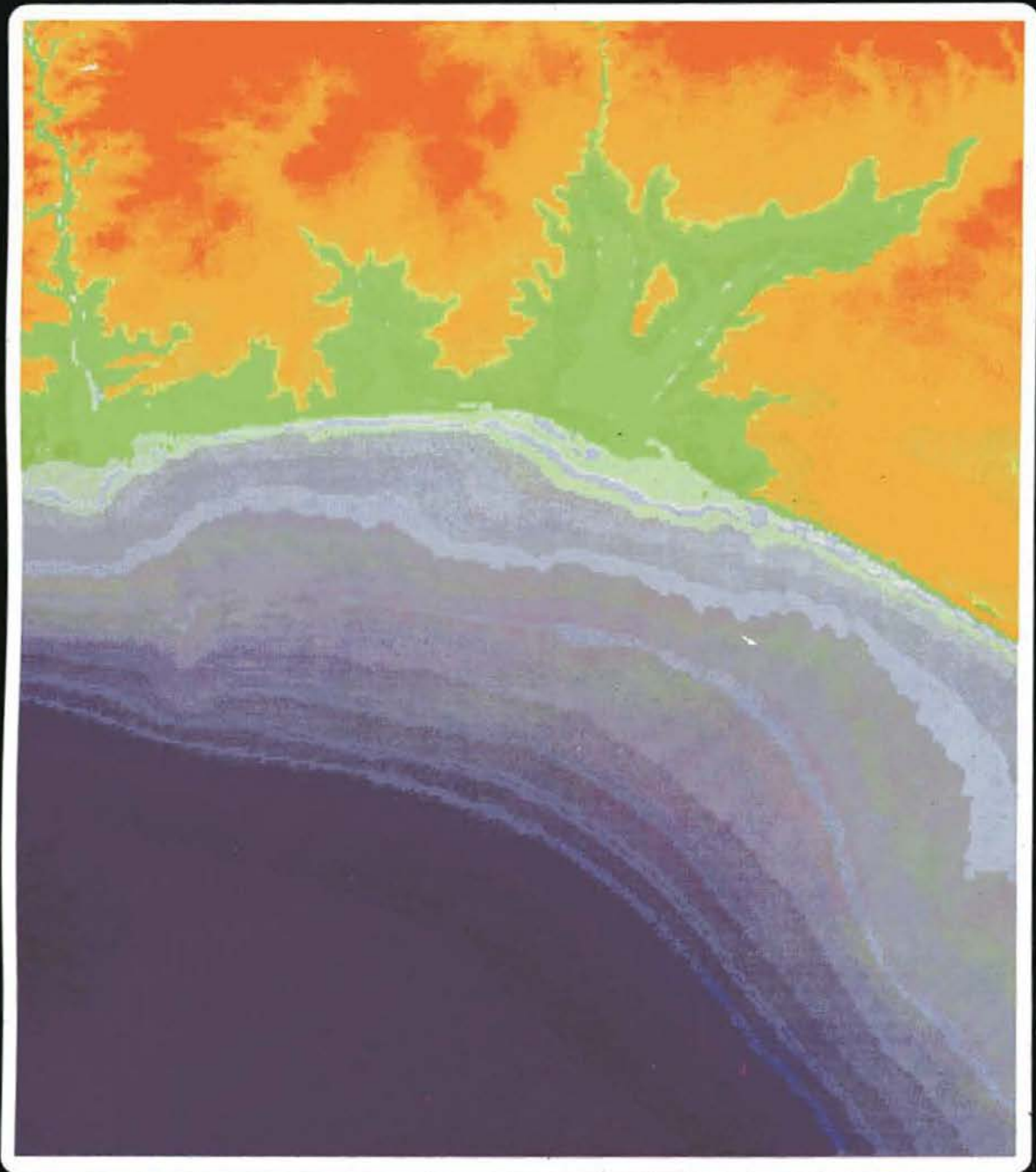




Cuaternario Ibérico



Ed.: J. Rodríguez Vidal

AEQUA, 1997

INSTITUCIONES:

Asociación Española para el Estudio del Cuaternario
Grupo de Trabalho Português para o Estudo do Quaternário
International Quaternary Union (Comité Español)
Universidad de Huelva
Universidad de Sevilla
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía
Consejería de Educación de la Junta de Andalucía
Dirección General de Investigación Científica y Técnica

I.S.B.N.: 84-923053-0-4

Depósito Legal: SE-1729-97

Imprime: Librería Andaluza

Núcleo S. Cristóbal, local 8. 41013 Sevilla.

CUATERNARIO IBÉRICO

Asociación Española para el Estudio del Cuaternario
(AEQUA)

Editor: Joaquín Rodríguez Vidal

Huelva, 1997



El nivel del mar y los interglaciales cuaternarios: Su registro en las costas peninsular e insulares españolas

C. Zazo⁽¹⁾, J. L. Goy⁽²⁾, C. Hillaire-Marcel⁽³⁾, M. Hoyos⁽¹⁾, J. Cuerda⁽⁴⁾,
B. Ghaleb⁽³⁾, T. Bardaji⁽⁵⁾, C. J. Dabrio⁽⁶⁾, J. Lario⁽¹⁾,
P. G. Silva⁽²⁾, A. González⁽²⁾, F. González⁽²⁾ y V. Soler⁽⁷⁾

(1) Dpto. Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), José Gutiérrez Abascal, 2, 28006-Madrid.

(2) Dpto. Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 37008-Salamanca.

(3) GEOTOP, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888 Montréal, Québec H3C 3P8 (Canadá).

(4) Son Morá, Es Molinar, 07007 Palma de Mallorca.

(5) Dpto. Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares.

(6) Dpto. Estratigrafía, Facultad de Geología (U.C.M.), 28040-Madrid.

(7) Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de Canarias (CSIC). 38080 La Laguna (Tenerife).

Resumen

Se realiza un análisis del registro de las altas paradas del nivel del mar durante los períodos interglaciales cuaternarios en las costas peninsulares e insulares españolas. Durante el Pleistoceno inferior se reconocen dos altas paradas del nivel del mar representados por dos terrazas marinas, cuyo contenido faunístico es similar al de los depósitos del Plioceno superior, excepto en el caso de Baleares.

Una terraza marina se desarrolla durante la parte basal del Pleistoceno medio.

