global Change in South America (Sao Jose meeting, 1990) (en prensa).
- MUIZON de C. & DEVRIES T. (1985) "Geology and paleontology of late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru)", *Geol. Rundsch.*, 74 (3), 547-563.
- NARVAEZ S. (1964) "Geología de los cuadrángulos de Ilo y Locumba", *Bol. Com. Carta Geol. Nac. Perú*, 7, 75 p.
- OLSSON A.A. (1961) "Mollusks of the tropical eastern Pacific, Panamic Pacific Pelecypoda". Paleontol. Res. Inst., Ithaca, New York. 574 p.
- ORTLIEB, L. & MACHARE, J. (1989): "Evolución climática al final del Cuaternario en las regiones costeras del Norte peruano: breve reseña", *Bull. Inst. Franç. Et. Andines*, 18 (2), 143-160.
- ORTLIEB, L.; MACHARE, J.; FOURNIER, M. & WOODMAN, R. (1989): "La secuencia de cordones litorales de Colán, Piura: un registro del fenómeno "El Niño" en el Holoceno superior", *Bol. Soc. Geol. Perú*, 80, 107-121.
- ORTLIEB, L. & MACHARE, J. (1990): "Quaternary marine terraces on the Peruvian coast and recent vertical motions". Intern. Symp. Andean Geodynamics (Grenoble, 1990), Abstr. vol., Colloques & Séminaires, ORSTOM, 95-98
- ORTLIEB, L.; GHALEB, B.; PICHET, P. & HILLAIRE-MARCEL, C. (1990): "Th/U disequilibria and alio/ isoleucine ratios in fossil shells from raised marine terraces of southern Peru: Methodological problems and dating potential", *Geol. Assoc. Canada & Mineral. Assoc. Canada, 1990 Ann. Mtg. (Vancouver, 1990)*, Abstr.vol., A-99.
- ORTLIEB, L. & MACHARE, J. (en prensa) "Geocronología y morfoestratigrafía de terrazas marinas del Pleistoceno superior: El caso de San Juan-Marcona, Perú", *Bol. Soc. Geol. Perú*, 81 (este volumen).
- QUINN, W.H.; NEAL, W.T. & ANTUNEZ de MAYOLO, S.E. (1987) "El Niño occurrences over the past four and a half centuries", *J. Geophys. Res.*, 92 (C-13), 1449-14461.
- PERRIER, C.; HILLAIRE-MARCEL, C. & ORTLIEB, L. (1990): "Stable isotope recording of paleo-El Niño events in mollusk shells from Holocene strandlines in northwestern Peru", *Geol. Assoc. Canada & Mineral. Assoc. Canada, 1990 Ann. Mtg. (Vancouver, 1990)*, Abstr.vol., A-104.
- ROLLINS, H.B.; SANDWEISS, D.H. & RICHARDSON III, J.B. (1981): "A thermally anomalous molluscan assemblage (TAMA) from archeological sites along coastal Peru: Paleocological implications and biostratigraphic utility", *Geol. Soc. Amer. Abst. Progr.*, 13, 540.
- ROLLINS, H.B.; RICHARDSON III, J.B. & SANDWEISS, D.H. (1986): "The birth of El Niño: Geoar-

- cheological evidence and implications", *Geoarcheology*, 1 (1), 3-15.
- SANDWEISS, D.H.; ROLLINS, H.B., y RICHARDSON, J.B. (1983): "Landscape alteration and prehistoric human occupation on the north coast of Peru", *Ann. Carnegie Museum*, 52, 277-298.
- SMITH, J.P. (1919): "Climatic relations of the Tertiary and Quaternary faunas of the California region", *Calif. Acad. Sci. Proc.*, 4th ser., 9, 123-173.
- THORSON, G. (1950): "Reproduction and larval ecology of marine bottom invertebrates", *Biol. Rev.*, 25, 38-45.
- VALENTINE, J.W. (1955): "Upwelling and thermally anomalous Pacific coast Pleistocene molluscan faunas", *Amer. Jour. Sci.*, 253, 462-474.
- VALENTINE, J.W. (1961): "Paleoecologic molluscan geography of the California Pleistocene", *Univ. Calif. Publ., Geol. Sci.*, 34 (7), 309-442.
- VALENTINE, J.W. (1965): "Upwelling and thermally anomalous Pacific Coast Pleistocene molluscan faunas", *Amer. Sci.*, 253, 452-474.
- VALENTINE, J.W. & MEADE, R.F. (1961) "Californian Pleistocene paleotemperatures", *Univ. Calif. Publ., Geol. Sci.*, 40, 1, 46 p.
- VALENTINE, J.W. & EMERSON, W.K. (1961): "Environmental interpretation of Pleistocene marine species, a discussion", *J. Geol.*, 69 (5), 616-618.
- 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.
- WOODRING, W.P. (1957): "Marine Pleistocene of California". In: *Treatise on marine ecology and paleoecology*, v. 2, Paleocology, H.S. Ladd (ed.), *Geol. Soc. Amer. Mem.* 67, 589-598.
- WOODRING, W.P.; BRAMLETTE, M.N. & KEW, W.S.W. (1946): "Geology and paleontology of the Palos Verdes Hills, California", *U.S. Geol. Survey Prof. Paper* 207, 145 p.
- ZINSMEISTER, W. (1974): "A new interpretation of thermally anomalous molluscan assemblages of the California Pleistocene", *J. Paleontol.*, 48 (1), 84-94.