

BILOGÍA Y ECOLOGÍA DE LAS **HOLOTURIAS**
[ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA] DE LA ISLA DE GRAN CANARIA
(ATLÁNTICO CENTRAL-ORIENTAL)

Capítulo 1 – Introducción general

Capítulo 2 - Patrones de abundancia y talla

Capítulo 3 - Ciclo reproductivo

Capítulo 4 - Patrones de alimentación

Capítulo 5 - Marcaje y movimiento nocturno

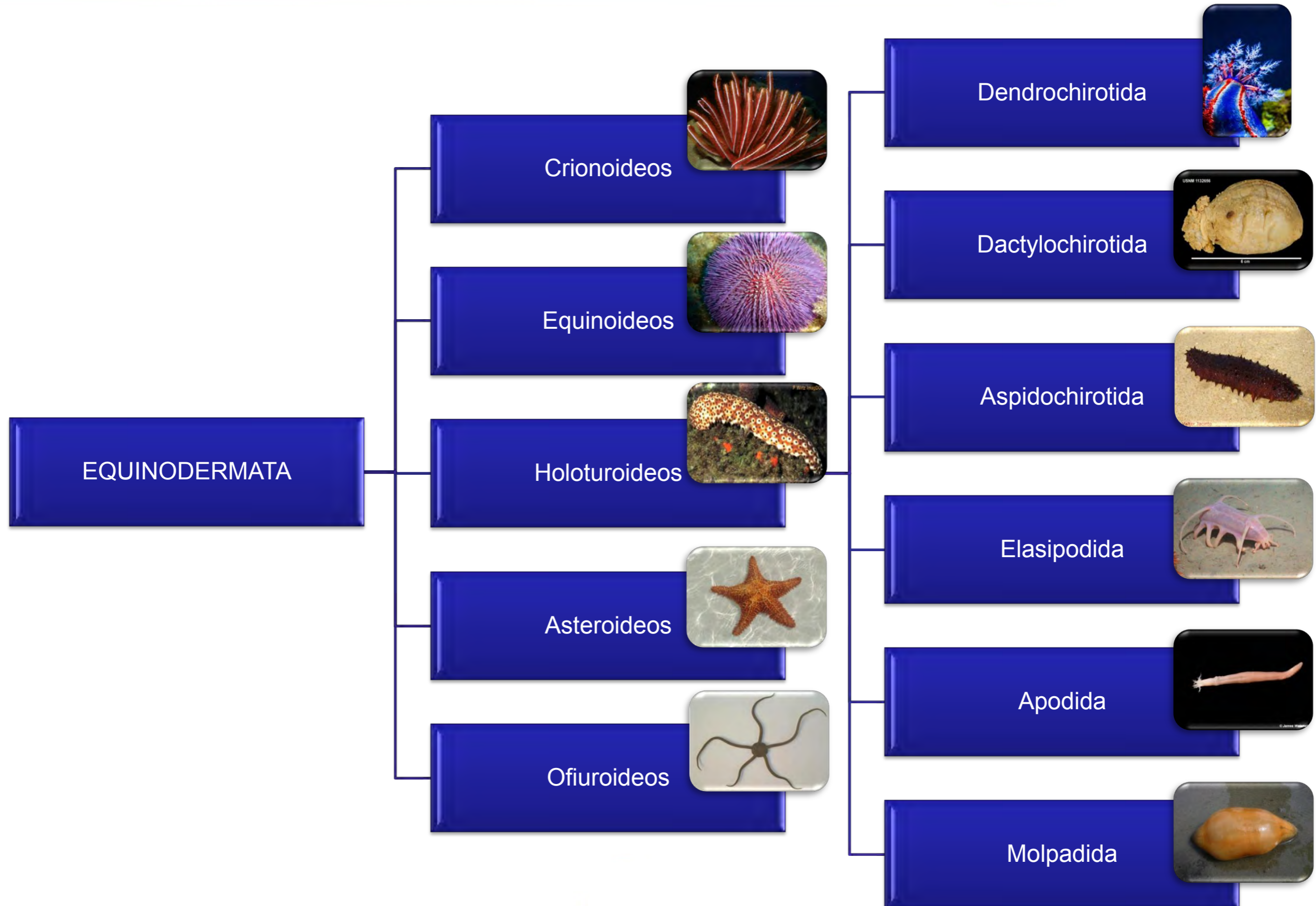
Capítulo 6 - Efectos de la acidificación

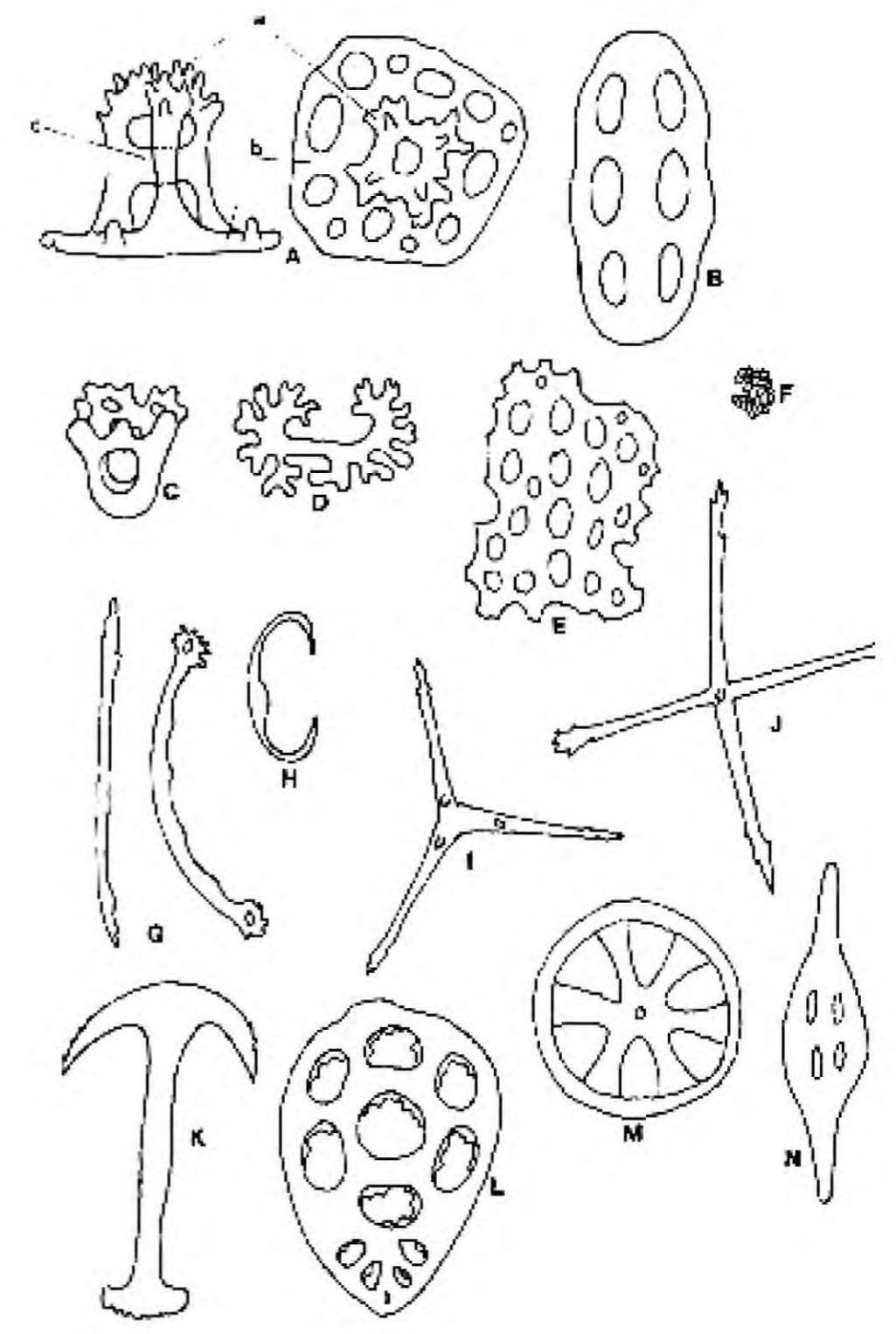
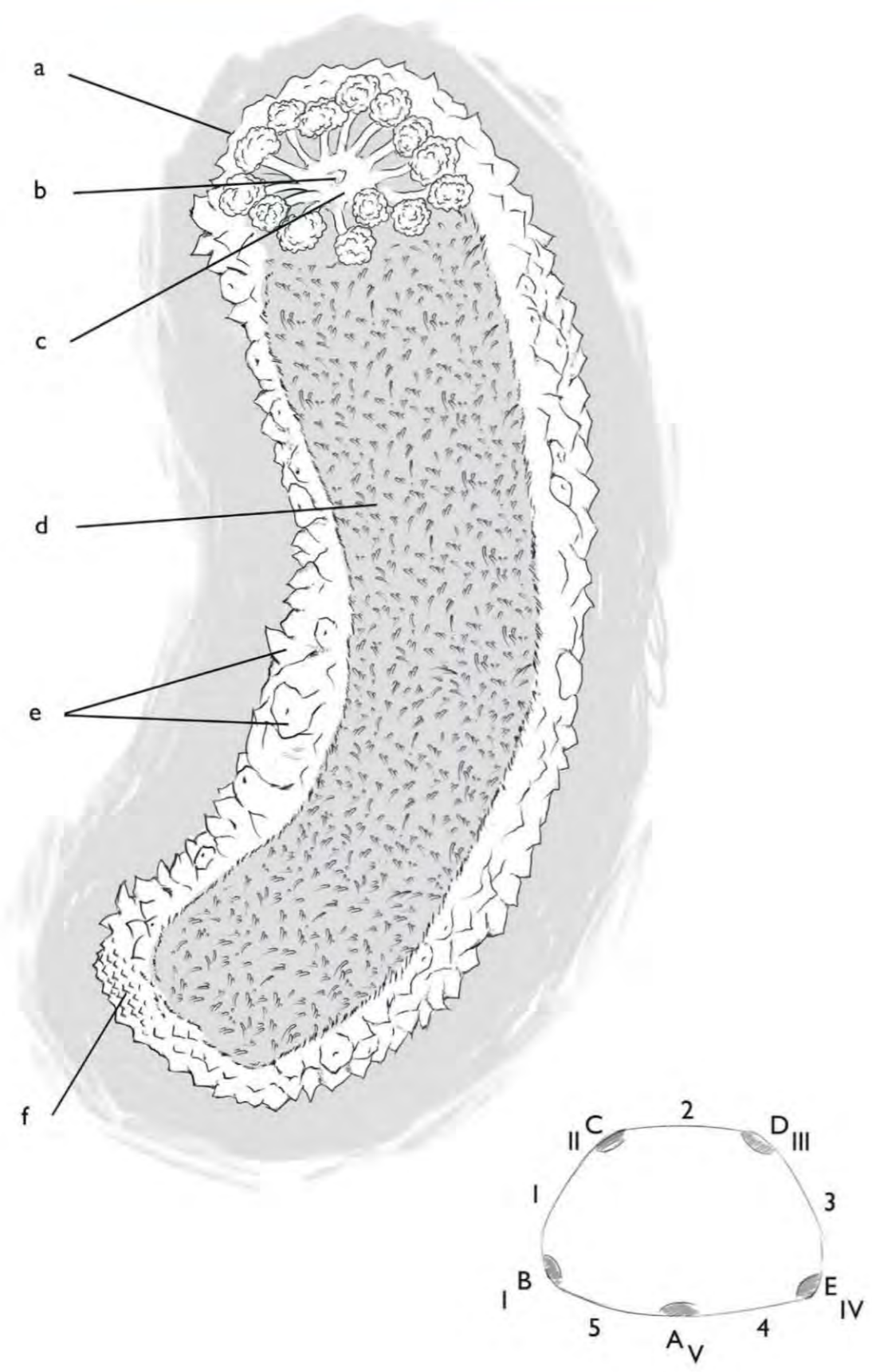
Capítulo 7 - Conclusiones



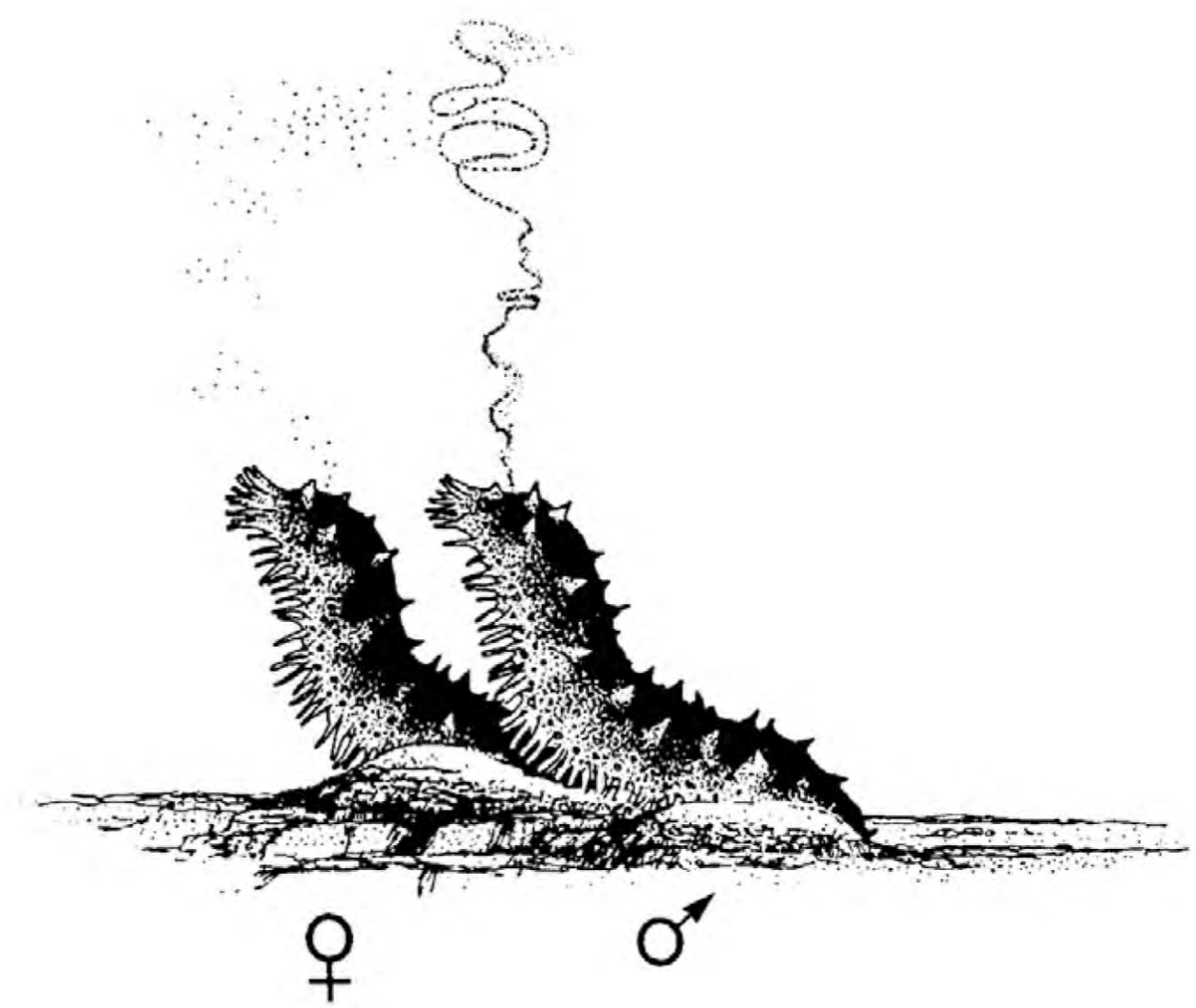
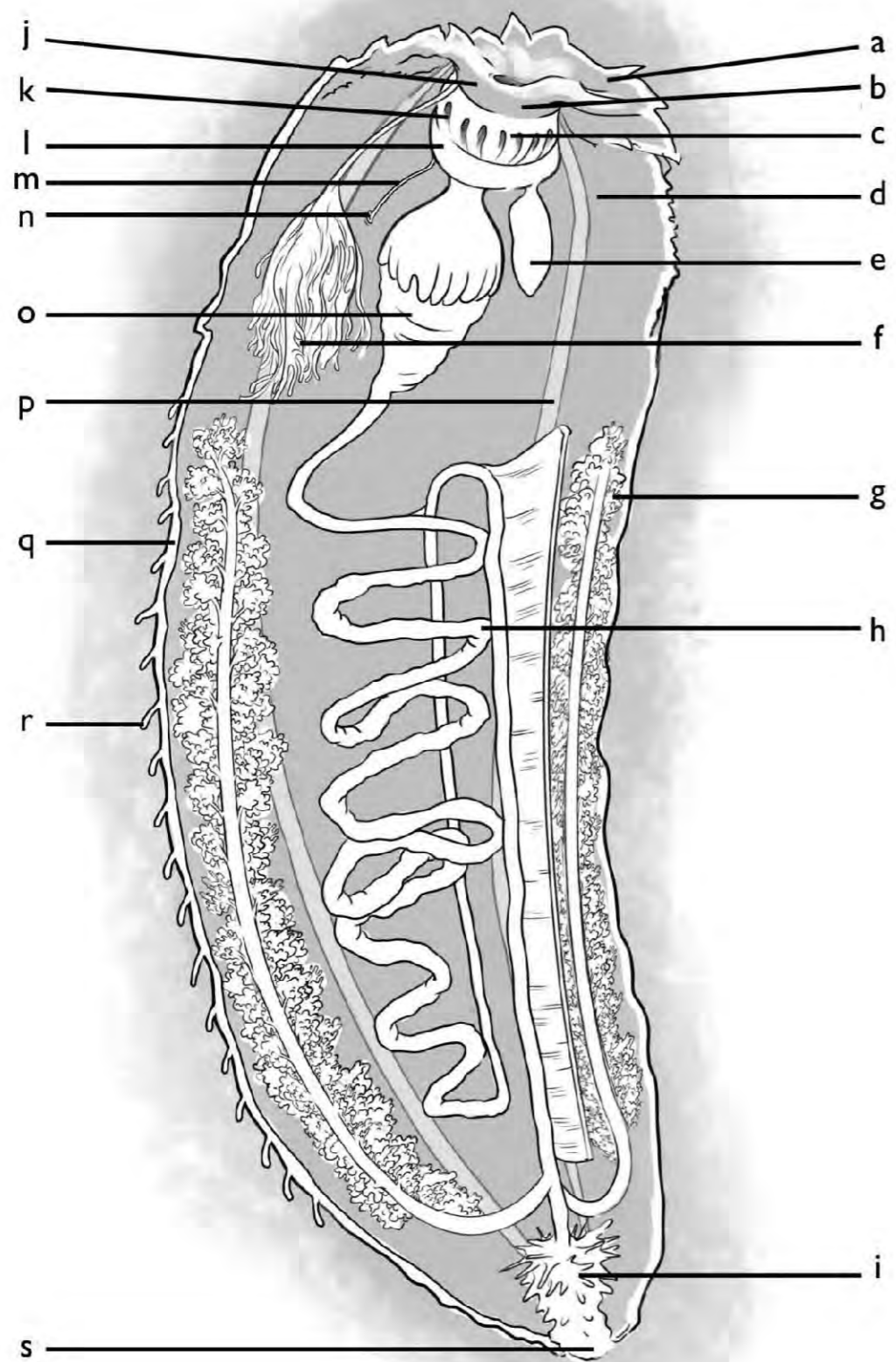
Capítulo 1 – Introducción general



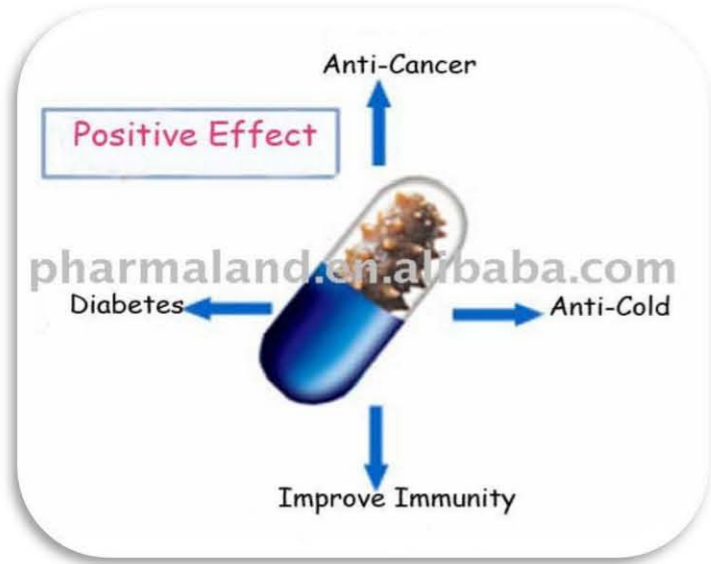
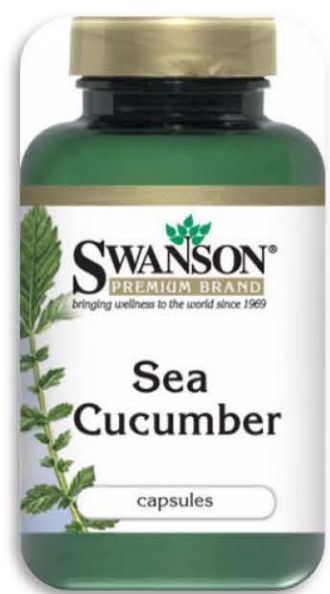




INTRODUCCIÓN GENERAL



INTRODUCCIÓN GENERAL



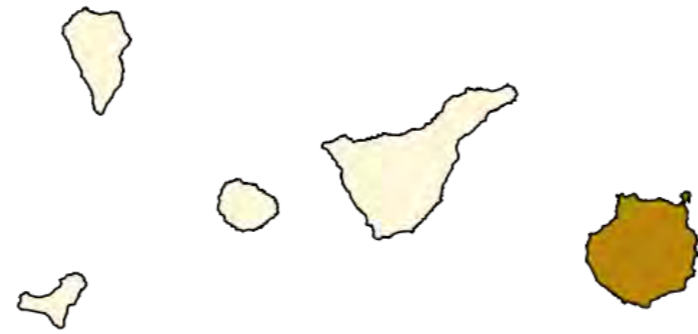
INTRODUCCIÓN GENERAL

Pablo González Navarro

Holothuria sanctori



Holothuria mammata



Holothuria arguinensis

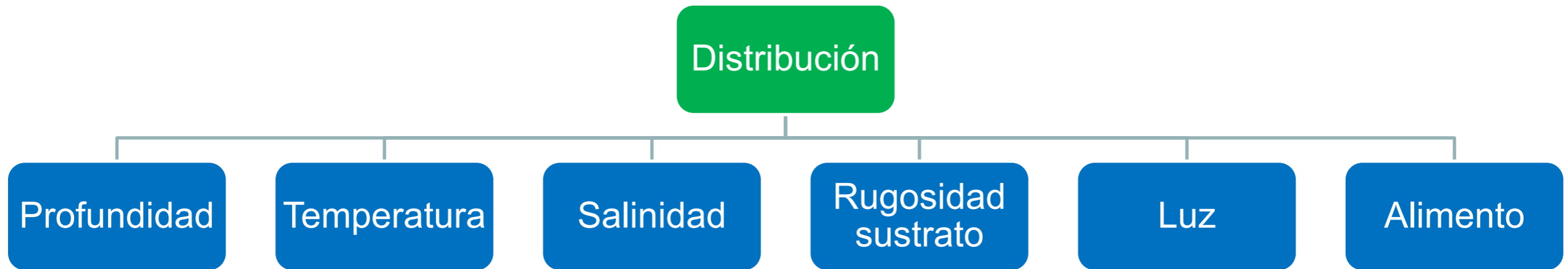


Euapta lappa



Capítulo 2 – Patrones de abundancia y talla de *H. sanctori*, *H. mammata* y *H. arguinensis*





