



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Universidad Nacional Autónoma de México



POTENCIAL PESQUERO DEL CAMARÓN ESCARLATA *Aristaeopsis edwardsiana* (JOHNSON, 1867) EN EL GOLFO DE MÉXICO

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias del Mar y Limnología

Biología Marina

p r e s e n t a

ROBERTO CARLOS MUÑOZ PONCE DE LEÓN

Director de Tesis: Dr. ADOLFO GRACIA GASCA

Comité Tutorial: Dr. SERGIO CHÁZARO OLVERA

Dr. PINDARO DÍAZ JAIMES

Dr. JUAN MADRID VERA

Dr. CARLOS ROBINSON MENDOZA

MÉXICO D.F., 2013

ÍNDICE	Págs.
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
II. 1. Generalidades de los camarones	3
II. 2. Sinopsis biológica de <i>Aristaeopsis edwardsiana</i>	4
II. 2. a. <i>Clasificación</i>	4
II. 2. b. <i>Morfología</i>	5
Familia Aristeidae	5
<i>Aristaeopsis edwardsiana</i>	5
II. 2. c. <i>Hábitat</i>	7
II. 2. d. <i>Distribución geográfica</i>	8
II. 3. Pesquería del camarón	8
II. 3. a. <i>Pesquería de profundidad</i>	9
II. 3. b. <i>Contexto nacional</i>	10
II. 3. c. <i>Principales áreas de captura</i>	13
II. 3. d. <i>Desarrollo de la pesquería de camarón</i>	13
II. 4. Desarrollo científico	14
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
IV. HIPÓTESIS	17
V. OBJETIVOS	17
V. 1. General	17
V. 2. Particulares	18
VI. ÁREA DE ESTUDIO	18
VI. 1. Rasgos topográficos	18
VI. 2. Sedimentos distribución y transporte	19
VI. 3. Batimetría	19
VI. 4. Masas de agua	20
VI. 5. Circulación y corrientes	20
VI. 6. Temperatura	21
VII. MATERIAL Y MÉTODOS	22

ÍNDICE	Págs.
VII. 1. Diseño del muestreo	23
VII. 2. Determinación de la talla y proporción sexual	24
VII. 3. Estimación de la Biomasa y CPUE	25
VII. 4. Análisis estadístico	26
VII. 5. Parámetros de crecimiento	27
VII. 6. Regresión lineal	29
VIII. RESULTADOS	30
VIII. 1. Composición de las capturas	34
VIII. 2. Distribución, densidad, CPUE y biomasa	36
BATO	39
BIOREPES 2	41
BIOREPES 3	43
COBERPES	45
VIII. 3. Comparación de la biomasa y la CPUE por campaña y por estrato	47
VIII. 4. Distribución espacio temporal por sexo	48
VIII. 5. Estructura de tallas	51
VIII. 6. Estructura de tallas por campaña	51
VIII. 7. Estructura de tallas por sexo	53
VIII. 8. Hembras con presencia de espermatóforo	55
VIII. 9. Parámetros de crecimiento	56
VIII. 10. Relación talla-profundidad	59
IX. DISCUSIÓN	63
IX. 1. Abundancia	63
IX. 2. Distribución espacio-temporal y batimétrica	65
IX. 3. Estructura poblacional	67
IX. 4. Proporción sexual	68
IX. 5. Relación talla profundidad	68
IX. 6. Desarrollo de la pesquería de aristeidos en México	69
X. CONCLUSIONES	72
XI. LITERATURA CITADA	73

Resumen

Actualmente, existe la necesidad de explorar el potencial pesquero de nuevas especies que permitan satisfacer la demanda nacional e internacional, y que al mismo tiempo, promuevan alternativas ante el decremento de las pesquerías tradicionales. Dentro de los recursos pesqueros, el camarón es uno de los más apreciados a nivel mundial. A finales de la década de los 90's hasta la fecha, un importante número de exploraciones pesqueras se han realizado a bordo del buque oceanográfico Justo Sierra en el talud continental del Golfo de México. Dichas exploraciones han señalado al camarón escarlata (*Aristaeopsis edwardsiana*) como una especie potencialmente explotable en esta zona, debido a la amplitud de su distribución y a sus niveles de abundancia. Por lo tanto, este estudio tiene por objetivo analizar la distribución, abundancia y estructura poblacional de *A. edwardsiana* como recurso potencialmente explotable en el Golfo de México, a partir de los resultados obtenidos en cuatro campañas de investigación realizadas en 1999, 2007, 2008 y 2009 por el B/O Justo Sierra. Se determinó la talla y proporción sexual de los ejemplares de camarón escarlata colectados en cada una de las campañas, asimismo, se estimó la biomasa, densidad y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para cada campaña. El camarón escarlata presenta una amplia distribución batimétrica (299 a 1,144 m de profundidad) en el Golfo de México y alcanza una mayor abundancia entre los 500 a 700 m de profundidad. La proporción de hembras y machos de *A. edwardsiana* se observa de forma conjunta en su distribución longitudinal y latitudinalmente en el Golfo de México. Sin embargo, en los estratos de los 700 a 900 m de profundidad los registros fueron principalmente de hembras, mientras los estratos de mayor profundidad (1,000 m en adelante), los registros fueron principalmente de machos. En esta especie se observó un dimorfismo sexual en la talla, ya que las hembras alcanzan un mayor tamaño que los machos. Los índices de CPUE obtenidos para *A. edwardsiana* (4 kg/h) y de biomasa (98.89 kg/km²) en los estratos de mayor abundancia en el Golfo de México (500 a 700 m de profundidad) son menores en comparación a los reportados en otras regiones (Brasil y Guayana Francesa) donde existen pesquerías para esta especie, aunque bajo diferentes condiciones operativas. Por lo que se estima prudente advertir que la decisión de establecer una actividad pesquera sostenible para esta especie, amerita el desarrollo de programas de investigación previos que enfaticen estudios de biología reproductiva, ecología trófica, crecimiento, dinámica poblacional, así como estudios de rendimiento pesquero y selectividad.

