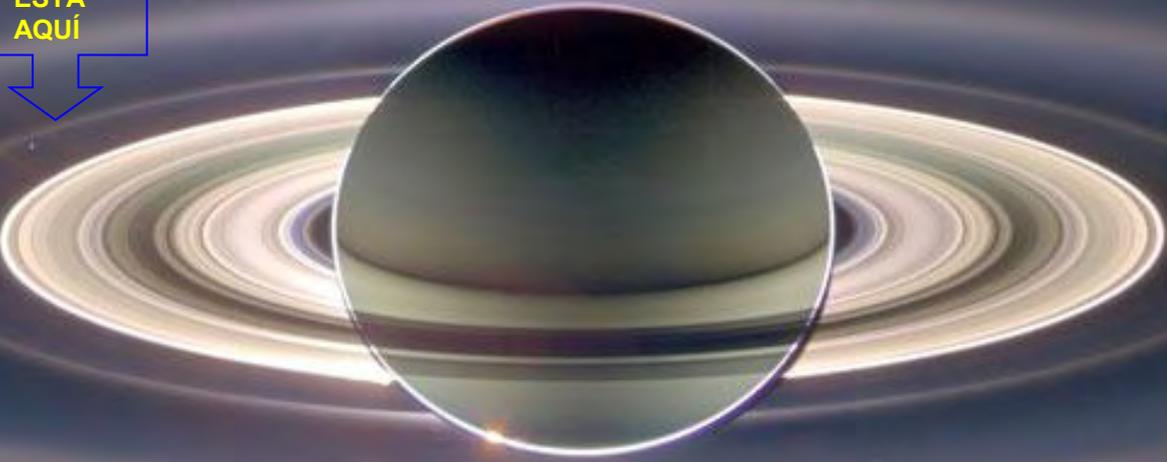


EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL ARCHIPIÉLAGO CANARIO

**Mercedes Montesinos del Valle
Secretaría de Estado de Medio Ambiente
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Las Palmas de Gran Canaria, 6 de noviembre de 2012**



USTED
ESTÁ
AQUÍ



¿QUÉ ES Y QUÉ SABEMOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

- La humanidad en su conjunto ha aumentado las emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero que existían de forma natural en la atmósfera.
- Si este aumento no se frena , la intensificación del EFECTO INVERNADERO podría conducirnos a un CAMBIO CLIMÁTICO no natural, irreversible a corto plazo y nocivo para la vida humana y la naturaleza

LAS CAUSAS DE LOS CAMBIOS DEL CLIMA

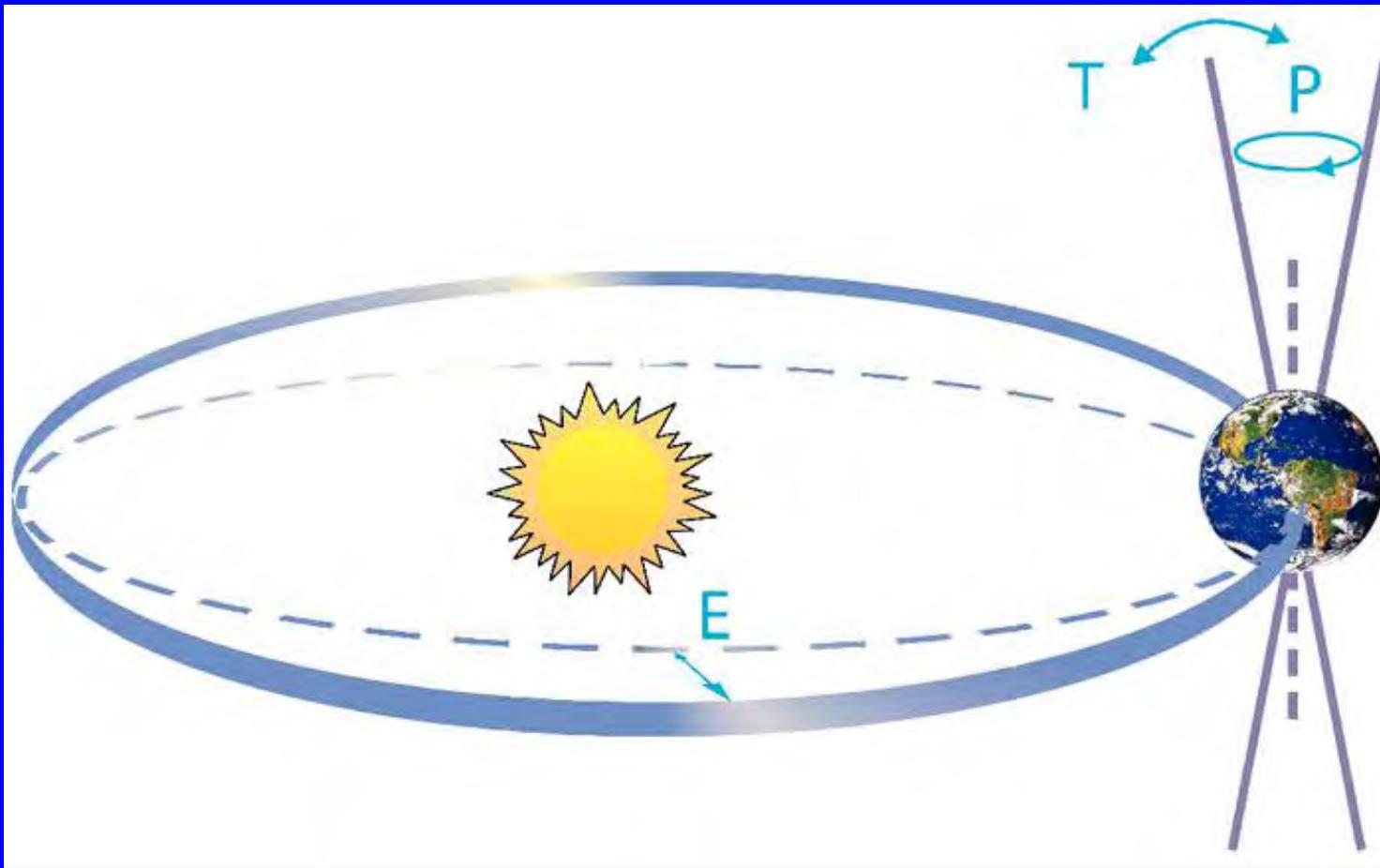
• EXTERNAS

- Variaciones en los parámetros orbitales (ciclos de Milankovitch)
- Variaciones en la irradiancia solar (ciclos solares)
- Meteoritos (presencia de polvo interestelar)

• INTERNAS

- Vulcanismo
- Aerosoles de origen diverso
 - Naturales no volcánicos
 - Producidos por la actividad humana
- Cambios en la concentración de gases de efecto invernadero
 - Origen natural
 - Producidos por la actividad humana
- Cambios en la superficie terrestre
 - Desertificación
 - Deforestación
 - Cambios de albedo
 - Origen natural
 - Producidos por la actividad humana

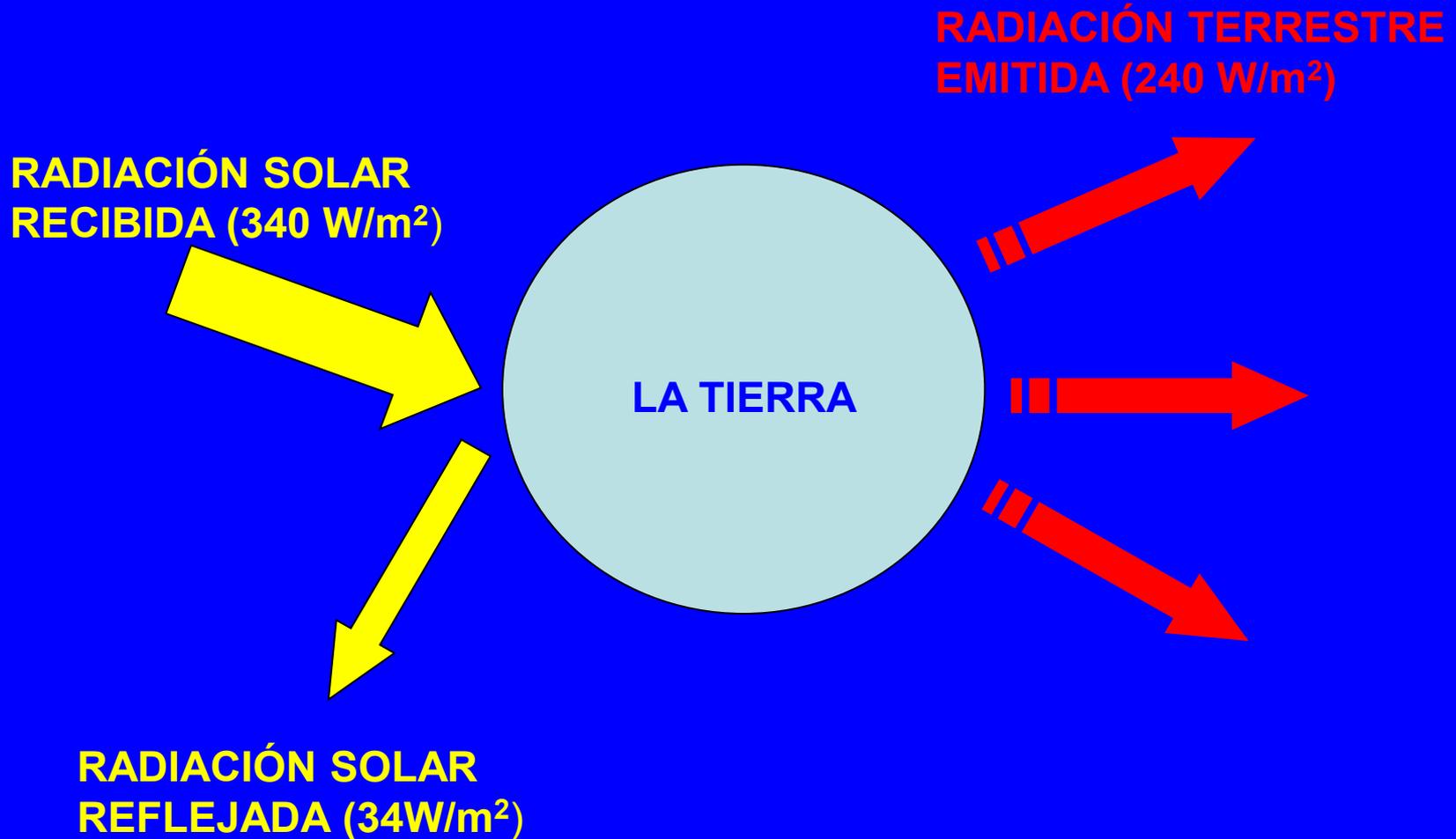
PARÁMETROS ORBITALES DE MILANKOVITCH



Esquema de los cambios orbitales de la Tierra (ciclos Milankovitch) que provocan los ciclos de período glaciares. La 'T' se refiere a cambios en la inclinación (u oblicuidad) del eje de la Tierra. La 'E' se refiere a cambios en la excentricidad de la órbita (debido a variaciones en el eje menor de la elipsis), y la 'P' denota la precesión, es decir, el cambio en la dirección de la inclinación del eje en un punto dado de la órbita.

(Fuente: Rahmstorf y Schellnhuber, 2006, en IPCC, 2007: *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA)

FORZAMIENTOS RADIATIVOS: ALTERACIONES DEL FLUJO NETO DE RADIACIÓN, MEDIDO EN LA TROPOPAUSA



LOS GASES COMUNES DE EFECTO INVERNADERO, SUS ORIGENES Y LA CONTRIBUCION AL CALENTAMIENTO DE LA ATMOSFERA

GAS	FUENTES PRINCIPALES	CONTRIBUCION AL CALENTAMIENTO %
Dióxido de carbono (CO ₂)	*Quema de combustibles fósiles (77%) *Deforestación (23%)	55
Clorofluoros Carbonos (CFC) y gases afines (HFC y HCFC)	*Diversos usos industriales: refrigeradoras, aerosoles de espuma, solventes. *Agricultura intensiva	24
Metano (CH ₄)	*Minería de carbón. *Fugas de gas *Deforestación *Respiración del plantas y suelos por efectos del calentamiento global. *Fermentación entérica.	15
Oxido Nitroso	*Agricultura y forestería intensiva *Quema de biomasa *Uso de fertilizantes *Quema de combustibles fósiles	6