Temporalidad



Fondo rocoso
• con macroalgas



Fondo rocoso
• sin algas (Blanquizal)



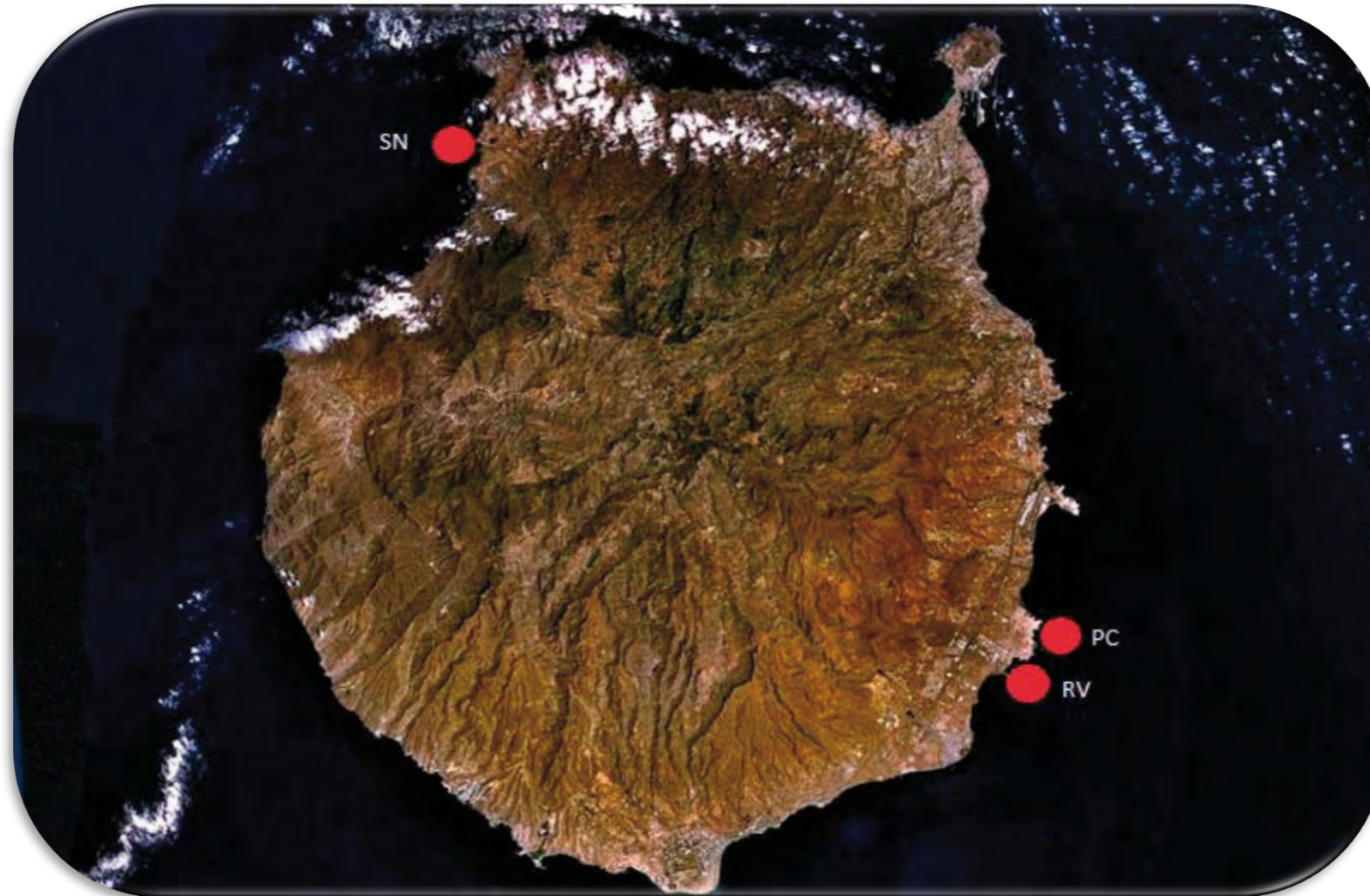
Fondo arenoso
• Praderas de fanerógamas

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

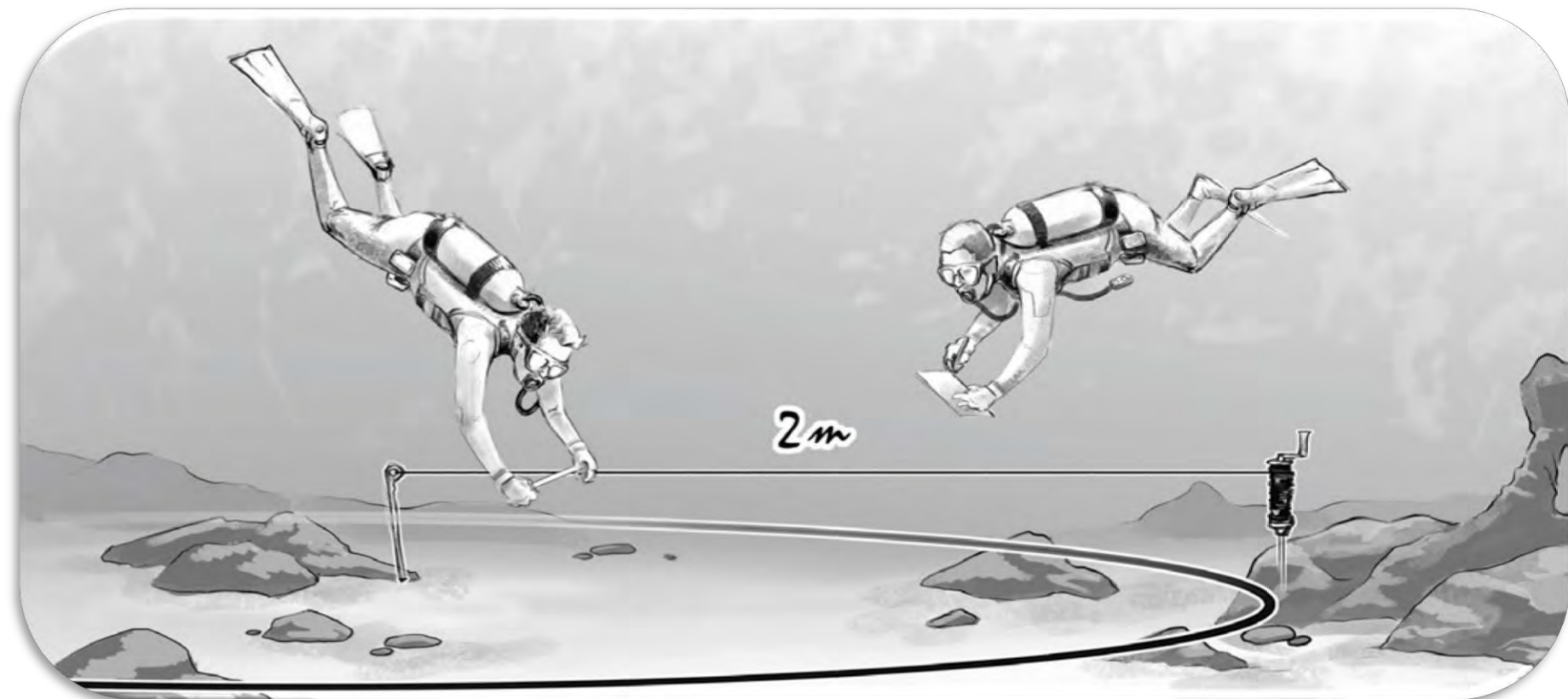
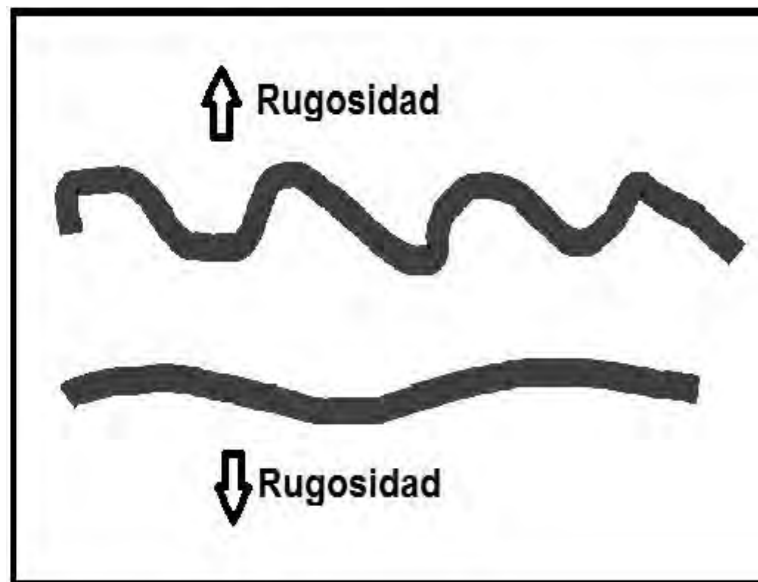
- Conocer los patrones de variabilidad espacio-temporal en la abundancia y estructura de tallas.
- Averiguar si existe una relación entre la rugosidad de sustrato y la abundancia de holoturias.
- Estudiar si los patrones de coloración de la especie *H. sanctori* dependen de la talla.

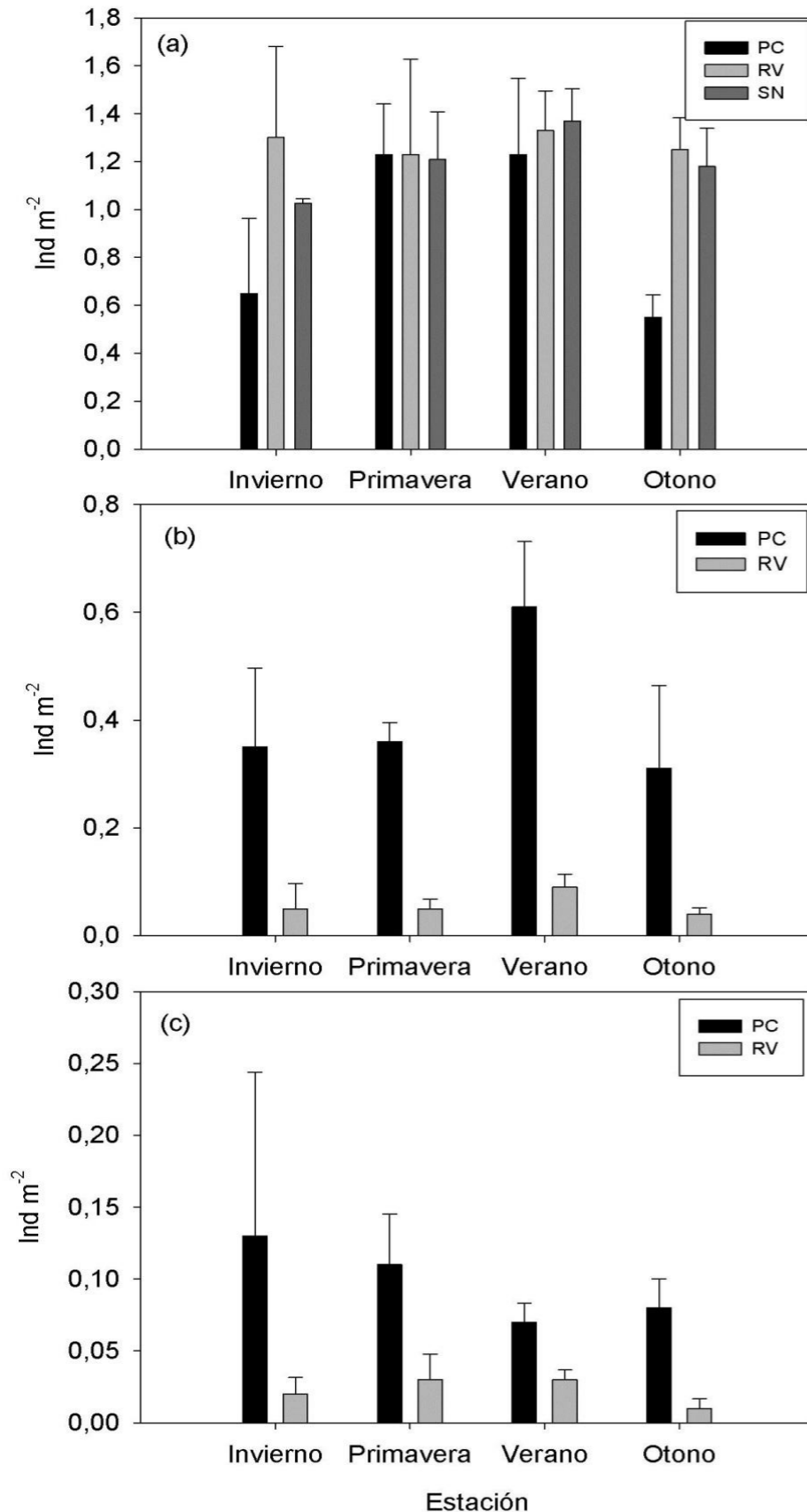




- Febrero 2009 – Enero de 2010
- 3 localidades. 3 muestreos por estación anual (invierno, primavera, verano y otoño) por localidad.
- Entre cuarto menguante y cuarto creciente.
- Buceos de noche por comportamiento nocturno.

- 4 transectos circulares (2m) por localidad y por mes.
- Talla: cinta métrica.
- Coloración *H. sanctori*: M (Marrón); M/B (Marrón y Blanco) ; B (Blanco).
- Índice de Rugosidad (IRM).





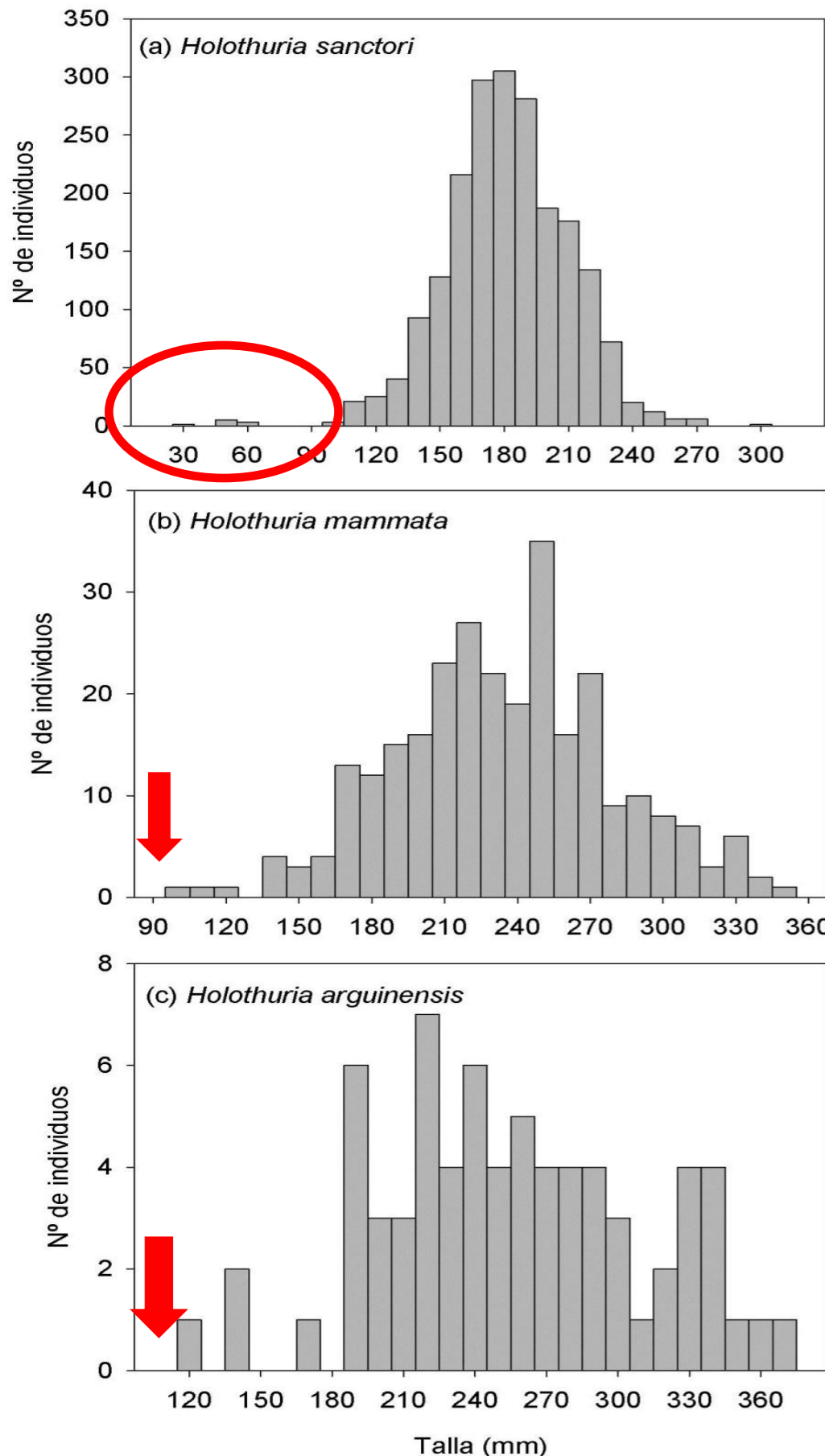
Abundancia

Totales

- *H. sanctori* $1,13 \pm 0,29$ ind m⁻² (n=2.032)
- *H. mammata* $0,16 \pm 0,22$ ind m⁻² (n=280)
- *H. arguinensis* $0,04 \pm 0,05$ ind m⁻² (n=71)

Por estación anual

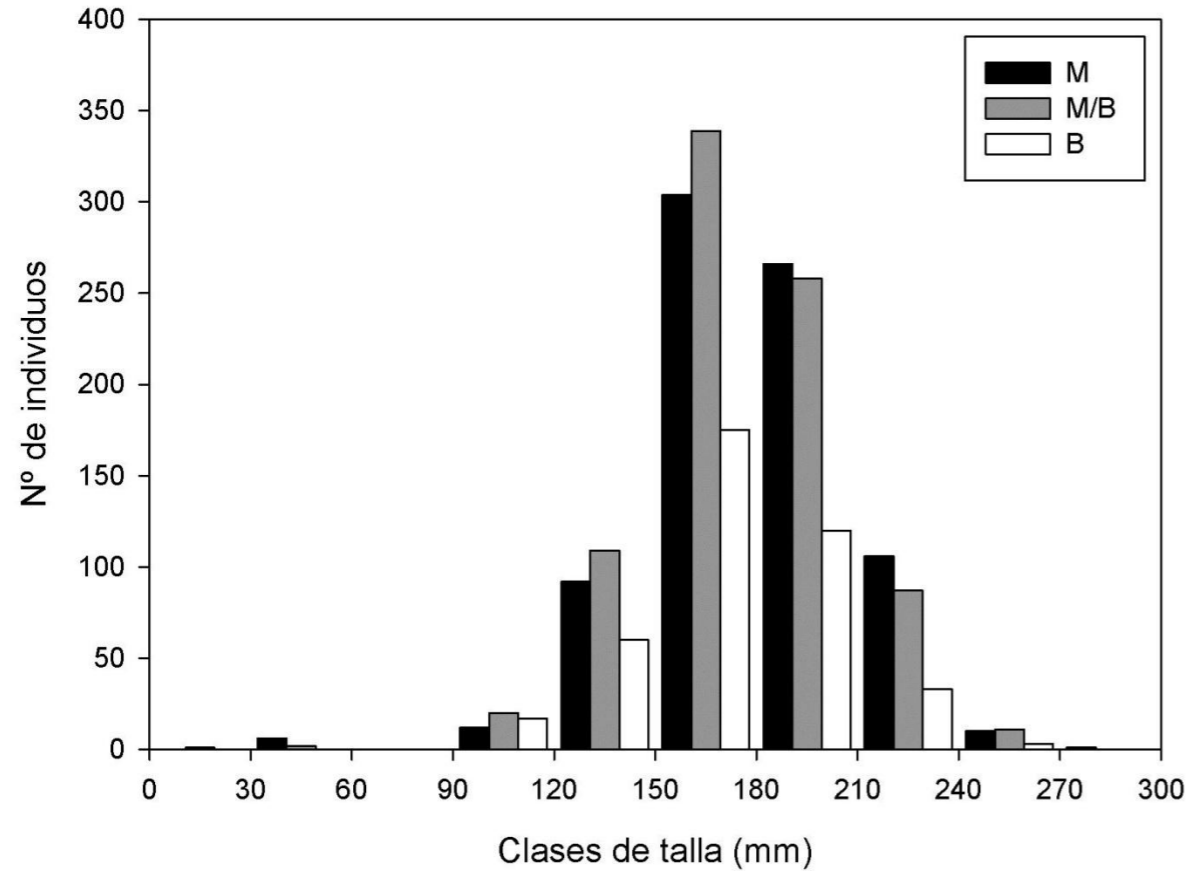
- *H. sanctori*, aumento aparente, aunque no significativo, durante primavera y verano.
- *H. mammata* ligero aumento en verano.
- *H. arguinensis* constante a lo largo del año.
- Las tres especies presentaron patrones de abundancia temporales consistentes entre localidades.