Abstract

Currently, there is a need to identify potential fishing resources that meet the national and international demand, and by the same time promote alternatives to the decline of traditional fisheries. In fisheries, the shrimp is one of the most appreciated resources, so in the late 90's to date, an important number of research cruises have been conducted aboard the R/V Justo Sierra (Universidad Nacional Autónoma de México) on the continental slope of the Gulf of Mexico. These explorations have pointed the scarlet shrimp (*Aristaeopsis edwardsiana*) as a potentially resource in this zone, due to its wide distribution and abundance levels. Therefore, this study aims to analyze the distribution, abundance and size structure of *A. edwardsiana* in the Gulf of Mexico, from the results of four research surveys conducted in 1999, 2007, 2008 and 2009 on the R/V Justo Sierra. Size and sex ratio was determined in each campaign for the specimens collected, we also estimated the biomass, density and the catch per unit effort (CPUE). The scarlet shrimp has a wide depth distribution (299-1,144 m) in the Gulf of Mexico and has a greater abundance between 500-700 m depth. The distribution of males and females observed together in latitude and longitude in the Gulf of Mexico. However, in the strata of the 700-900 m depth records were mainly females, while the deeper strata (1,000 m and above), the records were mostly males. In this specie was observed sexual dimorphism in size, as females reach a larger size than males. In the strata of greater abundance (500-700 m depth) of *A. edwardsiana* in the Gulf of Mexico we obtained rates for CPUE and biomass of 4 kg/h and 98.89 kg/km² respectively, these are minor compared to those reported in other regions where specific fisheries exists, although under different operating conditions. So is prudent to note that before to make the decision to establish sustainable fisheries for this species is necessary the development of research programs that emphasizes previous studies of reproductive biology, ecology, growth, population dynamics, and studies of fish yield and selectivity, which provide information for the sustainable management.

I. INTRODUCCIÓN

El actual crecimiento de la población humana y la necesidad de satisfacer la demanda de alimentos, genera la búsqueda en el entorno de recursos que contrarresten dicha demanda. Los camarones son un recurso extremadamente interesante; constituyen un grupo de alrededor de 2,500 especies que se encuentran ampliamente distribuidas desde el Ecuador hasta los polos en ecosistemas marinos, salobres y de agua dulce ocupando una gran variedad de hábitats. También son uno de los productos pesqueros más comercializados internacionalmente, su valor equivale al 16% de las exportaciones pesqueras mundiales (FAO, 2010).

En México, el camarón es el producto pesquero más importante en cuanto a valor, exportaciones y empleo (FAO, 2010), si bien, las principales especies de camarón con interés comercial en los mares mexicanos son el camarón café *Farfantepenaeus aztecus*, el camarón rosado, *Farfantepenaeus duorarum*, el camarón blanco *Litopenaeus setiferus*, el camarón rojo *Farfantepenaeus brasiliensis*, el camarón roca *Sicyonia brevirostris* y el camarón siete barbas *Xiphopenaeus kroyeri*, la diversidad de especies potencialmente explotables es mucho mayor (Gracia *et al.*, 2010).

A finales de la década de los 90's hasta la fecha, se ha desarrollado un importante número de exploraciones pesqueras en la zona del talud continental del Golfo de México, a bordo del buque oceanográfico Justo Sierra para estudiar los componentes faunísticos de estos hábitats e identificar especies potenciales para el desarrollo de pesquerías de profundidad. Todas ellas han señalado al camarón escarlata o carabinero, *Aristaeopsis edwardsiana* (Johnson, 1867) como un componente importante de su biocenosis, considerándola una especie potencialmente explotable en el Golfo de México, debido a la amplitud de su distribución y a sus niveles de abundancia (Gracia *et al.*, 2010).

A. edwardsiana es un crustáceo decápodo bentónico de la familia Aristeidae, y se distribuye en el océano Atlántico occidental desde los 43°42'N hasta Brasil 28°30'S (Dallagnolo *et al.*, 2009), sobre el talud continental a profundidades que varían entre 200 y 1,850 m de profundidad (Tavares, 2002). En México, son pocos los estudios que

han contribuido significativamente al conocimiento de las características poblacionales y biológicas de esta especie (Gracia *et al.*, 2010). Este estudio tiene por objetivo fortalecer los conocimientos biológicos y poblacionales del camarón escarlata *A. edwardsiana* como recurso potencialmente explotable en el Golfo de México, a partir de los resultados obtenidos en cuatro campañas de investigación realizadas en 1999, 2007, 2008 y 2009 por el buque oceanográfico Justo Sierra.

II. ANTECEDENTES

II. 1. Generalidades de los camarones

Los camarones son crustáceos pertenecientes al orden de los decápodos, al igual que las langostas, los cangrejos, las jaibas y los cangrejos ermitaños. Este grupo abarca alrededor de 2,500 especies con una gran diversidad en tamaño, desde los microscópicos hasta los que alcanzan tallas de 35 cm o más. Los camarones se encuentran ampliamente distribuidos desde el Ecuador hasta los polos en ecosistemas marinos, salobres y de agua dulce. Aunque la mayoría de las especies marinas de camarón se localizan en aguas superficiales o moderadamente profundas, algunas se localizan a profundidades cercanas a los 5,700 m de profundidad.