Los interglaciales correspondientes al resto del Pleistoceno medio, están bien representados y podrían correlacionarse con los estadios isotópicos 11, 9, y 7; éste último, en algunos sectores privilegiados de la costa, registra la primera migración cuaternaria de fauna cálida (*Strombus bubonius*) que penetra en el Mediterráneo procedente del África atlántica ecuatorial.

Durante el óptimo del Último Interglacial, subpiso isotópico 5e, como mínimo dos highstands son reconocidos en todos los litorales españoles. El Presente Interglacial se caracteriza por presentar variaciones relativas del nivel del mar regidas, fundamentalmente, por cambios en los parámetros climáticos, tales como relación aridez/humedad, a partir del máximo interglacial datado en ca. 6500 yr.BP.

INTRODUCCIÓN

A partir de los años sesenta adquieren un notable desarrollo los estudios oceanográficos y Emiliani (1955, 1966 a,b) diseña la primera curva isotópica basada en las variaciones de la relación $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ($\delta^{18}\text{O}$) registrada en los foraminíferos procedentes de los sondeos

oceánicos profundos. Las oscilaciones de dicha curva sirvieron para definir la escala numérica de los pisos isotópicos; los números pares se asociaron con períodos fríos ó Glaciales y los impares con períodos cálidos ó Interglaciales, con la excepción del 3 que es considerado un "interstadial".

Desde los trabajos de Shackleton y Opdyke (1973, 1976), la cronoestratigrafía del Pleistoceno ha estado estrechamente relacionada con la cronoestratigrafía isotópica, que ha sido enormemente ampliada (Shackleton, 1995, Fig. 1) y revisada para la parte basal del Pleistoceno por Shackleton *et al.*, (1990).

No obstante, el primer artículo que indica la relación entre las variaciones isotópicas del oxígeno, y las variaciones del nivel del mar, es el de Shackleton y Opdyke (1973) en el que señalaban que, "la composición isotópica del oxígeno no es una función lineal del volumen de hielo y, por consiguiente, tampoco del volumen de agua de los océanos, pero sí que puede dar una aproximación global de ambos". Con esta premisa, los autores sugieren un cambio de alrededor de 10 m del nivel global del mar, para un cambio de 0,1 ‰ en el registro isotópico.

Posteriormente, en 1987, Shackleton llega a una serie de conclusiones sobre el posicionamiento del nivel del mar. Según dicho autor, durante los pisos isotópicos interglaciales 7, 13, 15, 17 y 19 el nivel del mar nunca llegó al nivel actual, mientras que durante los pisos isotópicos 1, 9, 11 y subpiso 5e, el nivel del mar fue similar ó superior al actual.

Las cuantificaciones más precisas en cuanto a la posición del nivel del mar, en relación con el nivel actual, se refieren al Último Interglacial (piso isotópico 5). Según Chapell y Shackleton (1986) durante el piso 5e el nivel del mar estuvo 6 m por encima del nivel actual a los ca. 125 Ka. Posteriormente Bard *et al.* (1990, 1993) han sugerido la cifra de 7 m por encima del nivel del mar, para este mismo subpiso (entre los 120-133 Ka).

Durante los subestadios 5c (105 Ka) y 5a (80 Ka) el nivel del mar estaría a pocos metros por debajo del actual según Chapell y Shackleton (1986).

En las áreas consideradas como estables, tales como las Islas Bermudas y las Bahamas, Hearty y Kindler (1995) han diseñado una curva del nivel del mar, en la que se observa como el subpiso 5e está constituido por dos picos mayores que, a su vez, presentan oscilaciones de menor rango. El pico más antiguo se desarrolla entre los 135-128 Ka con un nivel del mar situado a 4 m por encima del nivel actual del mar, y el más reciente (128-123 Ka) con un nivel del mar entre +4 y +2 m con relación al nivel actual. Durante el subestadio 5c (105 Ka) el nivel del mar estaría a -12 m, mientras que durante el subpiso 5a (80 Ka) el mar llega a alcanzar la cota actual.

Por otra parte, Burckle (1993) ha sugerido que durante el piso isotópico 11, la temperatura del agua superficial del mar fue superior a la alcanzada durante el subpiso isotópico 5e.

LOS PROBLEMAS CRONOLÓGICOS EN RELACIÓN CON LOS INTERGLACIALES

Debido a las características de los propios métodos de datación, en general éstos se han aplicado para los depósitos marinos correspondientes a los últimos 300 Ka. Las series del Uranio, con la técnica TIMS (thermal ionization mass spectrometric) son capaces de datar hasta los 350 Ka. Para los depósitos correspondientes a los Interglaciales más antiguos se ha utilizado ESR (Electron Spin Resonance) y AAR (Amino-acid Racemization); para los Interglaciales más recientes el ^{14}C con la técnica AMS (Accelerator mass spectrometric) que puede ser aplicada a los depósitos hasta los últimos 50 Ka.

Un gran número de dataciones se han llevado a cabo utilizando las series del Uranio sobre corales, dado que estos organismos se comportan como sistemas geoquímicos cerrados, sin embargo, dada la escasez de estos organismos en la mayor parte de los depósitos costeros, el método también ha sido aplicado a las conchas de moluscos, siendo en algunos casos los resultados problemáticos.

Otro problema añadido, es que aún hoy en día no existe consenso en cuanto a la duración de los interglaciales, incluso para los más recientes, tal es el caso del Último Interglacial, el cual según los sondeos oceánicos profundos y para el óptimo climático del mismo (5e) duró alrededor de 11 Ka (127-116 Ka); mientras que según los datos que se deducen de los sondeos de hielo (GRIP, 1993), la duración del óptimo (5e) fue de 20 Ka (130-110 Ka).

Otro punto en el cual tampoco hay consenso, se refiere a la estabilidad ó inestabilidad climática, durante el óptimo climático (5e) del Último Interglacial. De nuevo los resultados de los sondeos oceánicos profundos se contraponen a los obtenidos a partir de los sondeos de hielo; según los primeros, durante dicho período existió estabilidad climática, mientras que los datos del GRIP (1993) abogan por la existencia de varios intervalos fríos dentro del óptimo.

Estos dos últimos problemas son de capital importancia para la interpretación del número de *highstands* dentro de cada piso ó subpiso isotópico interglacial.