Talla

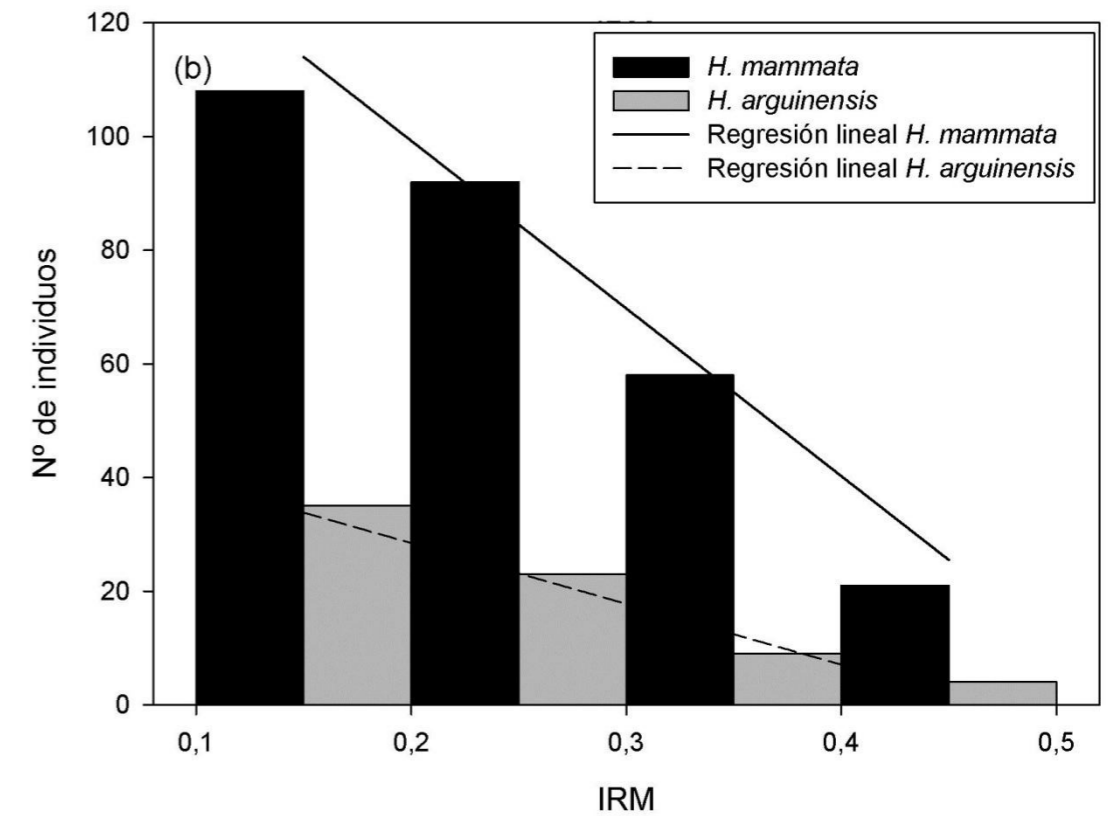
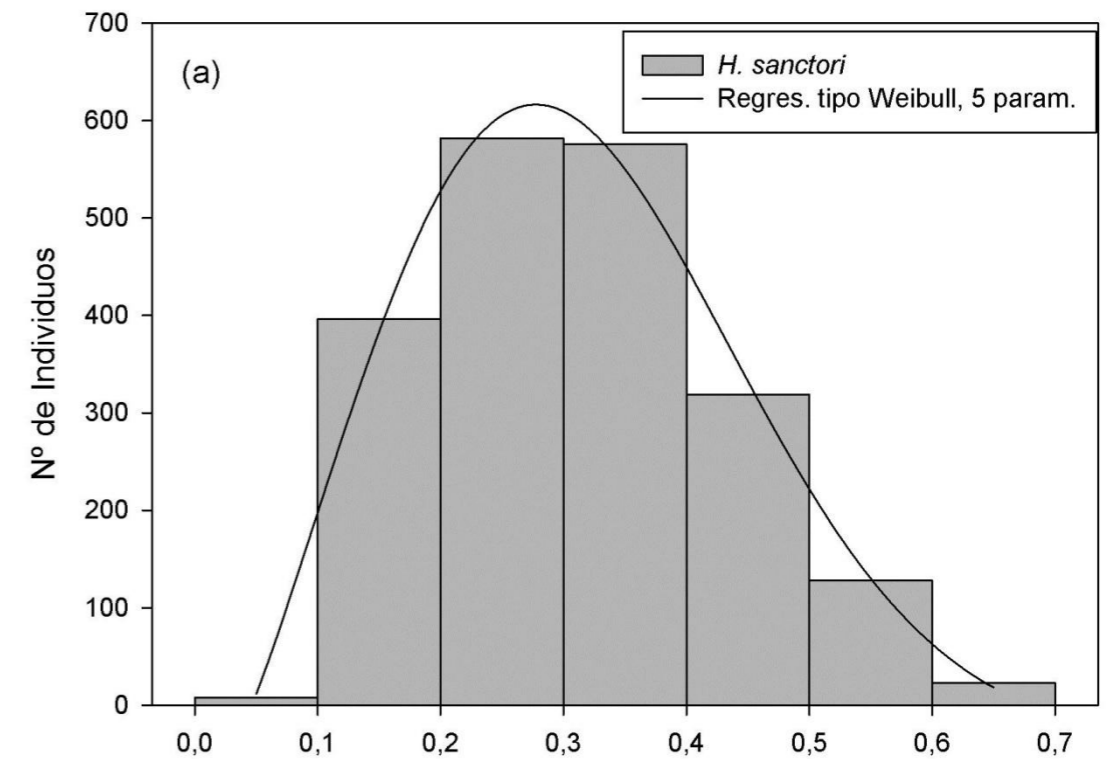
- *H. sanctori* : $181,35 \pm 29,15$ mm (N=2.032) Max: 300 mm.
- *H. mammata* : $234,29 \pm 45,10$ mm (N=280). Max: 350 mm.
- *H. arguinensis*: $255,07 \pm 55,49$ mm (N=71). Max: 370 mm.
- Sólo 9 individuos <100 mm, de *H. sanctori* en SN.
- Ningún individuo <100mm de *H. mammata* o *H. arguinensis*
- Estructura de tallas fluctuó entre estaciones anuales para *H. sanctori*. 160 y 190 mm más abundantes en primavera y verano.
- *H. mammata*, más individuos de 200-220 mm y 250 mm en verano.
- *H. arguinensis* no presentó diferencias estacionales, 190 mm, 220-250 mm y 280 mm las más abundantes.

Coloración



- Proporción de B disminuyó al aumentar la talla.
- Relación significativa entre la rugosidad del sustrato y la abundancia de las 3 especies.

Rugosidad



Abundancia

- No aparecieron diferencias significativas entre estaciones anuales.
- Abundancia relacionada con la rugosidad del sustrato.

Talla

- Estructura de tallas de *H. sanctori* fluctuó entre estaciones, más frecuentes 160 -190 mm en primavera y verano.
- *H. mammata*, 200-220 mm y 250 mm en verano.
- *H. arguinensis* no presentó diferencias estacionales a lo largo del año.
- Bajo número de individuos < 100 mm : carácter críptico.

Coloración

- Cambio de color es común en otras especies de holoturoideos.
- Color de *H. sanctori* relacionado con la talla.
- Cambio de coloración de blanco a marrón, camuflaje ante depredadores.

Reproductive biology of the sea cucumber *Holothuria sanctori* (Echinodermata: Holothuroidea)

PABLO G. NAVARRO ^{1,2}, SARA GARCÍA-SANZ ² and FERNANDO TUYA ²

¹ Instituto Canario de Ciencias Marinas, Ctra. Taliarte s/n, Telde, 35200, Las Palmas, Spain.

E-mail: pabloestinga@yahoo.es

² BIOGES, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017, Las Palmas de G.C., Spain.

Capítulo 3 – Ciclo reproductivo de *Holothuria sanctori*



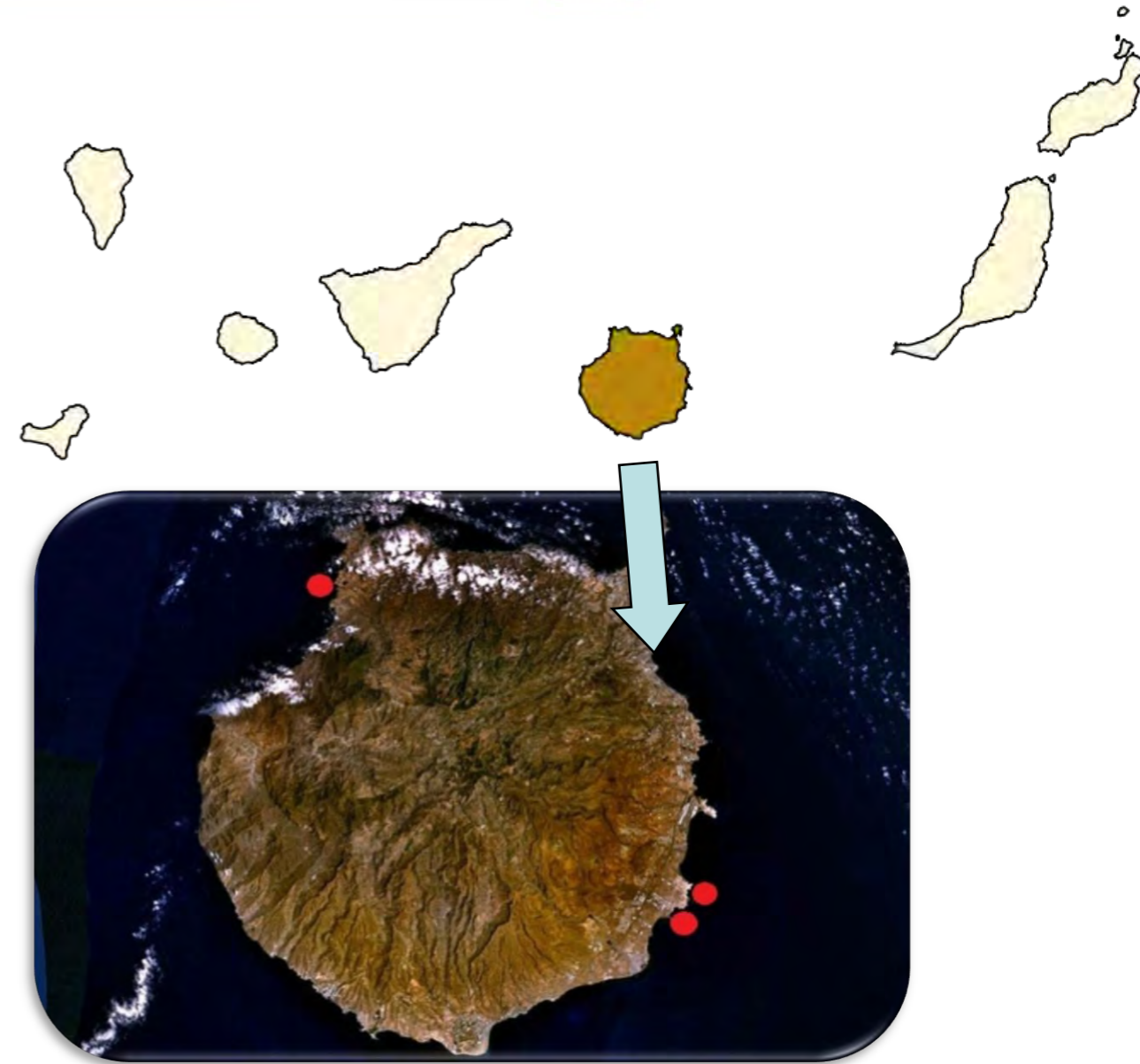
INTRODUCCIÓN

- Los equinodermos se caracterizan por presentar ciclos reproductivos estacionales.
- Habitualmente relacionados con la temperatura del mar.
- Holoturias en regiones tropicales, varios ciclos/año. Regiones templadas 1 ciclo/año. Máximos en verano.
- Canarias, se desconocen ciclos reproductivos de holoturias.

Objetivos

- Estudiar el ciclo reproductivo anual de *Holothuria sanctori*.
- Calcular la talla y peso de primera madurez.
- Crear una escala macro y microscópica de los diferentes estados de madurez.





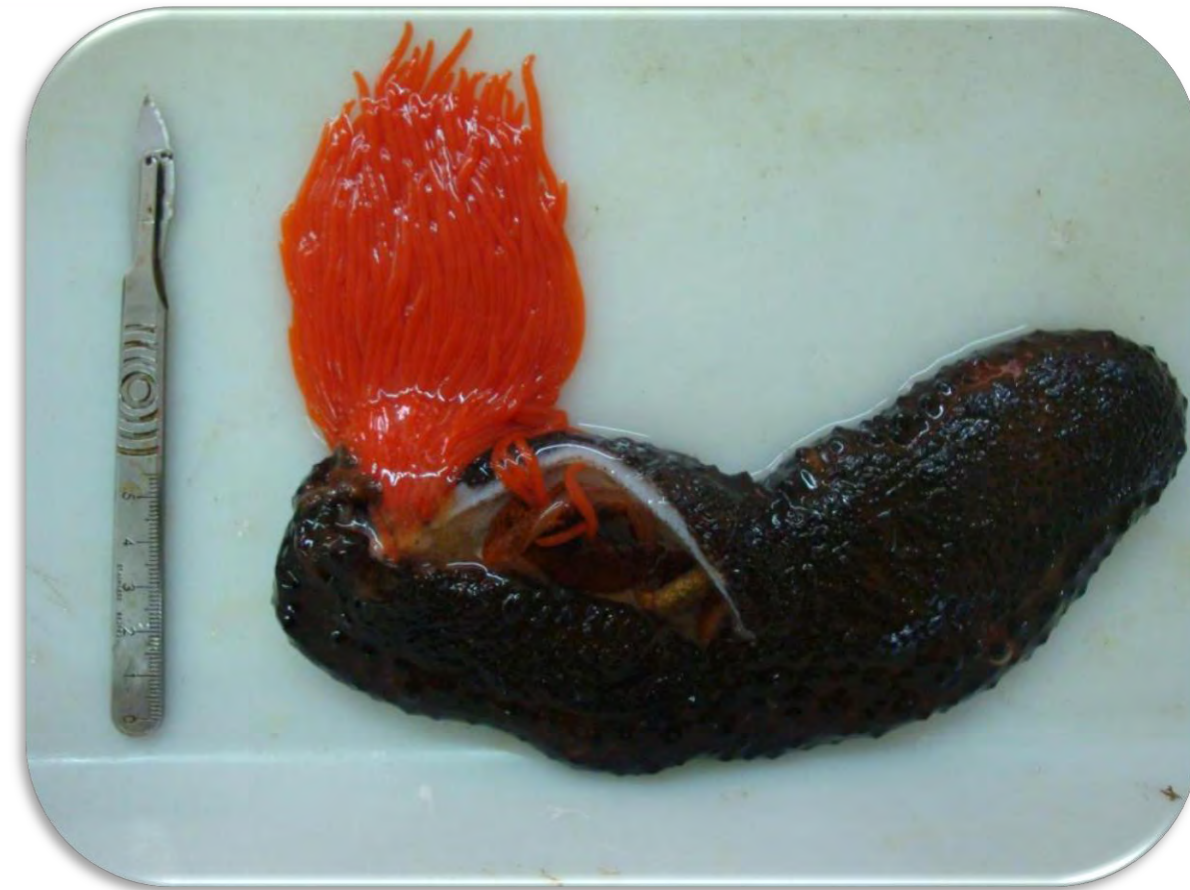
- 24 meses. Febrero 2009 - Enero 2011. 3 Localidades
- 3 muestreos por estación anual (invierno, primavera, verano y otoño), cada 25 - 35 días, en cada localidad.
- 5 a 10 ejemplares mediante buceo autónomo durante la noche.

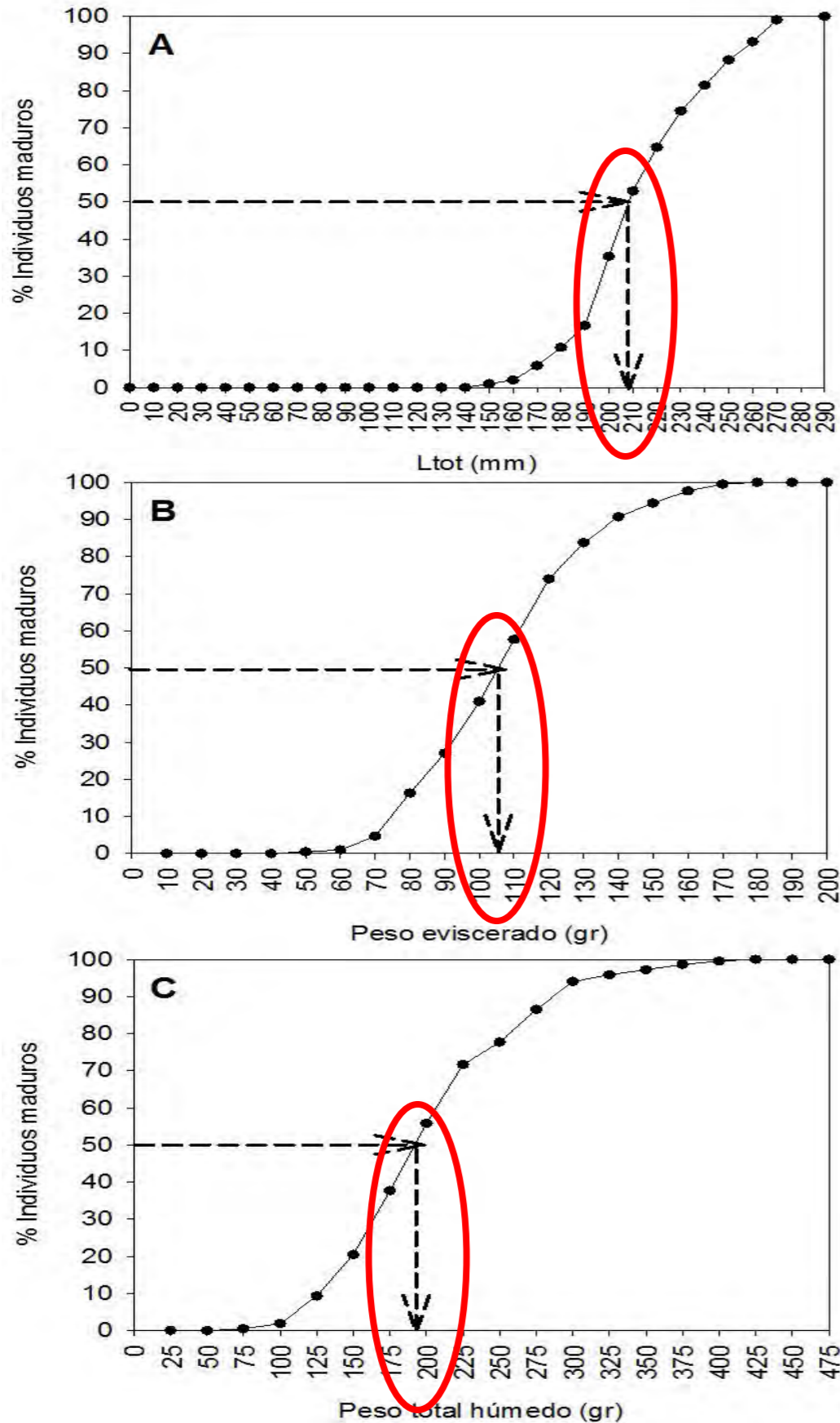
Índice Gonadal

$$IG = P_{gon}/P_{evi} \times 100$$

Análisis macro y microscópico de túbulos gonadales

- 10 - 15 túbulos. Longitud, diámetro, color y nº ramificaciones.
- 3 - 5 túbulos, sección transversal se analizó con microscopía.
- 30 ovocitos en las hembras.
- Estados de madurez:
 - Estado I: reposo o indeterminados.
 - Estado II: creciendo.
 - Estado III: maduros.
 - Estado IV: desovados parcialmente.
 - Estado V: totalmente desovados.