PROCEDENCIA Y DESTINO DEL CO₂

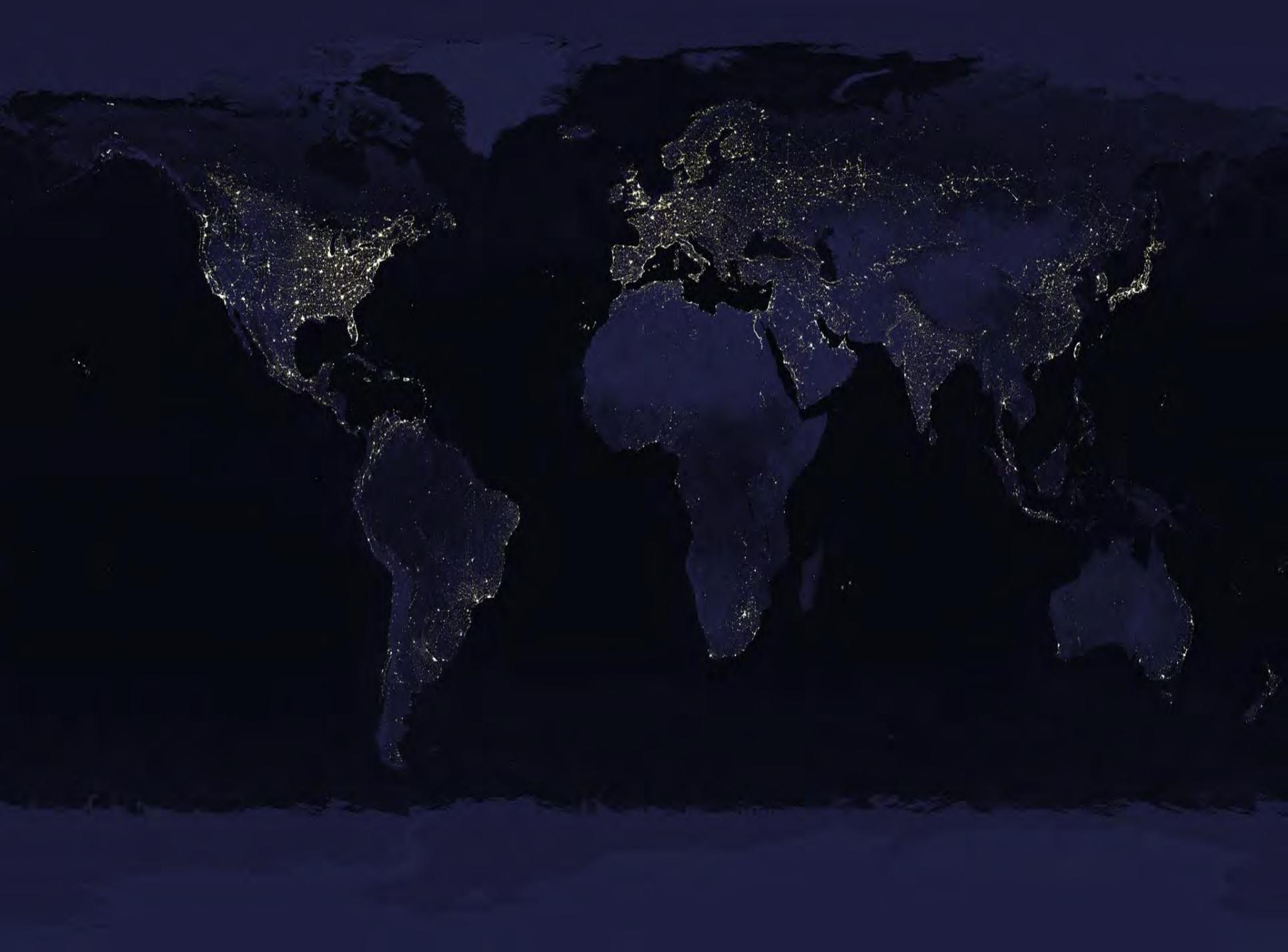
1980-1989, Gt C.y-1

Quién lo produce

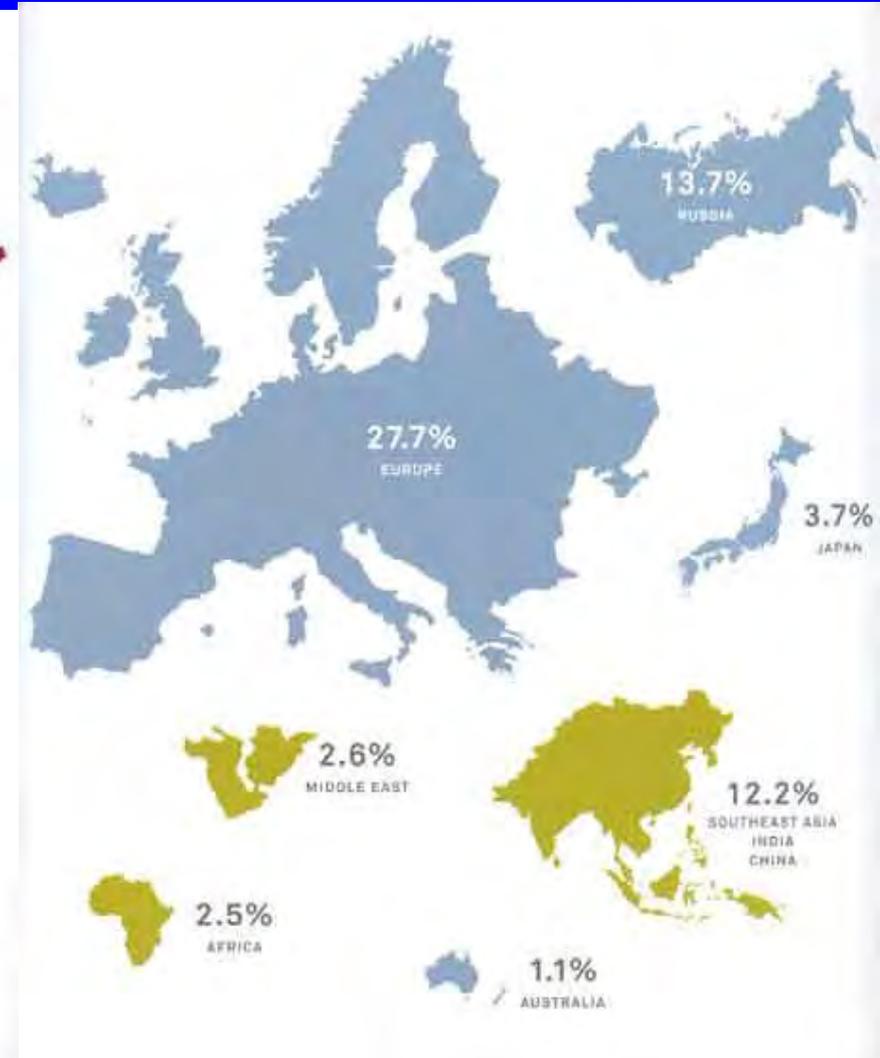
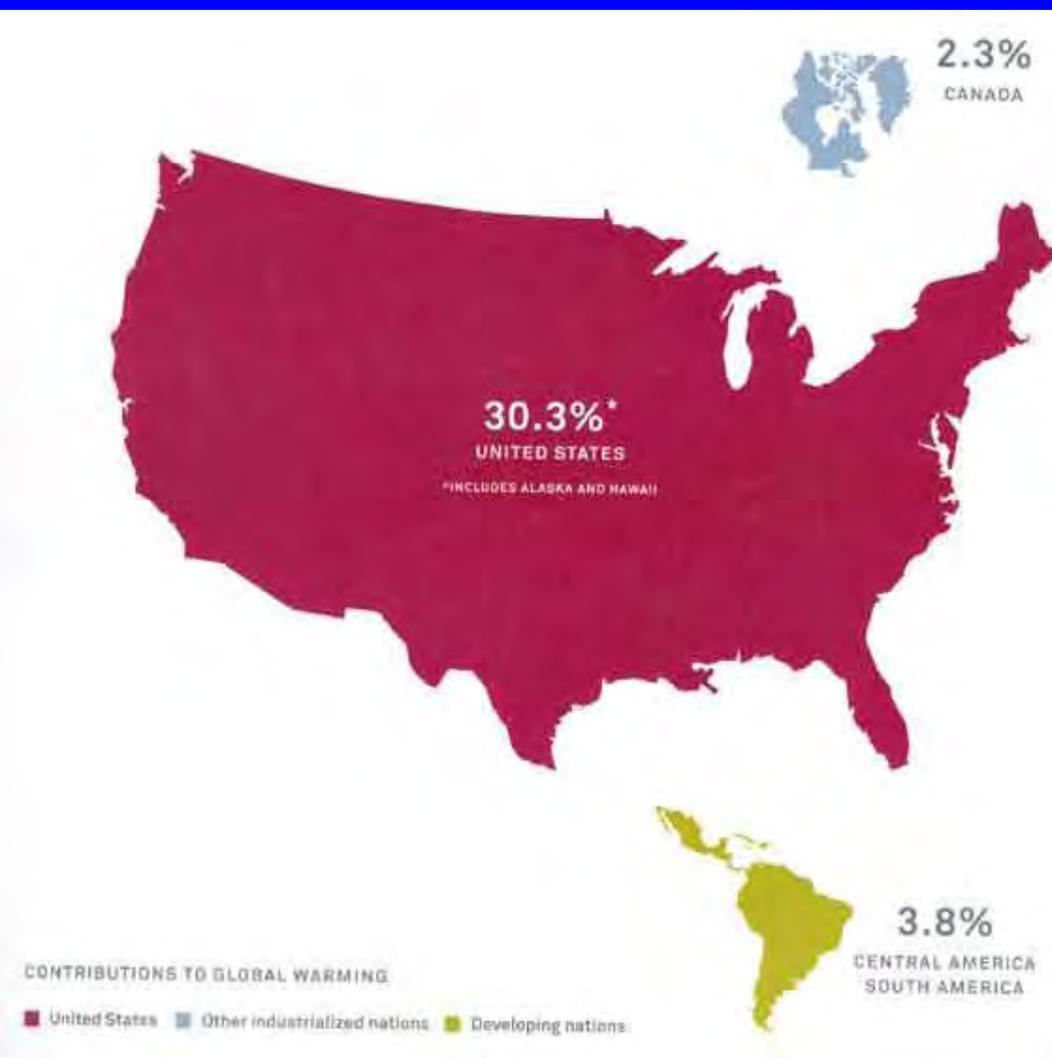
Combustibles fósiles y cemento	5.5 ± 0.5
Deforestación tropical	1.6 ± 1.0
Total de emisiones antrópicas	7.1 ± 1.1

Dónde acaba

Acumulación en la atmósfera	3.3 ± 0.2
Fijación sistemas oceánicos	2.0 ± 0.8
Fijación sistemas terrestres	1.8 ± 2.0



CONTRIBUCIONES AL CALENTAMIENTO GLOBAL

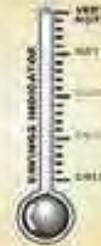


Fuente: Al Gore, 2006, *An inconvenient truth*

Temperatura



Aumento del nivel del mar



Precipitación



Impactos en la salud



Mortalidad relacionada con episodios climáticos
Enfermedades infecciosas
Enfermedades respiratorias por la deficiencia de la calidad del aire

Impactos Agrícolas



Rendimiento de las cosechas
Demanda de riego

Impactos Forestales



Composición del ecosistema forestal
Distribución geográfica del ecosistema forestal
Salud y productividad

Impactos en los Recursos Hídricos



Suministro de agua
Calidad del agua
Escasez del recurso y competencia

Impactos en las Áreas Costeras



Erosión de playas
Inundación de zonas costeras
Costes adicionales para proteger comunidades costeras

Especies y Áreas Naturales



Pérdida de hábitat y especies

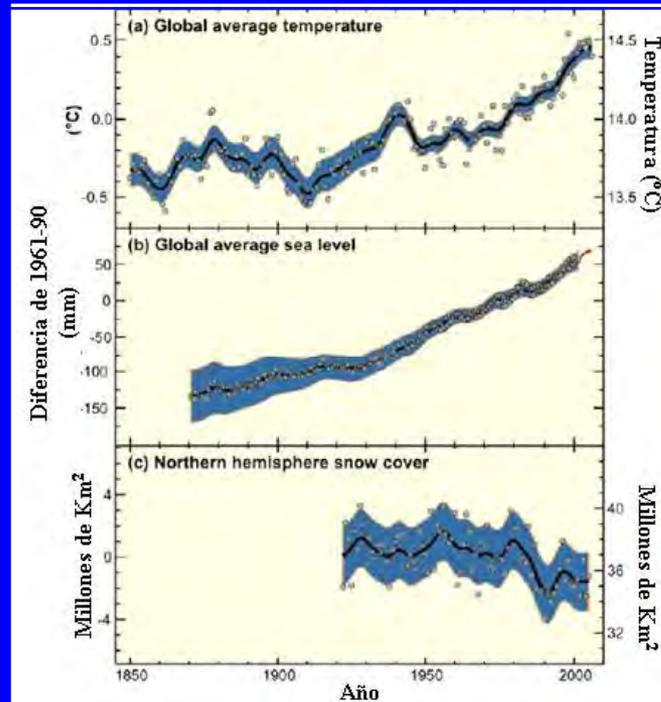
¿QUÉ ES LO QUE MODIFICA EL NIVEL DEL MAR?

- ❑ La *expansión térmica* es uno de los principales contribuyentes a los cambios históricos en el nivel del mar. Se prevé que aportará el mayor componente al aumento del nivel del mar en los próximos cien años. Las temperaturas de las profundidades de los océanos cambian muy lentamente; por lo tanto, la expansión térmica continuaría por muchos siglos
- ❑ La *distribución geográfica* del cambio en el nivel del mar es resultado de
 - la variación geográfica de la expansión térmica
 - los cambios en la salinidad
 - vientos
 - circulación de los océanos
- ❑ Cuando la *masa de agua oceánica aumenta o disminuye*.

TASAS DEL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR EN FUNCIÓN DE LA FUENTE DE AUMENTO Y CAMBIOS OBSERVADOS. IPCC

Fuente de aumento del nivel del mar	Tasa del aumento del nivel del mar (m/siglo)	
	1961-2003	1993-2003
Expansión térmica	0,042 +/- 0,012	0,16+/-0,05
Glaciares y casquetes polares	0,050+/-0,018	0,077+/-0,022
Placas de hielo de Groenlandia	0,05+/-0,12	0,21+/-0,07
Placa de hielo de la Antártica	0,14+/-0,41	0,21+/-0,35
Suma de contribuciones climáticas individuales al incremento del nivel del mar	0,11+/-0,05	0,28+/-0,07
Incremento del nivel del mar total observado	0,18+/-0,05 a	0,31+/-0,07 a
Diferencia (observado menos la suma de las contribuciones climáticas estimadas)	0,07+/-0,07	0,03+/-0,10

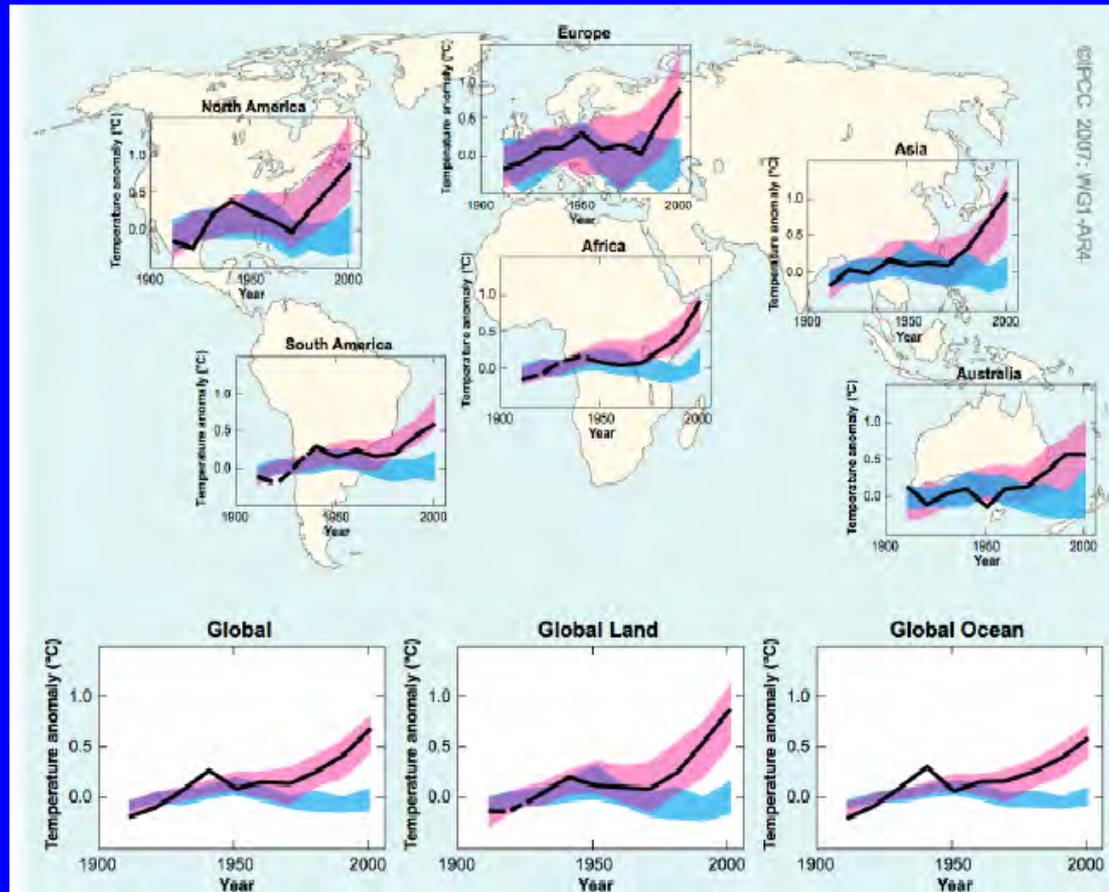
(a) los datos antes de 1993 son de medidores de mareas y después de 1993 de altimetría por satélite



Cambios observados en

- temperatura media de la superficie,
- aumento medio del nivel del mar de datos medidores de mareas (azul) y satélite (rojo) y
- capa de nieve en el Hemisferio Norte durante el período marzo-abril

COMPARACIÓN DE LOS CAMBIOS OBSERVADOS. IPCC



Se muestran las medias de las décadas de observaciones para el periodo 1906-2005 (línea negra) trazada contra el centro de la década y con respecto a la correspondiente media de 1901-1950. Las líneas con guiones señalan que la cobertura espacial es menor del 50%. Las bandas sombreadas en azul muestran un rango del 5-95% para 19 simulaciones de 5 modelos climáticos usando solamente los forzamientos naturales debidos a la actividad solar y los volcanes. Las bandas sombreadas en rojo muestran el rango de 5-95% para 58 simulaciones de 14 modelos climáticos usando forzamientos naturales y antropogénicos (IPCC 2007-WG1-AR4).

¿CUÁLES SON LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS PREVISTOS PARA EL FUTURO?