EL REGISTRO DE LOS INTERGLACIALES CUATERNARIOS EN ESPAÑA

Los litorales españoles continen el registro de antiguas posiciones del nivel del mar durante el Cuaternario representados por antiguas terrazas marinas, que dependiendo fundamentalmente del factor tectónico, se distribuyen de forma numérica desigual y a distintas alturas a lo largo de las costas. A su vez nuestros

litorales, debido a su diferencialidad oceanográfica, con la zona de conexión en el área del Estrecho de Gibraltar, han registrado de forma desigual las migraciones faunísticas que, dependiendo de las oscilaciones climáticas producidas a lo largo del Cuaternario, se han producido entre el Atlántico Norte ó el Ecuatorial y la cuenca Mediterránea.

LOS INTERGLACIALES DEL PLEISTOCENO INFERIOR Y PLEISTOCENO MEDIO BASAL

Costas peninsulares

Si el inicio del Cuaternario se caracteriza por la entrada de la fauna fría que procedente del Atlántico Norte entra en el Mediterráneo, desplazando a la fauna cálida, particularmente representada por el *Strombus coronatus*; en nuestros litorales, la ausencia de la fauna fría en los depósitos marinos españoles, hace problemático el establecimiento preciso del límite Plio/Pleistoceno. No obstante, los últimos trabajos realizados en los litorales del Sur y Sureste Peninsular (Bardají *et al.*, 1997), basados en estudios geomorfológicos, isotópicos y paleomagnéticos, sugieren que la transición Plio-Pleistocena, tomando como límite cronológico el oficialmente establecido a 1,8 Ma (edad recalibrada), no se reconoce en nuestras costas ni por cambios faunístico, ya que el *S. coronatus* puede traspasar el límite (Cuadro 1), ni por cambios geodinámicos. Una síntesis sobre las terrazas marinas, correspondientes al Pleistoceno inferior y Pleistoceno medio basal de la Península, fue realizada por Goy y Zazo (1986, 1988) y Bardají *et al.*, (1995) a partir de las secuencias más completas de los litorales de Alicante, Murcia y Almería. En la costa de Málaga, Lario *et al.*, (1993) hacen una correlación de los episodios cuaternarios más antiguos con los de la costa de Almería. En todos los casos, (Cuadro 1) se registran dos *highstands* separados por fuertes superficies erosivas, sistemas de abanicos aluviales ó complejos travertínicos. La máxima altura a la que se localizan los depósitos cuaternarios es de 150 m.

Durante el Pleistoceno medio basal otra terraza marina se registra en los litorales. Una fuerte bajada del nivel del mar representada por un encajamiento importante y/o por un amplio desarrollo de secuencias de abanicos aluviales, separa las terrazas del Pleistoceno inferior de las del Pleistoceno medio.

En la costa Atlántica, la secuencia más completa se desarrolla en el litoral de Cádiz (Zazo, 1989), donde tan sólo han sido reconocidas claramente, dos terrazas marinas de escaso desarrollo; una perteneciente al Pleistoceno inferior (+41 m y otra asimilable al Pleis-

toceno medio, aunque no hay la seguridad de que ésta última sea correlacionable con alguna de las dos terrazas anteriormente citadas de la costa mediterránea, ó que por el contrario se trate de un nivel más reciente.

No obstante, en los alrededores de la Bahía de Cádiz, las secuencias de depósitos correspondientes a ambientes de isla barrera-lagoon (Dabrio *et al.*, 1987) reflejan la existencia de varias oscilaciones del nivel del mar que, en los casos más completos, como son los afloramientos de Puerto Real, registran al menos dos durante el Pleistoceno inferior.

Costas insulares

La síntesis de J. Cuerda (1989) sobre el Cuaternario de las Islas Baleares constituye el trabajo más completo sobre las variaciones del nivel del mar durante este lapso de tiempo. Un cambio faunístico se observa entre los depósitos marinos pliocenos que contienen fauna cálida: *S. coronatus*, *Ostrea virleti* y *Purpura gallica*, mientras que en las terrazas marinas pleistocenas más antiguas, el *S. coronatus* desaparece y las otras dos especies evolucionan hacia *O. cucullata*, y *P. plessisi* respectivamente, estas últimas consideradas como especies templadas.

Dos terrazas marinas correspondientes al Pleistoceno inferior, la más antigua a +70 m, conteniendo la mencionada fauna templada, y otro nivel del Pleistoceno medio basal, son reconocidos en los litorales de Mallorca. Los episodios marinos alternan con formaciones eólicas, que son consideradas como contemporáneas de grandes *lowstands* (bajadas del nivel del mar).

En el litoral de las islas Canarias, son los trabajos de J. Meco (1977, 1991) y Meco y Stearns (1981) los que con más detalle definen los depósitos marinos insulares. No obstante, los autores admiten la ausencia de niveles marinos durante todo el Pleistoceno inferior y medio, a lo largo de las islas. El más próximo en el tiempo sería un único nivel que, situándose a diferentes alturas, contiene fauna cálida representada por *S. coronatus*, *Gryphaea virleti*, *Nerita emiliana* y *Rothpletzia rudista*, perteneciente al Plioceno inferior.

En resumen, las variaciones del nivel del mar durante el Pleistoceno inferior y medio, en la mayor parte de nuestras costas, se manifiestan bajo forma de terrazas marinas que, en general, registran dos *highstands* (Pleistoceno inferior), separadas por fuertes superficies erosivas, sistemas de abanicos aluviales, sistemas dunares y sedimentos kársticos. Un fuerte encajamiento ó mayor desarrollo de secuencias de abanicos aluviales,

PERIODO	Piso Isotópico	MEDITERRÁNEO		ATLÁNTICO	
		Península	I. Baleares	Península	I. Canarias
Holoceno	1	M.I. (6.5 Ka)	M.I. (6.5 Ka)	M.I. (6.5 Ka)	M.I. (6.0 Ka)
Pleistoceno Superior	5a	1 Tm S. bubonius*		P. safiana* Cymathium dolarium*	
	5c	S. bubonius* 1 Tm - 95 Ka	1 Tm - Acar plicata	1 Tm - 95 Ka	
	5e	<i>Escarpe Sup. erosiva</i>	<i>Escarpe Sup. erosiva</i>	<i>Escarpe Sup. erosiva</i>	
3 Tm (3hs) ca. 128 Ka		<S. bubonius* 117Ka 3 Tm(2hs) >S. bubonius* 135Ka	P. ferruginea* 1 Tm Hyotissa hyotis* ca. 128 ka	S. bubonius* 2Tm (2hs) S. bubonius*	
		<i>Escarpe</i>	<i>Escarpe</i>	<i>Escarpe</i>	
Pleistoceno medio	7	S. bubonius* Tm (2hs) P. ferruginea* ca. 180Ka	» P. ferruginea*	Tm	Tm S. bubonius*?
		<i>Fuerte escarpe</i>			
	9?	Tm ≥ 250 Ka		Tm	Tm
	11?	Tm (n.hs)	Tm	↑ Tm	
Pleistoceno medio (basal)		Tm	Tm		
		<i>Ab. aluviales Escarpe</i>	<i>Dunas Escarpe</i>	<i>Fuerte Escarpe</i>	
Pleistoceno inferior		Tm	Tm O. cucullata*	Tm	
		↑ Tm	P. plessisi* Tm		
M. Ma		S. coronatus*			
Plioceno superior		↓	S. coronatus* O. virleti* P. gallica*		