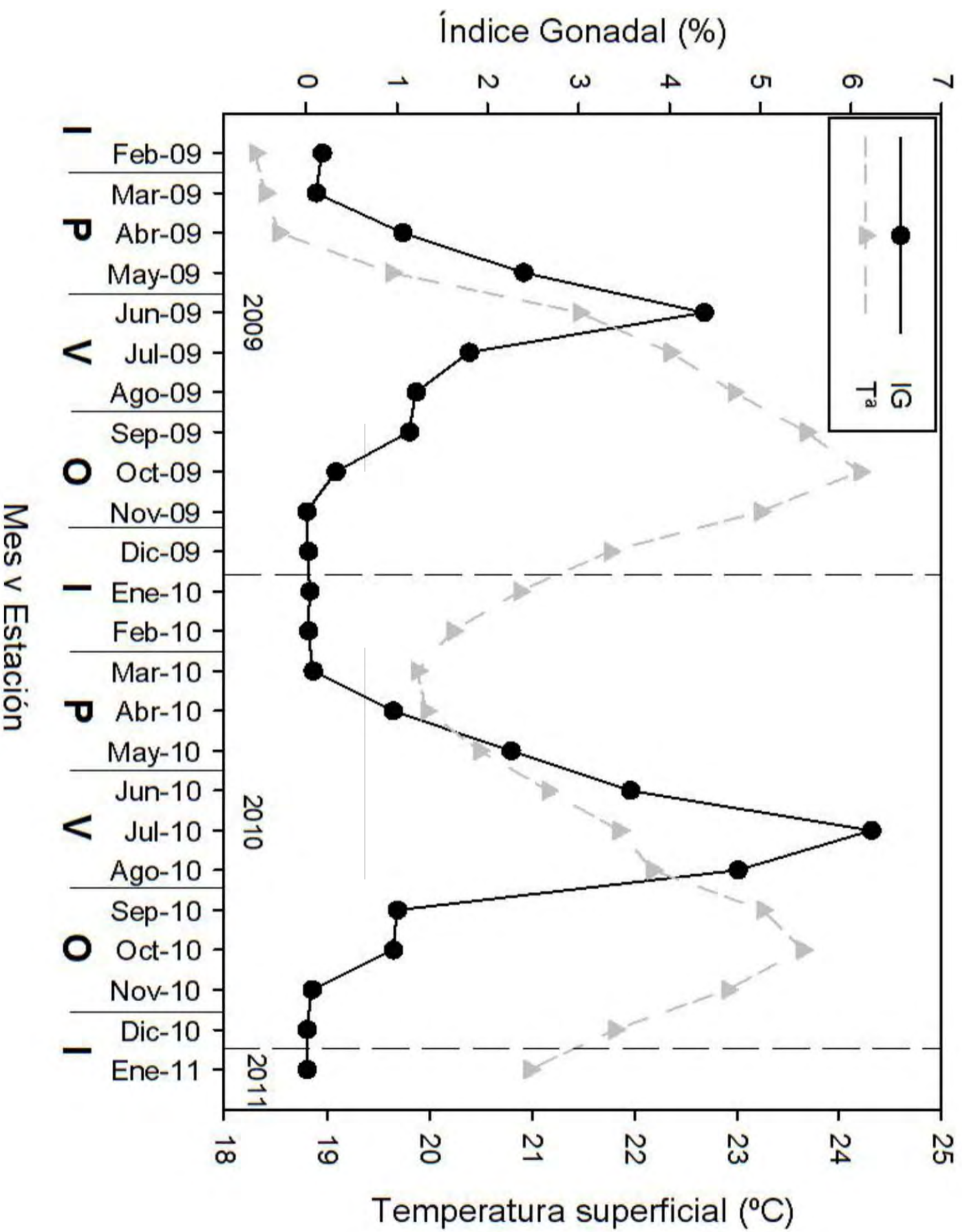




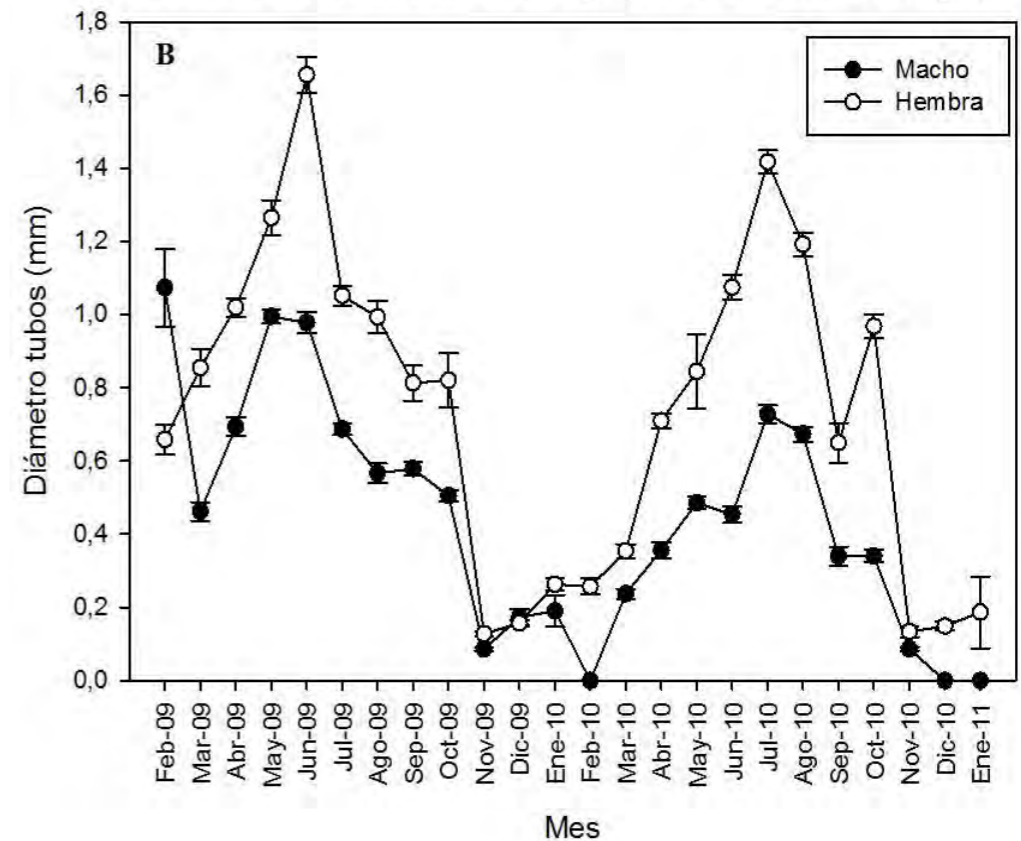
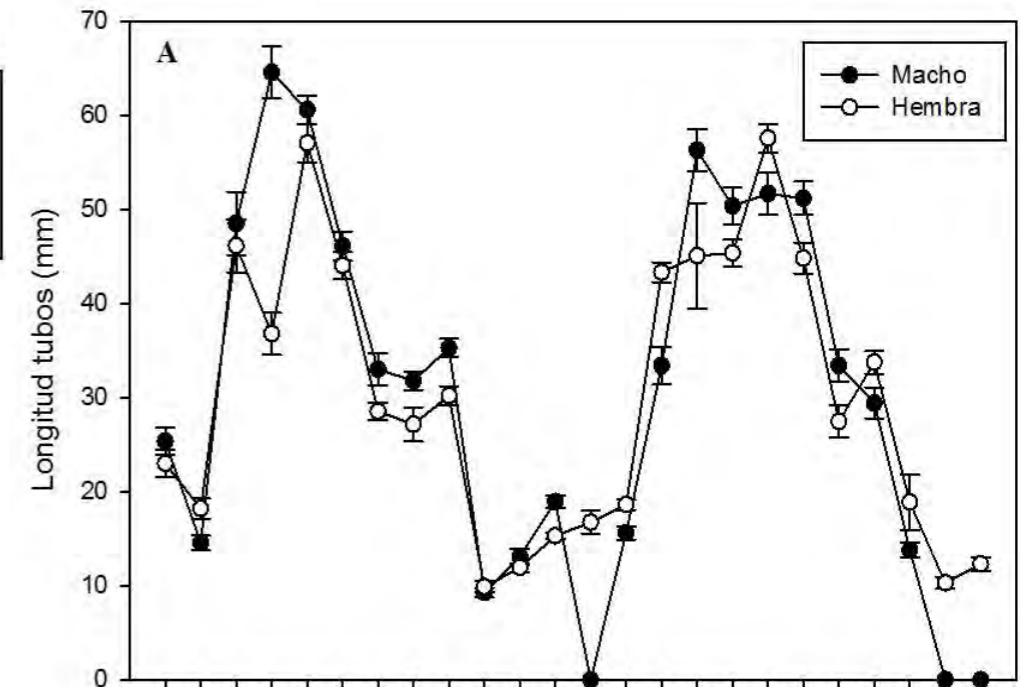
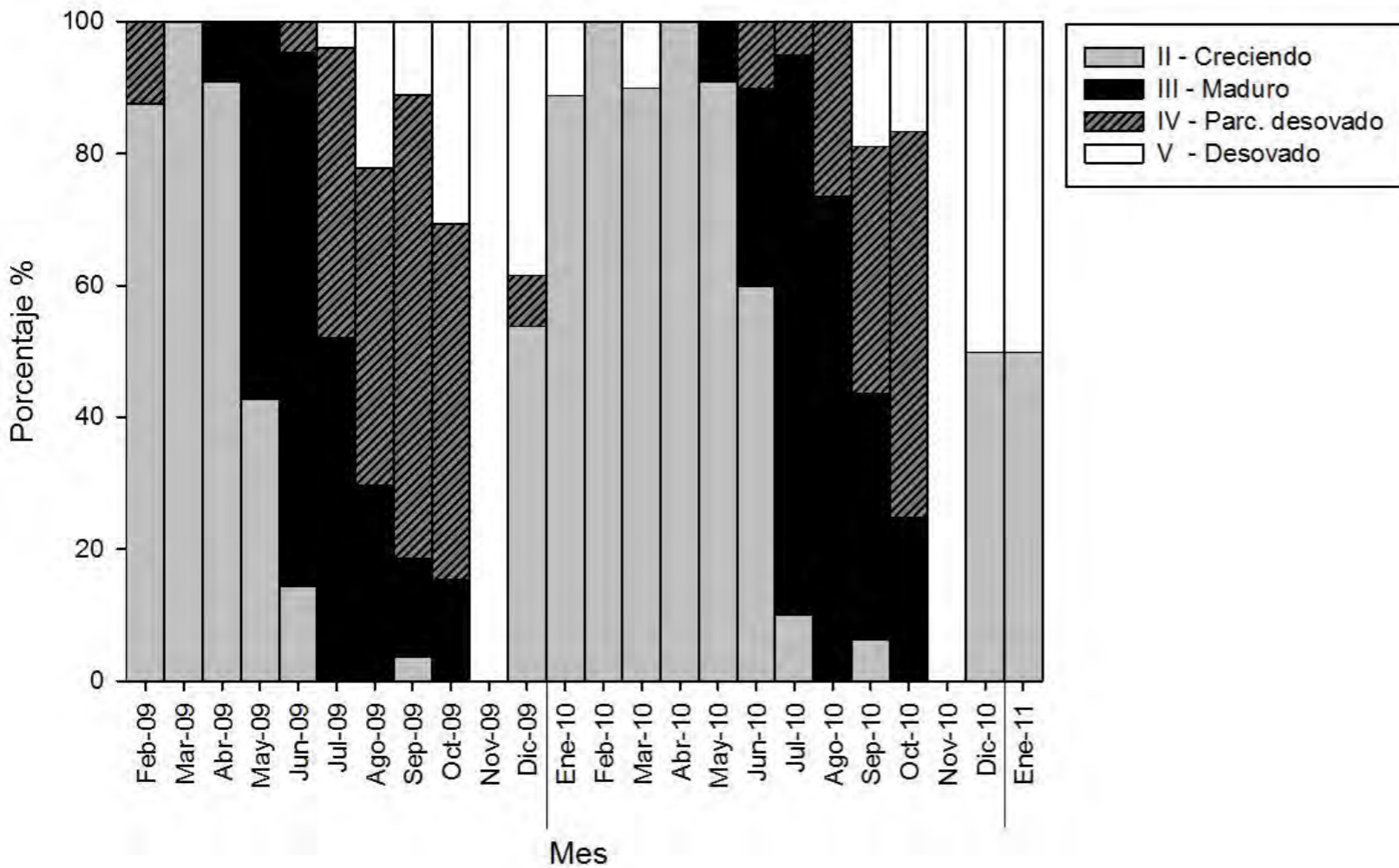
Sex-ratio, talla y peso de primera madurez

- La sex-ratio fue de 1:1 (165 ♀ : 148 ♂)
- Talla de primera madurez: 201 - 210 mm.
- Peso eviscerado de primera madurez: 101 - 110 g.
- Peso total de primera madurez: 176 - 200 g.

Índice Gonadal (IG)



RESULTADOS

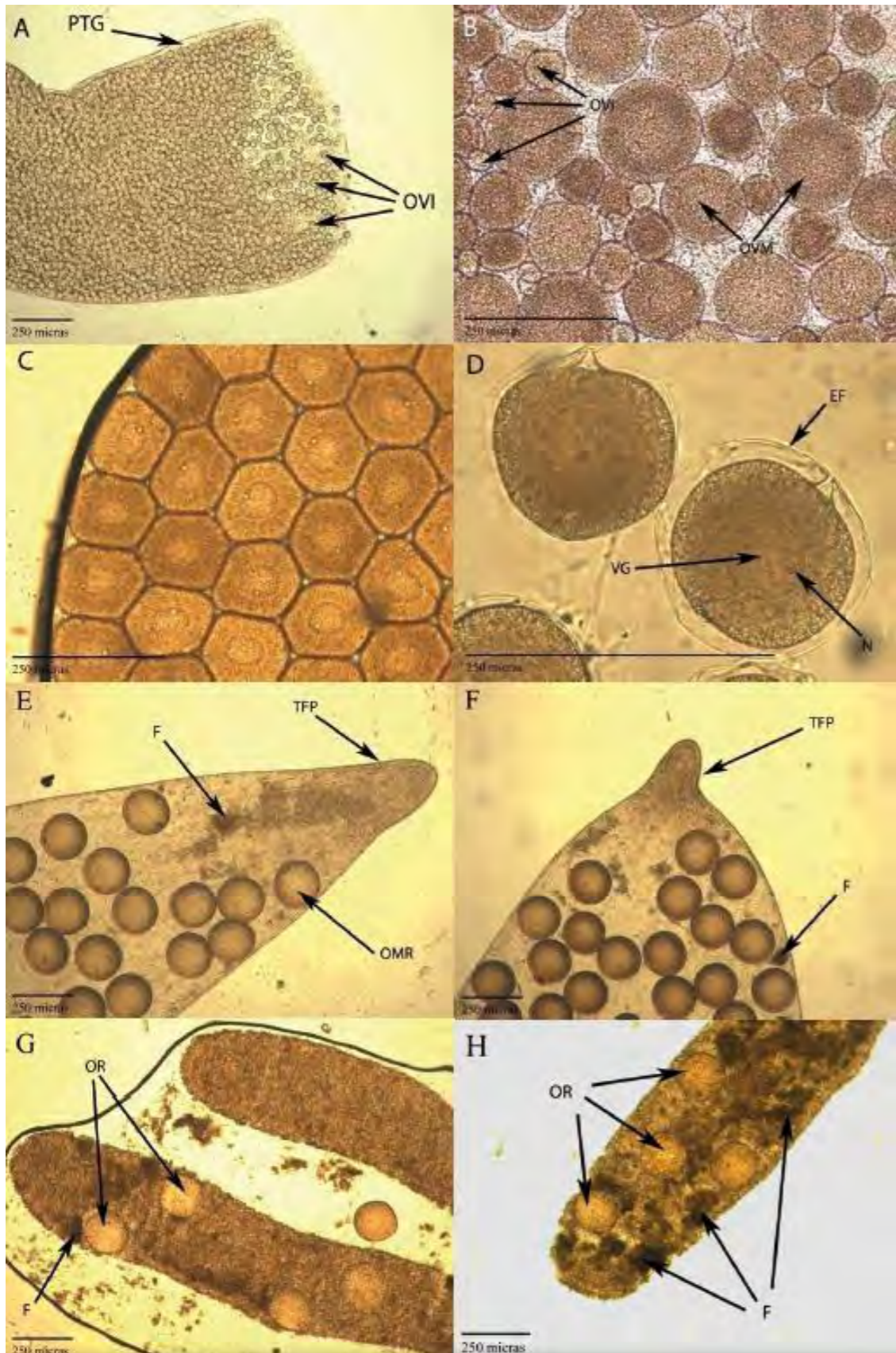


- Túbulos crecieron de Diciembre a Junio.
- Gónadas alcanzaron madurez entre Abril–Mayo y Octubre.
- Desove entre Junio y Octubre.
- De aquí en adelante, la mayoría de túbulos estaban desovados completamente.

➤ Túbulos de machos fueron más largos que los de hembras. Túbulos de hembras más anchos que los de machos.

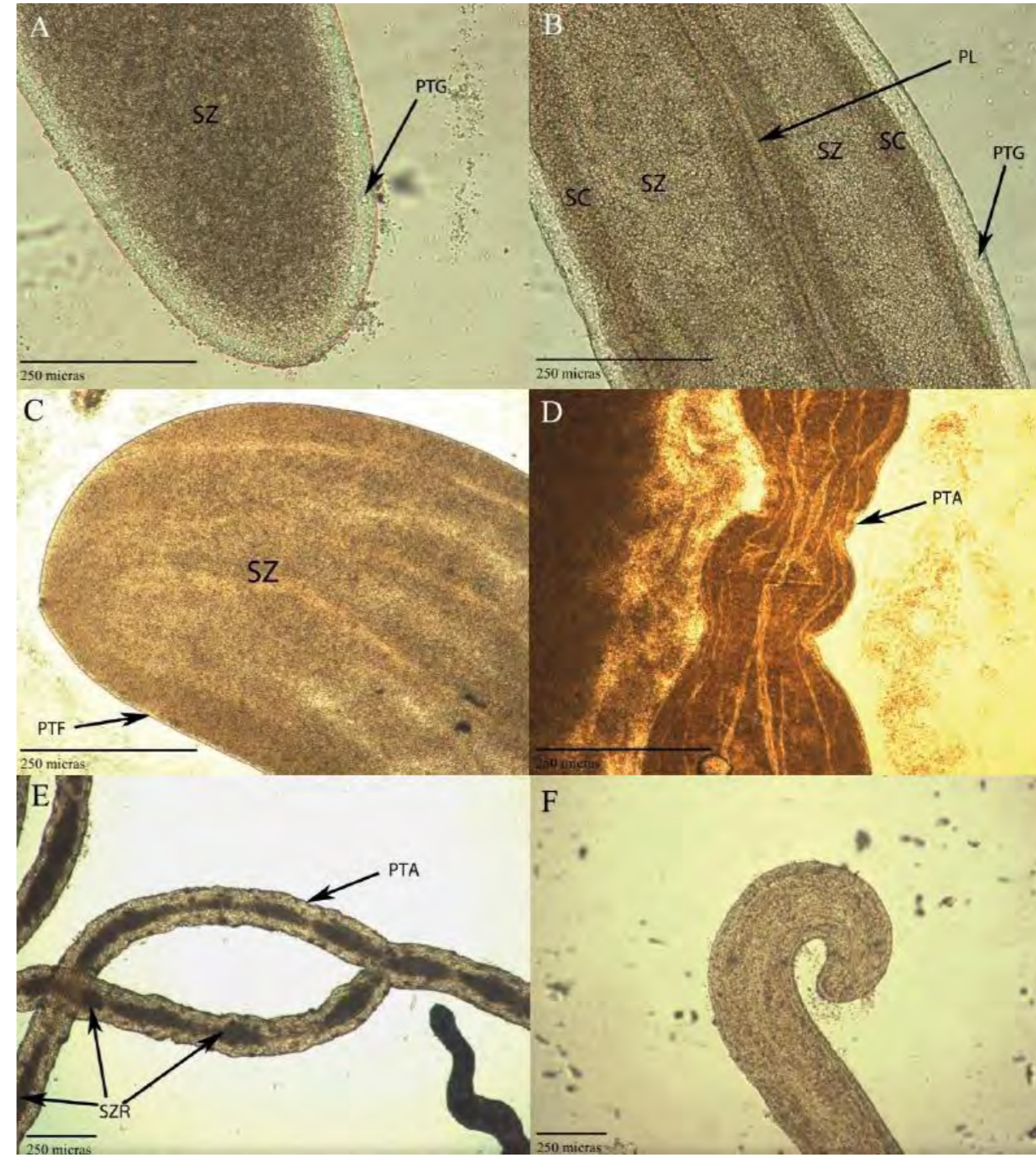
RESULTADOS

ESTADO II
ESTADO III
ESTADO IV
ESTADO V



♂

ESTADO II
ESTADO III-IV
ESTADO V



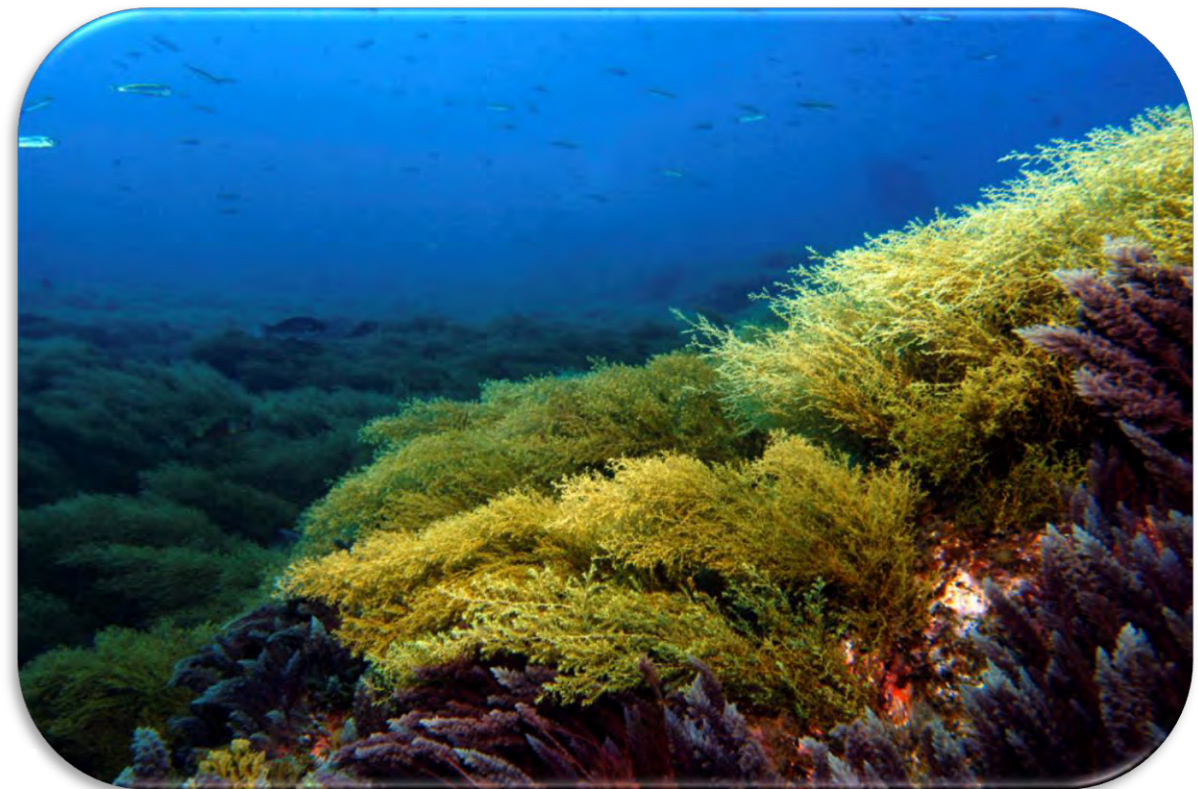
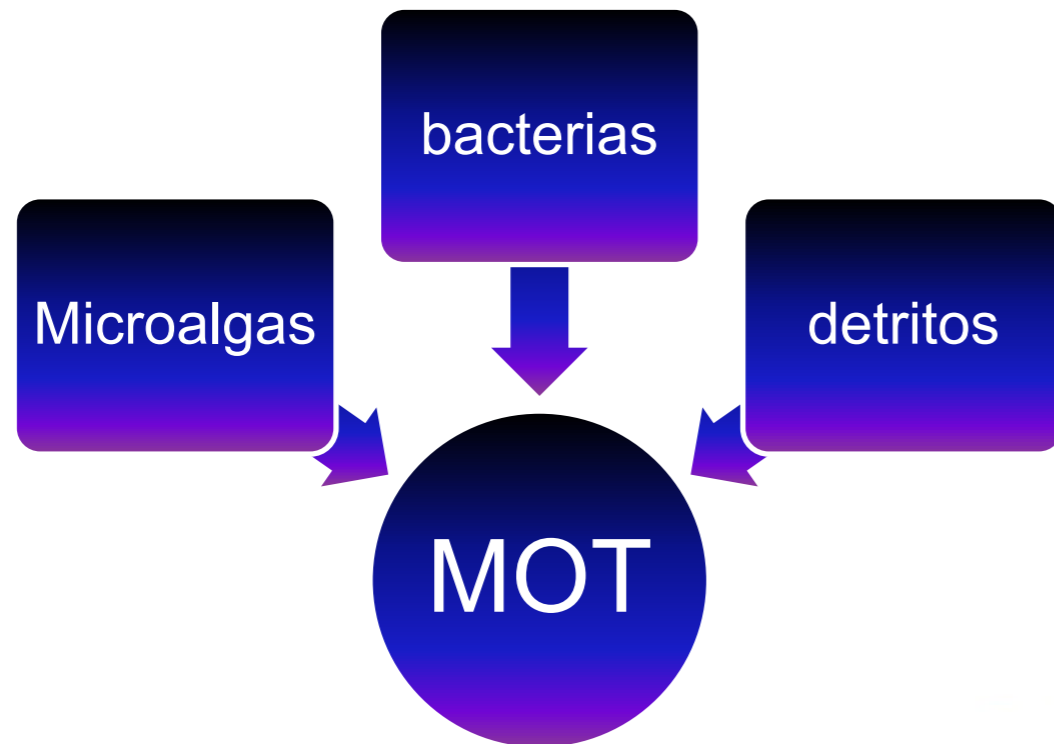
Estado madurez	Sexo	Características túbulos					N Ramif	Color	Morfología macroscópica	Microscopía
		N	Largo (mm) ± SD	Diámetro (mm) ± SD	Ramificaciones					
II	♀	630	26,75 ± 15,80	0,61 ± 0,41	1,72 ± 0,66	580	Transparente a rosa	Túbulos más pequeños que los del estado III, muy finos y cortos.	Ovocitos en estados inicial y medio de vitelogénesis, 2 clases modales 20-40 µm y 70-150 µm. Paredes tubulares muy gruesas	
Creciendo	♂	340	40,52 ± 21,91	0,52 ± 0,26	1,86 ± 0,71	300	Transparente a salmón	Túbulos más pequeños que los del estado III, muy finos y cortos.	Paredes muy gruesas con pliegue longitudinal muy marcado. Se diferencian zonas de espermatocitos y espermatozoides.	
III	♀	540	50,91 ± 16,49	1,39 ± 0,37	2,07 ± 0,59	540	Naranja intenso a Rojo	Tubos muy anchos, largos y compactos. Ocupan casi toda la cavidad interior del animal.	Ovocitos maduros en estado avanzado de vitelogenesis (140-160 µm), con núcleo, vesícula germinal y epitelio folicular diferenciados. Paredes tubulares muy finas.	
Maduro	♂	460	61,22 ± 17,30	0,86 ± 0,26	1,97 ± 0,62	460	Blanco a Beige claro	Tubos muy llenos de espermatozoides y muy largos.	Paredes finas, túbulos completamente llenos de espermatozoides.	
IV	♀	240	27,61 ± 11,33	0,83 ± 0,47	1,76 ± 0,51	230	Naranja claro a rosa	Algunos túbulos finos y otros anchos. Longitudes de túbulos menores que en estado III.	Ovocitos de dos clases modales 145-175 µm y 185-205 µm, algún fagocito, paredes con arrugas, túbulos en punta.	
Parcialmente desovado	♂	500	33,44 ± 13,45	0,51 ± 0,21	2,17 ± 0,72	490	Beige a blanco transparente	Algunos túbulos finos, otros anchos pero más cortos que en estado III.	Algunos túbulos en punta, paredes arrugadas, abundancia de canales.	
V	♀	240	16,58 ± 10,80	0,22 ± 0,17	1,85 ± 0,51	240	Marrón-verde a Transparente con puntos naranjas	Túbulos muy finos y cortos. Vacíos completamente.	Presencia de algún ovocitos residual (160-210 µm), muchos fagocitos, pared muy arrugada.	
Desovado	♂	180	12,31 ± 4,90	0,13 ± 0,08	1,82 ± 0,65	170	Marrón-verde a Transparente con puntos naranjas	Tubos muy pequeños, vacíos y muy arrugados. Algunos con punta enrollada.	Pared muy arrugada, tubos casi vacíos por completo, solo algo de esperma residual en parches intermitentes.	