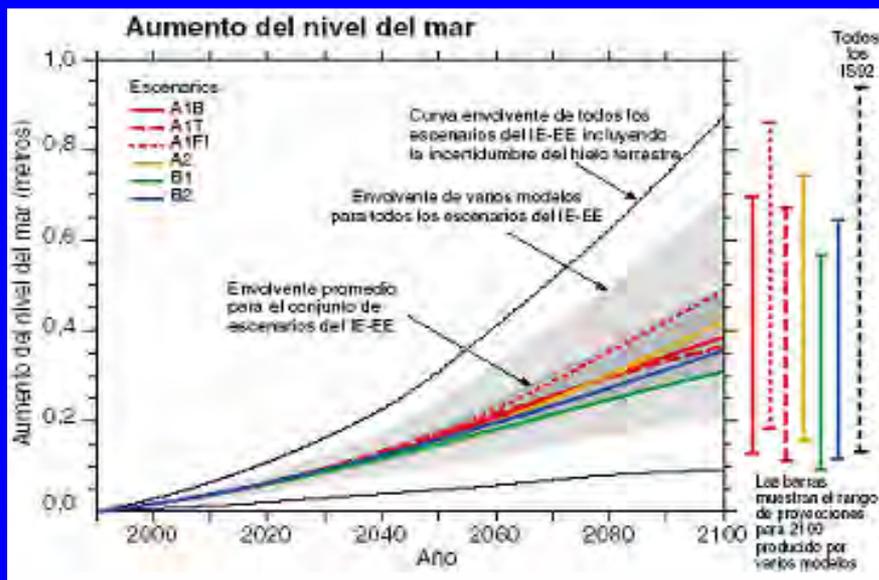
- ❑ Aumente la temperatura global media de 1,4 a 5,8 °C;
- ❑ Disminuya aún más la superficie emergida del hemisferio Norte y aumente la capa de hielo del Océano Antártico;
- ❑ El nivel del mar aumente de 9 a 88 cm.;
- ❑ Se den otros cambios e, incluso, haya un aumento de algunos fenómenos meteorológicos extremos.

¿Cómo obtenemos los escenarios de clima futuro?



¿CUÁLES SON LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS PREVISTOS PARA EL FUTURO? (2)

Caso	CAMBIO EN LA TEMPERATURA (°C EN 2090-2099 CON RESPECTO A 1980-1999)*		Incremento del nivel del mar (m en 2090-2099 con respecto a 1980-1999)
	Mejor estimación	Rango de probabilidad	Rango basado en modelos excluyendo cambios dinámicos futuros rápidos en el flujo de hielo
Concentraciones constantes año 2000 ^c	0,6	0,3-0,9	NA
Escenario B1	1,8	1,1-2,9	0,18-0,38
Escenario A1T	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
Escenario 2B	2,4	1,4-3,8	0,20-0,43
Escenario A1B	2,8	1,7-4,4	0,21-0,48
Escenario A2	3,4	2,0-5,4	0,23-0,51
Escenario A1F1	4,0	2,4-6,4	0,26-0,59





- **PERO...¿LAS ISLAS CANARIAS HAN SUFRIDO CAMBIOS CLIMÁTICOS?**

ESTUDIO EN EL ARCHIPIÉLAGO CANARIO

LA PRESENCIA DE la *Saccostrea cucullata* (Born) y del *Harpa rosea* Lamarck PROPIOS DE LOS MARES DEL GOLFO DE GUINEA EN DEPÓSITOS MARINOS DE CANARIAS PERMITEN UNA COMPARACIÓN DE LOS ÚLTIMOS INTERGLACIALES CON EL PRESENTE.

¿Por qué una especie?

¿Por qué estas especies?

¿Por qué mediante teledetección?

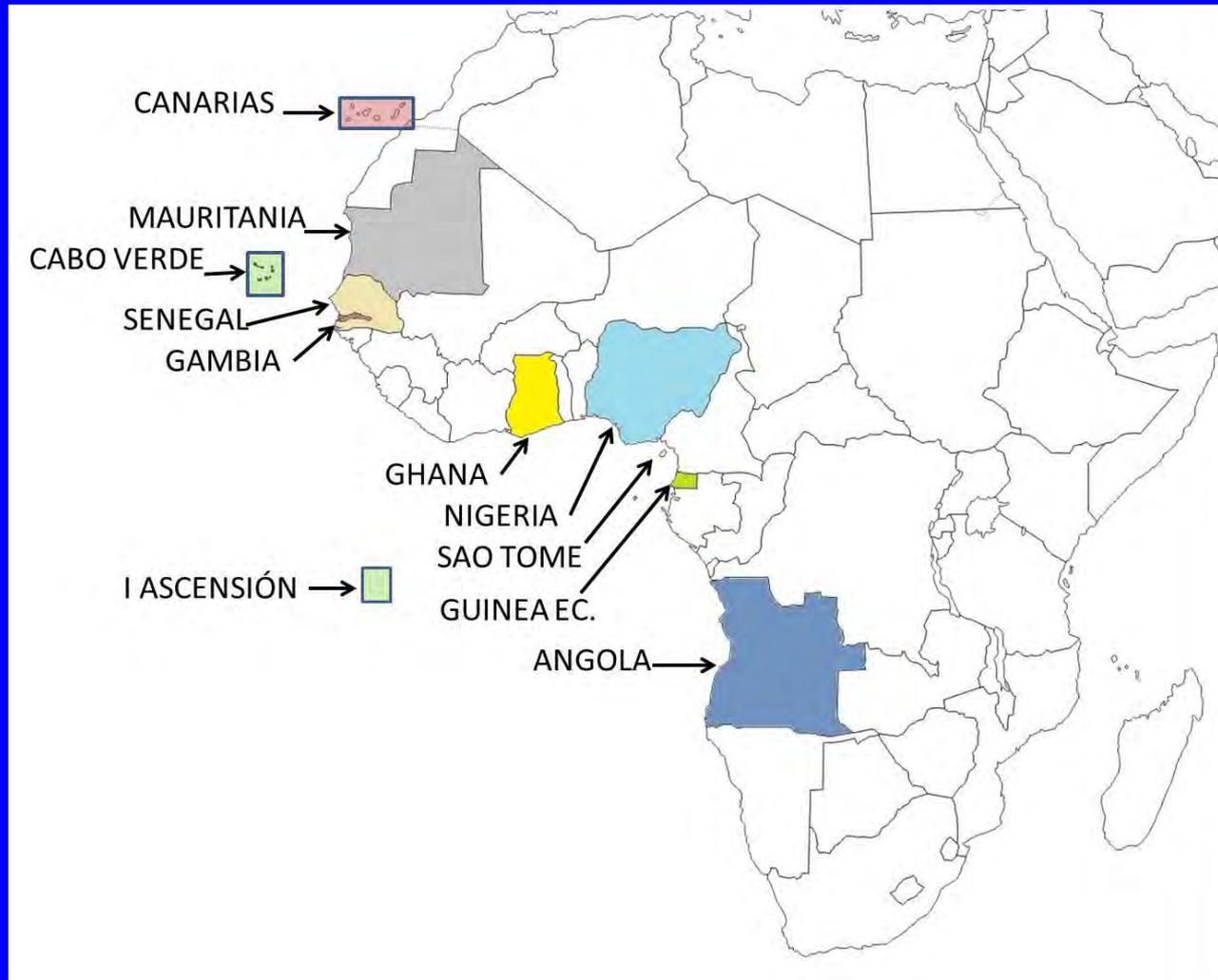
□ El último interglacial, y el penúltimo gran interglacial probablemente los más parecidos al actual

□ Canarias tiene depósitos con especies fósiles que viven en el Golfo de Guinea y en las Islas Cabo Verde → Cambio de Temperatura

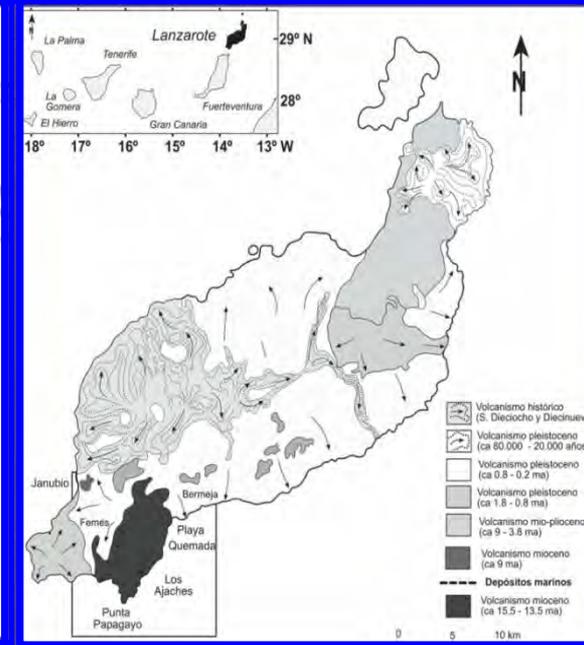
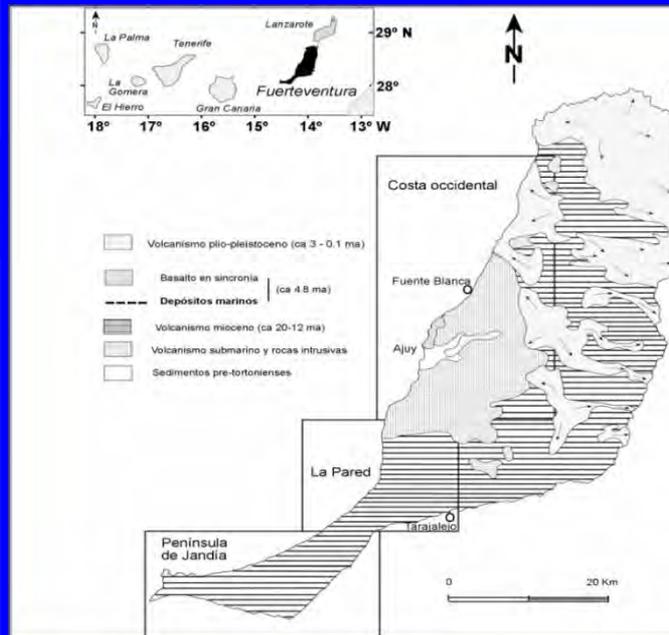
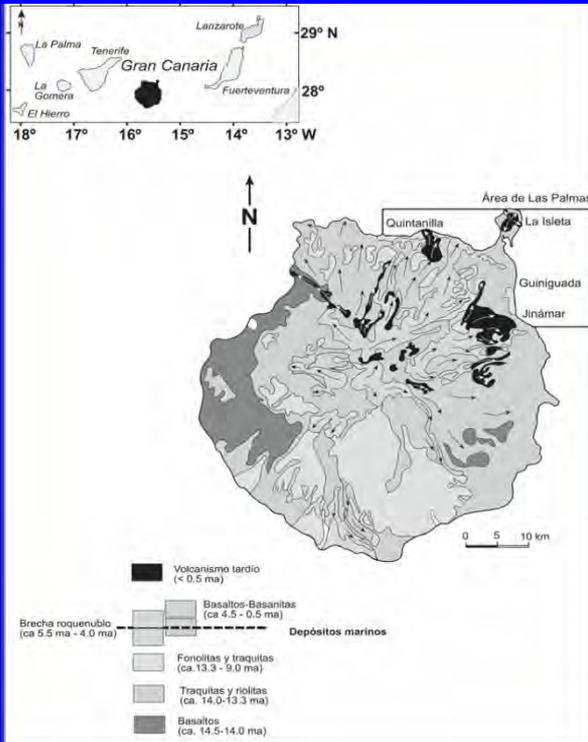
□ Presencia de las 2 especies atribuible respectivamente a ambos períodos

□ Constatada su presencia en Canarias y conocido hábitat actual → posibilidad de inferir, a partir de las condiciones que requiere para su existencia, las del Pleistoceno, mediante teledetección

CONTEXTO GEOGRÁFICO DEL ESTUDIO REALIZADO



GEOLOGÍA DE LAS ISLAS CANARIAS



GEOLOGÍA DE LAS ISLAS CANARIAS

(2)

- Muy probablemente surgen por un lento movimiento sobre un punto caliente activo desde hace 20 millones de años
- Registros sedimentarios evidencian cambios climáticos durante los últimos 5 Ma
 - ✓ Fases cálidas → terrazas marinas intercaladas con paleosuelos (clima árido con intervalos húmedos)
 - ✓ Episodios áridos → depósitos eólicos y calcretas
- Algunos depósitos marinos → *Saccostrea cucullata* y *Harpa rosea* que en la actualidad habitan:
 - Costa occidental de África
 - Islas del Atlántico oriental

CONTEXTO GEOGRÁFICO *Saccostrea cucullata* Born 1780

VIVAS

COSTA → De Angola a Ghana

ISLAS → Isla de la Ascensión

FÓSILES Testimonios del Pleistoceno medio (Depósitos marinos MIS 11.3)

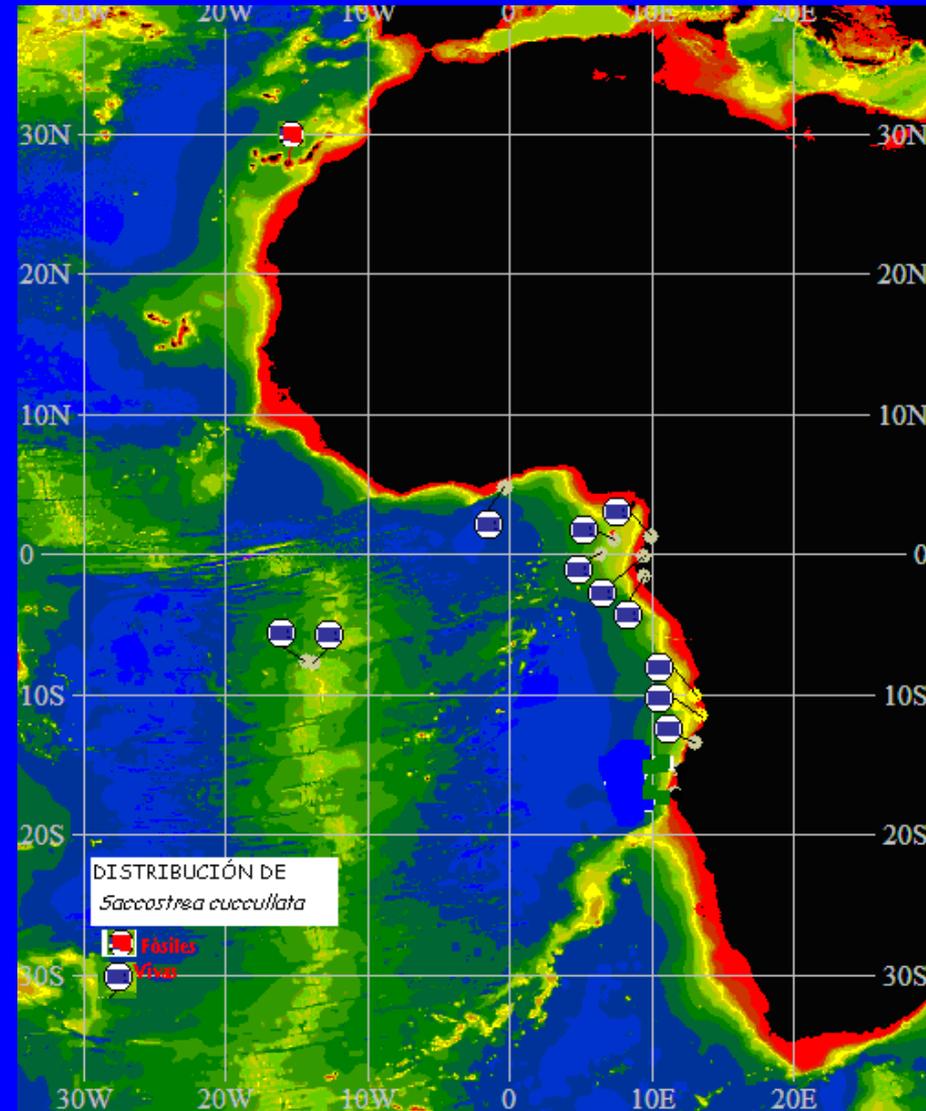
CANARIAS

GRAN CANARIA

□ Costa de Arucas, en La Granja del Cabildo.