Cuadro 1.- Síntesis de las diferentes terrazas marinas cuaternarias del litoral español, con indicación de los rasgos morfológicos, unidades morfosedimentarias y fauna más significativas (según Zazo *et al.* 1997c).

° = Fauna templada. * = Fauna cálida. Tm = Terraza marina. hs = altas paradas del nivel del mar.
M.I. = Máximo interglacial.

se produce entre la terraza más reciente y la primera terraza del Pleistoceno medio basal (Zazo *et al.*, 1997c y Zazo, en prensa).

La única excepción, a partir de los datos publicados hasta el momento, lo constituyen las islas Canarias. No obstante, los trabajos de campo llevados a cabo hasta el momento por nosotros, sugieren que las diferentes alturas de la única terraza señalada por Meco (1977, 1991) y Meco y Stearns (1981), no están en muchos casos justificadas por el factor tectónico, por lo que probablemente se trata de la existencia de más de un nivel marino.

Las costas peninsulares no registran cambio faunístico al inicio del Cuaternario, de tal forma que la fauna cálida Pliocena representada por el *S. coronatus* sobrepasa el límite Plio/Pleistoceno, (Bardají *et al.*, 1995). En las islas Baleares; por el contrario, una renovación faunística se produce, desapareciendo las especies cálidas que caracterizan el Plioceno superior (*S. coronatus*, *Ostrea virleti* y *Purpura gallica*) que evolucionan hacia especies más templadas *O. cucullata* y *P. plessisi*.

LOS INTERGLACIALES DEL PLEISTOCENO MEDIO (A partir del piso isotópico 13?)

En las costas peninsulares con mayor tasa de elevación, como algunos sectores de Cádiz (Zazo, 1989, Zazo *et al.* 1994), Almería y Alicante (Goy y Zazo, 1986 y 1988, Somoza, 1993), y Málaga (Lario *et al.*, 1993, Lario 1996), se registran dos terrazas marinas (Zazo *et al.*, 1997c, Zazo, en prensa) constituidas por varios *highstands*, separadas por sistema de abanicos aluviales y conteniendo fauna semejante a la actual.

La correlación de estas terrazas con los diferentes pisos isotópicos, a falta de dataciones, es tan solo tentativa (Cuadro 1), aunque teniendo en cuenta las características globales del nivel del mar durante los mismos y los datos de campo, podríamos sugerir su correlación con los pisos isotópicos 11, para la terraza más antigua y mejor desarrollada, y 9 para la más reciente.

La separación entre estas terrazas marinas y el siguiente grupo de niveles no sólo es clara desde el punto de vista morfoestratigráfico, desarrollo de un fuerte escarpe, y/o de sistemas de abanicos aluviales, sino que en algunas áreas privilegiadas del litoral, tales como la costa de Almería, se registra la primera inmigración de la fauna cálida que, procedente del África ecuatorial, entra en el Mediterráneo a través del Estrecho de Gibraltar, con la especie característica *Strombus*

bubonius y su fauna acompañante, conocida como "fauna senegalesa" (Zazo y Goy, 1989). Esta terraza marina ha sido datada (Th/U) en 180 Ka (Goy *et al.* 1986, Hillaire-Marcel *et al.*, 1986).

Otras áreas del litoral español tales como las islas Baleares (Cuerda, 1989) y la costa de Alicante (Goy y Zazo, 1988), registran en este momento un enorme incremento ó la aparición de la especie *Patella ferruginea* considerada como templada. Las dataciones llevadas a cabo sobre este episodio marino en los litorales de Alicante y Murcia (Goy *et al.*, 1993, Causse *et al.*, 1993), dan una edad (Th/U) también de 180 Ka, lo que la hace asimilable al subestadio isotópico 7a.

En las costas atlánticas no se registra cambio en las faunas, excepción hecha del afloramiento de Matas Blancas (Fuerteventura) rico en *S. bubonius*, donde una datación de Th/U (Zazo *et al.*, 1993b; Zazo *et al.*, 1997a) ha arrojado una edad de 178±3,8 Ka. Si ésta datación es correcta, las costas de las Canarias orientales también habrían registrado la primera migración de la fauna cálida que, durante el Cuaternario reciente, se desplazó desde el África ecuatorial hacia el Mediterráneo.

EL ÚLTIMO INTERGLACIAL

Una síntesis sobre el registro de las variaciones del nivel del mar durante el piso isotópico 5 en la costa peninsular, es llevada a cabo por Zazo y Goy (1989). En ella se destaca la secuencia muy completa de la costa de Almería, donde los tres subpisos 5e, 5c y 5a, que previamente habían sido datados (Hillaire-Marcel *et al.*, 1986, Goy *et al.*, 1986) en 128 Ka, 95 Ka y el más reciente con dataciones imprecisas, dado que dicho nivel se comporte en la mayor parte de los casos como un sistema geoquímico abierto, se corresponden con tres *highstands*. Posteriores dataciones llevadas a cabo en las costas de Murcia y Alicante (Causse *et al.*, 1993, Goy *et al.*, 1993) confirman la continuidad de dichos episodios marinos a lo largo de toda la costa mediterránea. En todos ellos la fauna cálida con *S. bubonius* está presente y las facies oolíticas caracterizan, fundamentalmente, a las terrazas marinas del Subpiso isotópico 5e.

Un análisis más detallado (Zazo *et al.*, 1993a) del óptimo climático del Último Interglacial sugiere la existencia de tres oscilaciones positivas del nivel del mar durante el 5e, lo que significaría inestabilidad climática durante el óptimo (Cuadro 1).