El cuerpo de los camarones está formado por dos regiones: el cefalotórax (que comprende la cabeza-tórax) y el abdomen. El cuerpo está lateralmente comprimido y con un abdomen bien desarrollado, una característica importante en este grupo es que el abdomen es más largo que el cefalotórax. Por otro lado, el rostrum (cabeza), es usualmente comprimido y dentado. Los camarones tienen un esqueleto quitinoso más o menos calcificado que le confiere cierta dureza y una gran resistencia ante los agentes externos. Los apéndices (cefálicos, torácicos y abdominales) son bífidos o birrámeos, es decir, están divididos en dos, generalmente con una parte basal (el protopodio) y otra externa (el exopodio). En el cefalotórax, ubicamos el rostrum, donde se encuentran los siguientes apéndices: anténulas (primer par, de función sensitiva y táctil) que en la mayoría de las especies llevan una pequeña espina en la base conocida como estilocerito; antenas (segundo par) que presentan en la base una larga espina tipo placa (el escafocerito) y los apéndices bucales (mandíbulas, dos pares de maxilares, y tres pares de maxilípedos). También en el cefalotórax ubicamos 5 pares de pereópodos (patas) que sirven para desplazarse, suelen ser delgados, pero en algunas especies uno o un par pueden ser más gruesos e incluso formar una pinza o quela. Básicamente, el abdomen consiste de seis segmentos: los segmentos 1-5 que por lo general llevan un par de apéndices utilizados para el nado llamados pleópodos y el sexto segmento en el que se encuentran los urópodos, a menudo formados por la cola o telson. (Pérez-Farfante, 1988).

Entre la mayoría de los camarones se presenta dimorfismo sexual, el par de órganos reproductores se encuentran situados a cada lado y justo debajo del corazón. En las hembras los ovarios (que pueden extenderse a lo largo del abdomen) están conectados por oviductos y la apertura de éstos se localiza en la parte basal del tercer par de pereópodos. En el macho, los ductos del espermatóforo van desde los testículos hasta la parte basal (coxa) del último par de pereópodos. En algunos camarones peneidos (Superfamilia: Penaeoidea), las hembras poseen recipientes para el espermatóforo en la cara ventral de los últimos segmentos torácicos (entre el último par de pereópodos), donde los machos depositan el espermatóforo. Dicha modificación genital es conocida como telycum, aquí es donde el espermatóforo permanece hasta que los huevos son liberados. En los machos hay un apéndice masculino llamado petasma, formado por los endopoditos del primer par de pleópodos. La mayoría de los camarones machos tienen petasma y la presencia o ausencia de este apéndice distingue a los machos de las hembras (Tavares, 2002).

II. 2. Sinopsis biológica de *Aristaeopsis edwardsiana* (Johnson, 1867)

II. 2. a. *Clasificación*

En este trabajo se utiliza la posición sistemática propuesta por Pérez-Farfante y Kensley de 1997:

Superfamilia: Penaeoidea (Rafinesque-Schmaltz, 1815)

Familia: Aristeidae (Wood-Mason, 1891)

Género: *Aristaeopsis* (Wood-Mason, 1891)

Especie: *Aristaeopsis edwardsiana* (Johnson, 1867)

Nombres comunes

Español: Camarón escarlata, carabinero

Inglés: Scarlet shrimp

Francés: Gambon écarlate

Portugués: Carabineiro

II. 2. b. *Morfología*

Familia Aristeidae

Los camarones de esta familia se caracterizan por tener un pedúnculo ocular con un tubérculo central muy evidente. Los machos tienen el rostrum corto, en tanto que ambos, hembras y machos juveniles, tienen el rostrum largo y estiliforme. El rostrum usualmente presenta tres dientes rostrales/postrostrales aunque en el género *Aristaeomorpha* las especies representativas carecen de dientes ventrales. El caparazón no presenta espina postorbital y pterigostomial. La espina antenal y branquiostegal siempre están presentes mientras que la espina postantenal está raramente presente y a menudo carecen de espina hepática. El surco cervical y postcervical algunas veces está presente, usualmente alcanzando la línea media dorsal, o casi ausente, ya que sólo se observa lateralmente. El tercer segmento abdominal presenta ocasionalmente una carina (tipo de protuberancia) y mientras que del cuarto al sexto segmento abdominal siempre está presente. El telson en su parte apical tiene forma puntiaguda y presenta de 3 a 4 pares de espinas con movimiento lateral. Los exopodios están presentes en todos los maxilípedos, y presentes o ausentes en los pereiópodos. En los machos el petasma es de tipo abierto y en el segundo pleópodo se localiza el apéndice masculino y el apéndice interno. Las hembras tienen un telycum de tipo abierto, con una protuberancia posterior en el esternito de forma redondeada y relativamente delgada.

A. edwardsiana (Johnson, 1867)

La siguiente descripción es el resumen de las características morfológicas de Pérez-Farfante y Kensley (1997):

Crustáceo de hasta 35 cm de longitud, con dimorfismo sexual que se puede apreciar en el rostrum siendo este en las hembras y machos juveniles moderadamente alargado y se extiende más allá del ápice del escafocerito, tiene una base convexa y está provisto de 3 dientes con los bordes lisos; en los machos adultos el rostrum es más corto (no llega al tercer segmento del pedúnculo antenular) y sólo está desarrollado en la región basal, donde presenta dos dientes basales seguidos por un solo diente postrostral. El escafocerito en hembras adultas presenta una cresta lateral marginal que termina en una

espina corta de aproximadamente cuatro quintas partes de la longitud. En los machos adultos, el escafocerito forma distalmente una estructura alargada, delgada y de forma ovalada transversalmente, semejante en longitud a la parte proximal. En hembras, la cresta lateral desciende un poco del margen distal del escafocerito.