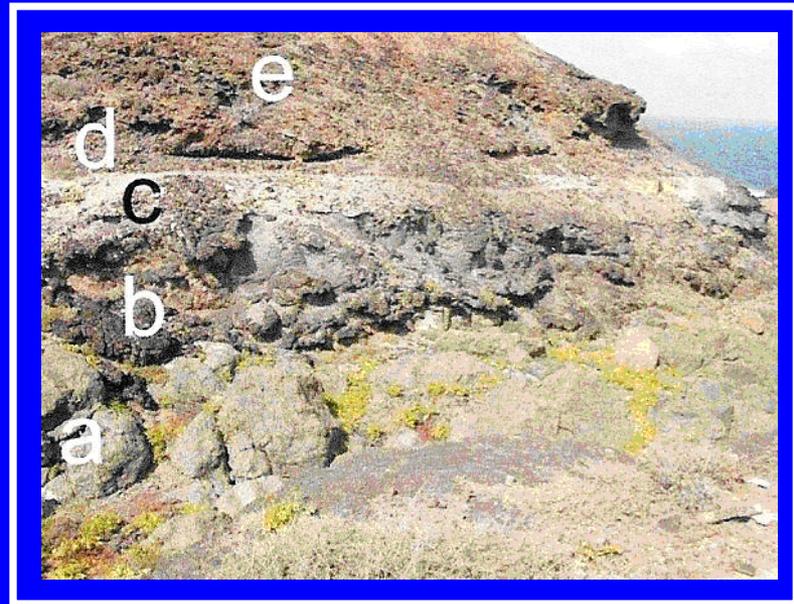
LANZAROTE

□ Piedra Alta



2.1.2. TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO MEDIO EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 11.3 con *Saccostrea cucullata* (Born, 1780). (2)

GRAN CANARIA



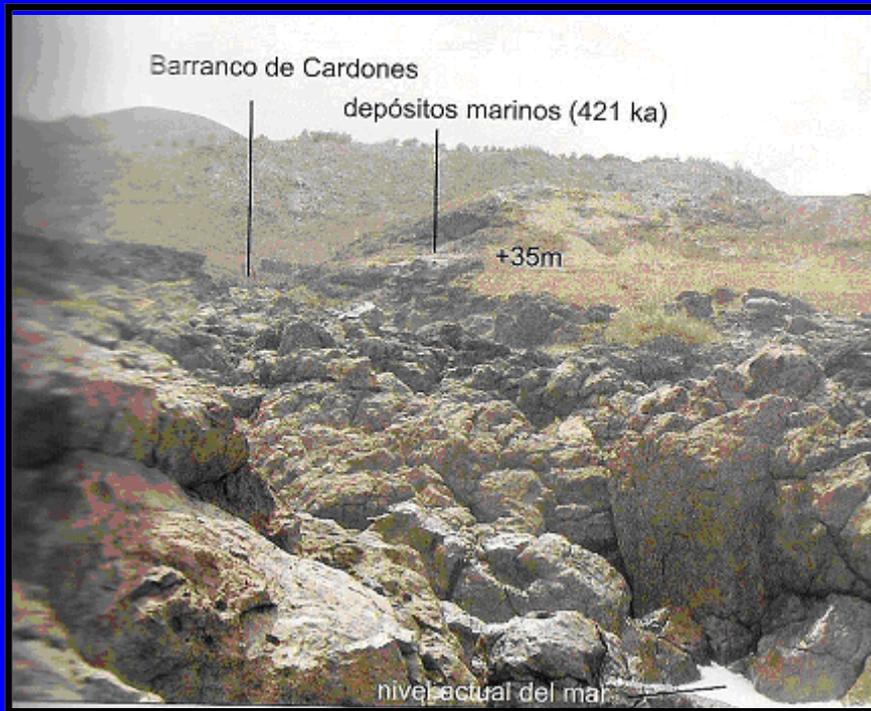
Desembocadura del Barranco de Cardones.

- a. fonolitas miocenas
- b. colada de lava procedente del Volcán Montaña Cardones presenta formas en almohadillas (421Ka)
- c. depósitos marinos
- d. Paleosuelo
- e. colada más tardía procedente del volcán de la Montaña de Arucas, datada radiométricamente en 151 Ka. (Meco et alii, 2006)

Saccostrea cucullata (Born) 1780, en la desembocadura del Barranco de Cardones

2.1.2. TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO MEDIO EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 11.3 con *Saccostrea cucullata* (Born, 1780). (3)

GRAN CANARIA



↑

Desembocadura del Barranco de Cardones, notablemente alto respecto al actual nivel del mar, lo que aboga por una elevación de la costa norte de Gran Canaria junto con la altura a la que se sitúan los antiguos depósitos marinos. (Meco et alii., 2006)



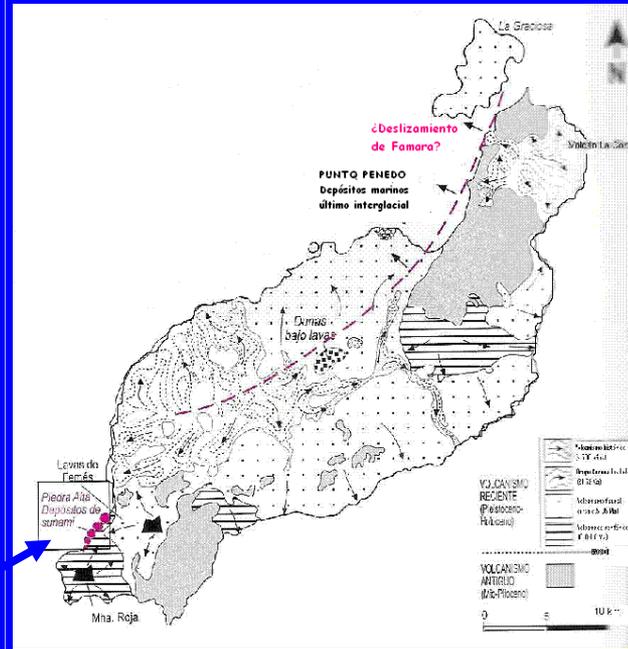
↑

Costa de Arucas.

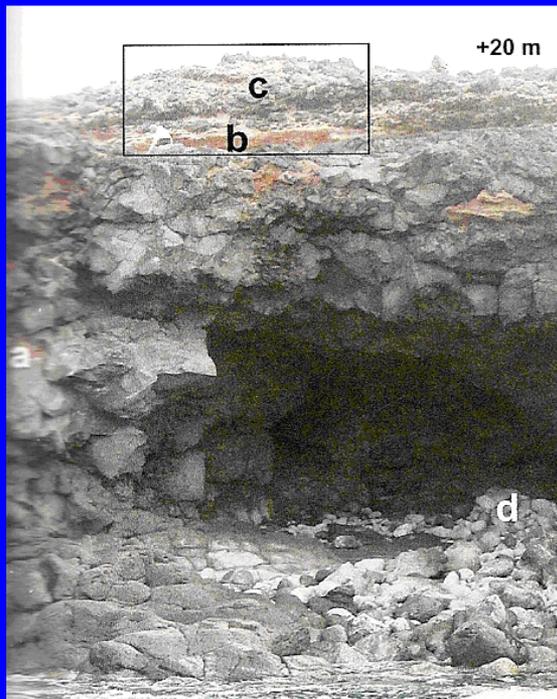
(a) fonolitas miocenas
(b) lavas almohadilladas de Cardones
(c) depósito marino a 35 m de altura sobre el actual nivel del mar.
(Meco et alii., 2006)

2.1.2. TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO MEDIO EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 11.3 con *Saccostrea cucullata* (Born, 1780). (4)

LANZAROTE
Piedra Alta



2.1.2. TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO MEDIO EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 11.3 con *Saccostrea cucullata* (Born, 1780).(5)

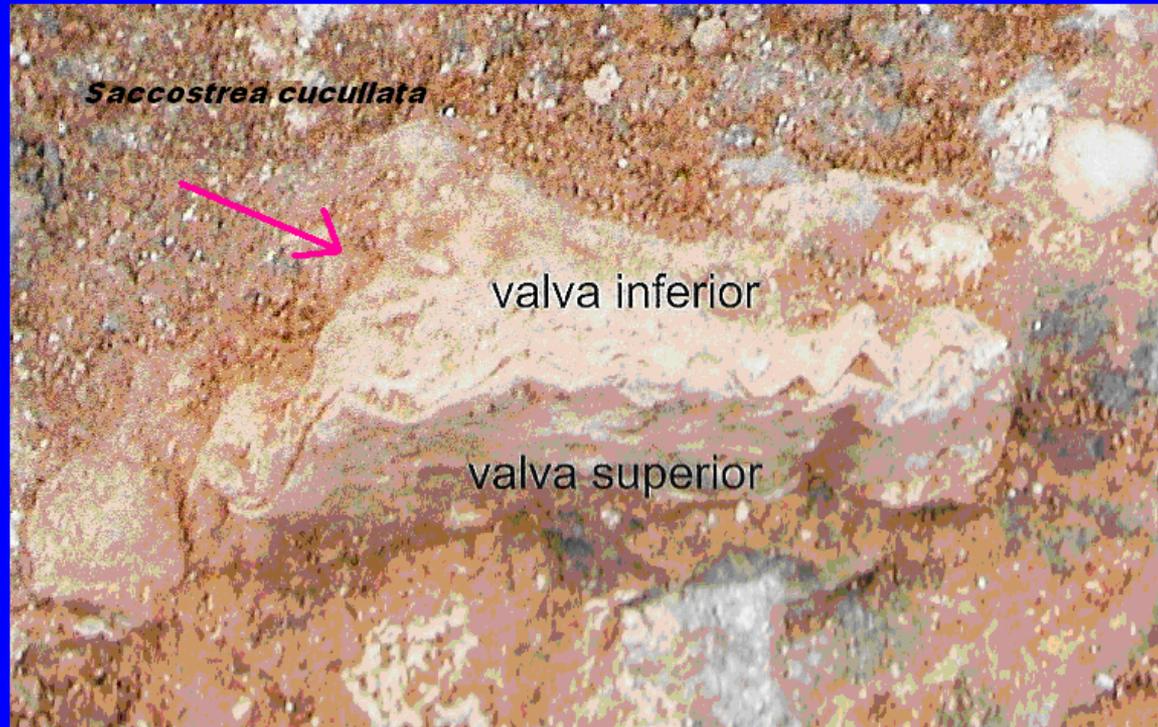


Depósitos de tsunami a 20 m sobre el nivel actual del mar
(a). Basaltos del final del Pleistoceno inferior datados en 820 ka (Meco y Stearns 1981) procedentes del volcán Montaña Roja.
(b) Duna rojiza.
(c) Depósitos de tsunami.
(d) Bloques formados con la acción de las olas sobre los basaltos de Montaña Roja.



Duna rojiza entre los depósitos y la lava (datada en 820 ka) coronada por un paleosuelo con la presencia de ootecas que aparecen periódicamente, desde el Plioceno tardío hasta el Holoceno coincidiendo con períodos húmedos, que en las Canarias corresponden al inicio de los interglaciales más importantes.

**2.1.2. TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO MEDIO EN CANARIAS:
Depósitos marinos MIS 11.3 con *Saccostrea cucullata* (Born, 1780).
(6)**



Saccostrea cucullata (Born, 1780) fósil de Piedra Alta. Desaparece del Mediterráneo con el Pleistoceno inferior (Cuerda, 1987), se sitúa en Canarias en el Pleistoceno medio (costa Arucas y Piedra Alta) y pervive en el Golfo de Guinea. (Meco et alii, 2006)

FÓSILES CANARIOS DE *Saccostrea cucullata*



Saccostrea cucullata (Born) 1780, del Barranco de Cardones (Gran Canaria)



Valva izquierda de la *Saccostrea cucullata* (Born, 1870).

Procede del Pleistoceno medio (Período Isotópico Marino 11.3) de la Costa de Arucas (Gran Canaria) datada radiométricamente en 420.000 años (Meco et alii, 2002).

Su talón o rostro forma ángulo recto con el resto de la valva.

Longitud máxima incluido talón 105 mm (Meco, ed, 2008)

CONTEXTO GEOGRÁFICO *Harpa rosea* Lamarck

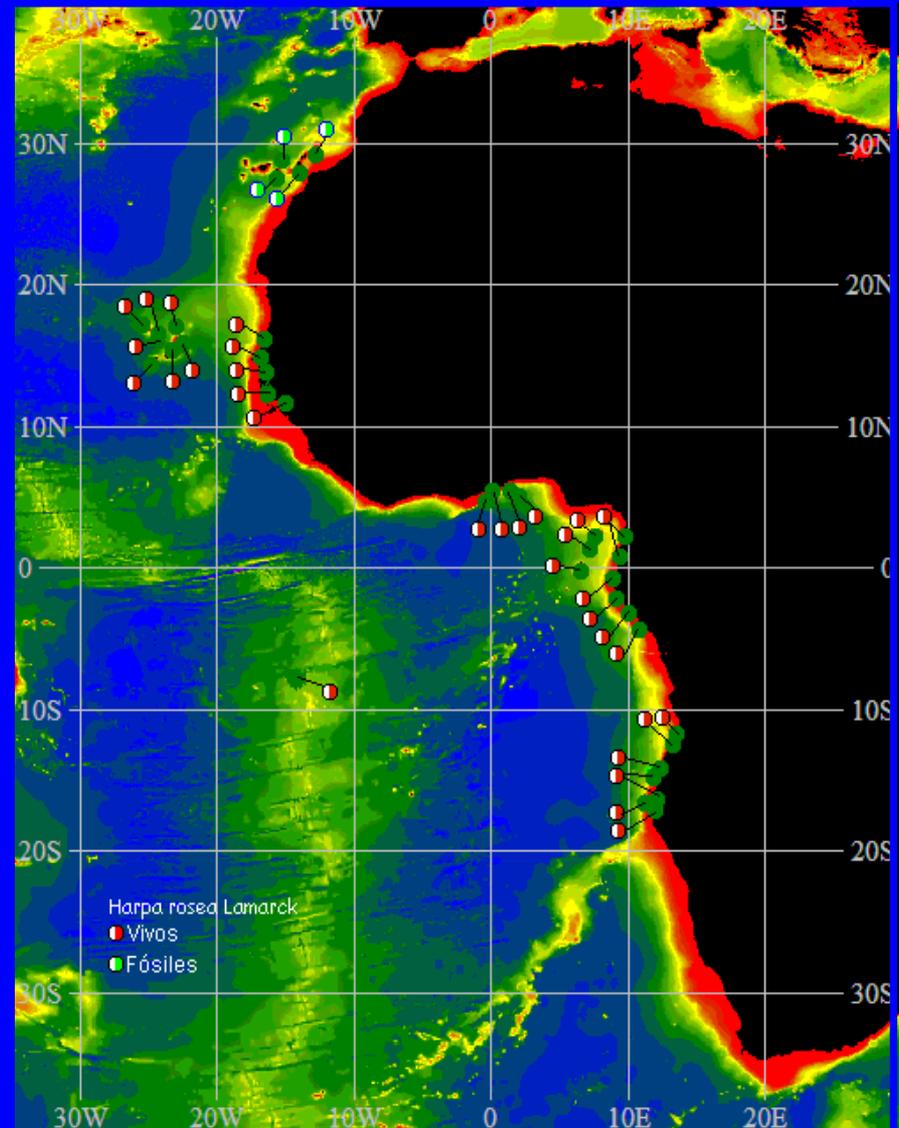
VIVAS

COSTA → De Angola a Senegal

ISLAS → De la Isla de la Ascensión a Cabo Verde

FÓSILES: Testimonios del Pleistoceno Superior (Depósitos Marinos MIS 5.5)

CANARIAS → Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote



2.2.2. -TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO SUPERIOR EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 5.5

GRAN CANARIA

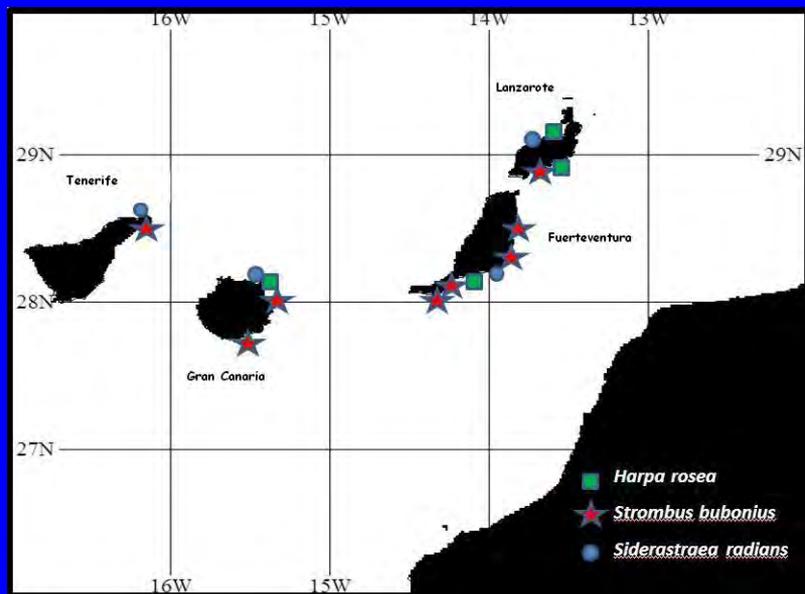
- Arenales de Santa Catalina en Las Palmas de Gran Canaria.