En las islas Baleares, el análisis faunístico llevado a cabo por Cuerda, que los resume en su trabajo de 1989,

demuestra la existencia de *S. bubonius* y fauna senegalesa, muy abundante durante el 5e (Eutirreniense) y un empobrecimiento muy acusado de la misma durante el 5c (Neotirreniense), y la práctica desaparición de fauna cálida durante el 5a.

Posteriores trabajos llevados a cabo en Mallorca (Goy *et al.*, 1993), y en particular sobre el yacimiento tipo de Campo de Tiro en la Bahía de Palma (Hillaire-Marcel *et al.*, 1996), concluyen que durante el subestadio isotópico 5e se producen dos *highstands*, uno ca 135 Ka, y otro a los ca 117 Ka; produciéndose el cambio faunístico sugerido por Cuerda (o.c.) entre estos dos picos. La edad de 135 Ka es consistente con la hipótesis de una subida del nivel del mar durante la transición de los pisos isotópicos 6/5, más antigua que el máximo de insolación en el Hemisferio Norte a los ca 128 Ka, lo cual estaría en desacuerdo con el registro de ^{18}O que prevé un máximo glacial a los ca 135 Ka.

En los litorales de las Islas Canaria, según los datos de Meco (1977, 1991) y Meco *et al.* (1992), un solo episodio marino con *S. bubonius* representa el estadio isotópico 5. Trabajos posteriores (como el de Zazo *et al.*, 1997a) abogan por la existencia de al menos dos *highstands* durante el subpiso 5e en las Canarias orientales (Fuerteventura), ambos conteniendo *S. bubonius*.

Las valoraciones altimétricas, sobre la posición del nivel del mar durante los subpisos 5e y 5c, se hacen siempre difíciles de establecer, debido al factor tectónico que influye directamente en la posición actual de las paleocostas. No obstante, si se admite como real la cifra generalmente aceptada de una posición del nivel del mar a 6 m por encima del nivel actual durante el 5e. Los datos que se tienen en muestras costas indican que durante el 5c el nivel del mar no estuvo por debajo del actual, sino que estaría ó bien a la misma cota ó ligeramente superior (Zazo *et al.*, 1997b, Zazo *et al.*, 1997c, Zazo *et al.*, en prensa). Ello justificaría la presencia de *S. bubonius* tanto en el 5e como en el 5c en las costas mediterráneas, ó al menos de su fauna cálida acompañante, que en las costas atlánticas peninsulares, donde el *S. bubonius* está ausente, son más abundantes durante el subpiso 5c.

EL PRESENTE INTERGLACIAL

Numerosas dataciones llevadas a cabo en los sistemas de flechas litorales holocenos de las costas del Sur peninsular (Zazo *et al.*, 1994, 1996, Goy *et al.*, 1996a, Rodríguez Ramírez *et al.*, 1996, Lario 1996), indican que el nivel del mar alcanza la posición actual hacia los 6.500 ^{14}C yrBP. En las costas atlánticas con desarrollo de estuarios, es entre 6.500 y 6.000 ^{14}C yrBP cuando

se registra el máximo avance hacia tierra de las barreras estuarinas (Dabrio *et al.*, 1997). A partir de ese momento, el nivel del mar sufre una serie de oscilaciones controladas no ya por el factor glacio-eustático, sino por el climático. El análisis morfosedimentario de los sistemas de flechas litorales, junto con datos isotópicos e históricos, sugieren la existencia de dos fases de progradación costera que reflejarían predominio de condiciones anticiclónicas, con posiciones del nivel relativo del mar estable ó en ligero descenso (6.500-2.500 ^{14}C y 2.300 ^{14}C yrBP -actual) separadas por una fase de no progradación (2.550-2.300 ^{14}C yrBP) correspondiente a períodos más húmedos y con nivel relativo del mar más alto. En los litorales de las Islas Baleares (Goy *et al.*, 1996, 1997) estas dos fases de progradación también se registran en las áreas marginales del litoral de Mallorca (Bahía de Alcudia y Bahía de Palma).

En la costa cantábrica, los trabajos llevados a cabo en los estuarios de la Bahía de Vizcaya registran dos episodios transgresivos datados en ca. 8.000 yrBP y ca. 3.000 yrBP separados por una pulsación regresiva de escaso desarrollo (Cearreta, 1995; Cearreta y Murray, 1996).

En las costas de Canarias (Zazo *et al.*, 1996, Zazo *et al.*, 1997a), el máximo transgresivo holoceno, se registra ca. 6.000 ^{14}C yrBP. Oscilaciones positivas del nivel relativo del mar, parecen estar relacionadas con intensificación de los vientos alisios entre 4.500-3.600 ^{14}C yrBP y 3.200-3.300 ^{14}C yrBP.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La reconstrucción de los cambios del nivel del mar durante el Cuaternario resulta problemática, como consecuencia no sólo del registro discontinuo que se observa a lo largo de las costas sino, muy especialmente, debido al alcance temporal de los métodos de datación, problemas inherentes al método, alguno de los cuales están relacionados con el tipo de material sobre el que se muestrea; y muy especialmente, debido al factor tectónico regional.

Todo lo anteriormente expuesto hace que en la reconstrucción de las paleoposiciones altimétricas del nivel del mar, se tengan que asumir una serie de hipótesis, tales como la existencia de estabilidad tectónica, ó levantamiento/hundimiento constante a lo largo del tiempo. Por otra parte, una cosa es el dato altimétrico del nivel medio del mar global en un momento determinado, y otra el nivel que éste alcance en las diferentes áreas costeras, debido a la deformación natural del geoide.

A esto hay que añadir, el no consenso existente en cuanto a la duración de los diferentes pisos isotópicos interglaciales, según que los datos sean aportados por los sondeos oceánicos profundos ó por los sondeos de hielo, así como la estabilidad ó no climática durante los tradicionalmente considerados como picos óptimos dentro de los interglaciales.

Teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, los datos que se deducen del análisis cartográfico, morfosedimentario, tectónico y faunístico junto con las edades deducidas a partir de las series del Uranio y del radiocarbono; en los litorales de las costas españolas se registran una serie de variaciones del nivel del mar a lo largo del Cuaternario que podemos resumir en los puntos siguientes:

Durante el Pleistoceno inferior se reconocen dos altas paradas del nivel del mar en la mayor parte de los litorales, representadas por dos terrazas marinas. No se registra cambio faunístico entre los depósitos marinos del Plioceno superior y los correspondientes al inicio del Pleistoceno, con la excepción de las islas Baleares, en donde dos especies cálidas representadas por *S. coronatus*, *O. virleti* y *P. gallica*, evolucionan en el caso de las dos últimas hacia especies más templadas, *O. cucullata* y *P. plesissi* respectivamente.