El caparazón presenta una espina antenal y branquióstegal en el margen anterior, cada una de ellas seguida de un surco, pero carece de espina hepática, orbital y postantenal. El surco cervical es ventralmente profundo y se extiende sobre el dorso del caparazón casi llegando a la línea media dorsal donde es menos pronunciado. El surco postcervical está ausente; la carina postrostral abarca alrededor de tres cuartos de la longitud del caparazón, la carina gastro-orbital, hepática y branquiocardial son pronunciadas. El primer segmento abdominal es dorsalmente redondeado; el segundo segmento presenta una carina redondeada apenas distinguible en la parte medio dorsal posterior; del tercer al sexto segmento se presenta una carina pronunciada que termina posteriormente en una espina.

Los pereiópodos carecen de exopodios, el primer y segundo pereiópodos carecen de espinas meral, isquial y distal. El cuarto y quinto pereiópodos son más delgados distalmente que los pereiópodos anteriores. El tercer pereiópodo presenta epipodio y podobranquias, el cuarto sólo presenta epipodio. El segundo maxilípodo tiene un exopodio muy evidente.

El petasma en los machos se extiende hasta el margen distal del lóbulo dorsolateral. En las hembras, el telycum es de tipo abierto, con forma de taza y con una protuberancia posterior en el esternito. El telson es puntiagudo con 4 pares de pequeñas espinas con movimiento lateral en la parte posterior.

Coloración

De color rojo coral (oscuro intenso) (Fig. 1).



Figura 1. *A. edwardsiana*, vista lateral izquierda

II. 2. c. Hábitat

A. edwardsiana es una especie demersal abisal que se localiza a profundidades de 200 a 1,850 m y más frecuentemente entre los 400 y 900 m en fondos lodosos. Se considera una especie nadadora por el gran desarrollo de los pleópodos. Aparece asociada a especies bentónicas pertenecientes a los Poliquélidos, Crangónidos, Galateidos y Dorípidos (Falciai, 1995; Tavares, 2002).

II. 2. d. *Distribución geográfica*

Presenta distribución cosmopolita en costas de los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico. En el Atlántico occidental ha sido reportado en el Grand Bank (43°42'N), el Golfo de México, las Bermudas, el Mar Caribe, Guayana Francesa y Brasil. En el Atlántico Oriental se distribuye desde las Azores, Madeira, Islas Canarias, Portugal, Marruecos, Sáhara Occidental y Sudáfrica; sin embargo, no se localiza en el Mediterráneo. En el Océano Índico se localiza en la costa este de África, Madagascar, Mar de Arabia y en Indonesia. Se ubica en Japón (los registros de esta región podrían pertenecer a una especie diferente), Mar de China Meridional, Australia (Nueva Gales del Sur), islas Wallis y las islas de Futuna (Tavares, 2002) (Fig. 2).

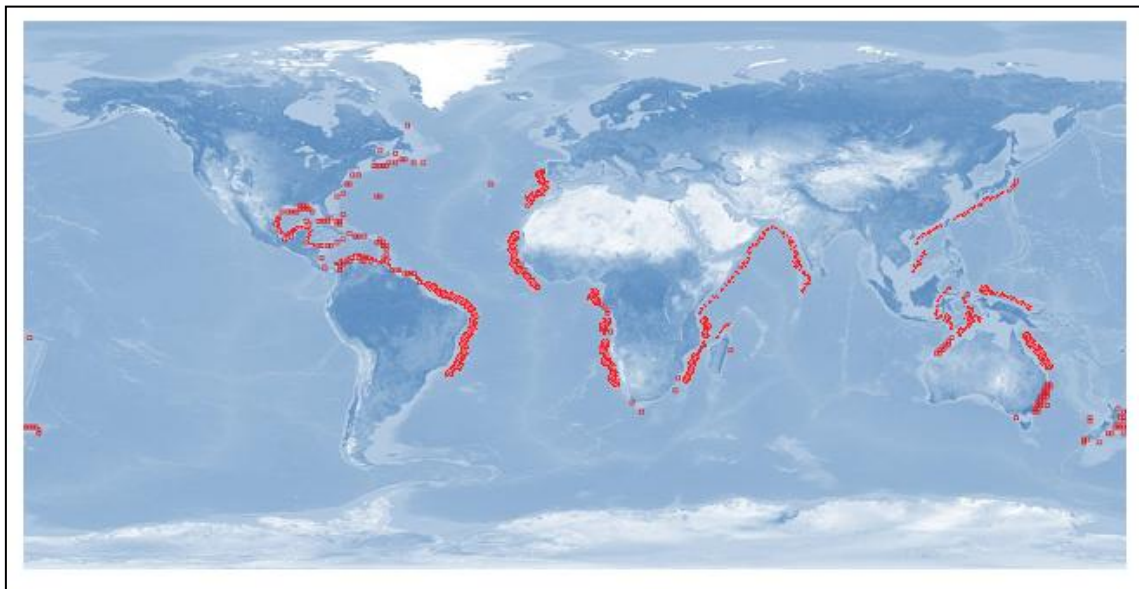


Figura 2. Distribución mundial del camarón escarlata, *Aristaeopsis edwardsiana*.