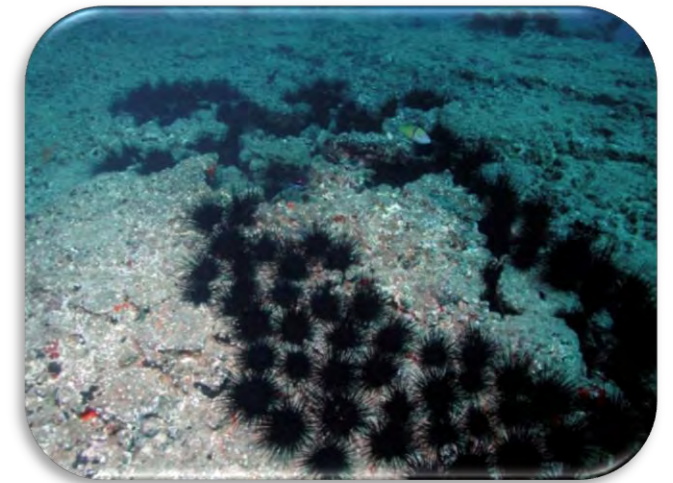
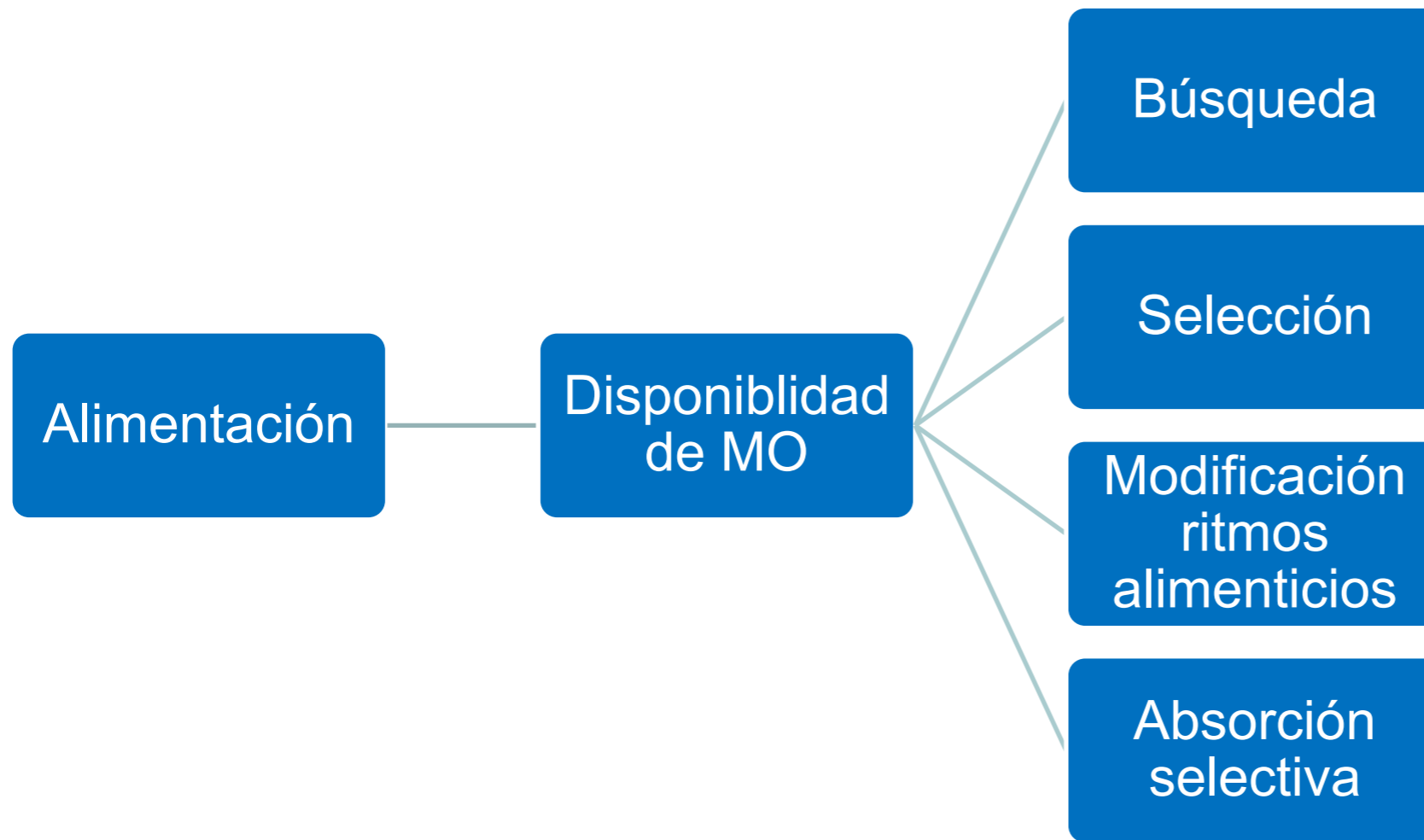
- *Holothuria sanctori* presenta un solo ciclo reproductivo anual, típico de especies templadas: máxima actividad en meses cálidos y mínima en fríos.
- *Holothuria sanctori* presentó una sex-ratio de 1:1.
- Técnica utilizada muy útil y recomendable para futuros estudios. Evita utilizar histología (altos costes, tiempo, materiales)
- Escala morfométrica utilizable como standard para estudios con otras especies.



Capítulo 4 – Patrones de alimentación de *Holothuria sanctori*



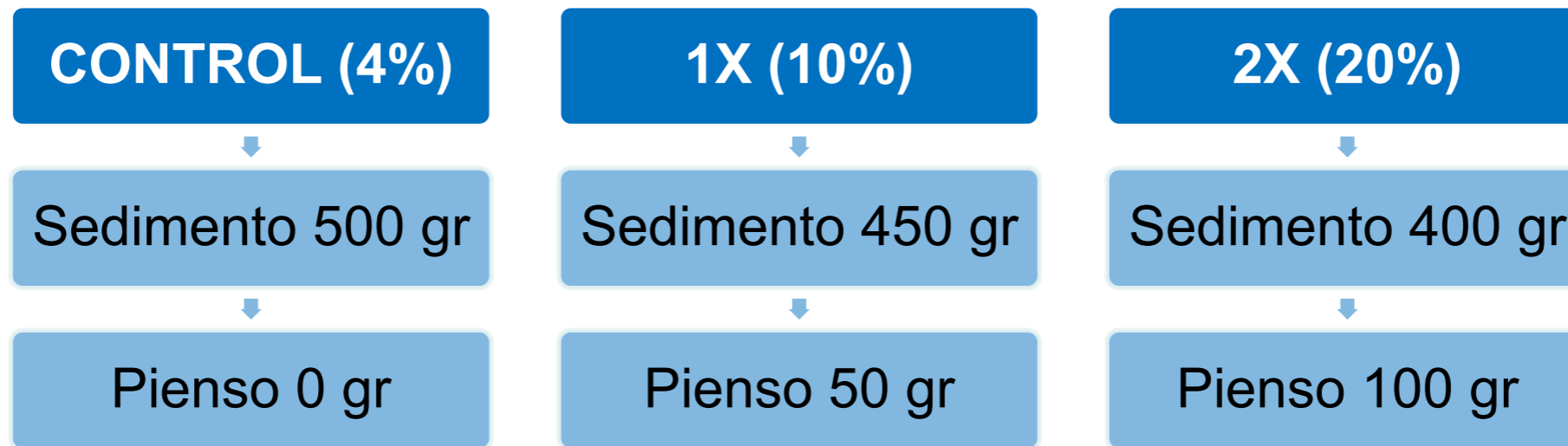




Objetivos

- Estudiar si el consumo de MO es independiente de su disponibilidad y del estado de madurez sexual.
- Evaluar si existen diferencias en el consumo de MO entre los hábitats de macroalgas y blanquizal.

Efecto disponibilidad de MO y fase maduración gonadal

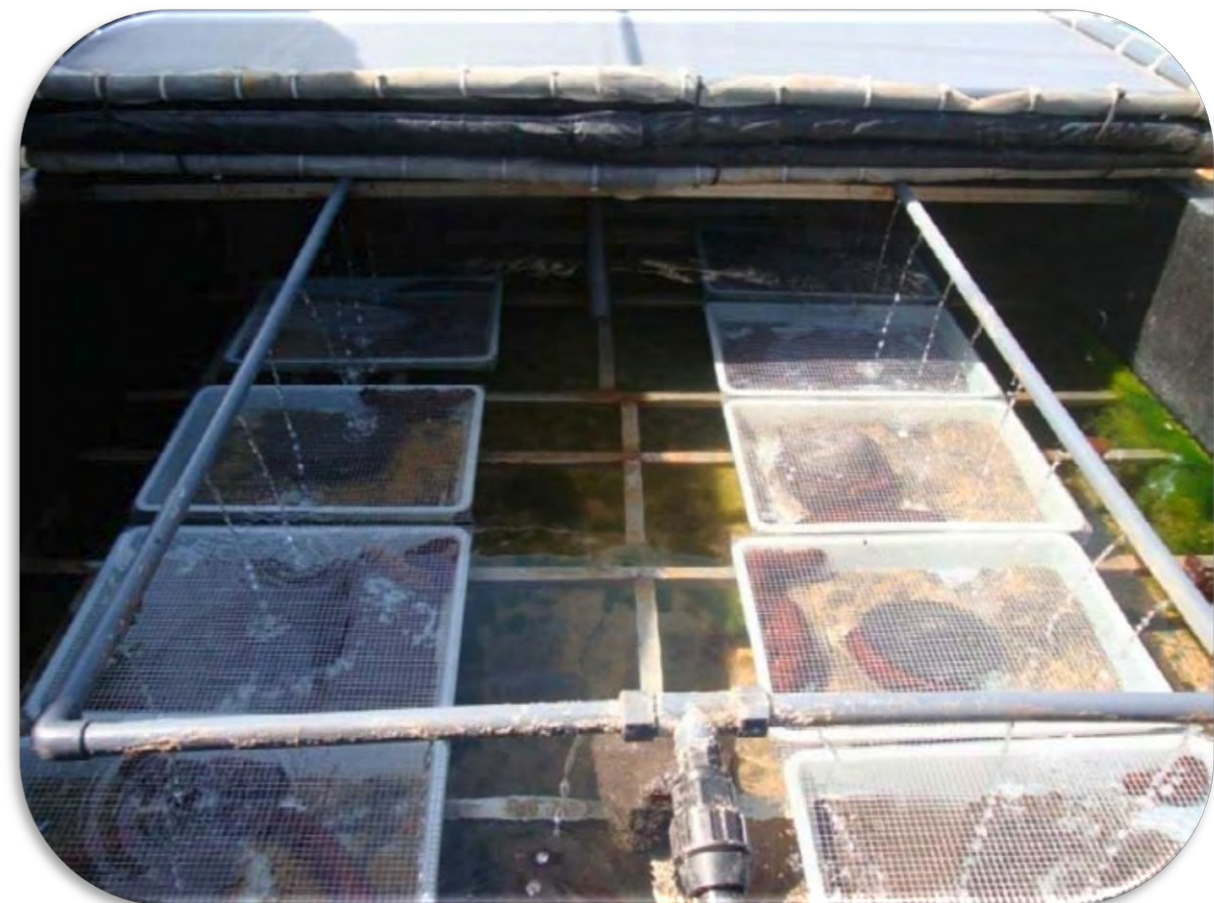


➤ Febrero a Junio de 2009

➤ 4 ejemplares por bandeja. 3 bandejas por tratamiento.

➤ Duración 48 horas.

$$\text{Consumo MO} = \% \text{ MO sedimento} - \% \text{ MO heces}$$



Consumo entre hábitats



% MOP



% MOP



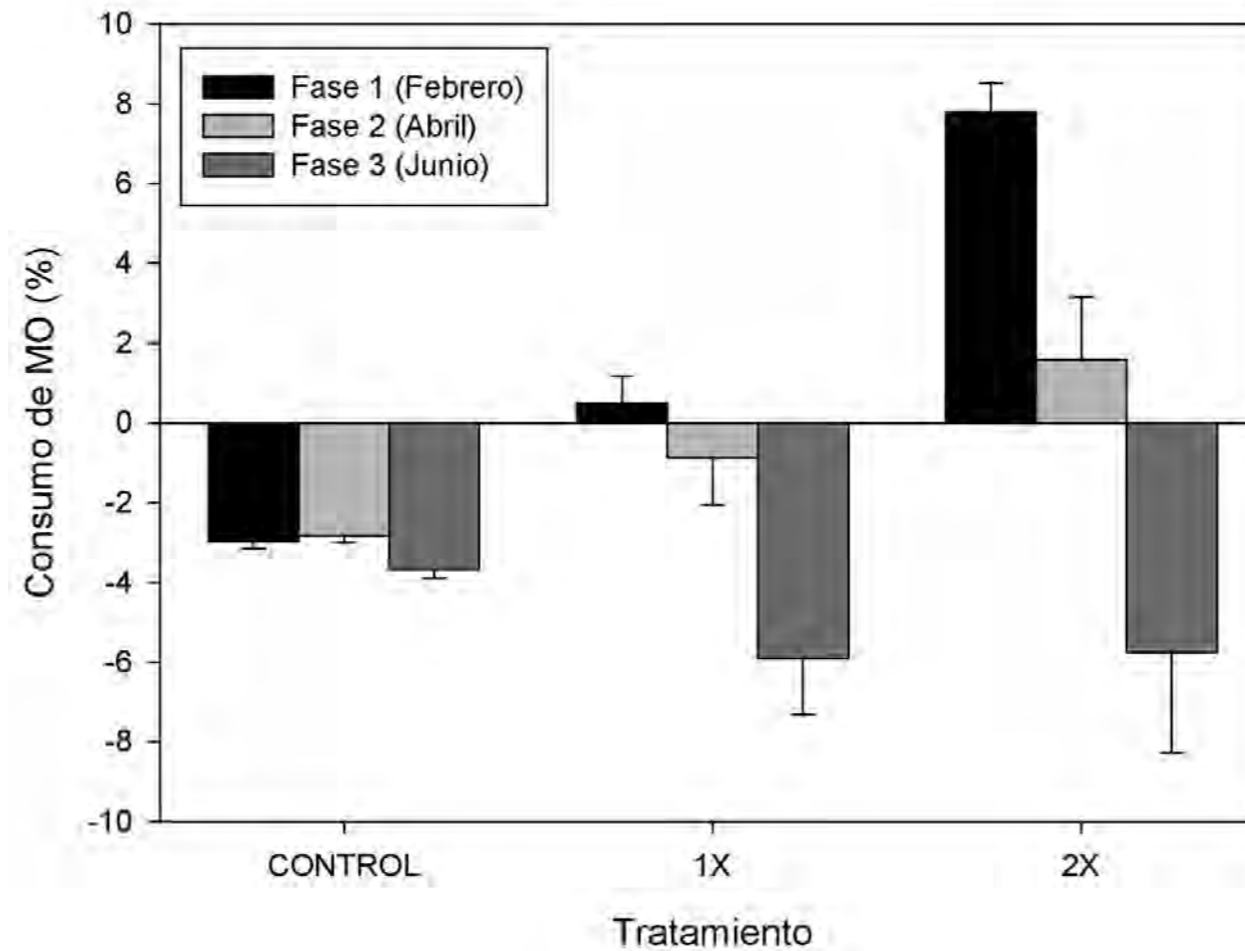
% MOT

% MOT

% MOT

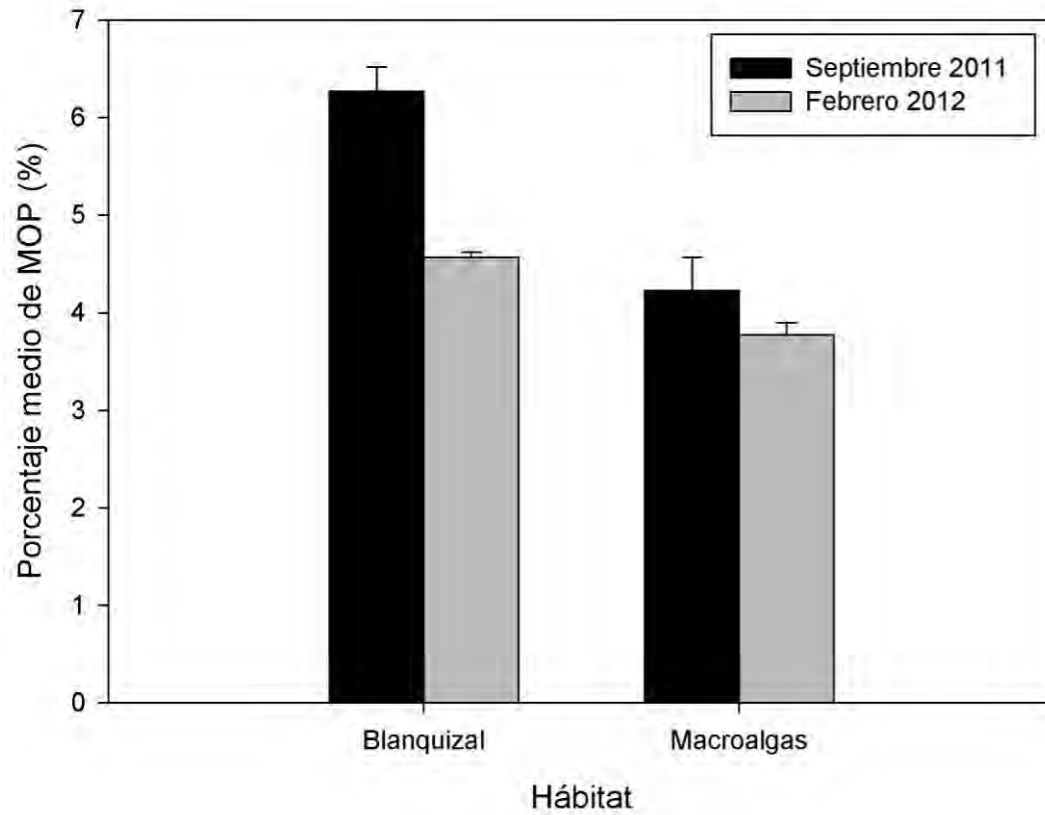
% MOT

Efecto disponibilidad de MO y fase maduración gonadal

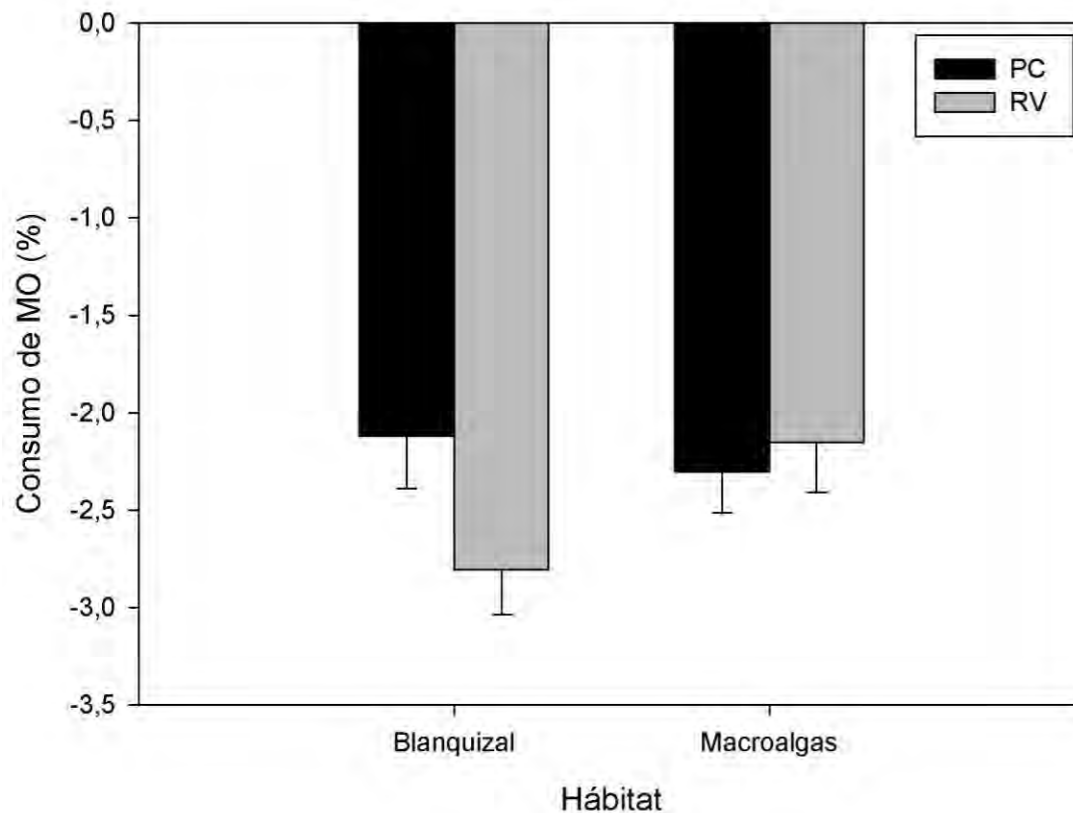


- El consumo de MO aumentó con la disponibilidad de MO, si bien el consumo no difirió entre los tratamientos 1X y 2X.
- Consumo fue superior en febrero que en junio.

Consumo entre hábitats



- El hábitat de blanquizal presentó valores de MOP superiores a los de macroalgas en ambas fechas.



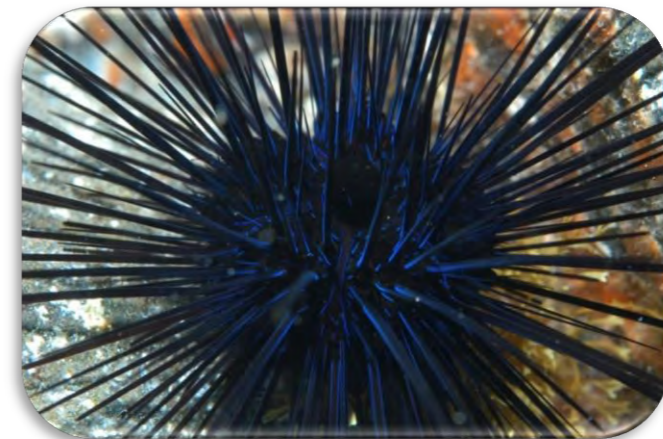
- El consumo de MO entre los hábitats de macroalgas y blanquizal no presentó diferencias significativas, tampoco entre localidades.