Una fuerte bajada del nivel del mar (lowstand), representada por gran desarrollo de sistemas de abanicos aluviales, secuencias dunares, y en algún caso por fuertes escarpes; separa las terrazas marinas del Pleistoceno inferior de los episodios marinos del Pleistoceno medio.

Durante la parte basal del Pleistoceno medio se reconoce una terraza marina que contiene fauna similar a la actual. Al final del Pleistoceno medio, se desa-

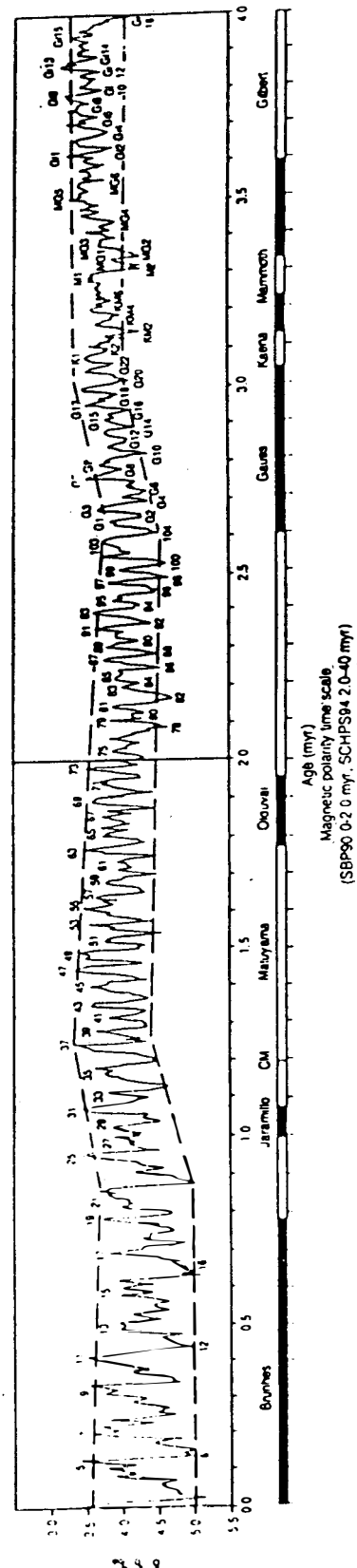


Fig. 1. Registro isotópico del Oxígeno para el período 4.0 Ma-actualidad (según Shackleton, 1995). Los datos se han obtenido, a partir del SPECMAP (de 0-0,62 Ma), ODP 677 (de 0,62-2,0 Ma) y ODP 846 (de 2,0-4,0 Ma).

rollan, en el caso más completo y donde el régimen tectónico presenta tendencia general de levantamiento, tres terrazas marinas, separadas en todos los casos por claros escarpes. La más antigua es la mejor desarrollada y el análisis morfosedimentario manifiesta que está constituida por varios *highstands* (Cuadro 1). Tentativamente asimilamos dicha terraza al piso isotópico 11.

La terraza intermedia presenta escaso desarrollo y las dataciones arrojan una edad de 250 Ka. Un fuerte escarpe, en el área Mediterránea, separa dicha terraza de la más reciente, que tiene la particularidad de ser el primer episodio marino que contiene fauna cálida (*S. bubonius* y "fauna senegalesa"), registrando la entrada en el Mediterráneo de la fauna que hasta ahora se ha admitido como procedente del África ecuatorial. Este evento sólo se registra en sectores costeros privilegiados como la costa de Almería. En otros litorales, como por ejemplo el de Alicante, aparece la *P.ferruginea*, mientras que en las islas Baleares, si bien esta especie ya estaba presente en episodios más antiguos, es durante este período cuando abunda enormemente.

Las medidas isotópicas llevadas a cabo sobre dicha terraza arrojan una edad de ca. 180 Ka.

El Último Interglacial aparece de forma muy continua a lo largo de todos los litorales estudiados. En la costa mediterránea al menos dos *highstands* se reconocen durante el subpiso 5e (ca. 135 y 117 Ka). En el litoral peninsular y en áreas con tendencia a la elevación pueden distinguirse hasta tres *highstands* (edad media ca. 128 Ka). Todos los depósitos contienen *S. bubonius*, aunque en el litoral balear prácticamente esta especie desaparece durante el segundo *highstands* (117 Ka), aunque sigue existiendo la "fauna cálida senegalesa".

Los otros dos subpisos 5c y 5a están representados cada uno de ellos por un *highstand*. Las terrazas marinas correspondientes contienen *S. bubonius* en las costas peninsulares.

En el litoral atlántico, el subpiso 5e está representado por un *highstand* que da origen a una terraza marina, que en el área del Estrecho de Gibraltar contiene fauna cálida (*Hyotissa hiotis*), aunque nunca está presente el *S. bubonius*. No obstante, la fauna cálida acompañante (*Cymathim. dolarium*, *Patella safiana*) es muy abundante en la terraza marina correspondiente al subpiso 5c (ca. 95 Ka).

En las costas de las Islas Canarias, particularmente en la Isla de Fuerteventura, el subestadio isotópico 5e está representado como mínimo por dos *highstands*. El

S. bubonius, que con la excepción de algún punto privilegiado (Matas Blancas, Fuerteventura) es poco abundante, aparece en las dos terrazas marinas generadas durante las dos altas paradas del nivel del mar.

El análisis de las terrazas marinas correspondientes a los subpisos 5e y 5c, teniendo en cuenta la posición altimétrica y dispositivo geomorfológico actual, así como el contenido faunístico y las medidas isotópicas, sugiere que el nivel del mar durante el subpiso 5c estuvo como mínimo igual que el nivel del mar actual y nunca por debajo; si asumimos como válida la cifra generalmente admitida de un nivel del mar a 6 m por encima del actual, durante el subpiso 5e.

El presente Interglacial registra el máximo transgresivo ca. 6.500 a BP. Posteriormente el nivel relativo del mar ha sufrido varias oscilaciones alrededor del cero actual, controladas fundamentalmente por el factor climático y en particular por las variaciones en la relación aridez/humedad.