FUERTEVENTURA

- Matas Blancas, en el sur y en el Istmo de La Pared, donde empieza Jandía.
- Las Playitas, costa sureste

LANZAROTE

- En Matagorda, o Guasimeta
- En Punta Penedo.

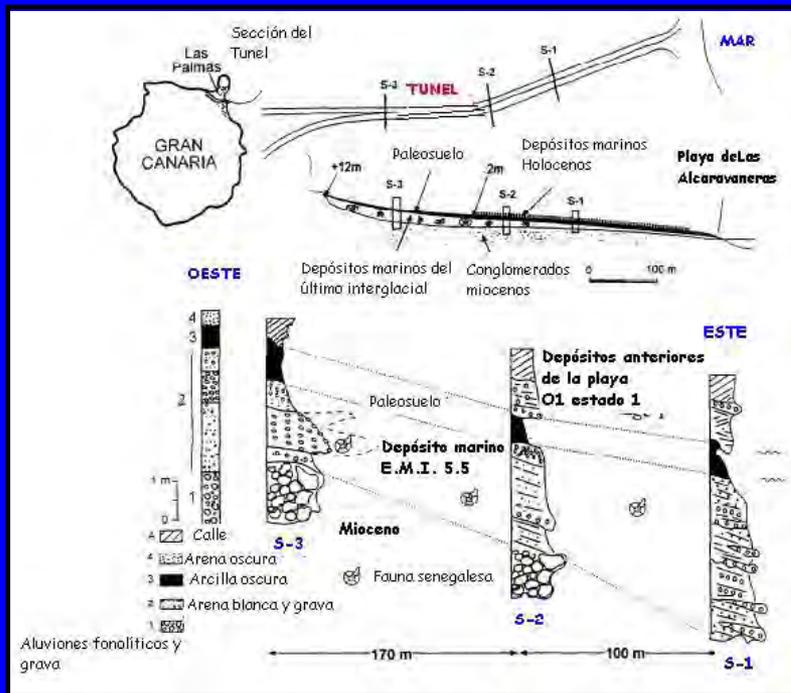


2.2.2.-TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO SUPERIOR EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 5.5 (2)

GRAN CANARIA:

ARENALES DE SANTA CATALINA EN LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

- ❑ Dados a conocer por Lyell en 1865
- ❑ Meco et alii, 1996, 2002
 - ❑ Observados en las obras (12 m sobre la media de mareas)
 - ❑ Del centenar de especies la $\frac{1}{4}$ parte de origen senegalés.



TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO SUPERIOR EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 5.5 (3)

FUERTEVENTURA

MATAS BLANCAS

Conglomerado marino fosilífero con *Strombus bubonius* Lamarck 1812

- ❑ Meco, 1975 → lo da a conocer obteniéndose posteriores dataciones radiométricas que apuntan hacia los 120 Ka, 130 Ka
- ❑ Meco, 1981 → Da a conocer el hallazgo de un *Harpa rosea*

LAS PLAYITAS

Contenidos en el conglomerado marino fosilífero a 3 m sobre el actual nivel medio del mar

- ❑ Meco et al., 1986 → 2 ejemplares de *Harpa rosea* junto a *Strombus bubonius* Lamarck 1822 y el coral *Siderastrea radians* (Pallas, 1766)

2.2.2.-TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO SUPERIOR EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 5.5 (4)

FUERTEVENTURA



28°10'N 14°11'O

Localización del yacimiento de Matas Blancas y fotos representativas del mismo

2.2.2.-TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO SUPERIOR EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 5.5 (5)

LANZAROTE



Situación del antiguo yacimiento de Matagorda o Guacimeta (28°56'N 13°36'O)



Harpa rosea Lamarck, 1816
en los depósitos marinos del Pleistoceno Superior en Punta Penedo

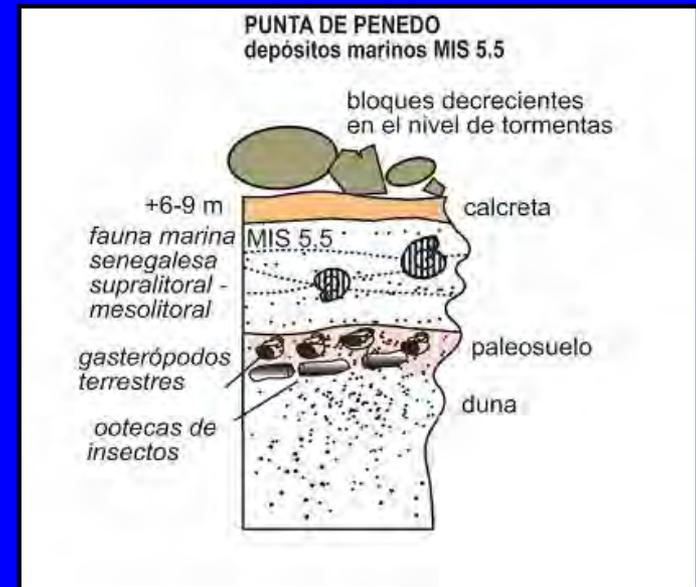
(Meco et alii, 2006)

2.2.2. -TESTIMONIOS DEL PLEISTOCENO SUPERIOR EN CANARIAS: Depósitos marinos MIS 5.5 (5)

LANZAROTE Punta Penedo



YACIMIENTO



CORTE TRANSVERSAL

(Meco et alii, 2006)

COMPARACIÓN FÓSILES CANARIOS DE *Harpa rosea* CON EJEMPLAR ACTUAL



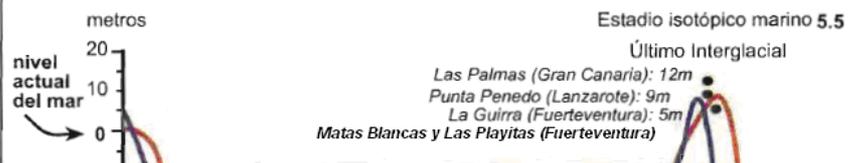
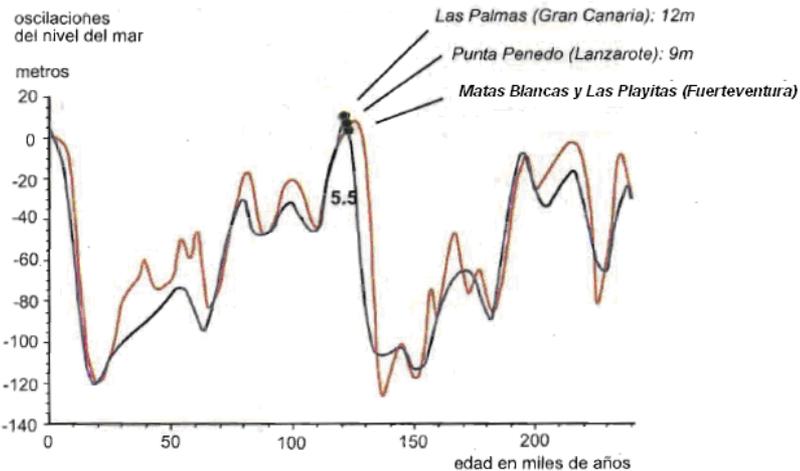
Ejemplares fósiles



Ejemplares vivos

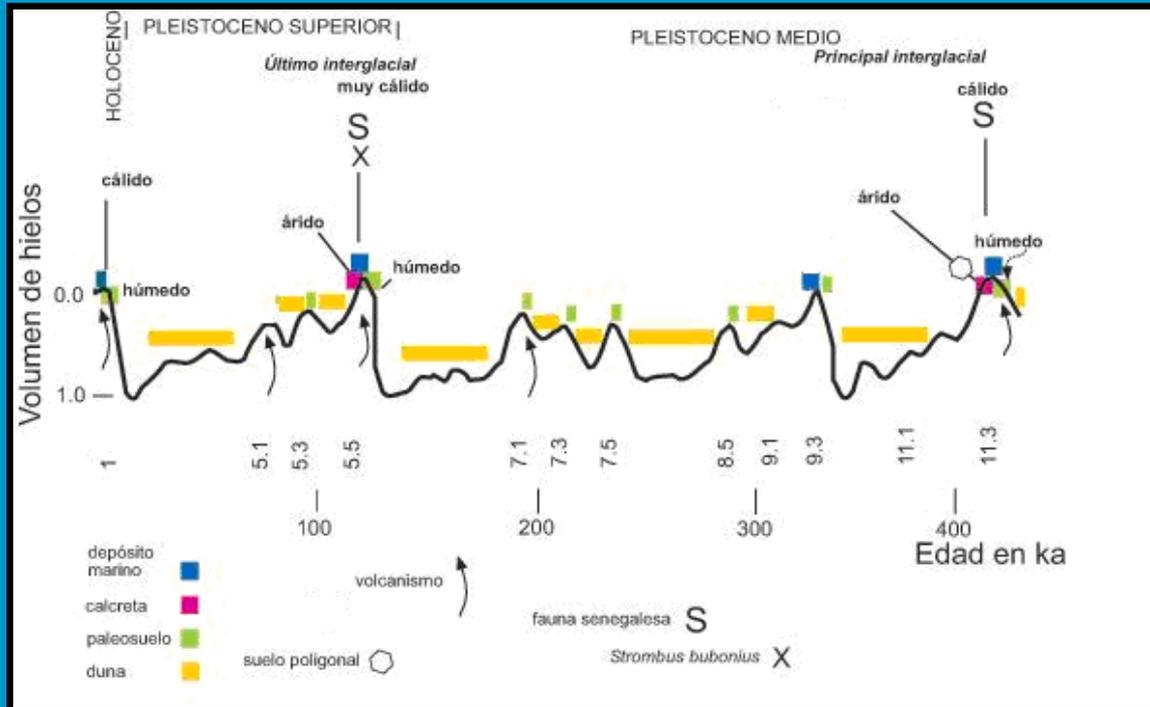
EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES BIOCLIMÁTICAS EN LAS ISLAS CANARIAS (240.000 AÑOS A LA ACTUALIDAD)

VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR DURANTE EL PLEISTOCENO SUPERIOR



- Elevación del mar de 12 metros en Las Palmas
- Paleosuelos y depósitos marinos intercalados con dunas
- Por la edad de la colada de Tenó: Paleosuelos lateríticos en relación con piroclastos alterados → Gran humedad y temperatura elevada → Desarrollo de vegetación
- Efecto resorte de las Terminaciones y paleotemperaturas deducidas de la fauna senegalesa presente en Canarias y en el Mediterráneo → condiciones oceánicas que se están reproduciendo en la actualidad

VARIACIONES CLIMÁTICAS ÚLTIMOS 420.000 AÑOS



Período húmedo-cálido (paleosuelos)
Depósito marino (S= fauna senegalesa)
Período árido-cálido (calcreta)
Período árido-frío prolongado (dunas)

Meco et alii, (2006)

→ Está por venir el árido cálido que precedería a la futura glaciación

FLUCTUACIÓN NIVEL DEL MAR EN CANARIAS EN EL ÚLTIMO INTERGLACIAL.- MIS 5.5

□ Depósitos atribuibles al MIS 5.5 → paso forzoso hacia el Mediterráneo de la fauna senegalesa → Lyell, 1865

□ Se tomaron por pleistocenos los depósitos mio-pliocenos de Fuerteventura y Lanzarote

→ Modelo mediterráneo ha quedado sin confirmación

□ Yacimiento con centenares de *Strombus bubonius* (Meco, 1975) → Dataciones U/Th y ESR entre 1985 y 2002 (4 laboratorios)

→ NO sirven para distinguir estadios, subestadios o eventos isotópicos próximos → resultados sobre conchas adyacentes: 103 Ka, 106 Ka, 112 Ka, 115 Ka, 125 Ka, 128 Ka, 135 Ka, 136 Ka, 137 Ka y 178 Ka

FLUCTUACIÓN NIVEL DEL MAR EN CANARIAS EN EL ÚLTIMO INTERGLACIAL (2)

ALTURA DE LOS DEPÓSITOS

□ LAS PALMAS

- ✓ 12 m sobre el nivel del mar

□ N LANZAROTE

- ✓ + 9 m
- ✓ Área afectada por erupciones volcánicas s XVIII y por otras del Pleistoceno superior → Tectónica contribuiría al elevamiento

□ S FUERTEVENTURA

- ✓ < + 3m (centro isla costa O: meseta conglomerados fósilíferos sueltos a + 5m)

FLUCTUACIÓN NIVEL DEL MAR EN CANARIAS EN EL ÚLTIMO INTERGLACIAL CANARIAS (3)

FAUNA SENEGALESA

□ *Strombus bubonius* & coral *Siderastrea radians* & *Harpa rosea*
(en la actualidad en el Golfo de Guinea)

□ *Harpa rosea*

- ✓ Se desplazó hacia el N → Canarias → NUNCA al Mediterráneo
- ✓ Lidera representación de la fauna senegalesa
- ✓ Exige un intervalo cálido más estrecho que los estrombos
- ✓ Opone más resistencia a la migración
- ✓ Su presencia ≈ al momento más álgido del cambio climático del MIS 5.5.

→ Elegida para estudios comparativos sobre la SST durante el último interglacial mediante teledetección.

EL NIVEL DEL MAR EL INTERGLACIAL MIS 11.3

Publicadas evidencias de depósitos hace 400 Ka \approx a 20 m

- Bahamas
- Ohau (Hawai)
- Alaska (vertiente norte)
- Reino Unido
- Antillas Holandesas (Curaçao)
- Bermudas y Ohau
 - ✓ Hay argumentos en contra
 - ✓ Contraréplica

CANARIAS

□ Demostrado por:

- Fauna carácter cálido en depósitos marinos elevados LANZAROTE (Piedra Alta) → Interglacial con episodio violento
- Colada con lavas almohadilladas datadas en 421 Ka en GRAN CANARIA (Barranco de Cardones) → Inicio MIS 11 o MIS 11.3

□ Polémica de Bermudas (simétricas de las Canarias según eje del Atlántico N) principal soporte para demostrar subida del nivel del mar a +20m (argumento para la próxima subida si se funden hielos de Antártida O)

- ¿Tectónica en el MIS 11?
- Depósitos ¿ ~ a un megatsunami o a depósitos serenos?