Efecto de la disponibilidad de MO y de la fase de maduración gonadal sobre el consumo

- Mayor disponibilidad MO, más consumo MO. Resultados similares a *Australostichopus mollis* en Nueva Zelanda.
- Consumo de MO es más alto en febrero y abril (formación gónadas) que en junio (gónadas formadas, poca absorción MO).
- Posible aplicación en acuicultura integrada (multitróficos) como biofiltradores, invierno y primavera, durante la formación de gónadas.

Diferencias en el consumo de MO entre hábitats

- Blanquizal presentó un mayor contenido en MOP que macroalgas, posiblemente debido a los “fecal pellets” de *Diadema aff. antillarum*, con alto contenido orgánico procedente de las algas consumidas.
- No hubo diferencias significativas en el consumo de MO entre hábitats.
- *H. sanctori* parece adaptar o regular su consumo a la cantidad de MO presente en el hábitat.

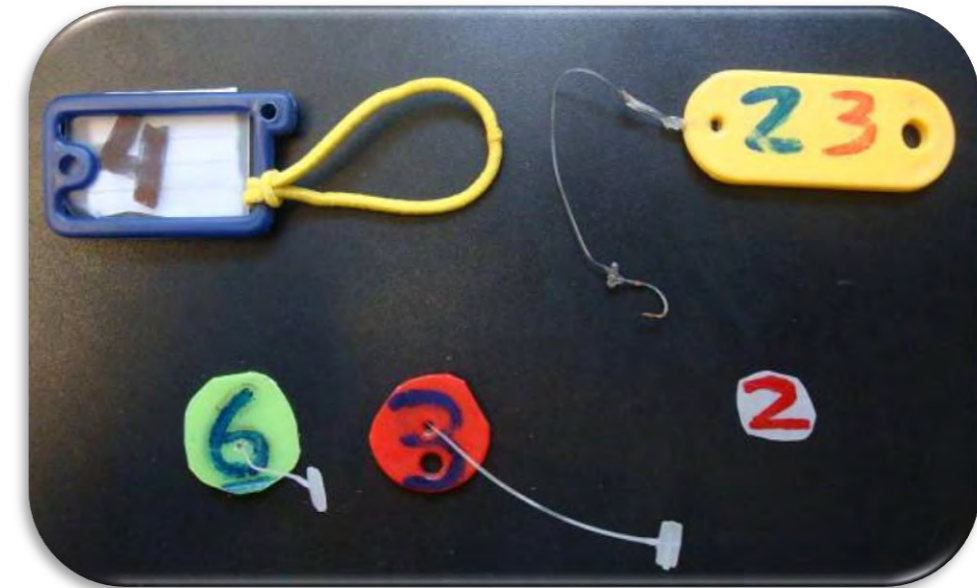


Capítulo 5 – Marcaje y patrones de movimiento de *Holothuria sanctori*



INTRODUCCIÓN

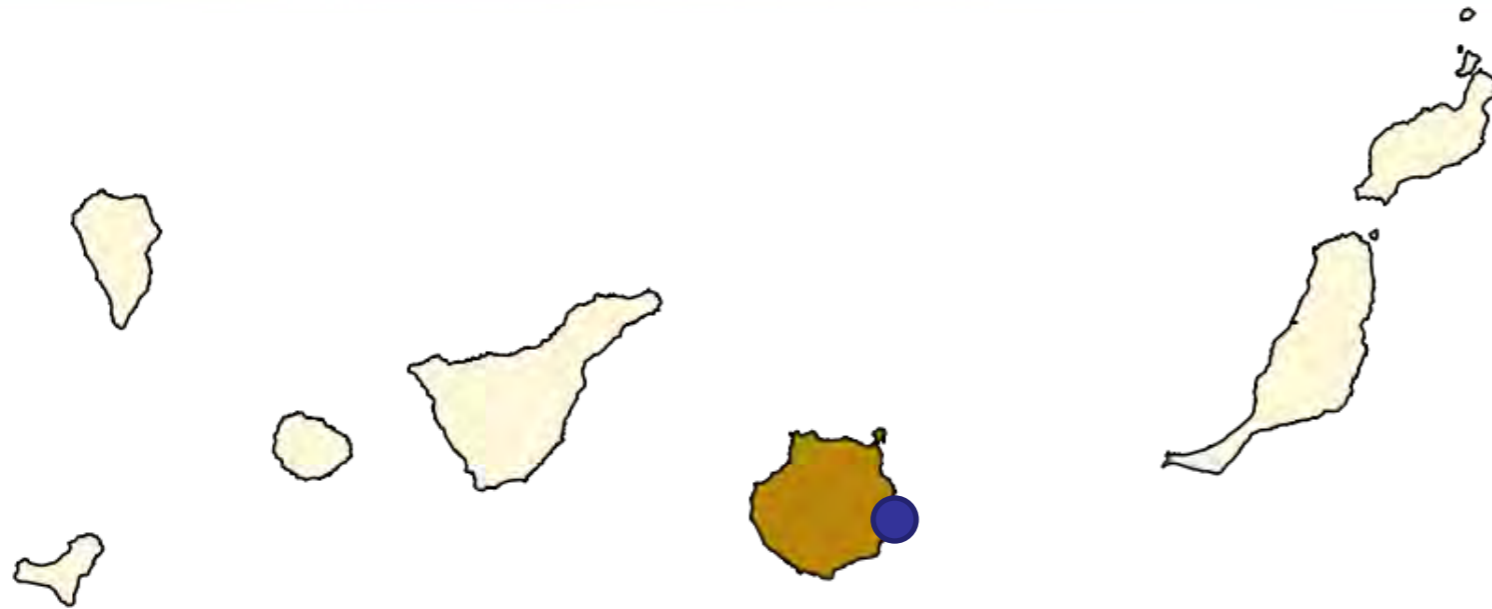
- *H. sanctori* posee un marcado comportamiento nocturno.
- Información sobre su movimiento y comportamiento es escasa o inexistente.
- Dificultad de marcaje. Estudio piloto de marcaje previo.
- Método de rascado fue el más efectivo. Animales se recuperaron rápido y no tan agresiva como T-bar.



Objetivos

- Puesta a punto de técnica de marcaje efectiva para *H. sanctori*
- Estudiar los patrones de movimiento nocturno de *H. sanctori*.
- Comprobar si esta especie tiene fidelidad al refugio o “*homing behaviour*”
- Evaluar la influencia de la rugosidad del sustrato y tipo de hábitat en su movimiento.





- Noviembre 2011, 3 noches no consecutivas.
- 3 refugios al azar, cada uno en un hábitat (macroalgas, blanquizal y borde)
- Se marcaron 30 individuos de *H. sanctori* por refugio y se siguieron en 3 periodos:
 - 15:00-20:00 h (inicial)
 - 20:00-01:00 h (medio)
 - 01:00-6:00 h (final)
- Las velocidades y distancias recorridas se calcularon mediante brújula, cinta métrica, cronómetro y principios básicos de trigonometría.

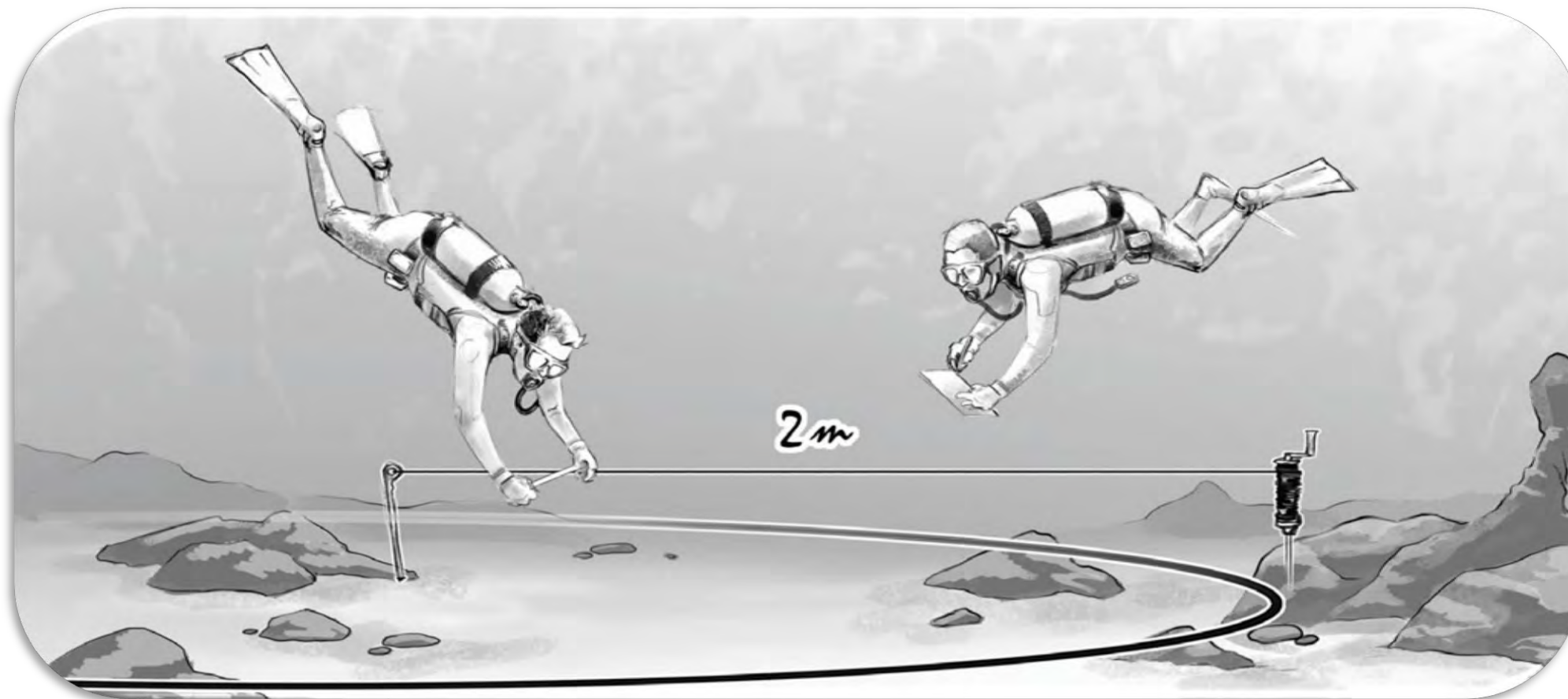
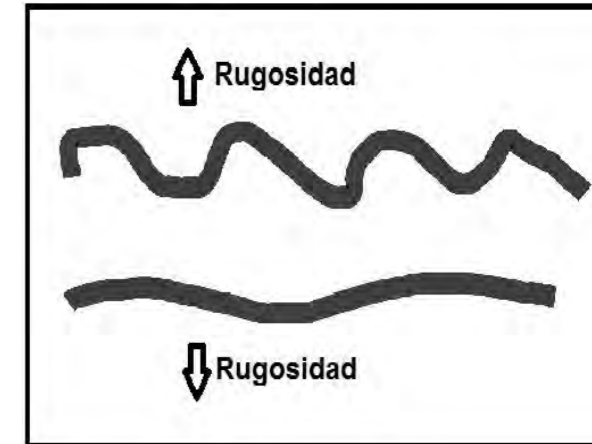


Complejidad del hábitat

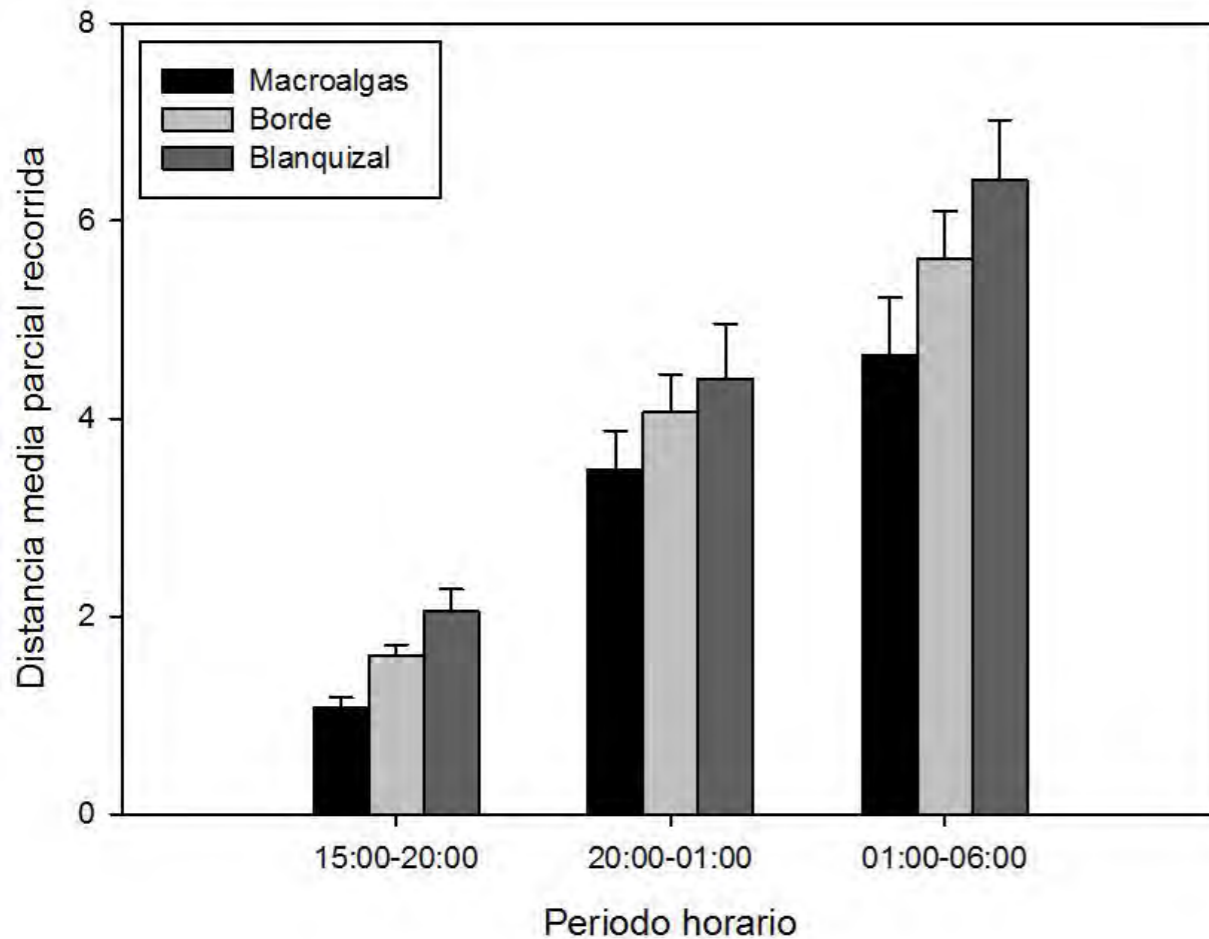
- - Rugosidad media del sustrato (método cadena-cinta modificado, radio 2m)

$$\% \text{ Rugosidad} = 100 - \left(\frac{D}{2} \times 100 \right)$$

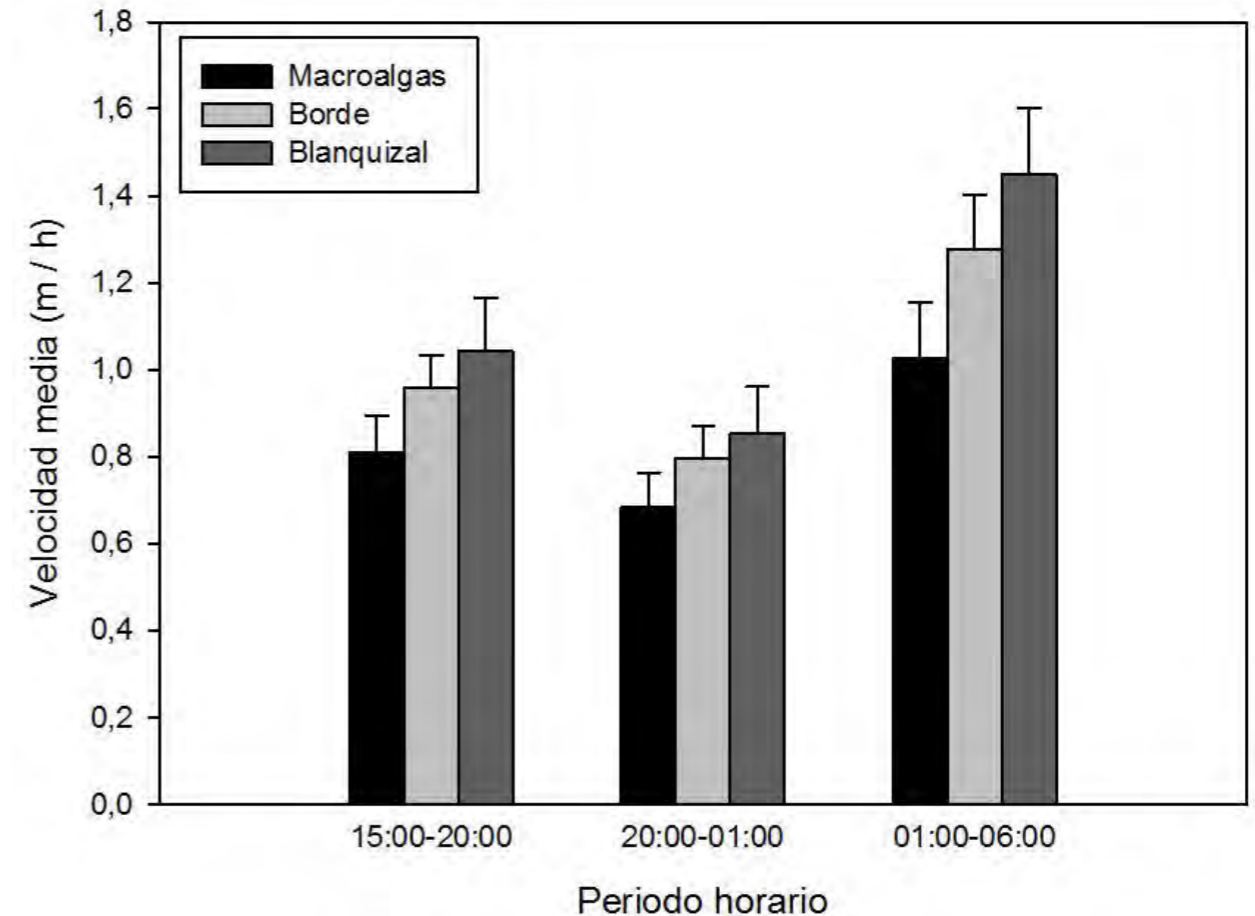
- - Rugosidad para cada uno de los sectores de 30° (0°-330°) en cada refugio.



Distancias



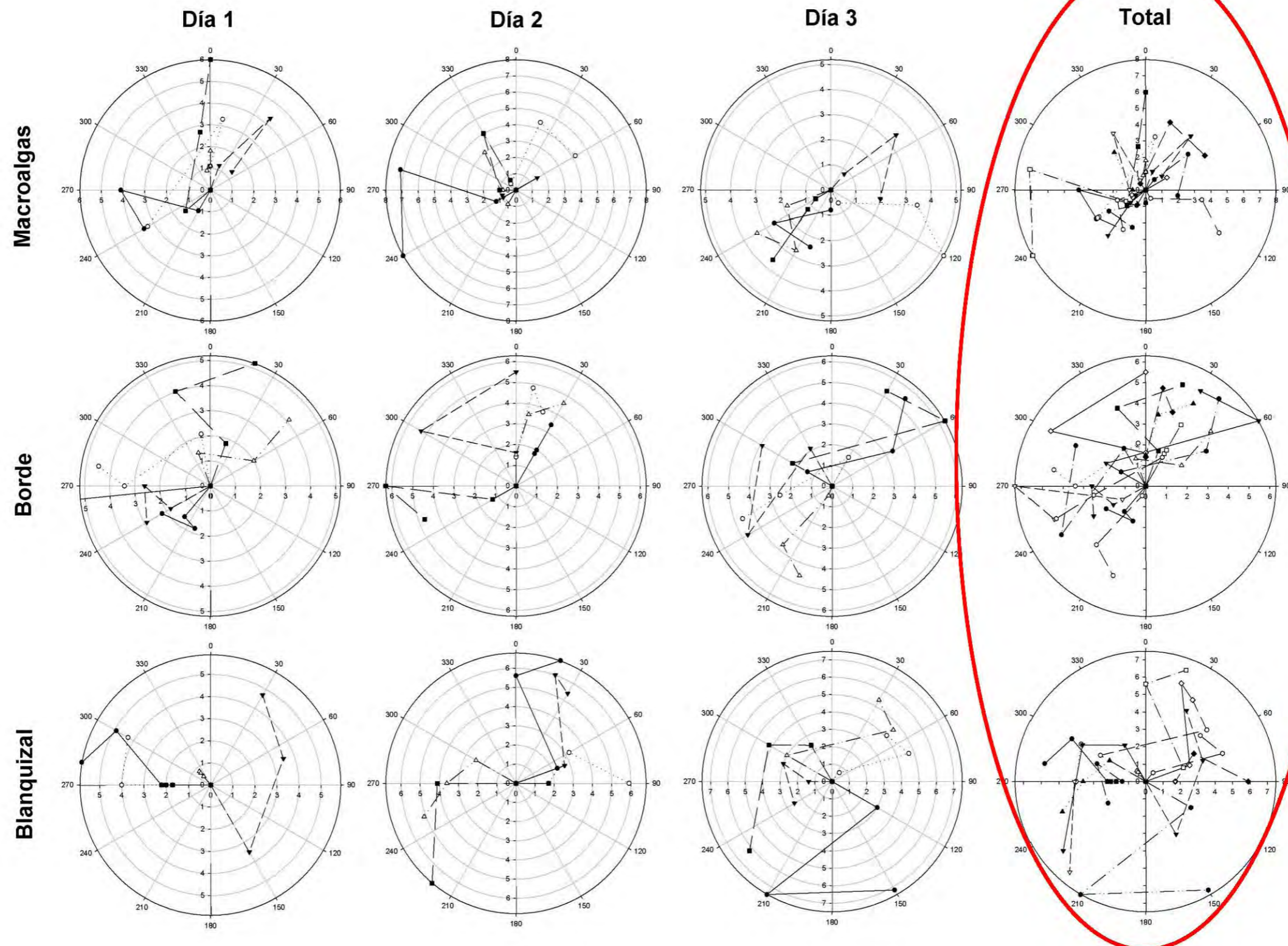
Velocidades



- Distancia media recorrida por noche fue $11,12 \pm 4,24$ m variando entre 1,86 m y 21,47 m.
- Distancias medias fueron mayores en el periodo final que en el medio e inicial. Diferencias independientes del tipo de hábitat.

- Velocidad media varió entre 0,14 y 1,94 m h⁻¹, con una media de $0,99 \pm 0,36$ m h⁻¹
- Velocidades medias fueron mayores en el periodo final e inicial que en el medio. Diferencias independientes del tipo de hábitat.