Agradecimientos

Proyectos: DGICYT nº PB95-0109, PB95-946, Fundación Ramón Areces 1996 (Registro geológico de Cambios Climáticos) "Cambios Climáticos y Variación del nivel del mar..."; IGCP 367. Project.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bard, E., Hamelin, B. & Fairbanks, R.G. (1990): U-Th ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados: sea level during the past 130,000 years. *Nature*, 346, 456-458.
- Bard, E., Stuiver, M. & Shackleton, N. (1993): How accurate are our chronologies of the Past?. In: J.A. Eddy & H. Oeschger (Eds.) *Global Changes in the Perspective of the Past*. John Wiley & Sons Ltd., 109-120.
- Bardají, T., Goy, J.L., Mörner, N.A., Zazo, C., Silva, P.G., Somoza, L., Dabrio, C.J. & Baena, J. (1995): Towards a Plio-Pleistocene chronostratigraphy in Eastern Betic Basins (SE Spain). *Geodinamica Acta*, 8, 2, 112-126.
- Bardají, T., Goy, J.L., Silva, P.G., Zazo, C., Mörner, N.A., Somoza, L., Dabrio, C.J. & Baena, J. (1997): The Plio-pleistocene boundary in south-east Spain: A review. *Quaternary International*, 40, 27-32.
- Burckle, LL.H. (1993). Late Quaternary Interglacial Stages warmer than present. *Quat. Sc. Reviews*, 12, 825-831.

- Causse, Ch., Goy, J.L., Zazo, C., Hillaire-Marcel, Cl. (1993): Potential chronologique (Th/U) des faunes Pléistocenes méditerranéennes: Exemple des terrasses marines des régions de Murcie et Alicante (Sud-Est de l'Espagne). *Geodinámica Acta*, 6 (2), 121-134.
- Cearreta, A. (1995): Micropalaeontological data on environmental changes during the Holocene from the eastern cantabrian estuaries (Bay of Biscay). *Proc. Int. Conf. "Coastal Change 95" Bordomer-IOC, Bordeaux*, 483-495.
- Cearreta, A. & Murray, J.W. (1996): Holocene paleoenvironmental and relative sea-level changes in the Santoña estuary, Spain. *Journal of Foraminiferal Research*, 26, 4, 289-299.
- Cuerda, J. (1989): *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Direc. Gral. de Cultura, Gobierno Balear, 305 pp.
- Chapell, J. & Shackleton, N.J. (1986): Oxygen isotopes and sea level. *Nature*, 324, 137-140.
- Dabrio, C.J., Zazo, C., Goy, J.L. (1987): Pleistocene sea-level changes in the Bay of Cadix (SW Spain). En: C. Zazo (Ed.). *Late Quaternary Sea Level Changes in Spain*. *Trab. Neógeno-Cuaternario*, 10, 265-281.
- Dabrio, C.J., Zazo, C., Lario, J., Goy, J.L., Sierro, F., Borja, F., González, J.A. & Flores, J.A. (1997): Sequence stratigraphy of Holocene incised-valley fills and coastal evolution in the Gulf of Cádiz (Southern Spain). *Geol en Minjbow*.
- Emiliani, C. (1955): Pleistocene temperatures. *Journal of Geology*, 63, 585-599.
- Emiliani, C. (1966a): Paleotemperature analysis of Caribbean cores P 6304-8 and P 6304-9 and a generalised temperature curve for the last 425.000 years. *Journal of Geology*, 74, 109-126.
- Emiliani, C. (1966b): Isotopic Palaeotemperatures. *Science*, 154, 851-857.
- Goy, J.L. & Zazo, C. (1986): Synthesis of the Quaternary in the Almería littoral neotectonic activity and its morphologic features eastern Betic. Spain. *Tectonophysics*, 130, 259-270.
- Goy, J.L., Zazo, C., Hillaire-Marcel, Cl. & Causse, Ch. (1986a): Stratigraphie et chronologie (U/Th) del tyrrhénien de SE de L'Espagne. *Zeitschrift für Geomorphology*, 62, 71-82.
- Goy, J.L. & Zazo, C. (1988): Sequences of Quaternary marine levels in Elche basin (Eastern Betic Cordillera, Spain). *Pal. Pal. Pal.*, 68, 301-310.
- Goy, J.L., Hillaire-Marcel, Cl., Zazo, C. & Cuerda, J. (1993): The Last Interglacial in the Baleares islands: morphosedimentary record and neotectonic implication. *INQUA Mediterranean and Black seas shorelines Subcom.*, Newsletter, 13, 23-25.
- Goy, J.L., Zazo, C., Dabrio, C.J., Lario, J., Borja, F., Sierro, F. & Flores, J.A. (1996a): Global and regional factors controlling changes of coastlines in southern Iberia (Spain) during the Holocene. *Quat. Sc. Reviews*, 15, 773-780.
- Goy, J.L., Zazo, C., Pirazzoli, P.A., Cuerda, J. & González, F.M. (1996b): Sea-level and climate changes during the Holocene in Baleares Islands (Mallorca, Spain). *Résumés, Lignes de Rivage et zones côtières an Quaternaire. Passé, Present et Future*. Congrès, Perpignan (France). Déc. 1996, 31-32.
- Goy, J.L., Zazo, C. y Cuerda, J. (1997): Evolución de las áreas margino-litorales de la costa de Mallorca (I. Baleares) durante el Ultimo y Presente Interglacial: Nivel del Mar holoceno y Clima. *Boletín Geológico y Minero* (Número monográfico sobre el PICG).
- GRIP ICL-Core Project Members (1993): Climatic instability during the last interglacial period recorded in the Grip ice core. *Nature*, 364, 203-207.
- Hearty, P.J. & Kindler, P. (1995): Sea-level highstand chronology from stable carbonate platforms (Bermuda and the Bahamas). *Journal of coastal Research*, 11 (3), 675-689.
- Hillaire-Marcel, Cl., Carro, O., Causse, Ch., Goy, J.L. & Zazo, C. (1986): Th/U dating of *Strombus bubonius*-bearing marine terraces in southeastern Spain. *Geology*, 14, 613-616.
- Hillaire-Marcel, Cl., Gariépy, Cl., Ghaleb, B., Goy, J.L., Zazo, C. & Cuerda, J. (1996): U-Series measurements in Tyrrhenian deposits from Mallorca: Further evidence for two Last-Interglacial high sea-levels in the Balearic Islands. *Quat. Sc. Reviews*, 15, 33-42.
- Lario, J., Zazo, C., Somoza, L., Goy, J.L., Hoyos, M., Silva, P.G. y Hernández Molina, F.J. (1993): Los episodios marinos cuaternarios de la costa de Málaga (España). *Rev. Soc. Geol. España*, 6 (3-4), 41-46.
- Lario, J. (1996): *Ultimo y Presente Interglacial en el área de conexión Atlántico-Mediterráneo (Sur de España)*. *Variaciones del nivel del mar. Paleoclima y Paleoambientes*. Tesis Doctoral, U.C. Madrid.
- Meco, J. (1977): Los *Strombus* neógenos y cuaternarios del Atlántico euroafricano. Las Palmas, *Edic. del Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria*.
- Meco, J. & Stearns, Ch. E. (1981): Emergent littoral deposits in the Eastern Canary Islands. *Quaternary Research*, 15, 199-208.