→ En Canarias se dan las 2 cosas con fauna senegalesa con unas diferencias que en

→ Cardones (costa de Arucas) ~ litoral

→ Piedra Alta ~ a fondos violentados

II.- METODOLOGÍA

1.- Paleontológica

2.- Características bioclimáticas

➤ Recopilación citas geográficas y ecológicas en bibliografía científica desde 1758 (10ª edición *Systema Naturae* Linné) a la actualidad.

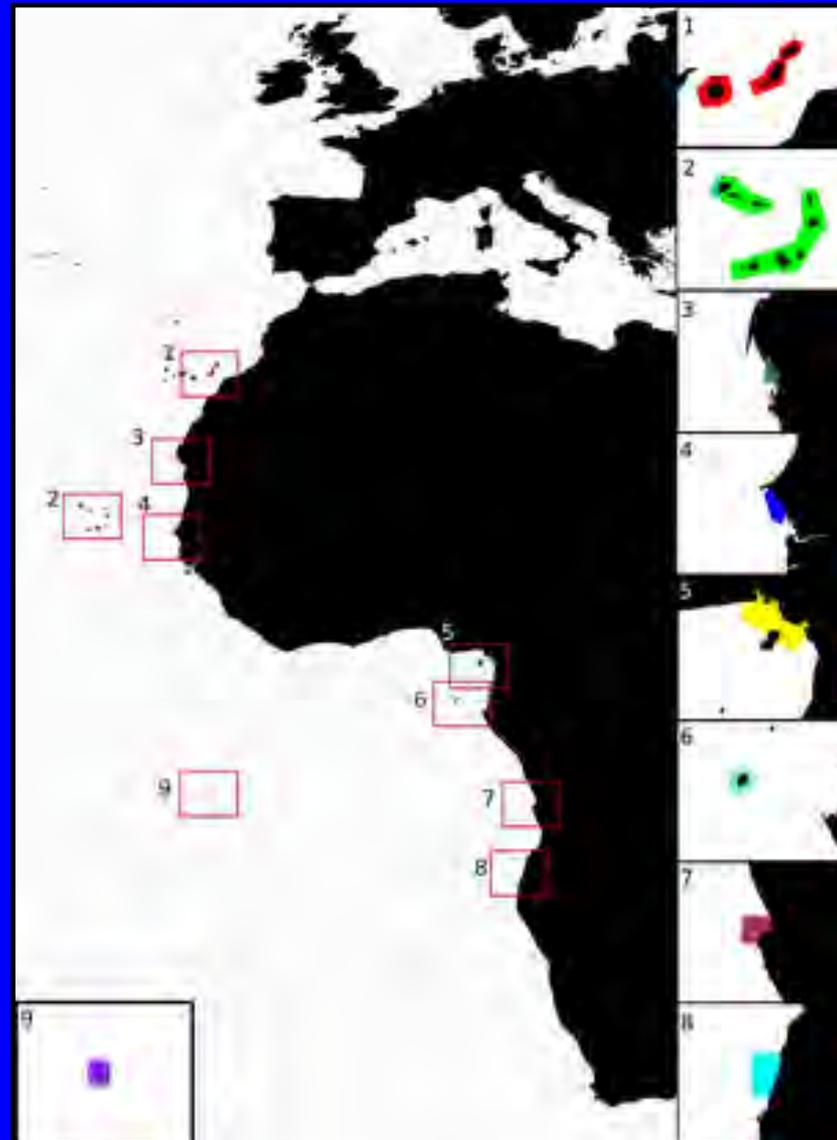
➤ Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid

➤ Naturhistorisches Museum Wien

➤ Laboratorio de Paleontología del Departamento de Biología de la ULPGC (especializada en la región atlántica euroafricana)

➤ Revisión de la diagnosis original y las sinonimias como garantía de los datos geográficos

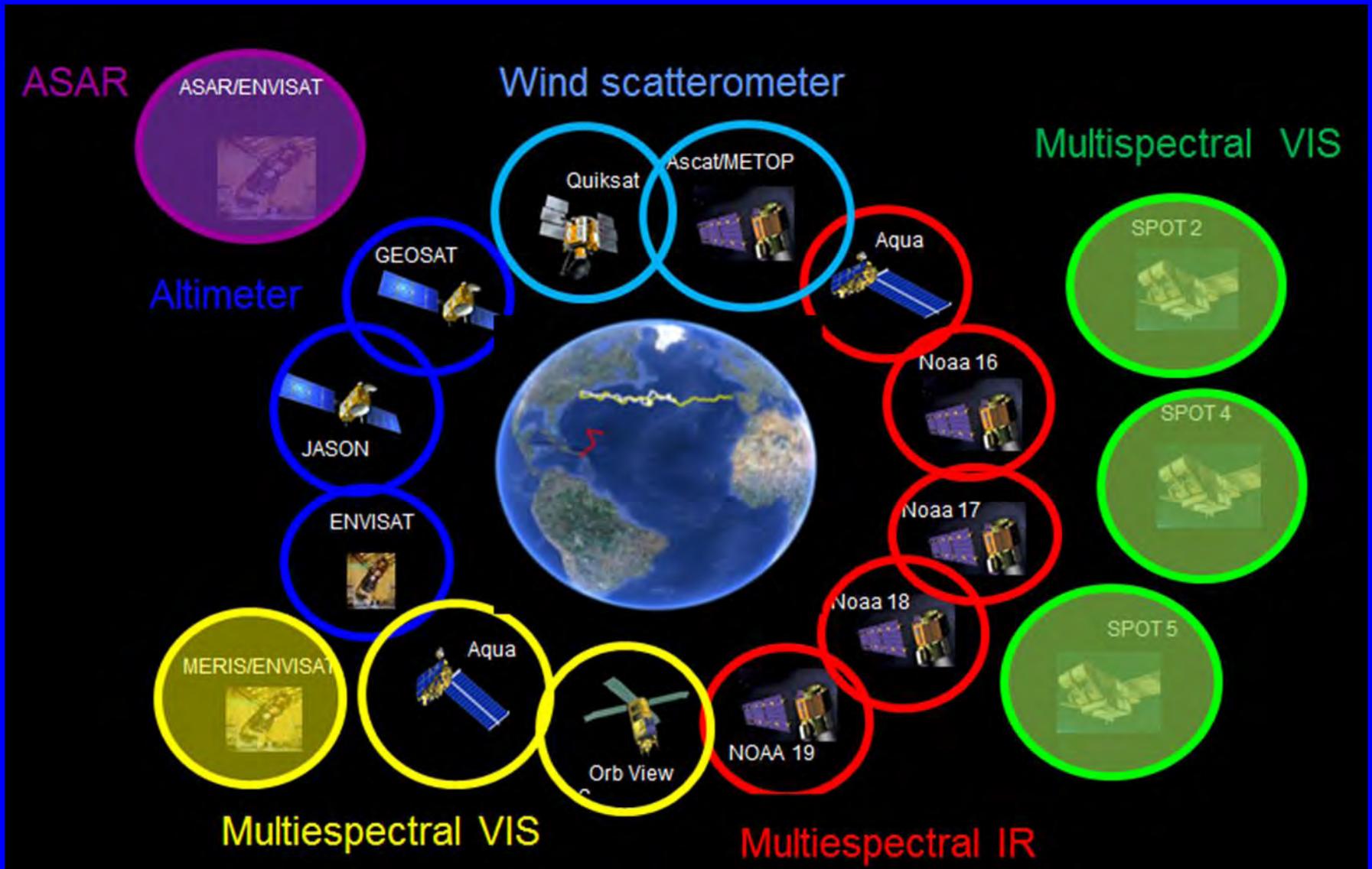
2.1.- DOMINIO GEOGRÁFICO



DETERMINACIÓN *SST* Y PRODUCCIÓN PRIMARIA VÍA SATÉLITE

- Se han cuantificado las Temperaturas de la Superficie del Mar (*SST*) de los lugares donde estas especies viven en la actualidad e inferir de ello la temperatura alcanzada en los interglaciales mencionados.
- Para cuantificarlas se han utilizado bases de datos sinópticos obtenidos por medio de satélites artificiales proporcionados por la División de Robótica y Oceanografía Computacional (ROC-ULPGC).
- El tratamiento de escenas de Temperatura Superficial del Océano (*SST*) y también de Clorofila-a (clor-a), ha consistido en la obtención de síntesis diarias/semanales/mensuales/anuales en todo el Atlántico Oriental (1985 - 2009).

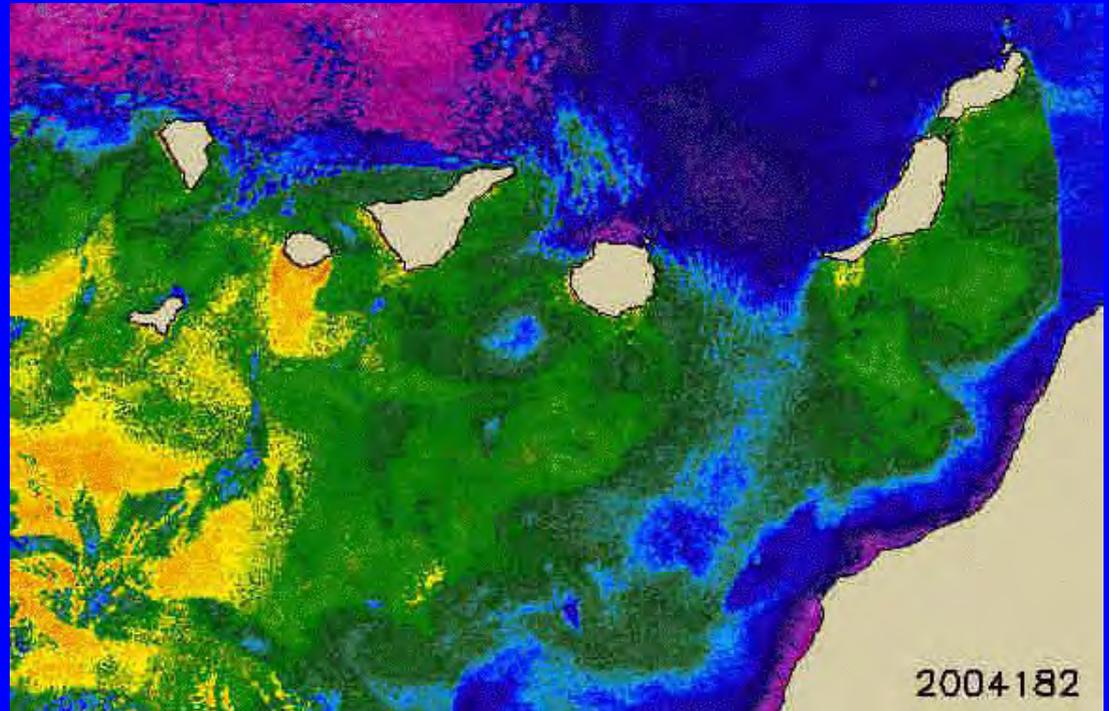
CONSTELACIÓN DE SATÉLITES



SST

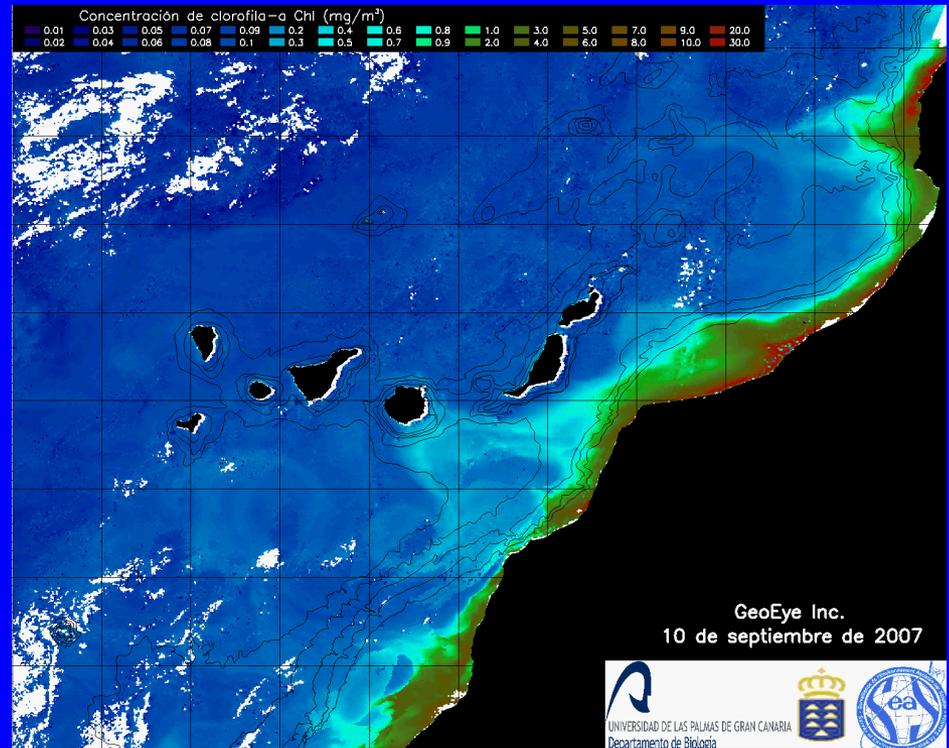
AVHRR-NOAA

- 5 bandas
- IR térmico -> *SST*
- *Swath* de 2700 Km
- Alta repetitividad
- Res. esp de 1.1 Km
- Res. radiom 10 bits



Clorofila-a

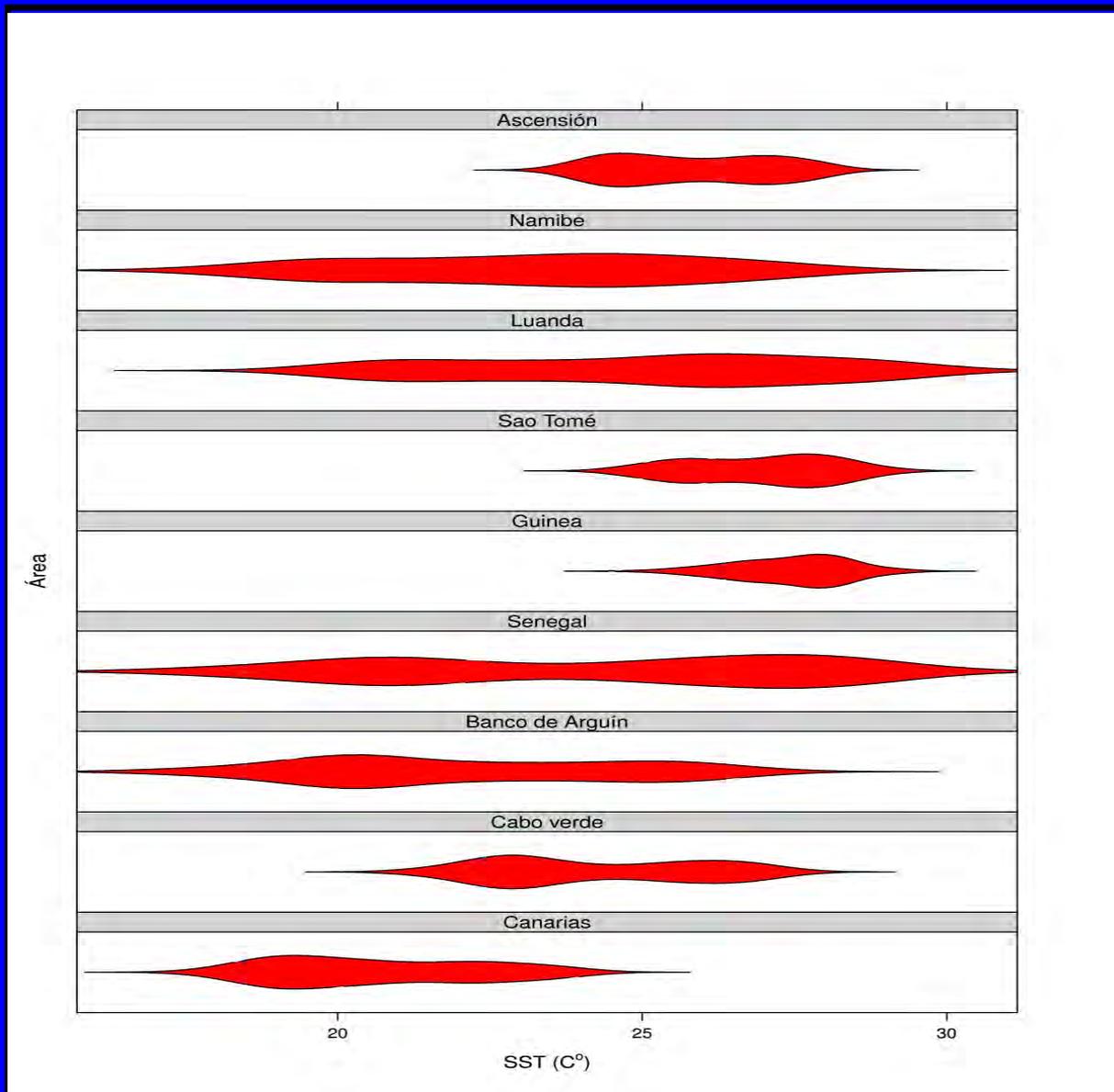
- *SeaWiFS*/OrbView 2
- 8 bandas (6 VIS-2 IR)
- *Swath* de 2800 Km
- Alta repetitividad
- Res. esp. 1.1 Km
- Res. rad. 10 bits