II. 3. Pesquería del camarón

Sólo un poco más de 350 especies de camarón son de interés comercial, y de éstas cerca de 100 comprenden la mayoría de la captura mundial de camarón (Tavares, 2002; FAO, 2010). Varios son los países que dependen en gran medida de las exportaciones de estas especies como fuente importante de divisas. La mayoría de las especies comerciales de camarón pertenecen a las cinco familias de los peneidos: Aristeidae, Penaeidae,

Sicyoniidae, Solenoceridae y Sergestidae y tres a los carideos: Pandalidae, Crangonidae, y Palaemonidae. Los peneidos son explotados principalmente en aguas tropicales y subtropicales, mientras que los miembros de las familias Pandalidae y Crangonidae en los mares templados, y los Palaemonidae en aguas salobres desde el trópico hasta las zonas templadas (Tavares, 2002).

II. 3. a. *Pesquería de profundidad*

La pesca de profundidad, por lo general, se entiende como aquella realizada cerca del fondo marino y más allá del límite de la plataforma continental (incluyendo la pendiente del talud continental, montes, cordilleras y montañas submarinas). Los primeros registros que se tienen de este tipo de pesca son a partir de la década de 1960, cuando las embarcaciones rusas empezaron a operar en el norte de la dorsal del Atlántico (Trojanovsky y Lisovsky, 1995; Japp y Wilkinson, 2007). No obstante, esta pesca prosperó a partir de la década de 1980, cuando la abundancia de los recursos pesqueros provenientes de la plataforma continental se redujo y los avances tecnológicos permitieron que la pesca de profundidad se ampliara a todas las regiones oceánicas del mundo (Piñeiro *et al.*, 2001; Gordon *et al.*, 2003). Encabezados por las embarcaciones francesas, una pesquería multi-específica se estableció a profundidades de 800 a 1,600 m en el noreste del Atlántico en la década de 1990 (Lorance y Dupuoy, 2001; Sissewine y Mace, 2007). Casi diez años después, la actividad pesquera comenzó a emerger frente a las costas de Brasil en las regiones tropicales y subtropicales del Atlántico sur (Perez *et al.*, 2003).

Los camarones peneidos de profundidad de mayor interés comercial (familias: Solenoceridae, Penaeidae y Aristeidae) son explotados comercialmente en todo el mundo (Holthuis, 1980) a lo largo del este del Océano Atlántico, incluyendo el mar Mediterráneo, donde se localizan pesquerías establecidas para las especies de los géneros *Aristeus*, *Aristaeomorpha*, *Aristaeopsis* y *Parapenaeus* (Ragonese y Bianchini 1996; Figueiredo *et al.*, 2001; Papaconstantinou y Kapiris 2003). En el Atlántico occidental, los camarones de profundidad son explotados actualmente en aguas internacionales del Golfo de México y el Caribe, básicamente en la parte de EUA, y en la Guayana Francesa, así como en Venezuela, y Brasil (Guéguen, 1997; Tavares, 2002; Pezzuto *et al.*, 2006 y Stiles *et al.*, 2007).

A diferencia de otras áreas del mundo (por ejemplo el Noreste del Atlántico), donde la pesca de profundidad se concentra en gran medida en peces óseos y cartilagosos (FAO, 2007), en América Latina, los invertebrados bentónicos son comparativamente más importantes para sus pesquerías (Arana *et al.*, 2009); por lo que no es de extrañar la preocupación sobre la sustentabilidad de estos recursos, ya que el 45% de las especies se encuentran explotadas o sobreexplotadas en la región a pesar de su pesca relativamente reciente (Tabla 1).

Tabla 1. Principales especies de invertebrados bentónicos, por región y su situación pesquera en América Latina (Arana *et al.*, 2009).

<i>Recurso</i>	<i>Región</i>		<i>Estado</i>		
	<i>Océano Atlántico</i>	<i>Océano Pacífico</i>	<i>Potencial Recurso</i>	<i>Pesquería en desarrollo</i>	<i>Explotado/Sobreexplotado</i>
<i>Crustáceos</i>					
<i>Aristaemorpha foliacea</i>	■				■
<i>Aristaeopsis edwardsiana</i>	■				■
<i>Aristeus antillensis</i>	■			■	
<i>Chaceon chilensis</i>		■		■	
<i>Chaceon fenneri</i>	■			■	
<i>Chaceon notialis</i>	■				■
<i>Chaceon ramosae</i>	■				■
<i>Haliporoides diomedea</i>		■	■	■	
<i>Heterocarpus affinis</i>		■		■	
<i>Heterocarpus vicarius</i>		■		■	
<i>Selenocera agassizii</i>		■		■	

II. 3. b. Contexto nacional

De acuerdo con el Anuario Estadístico de Pesca 2011, en México el camarón es el recurso pesquero más importante, ya que su valor por unidad de peso lo coloca en el primer lugar (Tabla 2), aunque en términos de volumen de captura ocupa el tercer lugar en la producción pesquera nacional (Tabla 3). La producción pesquera anual de camarón representa el 43.28% del valor total de la producción pesquera nacional. En ambas costas del país (Pacífico y Golfo de México) se captura este crustáceo con una producción total que fluctúa en alrededor de 56,665 toneladas anuales (Tabla 4). La captura en el Golfo de México contribuye aproximadamente con 29% a la producción pesquera nacional de este producto. En términos históricos, la explotación de camarón

en el Golfo de México ha sido la actividad pesquera más importante en esta región, tanto por los volúmenes de captura, como por la generación de empleos directos e indirectos en la fase de extracción, procesamiento y servicios asociados. Sin embargo, actualmente en el litoral del Golfo de México, el camarón es la cuarta pesquería en cuanto volumen (Tabla 5). Desde el año 2000 al 2011 la producción de camarón en el Golfo de México ha presentado un rango de 20,000 a 28,000 toneladas de producción anual (Fig. 3).