- Meco, J. (1991): Los depósitos del inicio del Plioceno y sus fósiles. *Excmo. Cabildo Insular de Fuerteventura*. Casa Museo de Betencuria.
- Meco, J., Petit-Maire, N., Reyss, J.L. (1992): Le courant des Canaries pendant le stade isotopique d'après la composition faunistique d'un haut niveau marin à Fuerteventura (28°N). *C.R. Acad. Sc. Paris*, 314, *Série II*, 203-208.
- Rodríguez-Ramírez, A., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L., Clemente, L., Belluomini, G., Manfra, L., Improta, S. & Andrés, J.R. (1996): Recent coastal evolution of the Doñana National Park (SW Spain). *Quat. Sci. Reviews*, 15, 803-809.
- Shackleton, N.J. & Opdyke, N.D. (1973): Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial pacific core V28-238: Oxygen isotope temperature and ice volumes on a 13⁵ year and 10⁶ year time scale. *Quaternary Research*, 3, 39-55.
- Shackleton, N.J. & Opdyke, N.D. (1976): Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28-239, late Pliocene to latest Pleistocene. *Geological Society of America Memoir*, 145, 449-464.
- Shackleton, N.J. (1987): Oxygen isotopes, ice volumes and sea level. *Quaternary Reviews*, 6, 183-190.
- Shackleton, N.J. (1995): New data on the evolution of Pliocene climatic variability. In: E.S. Vrba, G.H. Denton, T.C. Partridge & L.H. Burckle (Eds.). *Palaeoclimate and Evolution with Emphasis on Human Origins*, Yale University Press, New Haven, 242-248.
- Somoza, L. (1993): Estudio del Cuaternario litoral entre el Cabo de Palos y Guardamar (Murcia-Alicante): las variaciones del nivel del mar en relación con el contexto geodinámico. *Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía*, 13, 237 pp.
- Zazo, C. (1989): Los depósitos marinos cuaternarios en el Golfo de Cádiz. *AEQUA Monografías 1*, 113-122.
- Zazo, C. (en prensa): Interglacial-sea level. *Quaternary International*. Special Issue on Quaternary shorelines.
- Zazo, C. & Goy, J.L. (1989): Sea level changes in the Iberian Peninsula during the last 200,000 years. En: D.B. Scott et al. (Eds.) *Late Quaternary sea level Correlation and Applications*, 27-39, Kluwer Acad. Publ.
- Zazo, C., Goy, J.L., Hoyos, M., Usera, J., García Vicente, J., Galván, J. y Aguirre, E. (1977): El corte de Puerto Real y el límite Plio-Pleistoceno en la Bahía de Cádiz. *Trab. Neógeno-Cuaternario*, 6, 319-336.
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Bardají, T., Somoza, L. & Silva, P.G. (1993a). The Last Interglacial in the Mediterranean as a model for present Interglacial. *Global and Planetary Change*, 7, 109-117.
- Zazo, C., Hillaire-Marcel, Cl., Hoyos, M.; Ghaleb, B., Goy, J.L. & Dabrio, C.J. (1993b). The Canary Islands, a stop in the migratory way of *Strombus bubonius* towards the Mediterranean around 200 Ka. *INQUA Mediterranean and Black seas Shorelines Subcom. Newsletter*, 15, 7-11.
- Zazo, C., Goy, J.L., Hillaire-Marcel, Cl., Dabrio, C., Hoyos, M., Lario, J., Bardají, T., Somoza, L. y Silva, P.G. (1994): Variaciones del nivel del mar: Estadios isotópicos 7, 5 y 1 en las costas peninsulares (S y SE) e insulares españolas. *AEQUA Monografía*, 2, 26-35.
- Zazo, C., Dabrio, C.J., Goy, J.L., Bardají T., Ghaleb, B., Lario, J., Hoyos, M., Hillaire-marcel, Cl., Sierro, F., Flores, J.A., Silva, P.G. y Borja, F. (1996): Cambios en la dinámica litoral y nivel del mar durante el Holoceno en el Sur de Iberia y Canarias Orientales. *Geogaceta*, 20 (7), 1679-1682.
- Zazo, C., Hillaire-Marcel, Cl., Goy, J.L., Ghaleb, B. y Hoyos, M. (1997a): Cambios del nivel del mar-clima en los últimos 250 Ka (Canarias Orientales, España). *Boletín Geológico y Minero* (Número monográfico sobre el PICG).
- Zazo, C., Silva, P.G., Goy, J.L., Lario, J., Hillaire-Marcel, Cl., Bardají, T., Somoza, L. (1997b): Coastal Uplift in continental collision plate boundaries: Data from the Last Interglacial marine terraces of the Gibraltar Strait area (South Spain). *Late Quaternary Tectonics Meeting*, London Issue 1997, Abstracts vol., 34-35.
- Zazo, C., Goy, J.L., Hillaire-Marcel, Cl., Hoyos, M., Cuerda, J., Ghaleb, B., Dabrio, C.J., Bardají, T., Lario, J. (1997c). The record of sea-level variations in Spanish littoral during the quaternary interglacials. *INQUA Mediterranean and Black sea shorelines*, 19.
- Zazo, C., Silva, P.G., Goy, J.L., Hillaire-Marcel, Cl., Lario, J., Bardají, T. & González, A. (en prensa): Coastal uplift in continental collision plate boundaries. Data from the Last Interglacial marine terraces of the Gibraltar Strait Area (South Spain). *Special Publ. series Geological Society of London*.