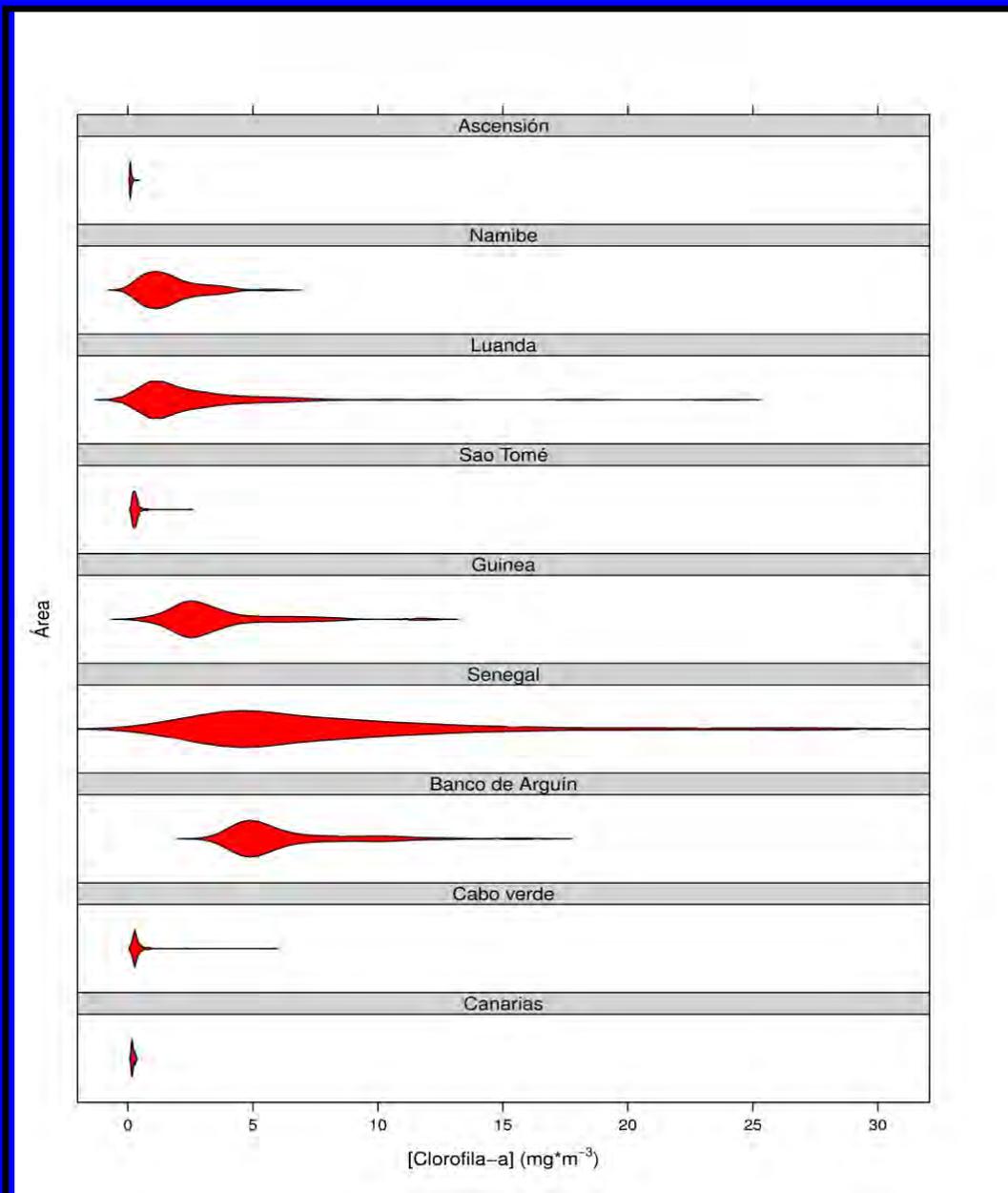
III.- RESULTADOS

- 1.- Temperatura
- 2.- Clorofila a
- 3.- Descriptivos estadísticos

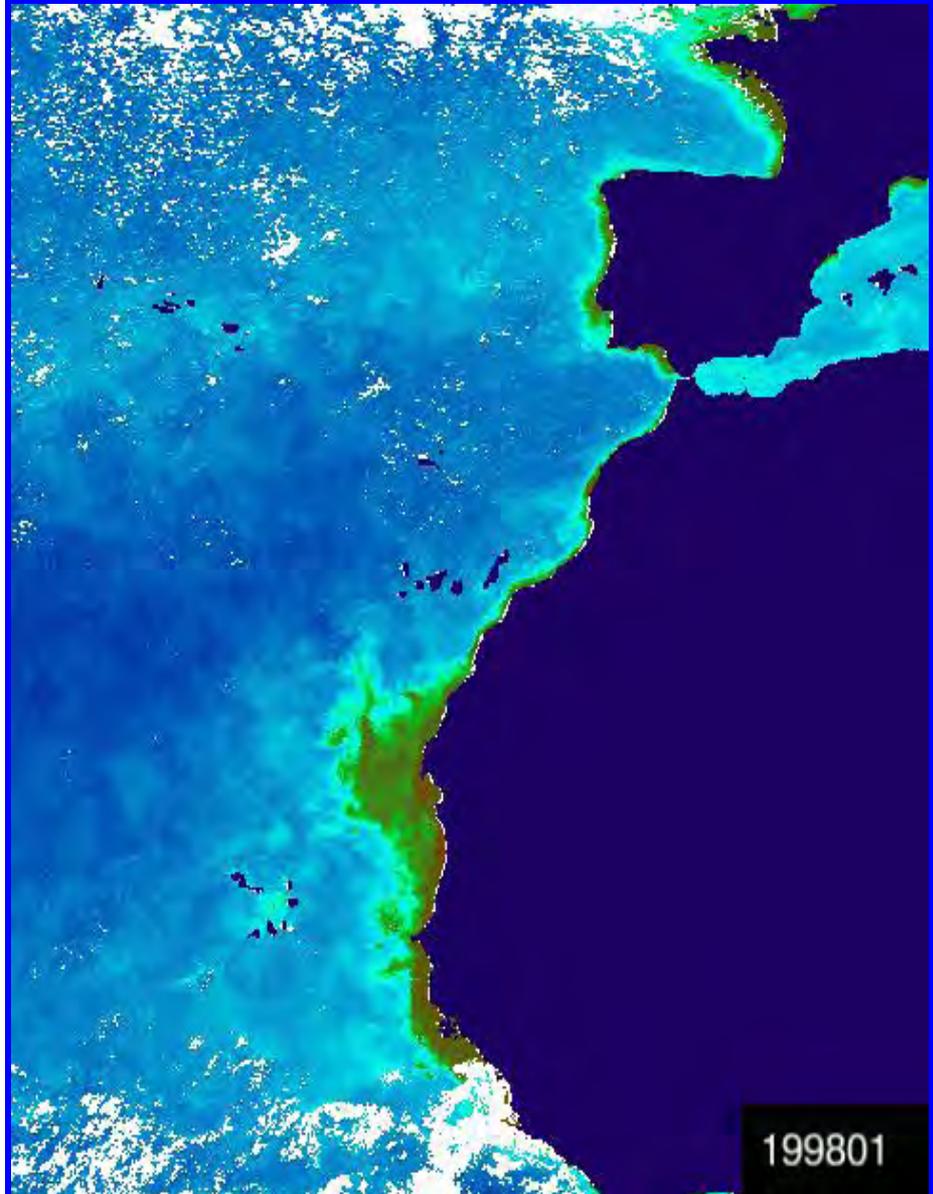
VARIACIÓN DE LA SST / ÁREA DE MUESTREO



CONCENTRACIÓN MENSUAL *Clorofila-a* POR ÁREA DE MUESTREO



PROMEDIOS MENSUALES SST y Chl-a 1998-2007



1.- Identificación de las especies

2.- Meteo-Oceanografía

2.1. Temperatura

2.2. Clorofila a

2.3. Corrientes marinas

3.- Climatología

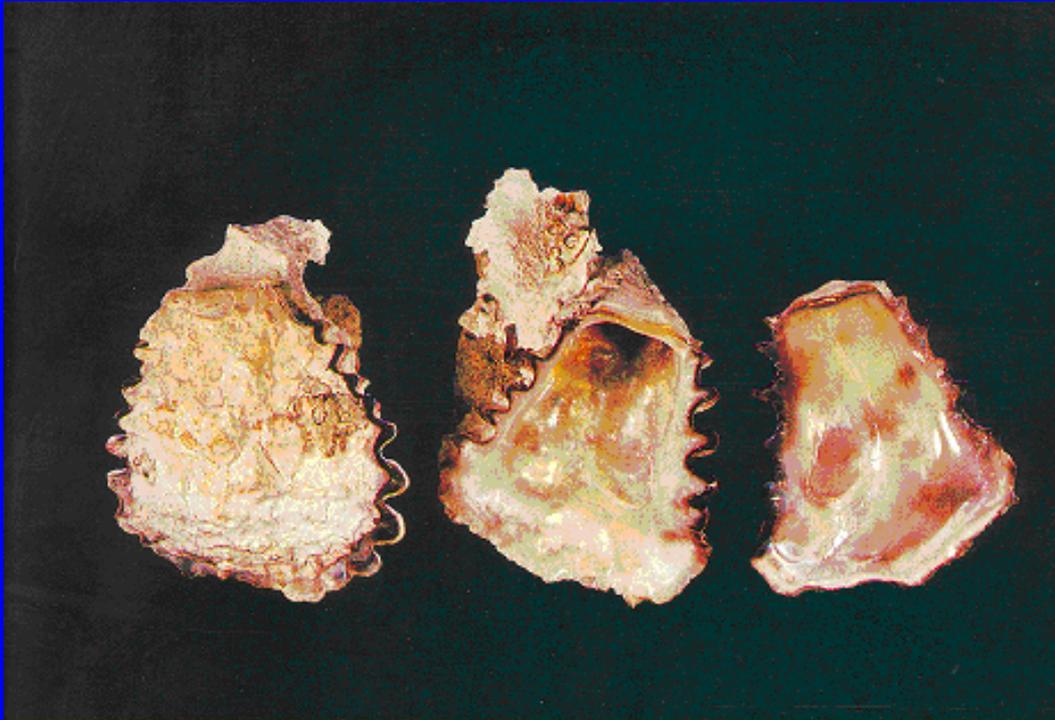
3.1. Modificación del nivel del mar

3.2. Δ nivel del mar \approx IPCC

3.3. Comparación cambios observados

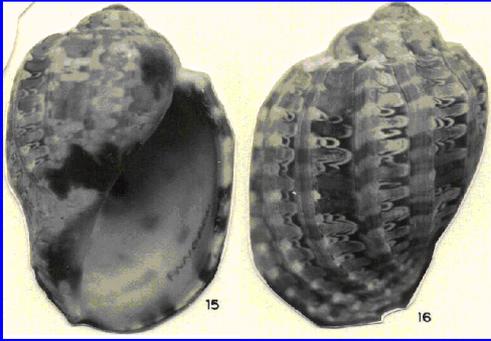
3.4. Cambios y futuro

FÓSILES CANARIOS DE *Saccostrea cucullata* vs. VIVOS

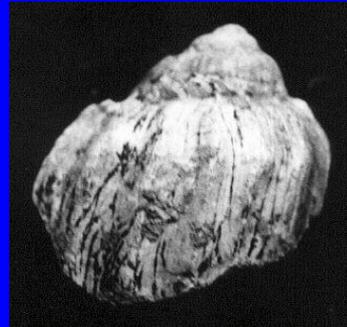


Comparación entre la *Ostrea cucullata* Born. Bahía de Limagens (Benguela) roquedos mediolitorales (90 a 105 mm). Gofas, S., Pinto Afonso, J., Brandao (s/f) Coquillages et mollusques d'Angola Universidade Agosthino Neto/Elf Aquitaine Angola Fig. 47, y la *Saccostrea cucullata* encontrado en el yacimiento de Arucas

FÓSILES CANARIOS DE *Harpa rosea* vs. VIVOS



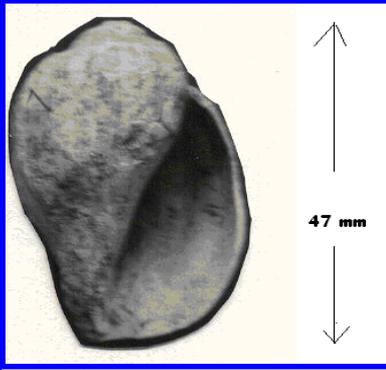
Laboratorio de Paleontología.
Departamento Biología ULPGC



Fragmento de Las Playitas.
Depositado LP-DB-ULPGC



Matagorda (Meco, 1977)



Las Playitas (Meco, 1991)



Matas Blancas (Meco, 1981)



Mata Gorda (1978)



Ejemplar actual Isla Annobón

2. - METEO-OCEANOGRAFÍA

TEMPERATURA

Premisa: \gt SST \geq 24 °C para realizar la puesta

Resultados meses cálidos:

- ✓ 20,77 °C para Canarias
- ✓ 23 °C Banc d'Arguin
- ✓ \gt 24 °C las demás zonas (27 °C en Guinea y Sao Tomé)
- ✓ Aplicación del test de Kolmogorov-Smirnov: la distribución es normal ya que los valores son \leq 1,5
- ✓ Aplicación del test de U-Mann-Whitney indica que Senegal y Cabo Verde presentan medias iguales