Patrones de movimiento

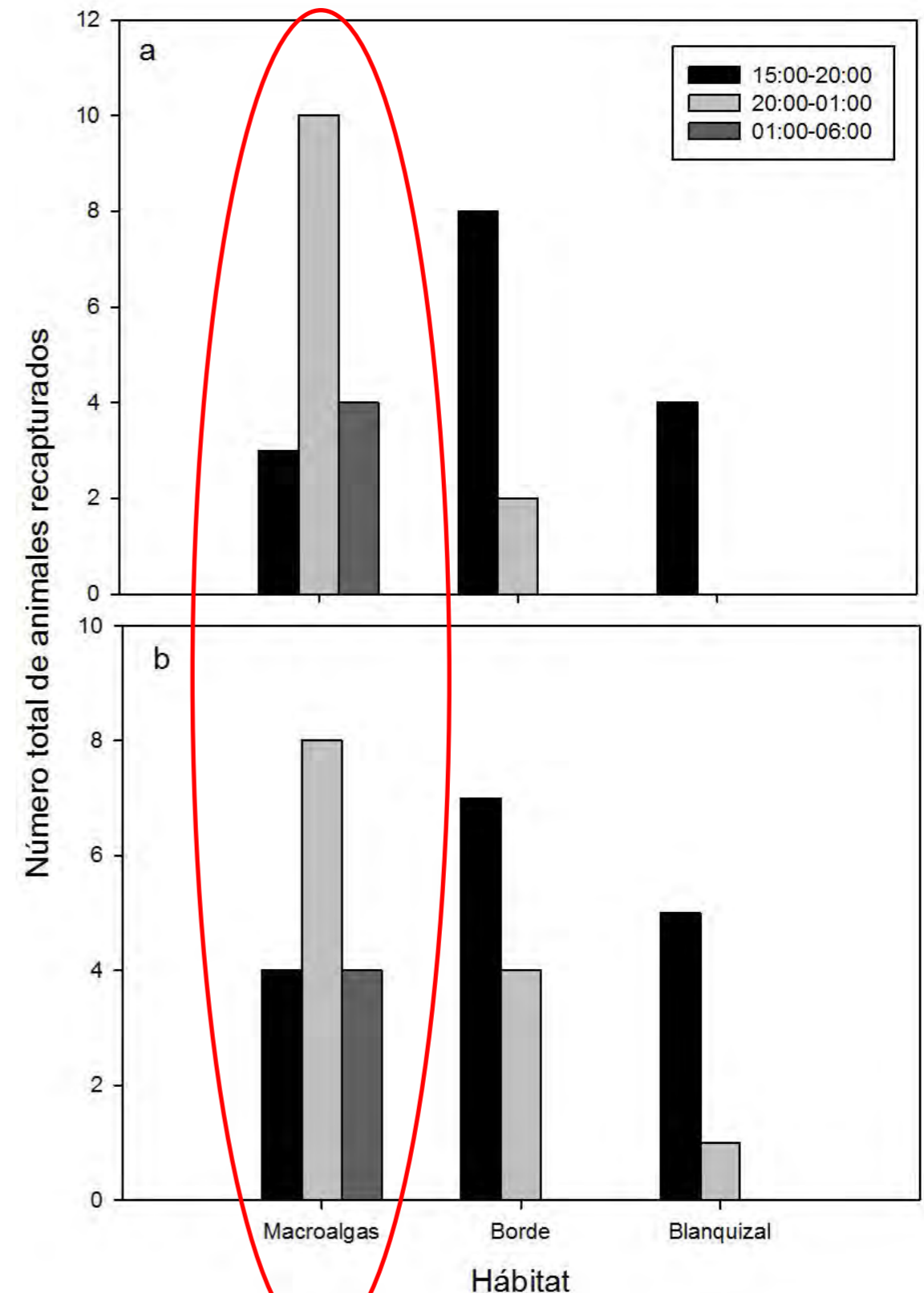
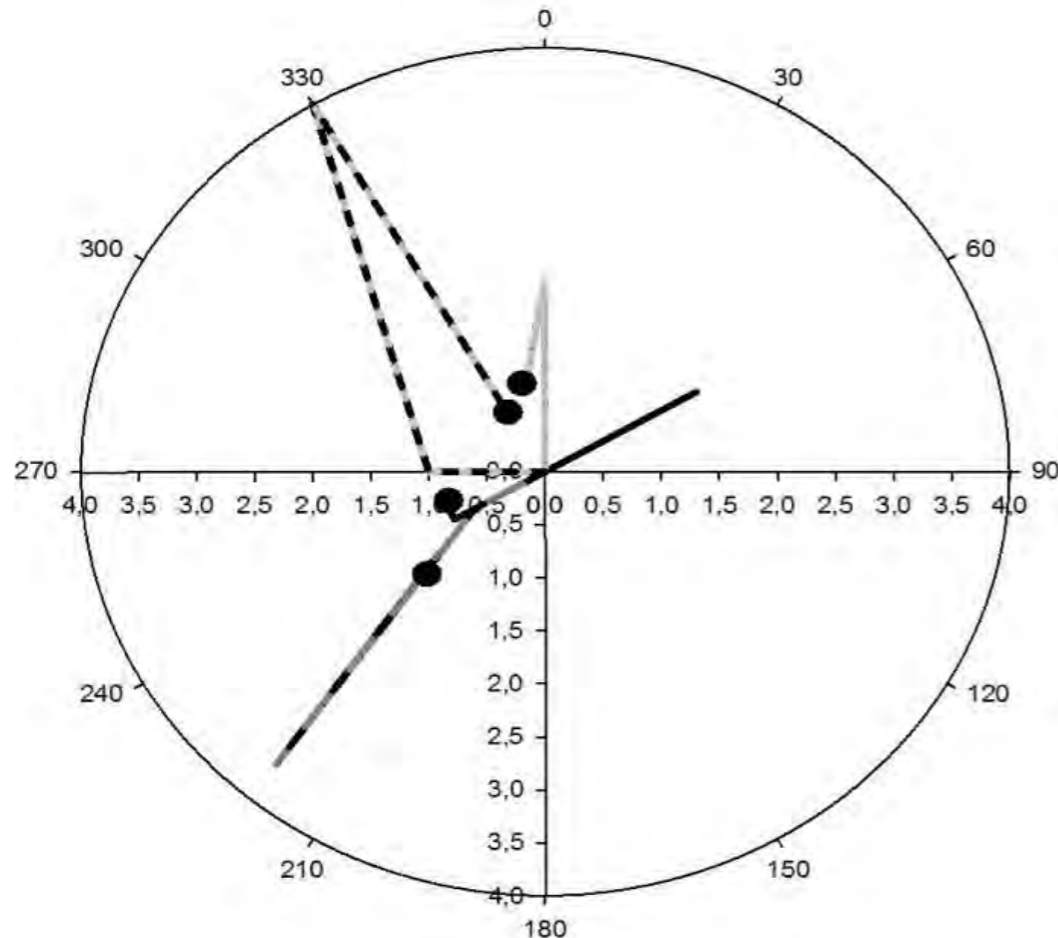


- Macroalgas presentaron un movimiento más direccional que la zona de borde y de blanquizal, donde los movimientos parecen más al azar.

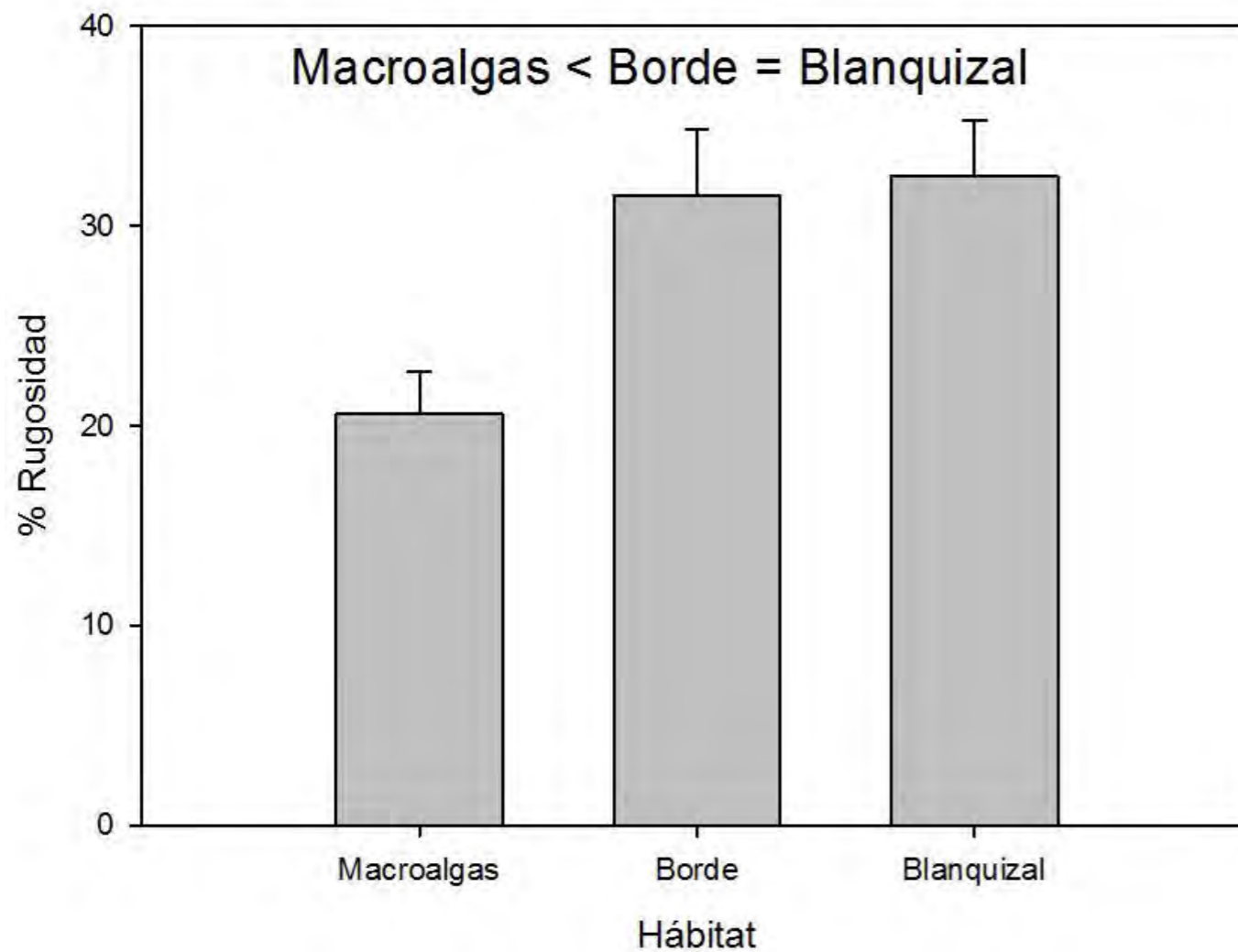
RESULTADOS

Fidelidad al refugio o “Homing behaviour”

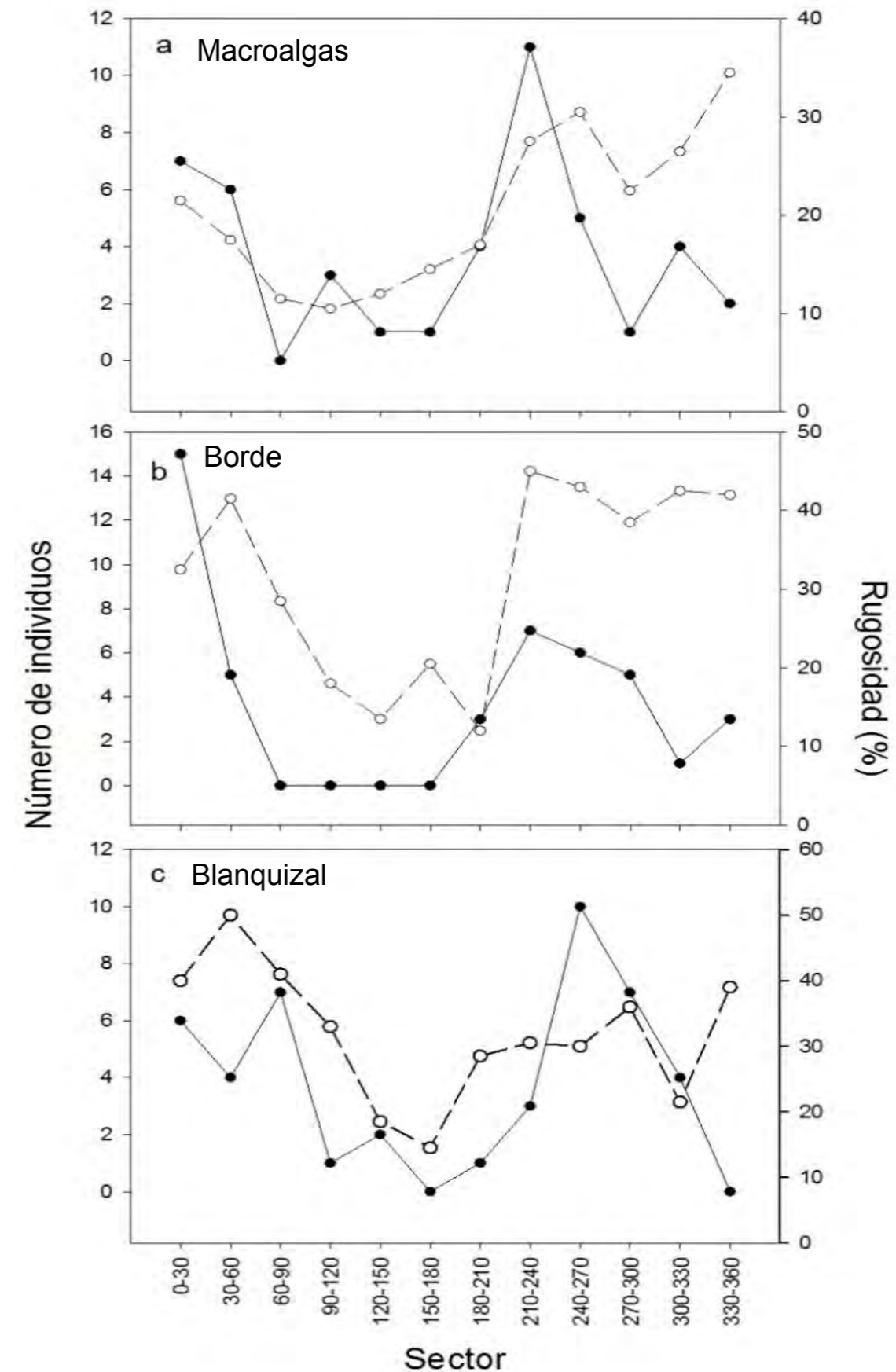
- No se detectó una clara fidelidad al refugio, si bien en macroalgas 26,67 % del total de animales marcados volvió al refugio.
- Alta tasa de recaptura en siguientes experimentos, especialmente en macroalgas y durante el periodo medio (20:00-01:00).

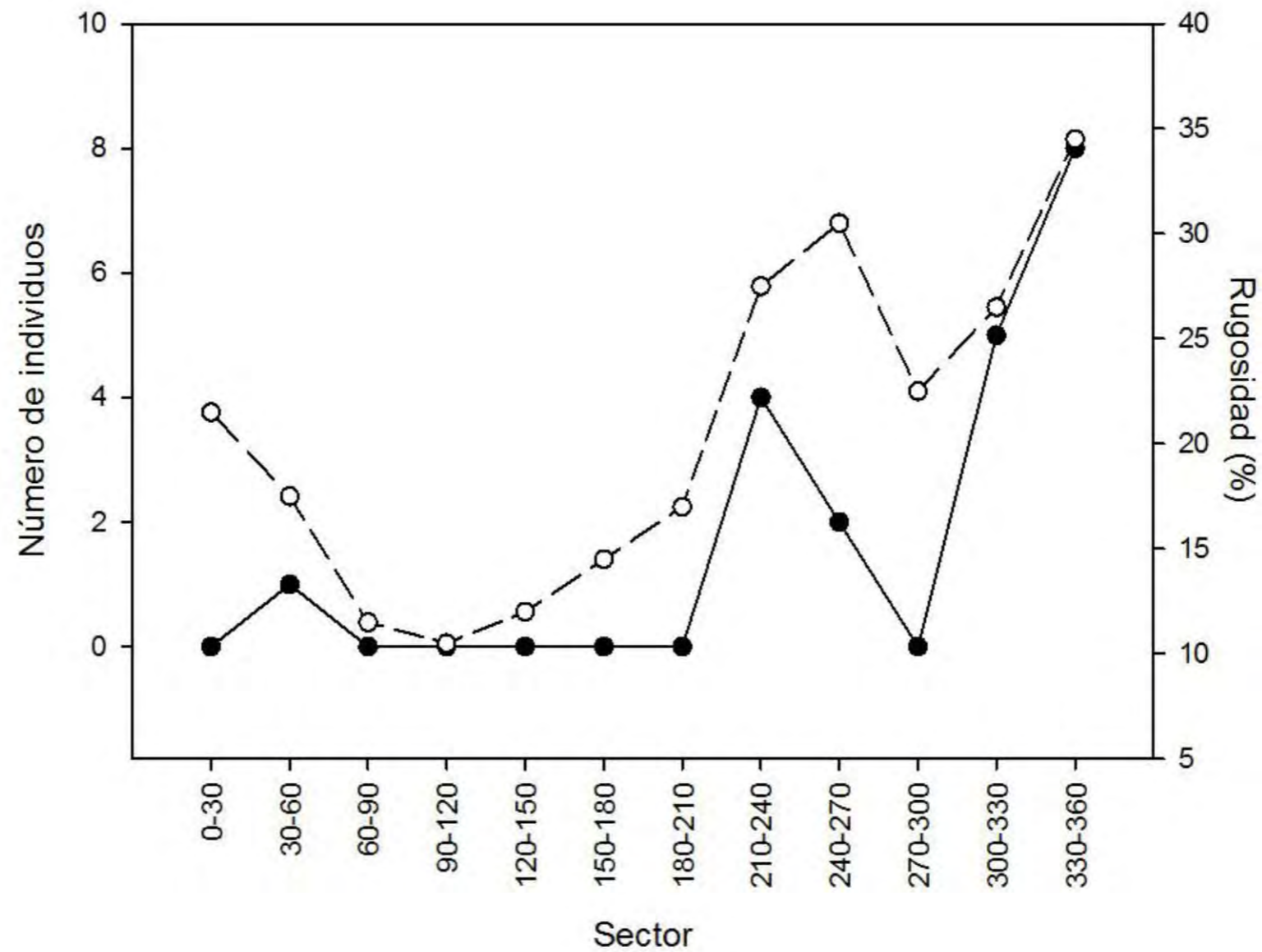


Rugosidad del sustrato



- Hábitats de Blanquizal y borde mostraron una rugosidad significativamente mayor a la de macroalgas.
- Número de animales estuvo relacionado con la rugosidad del sustrato en los 3 hábitats.





- Centrándonos en esos individuos que sí mostraron fidelidad al refugio, la presencia de animales en los sectores estuvo significativamente relacionado con su rugosidad.

DISCUSIÓN

Experimento marcaje previo

- El método de rascado fue el más eficaz para estudios de comportamiento. Rápida recuperación y facilidad de marcaje.
- T- bar mejor para marcaje-recaptura, modifica comportamiento.

Distancias y velocidades

- Valores muy superiores a estudios previos. Falta de marcaje en estudios anteriores. Datos no fiables.
- No existen diferencias en velocidades y distancias recorridas entre hábitats en el movimiento nocturno.

Fidelidad al refugio y rugosidad

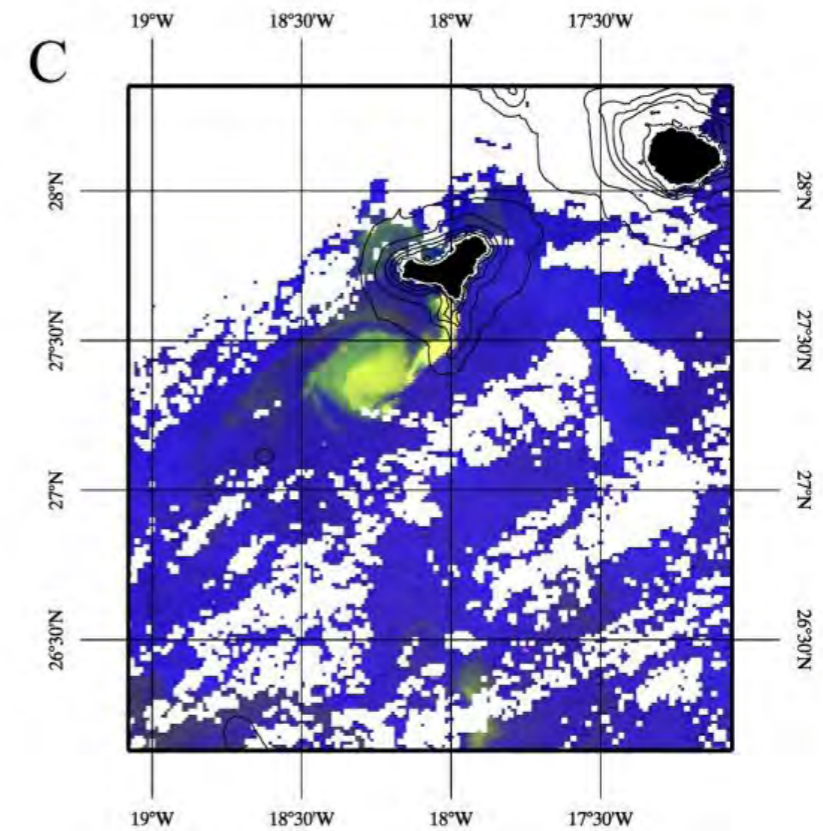
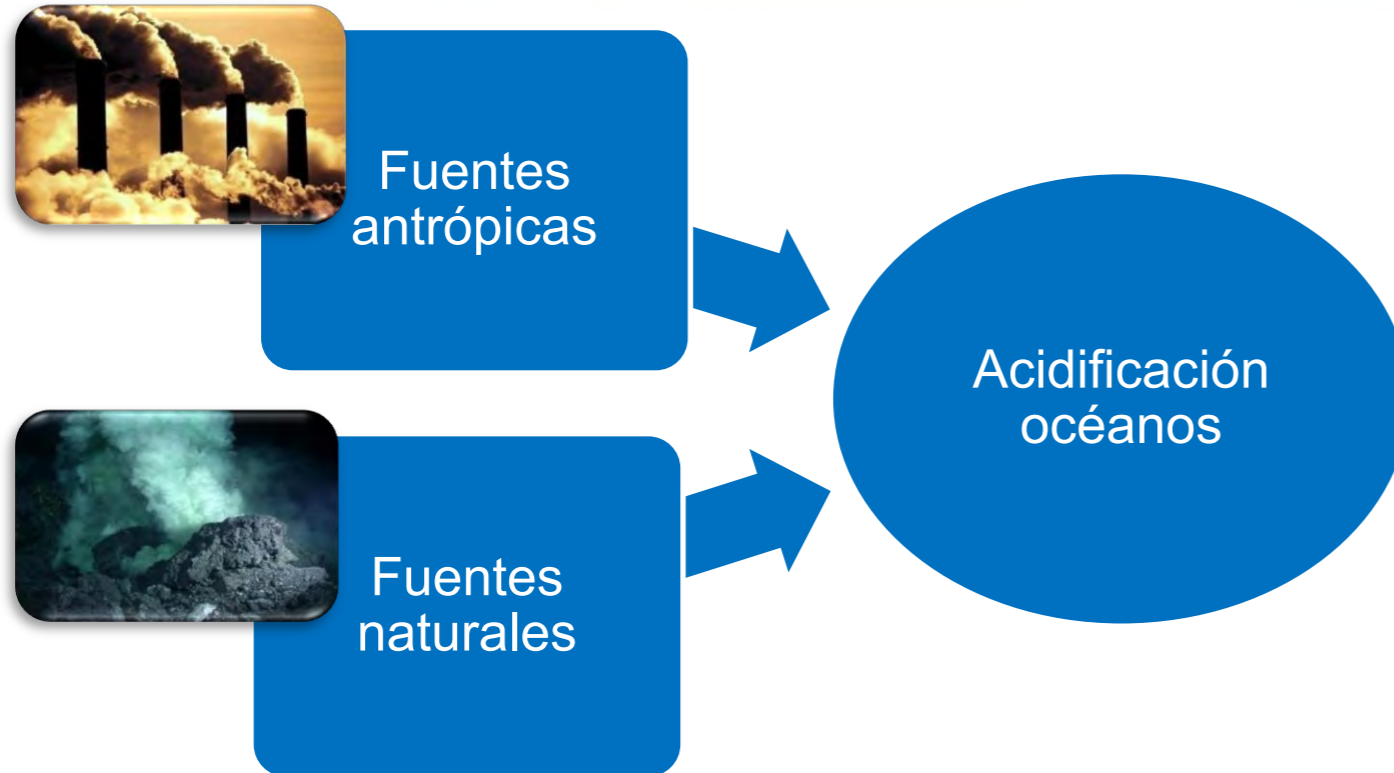
- Movimiento de *Holothuria sanctori* es mayor en los periodos marginales de la noche que en el periodo medio. Coincide con estudios previos.
- *Holothuria sanctori* no muestra fidelidad al refugio en blanquizal y borde, donde la rugosidad es alta, pero sí fidelidad a ciertas áreas en macroalgas, donde la rugosidad es baja y por ello la disponibilidad de refugio es reducida.
- Baja disponibilidad de refugio fuerza una fidelidad al refugio.