Tabla 2. Participación de las principales especies en el valor total de la producción pesquera nacional en miles de pesos, (SAGARPA, 2011).

<i>Lugar Nacional</i>	<i>Especies</i>	<i>Participación</i>	
		<i>Valor</i>	<i>%</i>
	<i>Total 58 especies</i>	<i>17,785,719</i>	<i>100</i>
<i>1</i>	<i>Camarón</i>	<i>7,696,814</i>	<i>43.28</i>
<i>2</i>	<i>Atún</i>	<i>1,205,045</i>	<i>6.78</i>
<i>3</i>	<i>Mojarra</i>	<i>1,146,990</i>	<i>6.45</i>
<i>4</i>	<i>Pulpo</i>	<i>868,350</i>	<i>4.88</i>
<i>5</i>	<i>Otras</i>	<i>508,844</i>	<i>2.86</i>

Tabla 3. Participación de las principales especies en el volumen de la producción pesquera nacional en peso desembarcado en toneladas, (SAGARPA, 2011).

<i>Lugar Nacional</i>	<i>Especies</i>	<i>Participación</i>	
		<i>Volumen</i>	<i>%</i>
	<i>Total 58 especies</i>	<i>1,507,179</i>	<i>100</i>
<i>1</i>	<i>Sardina industrial</i>	<i>316,118</i>	<i>20.97</i>
<i>2</i>	<i>Sardina</i>	<i>273,655</i>	<i>18.15</i>
<i>3</i>	<i>Camarón</i>	<i>165,636</i>	<i>10.98</i>
<i>4</i>	<i>Atún</i>	<i>109,491</i>	<i>7.26</i>
<i>5</i>	<i>Mojarra</i>	<i>73,167</i>	<i>4.85</i>

Tabla 4. Volumen de la producción de camarón en peso desembarcado, por origen y entidad federativa en toneladas, (SAGARPA, 2011).

<i>Litoral y Entidad</i>	<i>Total</i>	<i>Origen</i>	
		<i>Mar Abierto</i>	<i>Esteros y Bahías</i>
Total	56,665	29,272	27,393
<i>Litoral del Pacífico</i>	40,138	17,448	22,690
<i>Litoral del Golfo y Caribe</i>	16,527	11,824	4,703
<i>Tamaulipas</i>	8,714	5,084	3,630
<i>Veracruz</i>	1,750	826	924
<i>Tabasco</i>	128	-	128
<i>Campeche</i>	5,303	5,303	-
<i>Yucatán</i>	-	-	-
<i>Quintana Roo</i>	633	611	22

Tabla 5. Participación de las principales especies en el volumen de la producción pesquera nacional en peso desembarcado, en el Golfo de México en toneladas, (SAGARPA, 2011).

<i>Lugar</i>	<i>Especies</i>	<i>Litoral</i>	
		<i>Golfo y Caribe</i>	<i>Nacional</i>
	<i>Total 58 especies</i>	227,414	1,507,179
1	<i>Ostión</i>	40,768	44,910
2	<i>Pulpo</i>	22,910	73,167
3	<i>Mojarra</i>	24,383	25,598
4	<i>Camarón</i>	19,391	165,636
5	<i>Otras</i>	11,277	45,915

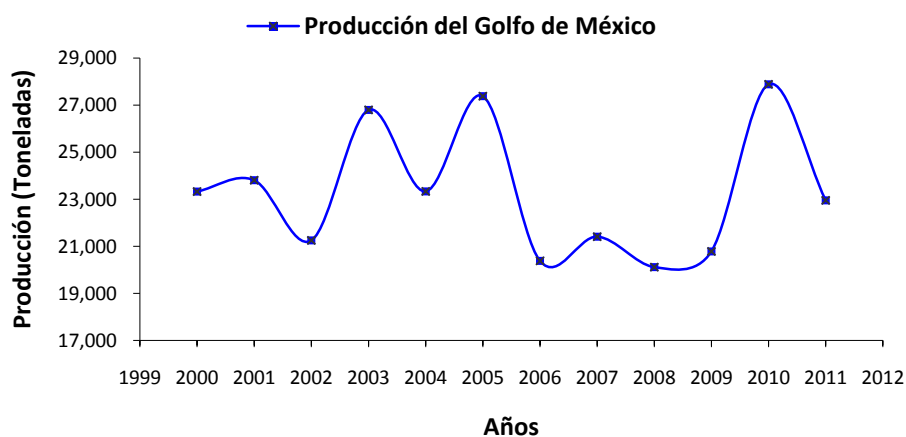


Figura 3. Serie histórica de la producción de camarón en peso vivo del Golfo de México 2000–2011 (SAGARPA, 2011).

Las especies más importantes en las que se basan las pesquerías de camarón del Golfo de México son comunes para toda el área, tanto en aguas nacionales como internacionales y estas se localizan en la plataforma continental. Entre estas especies, las de mayor valor comercial son: el camarón café *Farfantepenaeus aztecus*, el camarón rosado, *Farfantepenaeus duorarum*, el camarón blanco *Litopenaeus setiferus* y en el Caribe Mexicano el camarón rojo *Farfantepenaeus brasiliensis*. También existen otras especies que en años recientes han cobrado mayor importancia, como el camarón roca *Sicyonia brevirostris* y el camarón siete barbas *Xiphopenaeus kroyeri* y que junto con otras especies menores constituyen lo que se conoce como pacotilla, generalmente con menor valor comercial (Gracia, 2004).