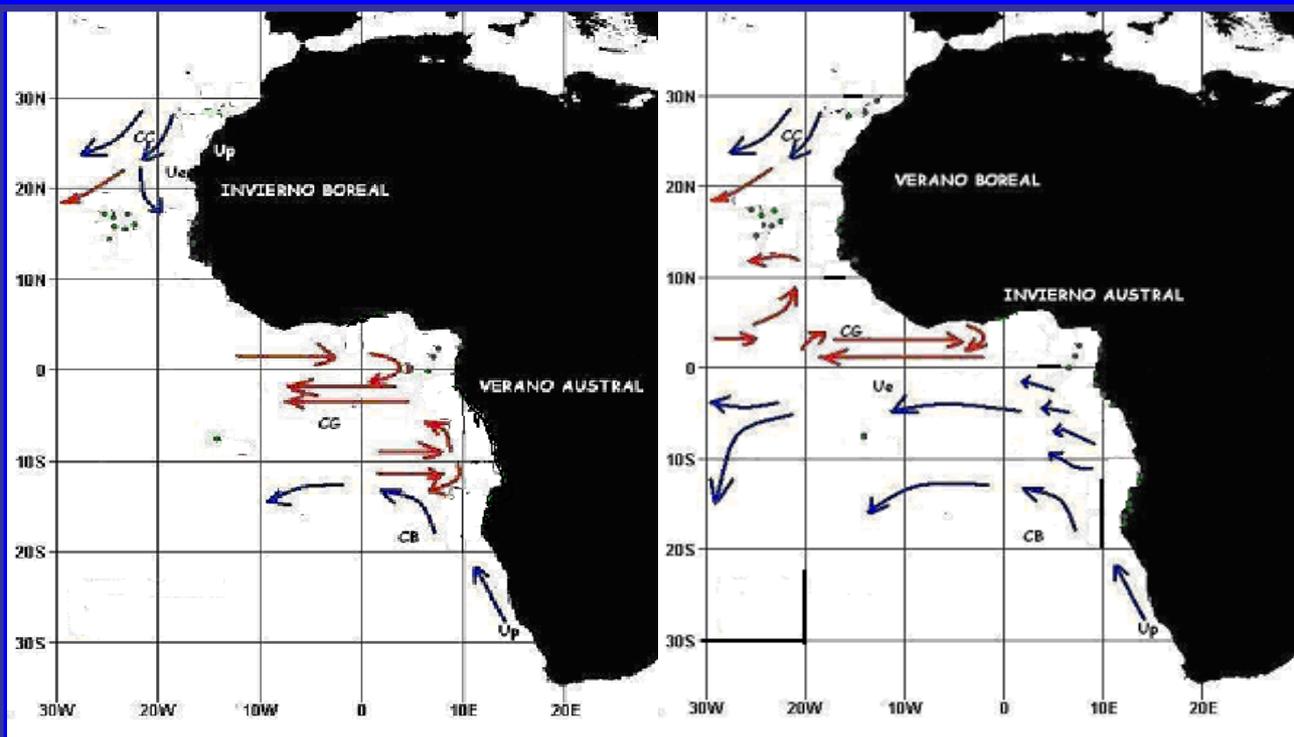
CLOROFILA a

Premisa: [producción primaria] adecuada → Período de puesta y desarrollo larvario

Resultados meses cálidos:

- ✓ 0,17 mg/m³ para Canarias
- ✓ 6,74 mg/m³ en Banc d'Arguin
- ✓ 7,97 mg/m³ en Senegal
- ✓ Demás zonas valores muy dispersos: 0.11 mg/m³ (Isla Ascensión) a 4,76 mg/m³ (Guinea).
- ✓ Aplicación del test de Kolmogorov-Smirnov: la distribución es normal ya que son $\leq 1,5$
- ✓ Aplicación del test de U-Mann-Whitney indica que Senegal y Banc d'Arguin tienen medias iguales, lo mismo que en Guinea y Cabo Verde.

CORRIENTES MARINAS



Up ascenso permanente de aguas frías
Ue ascenso estacional de aguas frías
CB Corriente fría de Benguela
CC Corriente fría de Canarias
CG Corriente cálida de Guinea

REPRESENTACIÓN DE LA CIRCULACIÓN DE SUPERFICIE EN EL INVIERNO BOREAL-VERANO AUSTRAL Y VERANO BOREAL-INVIERNO AUSTRAL (WAUTHY 1983, MALEY 1987)

V.- CONCLUSIONES

1.- Taxonómicas

2.- Paleobiológicas

3.- Paleoclimáticas

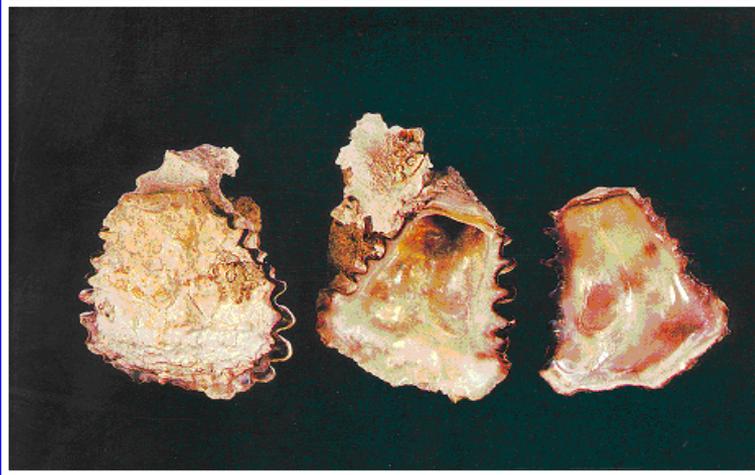
3.1. SST

3.2. Concentración clorofila a

3.3. Nivel del mar/ Volumen hielos

4.4. Anticipación climática

TAXONÓMICAS



PALEOCLIMÁTICAS

SST

SST CANARIAS 1985-2009

- ❑ Media: 20,44 °C
- ❑ Media estaciones cálidas: 20,77 °C

ZONAS *Harpa rosea* VIVAS

- ❑ Media: 21,68 °C (Banc d'Arguin) y 27,23 °C (Guinea)
- ❑ Media estaciones cálidas: 22,59 °C (Banc d'Arguin) y 27,43 °C (Guinea)

→ Diferencia de 1,82 °C a 6,66 °C para el interglacial MIS 5.5 lo que modifica y aumenta la precisión de los datos obtenidos hasta el presente basados en el *Strombus bubonius* fósil mediterráneo (Meco, 1977; Meco et al., 1993; Cabero 2009)

ZONAS *Saccostrea cucullata* VIVAS

Los ejemplares vivos de *Saccostrea cucullata* (Born) se han encontrado en una zona mucho más limitada, ceñida prácticamente en exclusividad al Golfo de Guinea

- ❑ Media: 22,86 °C (Namibe) y 27,23 °C (Guinea)
- ❑ Media estaciones cálidas: 23,97 °C (Namibe) y 27,43 °C (Guinea)

→ Es la primera vez que se deducen estas temperaturas para el interglacial MIS 11.3 del que sólo se conocía al respecto, que en depósitos de Alaska de esta edad aparecen especies extralímite sur (Bowen 2010).

SOBRE EL NIVEL DEL MAR/VOLUMEN DE HIELOS

Niveles del mar en el pasado \approx estabilidad geológica de los depósitos

→ Se ha demostrado por la fauna que la SST era más alta → implica un menor volumen de hielos que en la actualidad y un nivel del mar más alto

MIS 11.3, (*Saccostrea cucullata*)

SST en el Atlántico de Canarias superaba a la actual con una variación anual

- ✓ Como mínimo eran de 2,42 °C a 3.53 °C más altas
- ✓ Como máximo eran de 6,66 °C a 6,79 °C más altas

→ lo que implica la certeza de un volumen de hielos menor y un nivel del mar superior que el actual.

- 7 m debido a la fusión de los hielos árticos
- + de 10 m se necesitarían además la fusión de hielos antárticos

→ **Esta confirmación a través del paleoindicador es NUEVA en relación con lo publicado**

SOBRE EL NIVEL DEL MAR/VOLUMEN DE HIELOS (2)

MIS 5.5 (*Harpa rosea*)

1.- SST en el Atlántico de Canarias superaba a la actual con una variación anual

- ✓ Como mínimo: de 1,24 °C a 1,82 °C más altas
- ✓ Como máximo, de 6,66°C y 6,79 °C más altas

2.- Elevación del nivel del mar

- ✓ Considerando mínimos → Elevación del mar $\approx 7,26$ m → **semejante a la del MIS 11.3**
- ✓ Máximos de los mínimos → 6.42 m
- ✓ Máximos → no sería posible diferenciar entre ambos (MIS 11.3 y MIS 5.5) niveles del mar que estarían en el MIS 11.3 al menos 6 metros por encima del actual

CONCENTRACIÓN CLOROFILA a

- ❑ Concentración en el agua de mar → índice de la productividad de un área
- ❑ Sensores remotos en satélites que trabajan en el espectro del visible → obtención de imágenes sinópticas de áreas extensas → color del océano ~ la biomasa del fitoplancton (Morel y Prieur, 1977; Gordon y Morel, 1983; Nykjaer et al., 1986).
- ❑ Tropicalización (desertificación oceánica).
- ❑ Series temporales de estas imágenes → variabilidad superficial en áreas de mayor o menor extensión no representado la variabilidad de un sistema
 - ✓ condiciones hidrológicas.
 - ✓ la concentración de nutrientes en la zona eutrófica.
 - ✓ del control que los herbívoros del zooplancton ejercen en el fitoplancton.
- Una comunidad de fitoplancton puede ser muy productiva (con un alto cociente producción/biomasa) y sin embargo el resultado de esta actividad autotrófica sería difícil de encontrar.

CONCENTRACIÓN CLOROFILA a (2)

CONCENTRACIONES 1988-2007

Saccostrea cucullata (Born)

□ Media meses cálidos: 4,76 mg/m³ (Golfo de Guinea), 0,17 mg/m³ (Canarias) → 4,59 mg/m³

Harpa rosea Lamarck

□ Media meses cálidos: 6,74 mg/m³ (Banc d'Arguin), 0,17 mg/m³ (Canarias) → 6,57 mg/m³

→ Se infiere una notable diferencia con la actualidad pero también aunque más atenuada entre ambos interglaciales

PALEOBIOLÓGICAS

La presencia en Canarias de estas especies, utilizadas aquí como paleoindicadores, estuvo relacionada con sus requerimientos para la reproducción y la dispersión larvaria

□ Las especies de *Saccostrea cucullata* que se han considerado son exclusivamente las africanas, aunque orientativamente se ha utilizado la referencia más cercana posible (Morton, 1990 sobre las *Saccostrea sp.* de los manglares de Hong Kong en el océano Índico) en relación con el desarrollo gonadal.

→ SST en septiembre = 33,5 °C; maduración en octubre y puesta en mayo, siendo SST ~24,5 °C.

□ *Harpa rosea* Menos estudiada. Su reproducción se acopla a las épocas en las que la producción primaria es mayor, lo que suele coincidir con una mayor irradiación solar en aguas templadas, una elevación de la temperatura y una mayor presencia de nutrientes en el agua (por aporte terrestre, lluvias, afloramientos, etc.).

ANTICIPACIÓN CLIMÁTICA

❑ Conclusiones de paleotemperaturas (1.056.186 datos 1985 a 2009 que confirman WGII IPCC)

- Elevación continua de STT en nuestros días
- Similitud con MIS 5.5 Y 11.3

❑ Efectos:

- Aumentos de SST
- Subida nivel del mar
- Disminución cobertura de hielo marino
- Cambios:
 - ✓ Salinidad
 - ✓ Olas
 - ✓ Circulación de los océanos → Retrolimentación sobre el clima mundial
- Impactos en la producción biológica

ANTICIPACIÓN CLIMÁTICA (2)

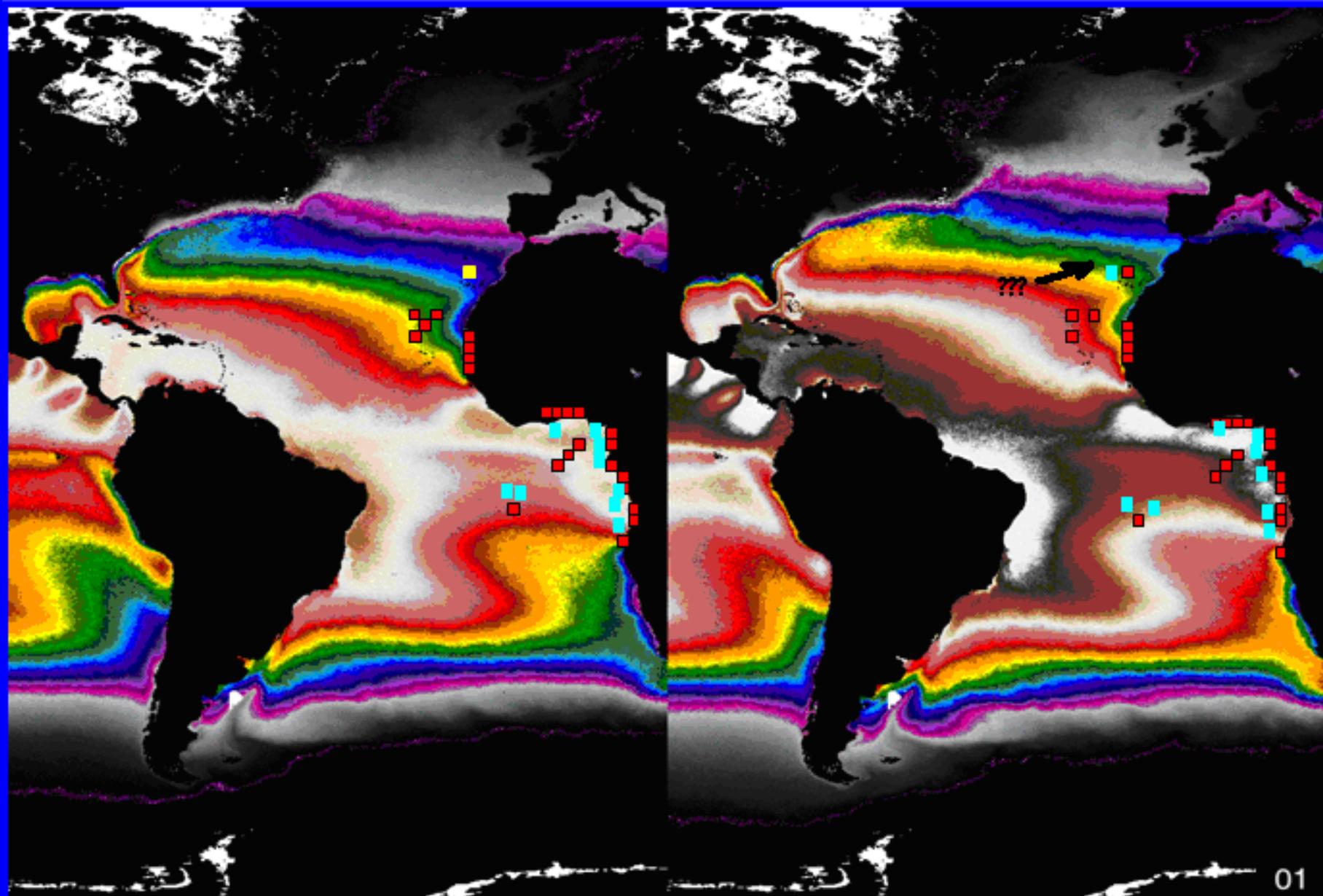
- ❑ Si calentamiento & El Niño aumentan en frecuencia → biomasa de plancton y abundancia de larvas declinarán
- ❑ Ecosistemas costeros y manglares afectados
- ❑ Previsiones Cuarto Informe IPCC
 - ❑ Δ SST 0,1 °C/década incluso 0,2 °C

→ *Harpa rosea* (y otras especies ~ MIS 5.5) pueblen costas de islas Canarias

→ *Saccostrea cucullata*

→ lleva un camino geológico de desplazamiento hacia el sur desde el Pleistoceno inferior (abandona Marruecos y Mediterráneo seguido por el de Canarias y Cabo Verde)

→ NO retorno durante el MIS 5.5 hacen sospechar la resistencia al cambio climático y otros derroteros geográficos/evolutivos ¿Sudáfrica?



1985-05

Harpa rosea Lamarck ■ Vivas

■ Fósiles

2025-45

Saccostrea cucullata Born ■ Vivas

■ Fósiles

- Me resulta más fácil encontrar argumentos para probar que algo es falso que demostrar que es verdadero.

(Cicerón: Sobre la naturaleza de los dioses)

- "...he podido observar a menudo cuán incongruente e irracional es la índole humana...cuando se enfrenta a la razón que debiera guiarla... A saber, que el hombre no se avergüenza de sus actos, por los cuales, con justicia, será considerado como un necio, sino de volver atrás, lo cual les valdría la reputación de hombres prudentes"

(Robinson Crusoe- Daniel Defoe)