**Capítulo 6 – Efectos de la acidificación
asociada a la erupción submarina del Mar de
Las Calmas sobre la anatomía de
*Holothuria sanctori***



INTRODUCCIÓN



- Estudios sobre acidificación están confinados a experimentos en laboratorio y con condiciones diferentes al medio natural.
- Pocas ocasiones de evaluar la acidificación en medio natural.
- 10 de Octubre de 2011, erupción volcánica en El Hierro.
- Miles de ejemplares de *H. sanctori* muertos o moribundos.

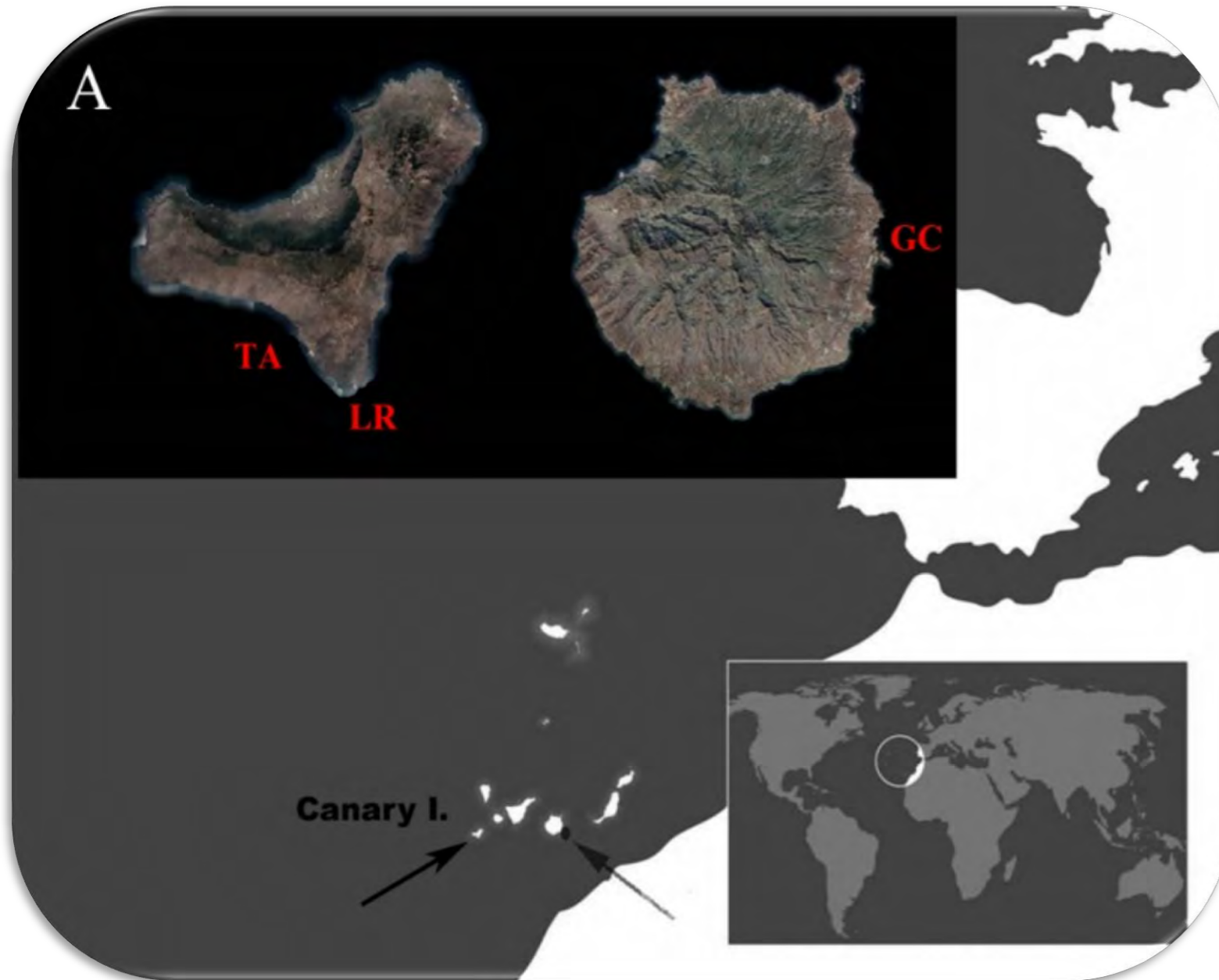




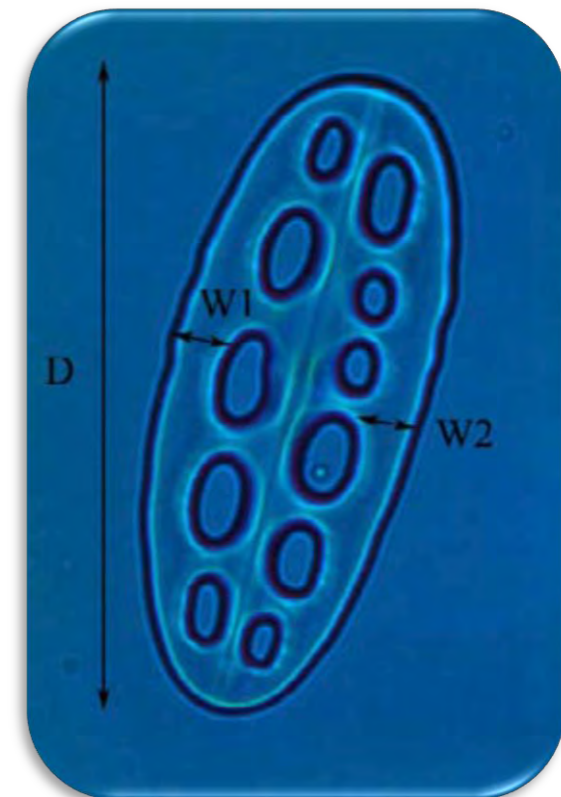
Objetivo

Evaluar si el descenso de los niveles de pH asociados a los procesos eruptivos afectó las estructuras calcáreas internas (espículas) de *H. sanctori*



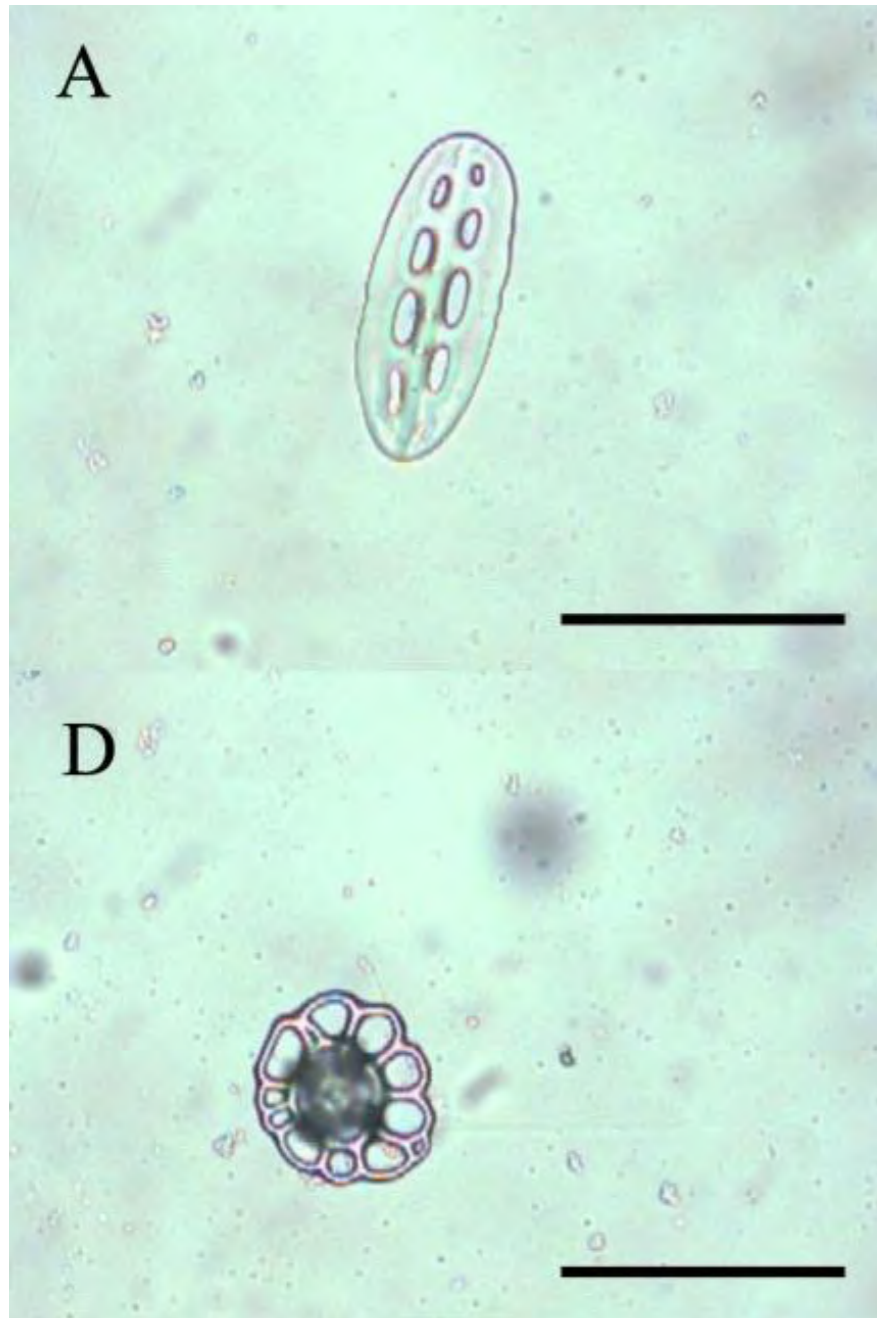


- 10-15 medidas de pH, temperatura, y O_2 disuelto en cada localidad.
- 10 ejemplares por localidad.
- 30 espículas de cada animal (20 del dorso y 10 del anillo calcáreo)
- Espículas tipo botón, mesa y bastón.
- Diámetro, grosor y número de agujeros.



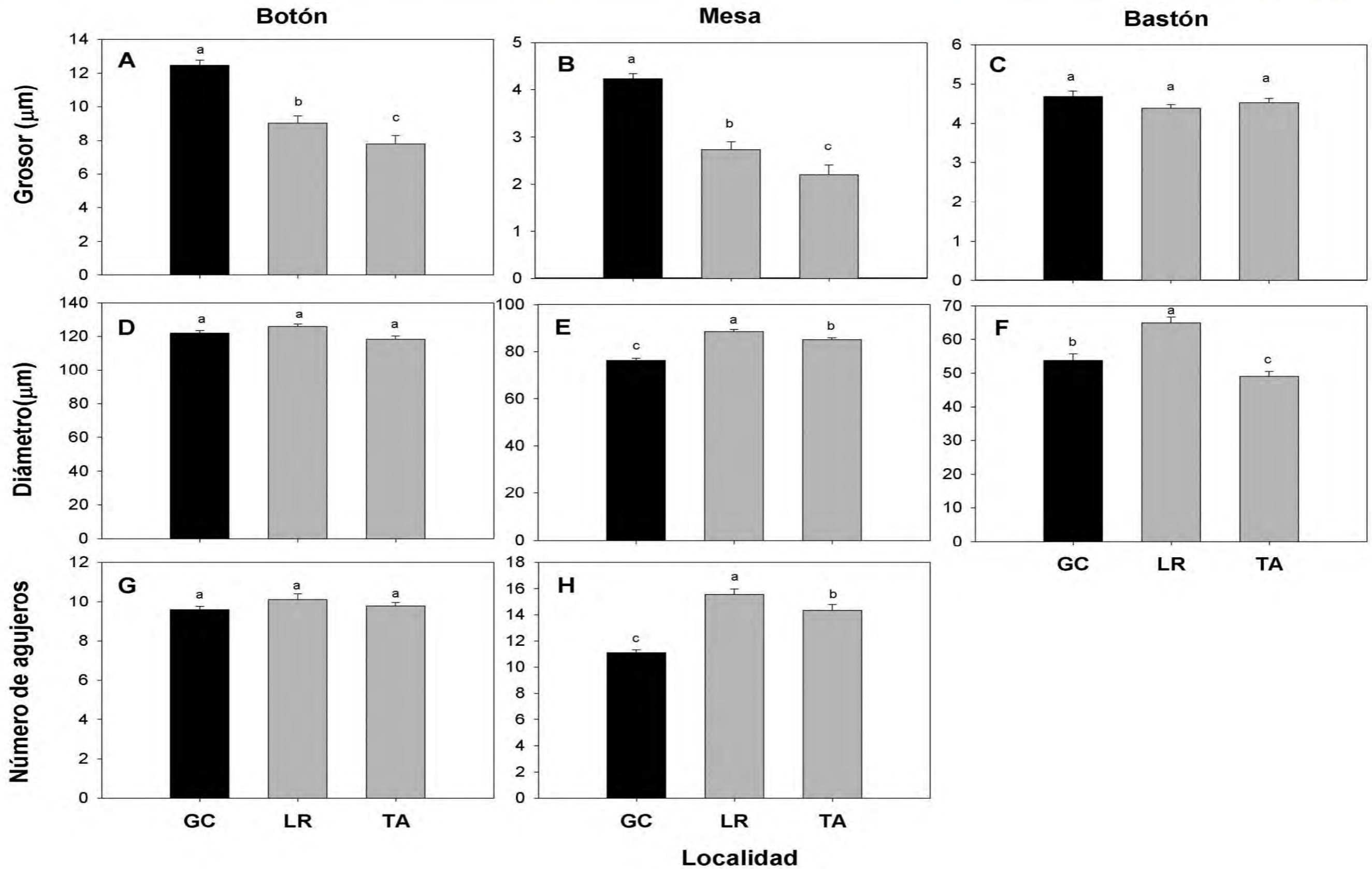
Gran Canaria

El Hierro



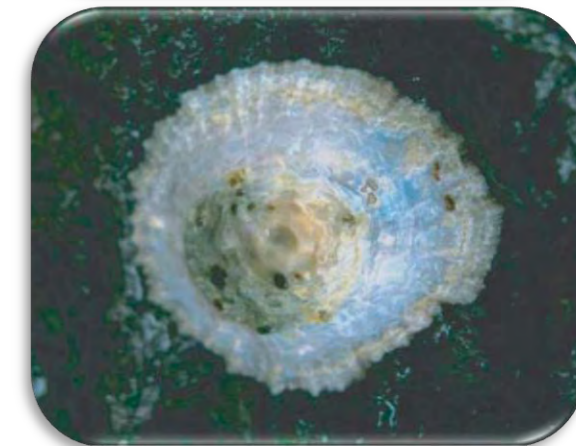
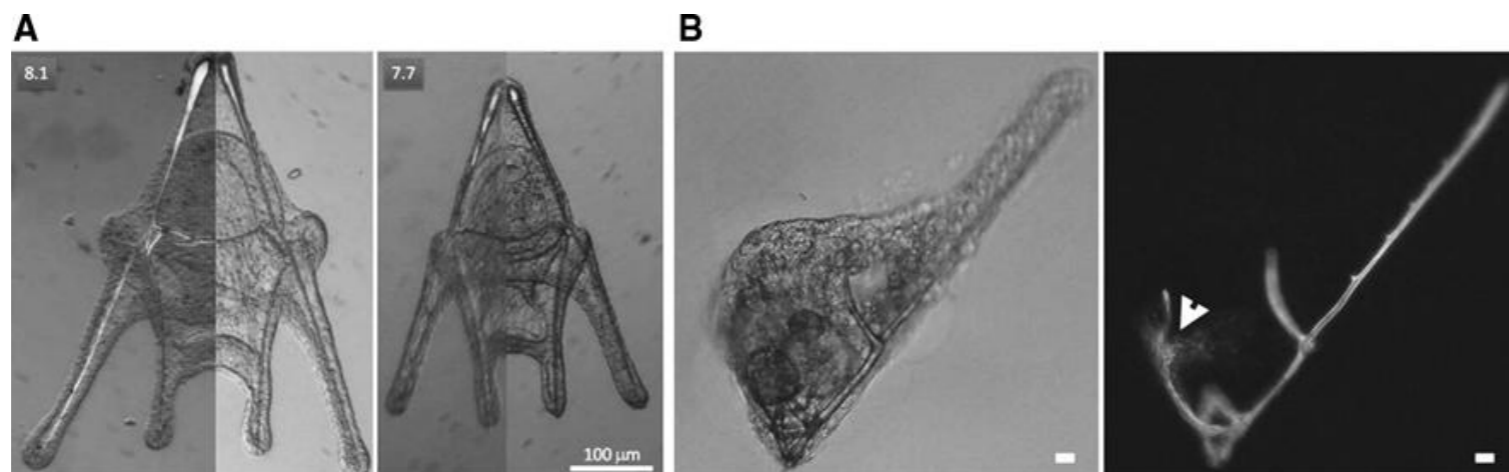
pH = 8.13

pH = 7.12 – 7.83



DISCUSIÓN

- Diferencia en los grosores de espículas botón y mesa entre Gran Canaria y El Hierro debidas al agua ácida sobre el tegumento de los animales.
- La disolución de espículas en holoturias por acidificación no ha sido descrita con anterioridad.
- Otros estudios sobre efectos de acidificación en moluscos, crustáceos, briozoos, corales, etc. siendo esta capaz de debilitar o disolver esqueletos calcáreos.
- Estudios específicos en equinodermos, larvas de erizos y ofiuras.
- Diferencias en el tamaño de espículas tipo mesa, dificultad de estimar de manera precisa el diámetro y el número de agujeros de estas espículas (escaso grosor, a menudo rotas y disueltas en El Hierro).
- Espículas tipo bastón no presentaron diferencias en el grosor entre localidades, debido a su localización en el anillo calcáreo, situado en el interior del animal. Menos expuesto a las aguas ácidas durante la erupción volcánica.



Capítulo 7 – Conclusiones



Capítulo 2. Patrones de abundancia y talla de *Holothuria sanctori*, *Holothuria mammata* y *Holothuria arguinensis* en fondos rocosos someros de la isla de Gran Canaria.

- La abundancia de *H. sanctori*, *H. mammata* y *H. arguinensis* es constante a lo largo del año.
- *Holothuria sanctori* es más abundante en sustratos rocosos con rugosidades medias que con rugosidades muy bajas o muy altas. *Holothuria mammata* y *H. arguinensis* son más abundantes en sustratos con rugosidades altas que con rugosidades bajas.
- La coloración de *H. sanctori* no es constante a lo largo de su vida y depende del tamaño. La coloración cambia de blanco a marrón según el individuo va creciendo.

Capítulo 3. Ciclo reproductivo de *Holothuria sanctori* (Delle Chiaje, 1823) [Echinodermata: Holothuroidea] en la isla de Gran Canaria.

- *H. sanctori* presenta un solo ciclo anual de reproducción, siendo el verano la época donde presenta su máxima actividad reproductora.
- La sex-ratio de la especie no difiere de la relación teórica 1:1.

Capítulo 4. Patrones de alimentación de *Holothuria sanctori* (Delle Chiaje, 1823) [Echinodermata: Holothuroidea] en la isla de Gran Canaria.

- A mayor disponibilidad de MO, mayor consumo de MO, especialmente en las fases previas a la maduración gonadal.
- No existen diferencias significativas en el consumo de MO entre los hábitats de macroalgas y blanquizal.

Capítulo 5. Marcaje y patrones de movimiento de *Holothuria sanctori* [Echinodermata: Holothuroidea] en la isla de Gran Canaria.

- El método de marcaje de rascado es eficaz para estudios de comportamiento de adultos de *H. sanctori* a corto plazo.
- El movimiento circadiano de *H. sanctori* es mayor en los periodos marginales de la noche que en el periodo central.
- No existen diferencias en las velocidades y distancias recorridas por *H. sanctori* entre hábitats durante su periplo nocturno.
- La fidelidad al refugio está determinada por su disponibilidad.

Capítulo 6. Efectos de la acidificación asociada a la erupción submarina del Mar de Las Calmas sobre la anatomía de *Holothuria sanctori* (Delle Chiaje, 1823) [Echinodermata: Holothuroidea].

- Las espículas tipo botón y tipo mesa fueron más finas en las localidades de El Hierro que en Gran Canaria como consecuencia de la acidificación.
- Las espículas tipo bastón no se vieron apenas afectadas por la acidificación del agua que rodeaba a los ejemplares de *H. sanctori* en la isla de El Hierro.

Publicaciones

Capítulo 2 - Patrones de abundancia y talla

- *Revista Biología Marina y Oceanografía* (En revisión).
- *Congreso Europeo de Equinodermos* (Göttingen, Alemania) 2010.

Capítulo 3 - Ciclo reproductivo

- *Scientia Marina* (En prensa). doi: 10.3989/scimar.03543.15B
- *Simposio Ibérico de Biología Marina* (Alicante, España) 2010.
- *Congreso Internacional de Equinodermos* (Bruselas, Bélgica) 2012.

Capítulo 4 - Patrones de alimentación

- Paper en preparación.

Capítulo 5 - Marcaje y movimiento nocturno

- Paper en preparación.
- *Congreso Internacional de Equinodermos* (Bruselas, Bélgica) 2012.

Capítulo 6 - Efectos de la acidificación

- *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (En revisión).
- *Workshop sobre efectos de la acidificación* (Tenerife, España) 2012



Agradecimientos



Muchas gracias por su atención