II. 3. c. *Principales áreas de captura*

Las principales concentraciones de camarón definen tres regiones camaroneras en el Golfo de México en las que están presentes todas las especies, pero sobresale alguna de ellas en particular: 1) frente a las costas de Tamaulipas y Veracruz, donde predomina el camarón café; 2) la Sonda de Campeche, que presenta concentraciones importantes de camarón rosado y camarón blanco y 3) la zona de Contoy en el Caribe, en la cual las mayores capturas son de camarón rojo (Gracia, 2004).

II. 3. d. *Desarrollo de la pesquería de camarón*

Los primeros registros de desembarque corresponden a 1947, en ciudad del Carmen, Campeche. A raíz del descubrimiento de grandes cantidades de camarón blanco, por parte de los japoneses (Schultz-Ruiz y Chavez, 1966), la pesquería tuvo un rápido desarrollo hasta alcanzar su máxima explotación durante la década de 1970. En este período se alcanzó una producción récord de 39,500 toneladas con la participación de las flotas camaroneras de México, EUA y Cuba, y que llegó a soportar un esfuerzo pesquero de 1,100 barcos arrastreros (Gracia y Vázquez Bader, 1999). Posteriormente, a partir de 1980 solamente la flota mexicana participó en la explotación del recurso con una disminución del número de barcos participantes. En este período la producción total anual disminuyó hasta cifras superiores a 20,000 toneladas anuales. Cabe señalar que las estimaciones de la existencia de camarón antes de 1984 señalaban un rendimiento máximo sostenible de 10,000 toneladas para la zona de Tamaulipas-Veracruz, 30,000

toneladas para el Banco de Campeche y 2,000 toneladas para el Caribe Mexicano (Arreguín-Sánchez y Chávez, 1985).

Por el contrario, actualmente no existen pesquerías de profundidad en la porción mexicana del Golfo de México, donde las posibles zonas de captura de camarón han sido muy poco estudiadas. En particular, el talud continental en torno a la Península de Yucatán es probablemente el área de aguas profundas menos explorada en el Golfo de México (Wicksten y Packard 2005).

II. 4. Desarrollo científico

En esta sección se presenta una sinopsis que resume el conocimiento actual de diferentes estudios sobre *A. edwardsiana* y su papel como recurso pesquero.

Un estudio realizado por D'Incao (1998) menciona que *A. edwardsiana* tiene una amplia distribución geográfica entre el Atlántico occidental (desde Terranova-Canadá hasta Uruguay); en el Atlántico oriental (desde el sur de Portugal hasta Sudáfrica); en el océano Índico y el Indo-Pacífico (Mozambique, Madagascar, Tanzania, Somalia, Indonesia, Japón y Australia), y que se localiza en un rango de 200 a 1,850 m de profundidad. Asimismo, Freitas (1985) en un estudio sobre los camarones peneidos en el sureste de África, reportó que *A. edwardsiana* fue localizado a profundidades de 274 y 1,850 m. En otro estudio en la costa de Angola se observó que el tamaño de esta especie se aumenta conforme la profundidad (Mota, 1972).

Por otro lado, Figueiredo y Charneca (1968) estudiaron la biología de algunos camarones peneidos y reportaron que el desove de *A. edwardsiana* se lleva a cabo durante el verano en la costa oeste de Marruecos. A su vez, Lagardere (1971) realizó un estudio sobre los camarones de la costa de Marruecos, donde estableció que *A. edwardsiana* se encuentra en el suroeste y sur de la costa de Portugal y que, a pesar de ser un organismo con una distribución global, este nunca ha sido encontrado en el mar Mediterráneo. En este mismo estudio se menciona que la diferenciación sexual de esta especie se observa a partir de los 120 a 130 mm de longitud total (LT).

Guéguen (1998) resume los principales resultados de cuatro estudios exploratorios sobre la biología de *A. edwardsiana* en la Guayana Francesa (batimetría, distribución geográfica, abundancia, reproducción y crecimiento). Al respecto, menciona que *A. edwardsiana* se encuentra ampliamente distribuida desde los 447 hasta los 855 m de profundidad. La especie tiene un pico de abundancia alrededor de los 700 m con una tasa de captura media de 10 kg/h. Existe un predominio de las hembras en la proporción sexual a diferentes profundidades y periodo climático. Los machos alcanzan menores tallas que las hembras: longitud del caparazón (LC) de 20 a 60 mm, mientras que en las hembras es de 16 a 92 mm. La media de la talla aumenta conforme a la profundidad (de los 400 a 900 m) para ambos sexos. La maduración sexual en las hembras se presenta al final del primer año de vida (LC: 55 mm) y la esperanza de vida para la especie es de aproximadamente 2 años.

Figueiredo *et al.*, (2001) en un estudio exploratorio de los camarones peneidos de profundidad como una alternativa de recurso en el talud continental de Portugal, desarrollaron un proyecto con el objetivo de describir el patrón de distribución de los camarones de profundidad, así como algunos aspectos biológicos de éstos. En este aspecto *A. edwardsiana* no fue tan abundante como las otras especies en las aguas portuguesas; sin embargo, los autores determinaron que las hembras se encontraban en mayor proporción y presentaban un periodo de desove durante la primavera. En este estudio se localizó a *A. edwardsiana* en un rango de profundidad de 400 a 900 m y con una longitud total (LT) de maduración sexual a partir de los 200 mm.

Con respecto a las pesquerías, Sardá *et al.*, (2003) mencionan que los camarones de la familia Aristeidae constituyen uno de los recursos pesqueros más valiosos de aguas profundas, especialmente en el Mar Mediterráneo, donde al menos dos especies: *Aristaeomorpha foliacea* y *Aristeus antennatus* sostienen una pesquería de gran rentabilidad. Por su parte Bianchini *et al.*, (2003) reportaron que en el estrecho de Sicilia el desembarque de *A. foliacea* es del orden de 1,000 toneladas, las cuales han generado \$10 millones de dólares anuales.

Pezzuto *et al.*, (2006) en un estudio sobre los camarones aristeidos de profundidad como nuevo objetivo de la pesquería de arrastre en Brasil, reportaron que la captura comercial de *A. edwardsiana*, *A. foliacea* y *A. antillensis*, se concentraba en un estrato de

profundidad delimitado por las isoclinas de los 700 y 750 m. El 76% y 88% de todos los arrastres productivos analizados se llevaron a cabo dentro de este estrato, donde *A. edwardsiana* fue el principal componente de la captura al obtener el 88.4% de la producción total y una tasa media de captura que osciló entre 6.5 y 9.7 kg/h, además de ser la especie de mayor tamaño, de las tres especies capturadas.

En otro estudio, Perez *et al.*, (2009) llevaron a cabo una revisión del desarrollo de la pesquería de profundidad en Brasil desde una perspectiva biológica, económica y política. Los autores mencionan que en Brasil *A. edwardsiana* ha sido el principal objetivo de la pesca de arrastre desde el año 2003, con una captura anual en 2002 de 13 toneladas y un máximo de 182.6 toneladas en 2005. Para el año 2007 la captura anual de *A. edwardsiana* tuvo un decremento para finalizar en 19.9 toneladas. Inicialmente mediante el uso de la tasa de captura y el área barrida se estimó una biomasa explotable de 865 toneladas en 2002.

Gracia *et al.*, (2010) estudiaron camarones de profundidad del talud continental de la península de Yucatán en el Golfo de México, e identificaron seis especies como posibles recursos pesqueros explotables: *A. foliacea*, *A. edwardsiana*, *Pleoticus robustus*, *Parapenaeus politus*, *A. antillensis* y *Penaeopsis serrata*. De estas especies, las tres primeras representaron el 85 y 91% del peso total capturado en las diferentes campañas respectivamente. Las capturas obtenidas en las exploraciones oceanográficas muestran concentraciones comerciales comparables a las pesquerías de camarones de profundidades en otros países; incluso indican una productividad similar o superior a las tasas media de captura registradas en algunas especies someras (como el camarón blanco y el rosado) sobreexplotadas actualmente en el Golfo de México.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pesquería de profundidad de camarón actualmente está surgiendo como una alternativa para satisfacer la creciente demanda de este recurso. Al respecto, diversas exploraciones pesqueras realizadas en el Golfo de México sugieren que algunas especies de camarones aristeidos de profundidad son potencialmente explotables en esta zona debido a la amplitud de su distribución y a sus niveles de abundancia. De acuerdo a los datos obtenidos sobre captura, la especie *Aristeopsis edwardsiana* se perfila como una alternativa pesquera para satisfacer dicha demanda (Gracia *et al.*, 2010). Sin embargo, las posibles zonas de captura de camarón han sido poco estudiadas y no se cuenta con información suficiente sobre la biología de esta especie y su potencial para ser explotada a largo plazo en mares mexicanos. Por lo tanto, el estudio de su biología y su dinámica poblacional a través del tiempo en el Golfo de México no sólo contribuyen al conocimiento biológico y potencial pesquero de esta especie, sino también como base para el diseño de estrategias que permitan el aprovechamiento sustentable de este recurso.

IV. HIPÓTESIS

La presencia y abundancia de *A. edwardsiana* no son homogéneas en las diferentes zonas y temporadas del año a lo largo del talud continental del Golfo de México. La información sobre la CPUE de esta especie servirá como base para determinar si es posible el establecimiento de una pesquería en esta zona.

V. OBJETIVOS

V. 1. General

Analizar la distribución y abundancia espacio-temporal de *A. edwardsiana* durante cuatro campañas oceanográficas en el Golfo de México.

V. 2. Particulares

Describir los patrones de distribución y abundancia de *A. edwardsiana* de acuerdo al sexo y talla.

Analizar la estructura poblacional de *A. edwardsiana* en el Golfo de México.

Estimar la densidad, biomasa y Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de *A. edwardsiana* en las diferentes campañas.

Determinar si existe una relación entre la talla de los organismos de *A. edwardsiana* y la profundidad.

Identificar posibles zonas de pesca para *A. edwardsiana* en el Golfo de México.

VI. ÁREA DE ESTUDIO

VI. 1. Rasgos topográficos

El Golfo de México está situado en la zona subtropical entre los 18° a 30° latitud norte y los 82° a 98° longitud oeste. A lo largo de 4,000 km de litoral, entre las penínsulas de la Florida y de Yucatán, se comunica con el océano Atlántico y con el Mar Caribe, por el estrecho de Florida y por el canal de Yucatán, respectivamente (Hofmann y Worley, 1986). El Golfo es una cuenca oceánica semicerrada, relativamente poco profunda, aunque presenta regiones que alcanzan los 3,400 metros de profundidad (Monreal y Salas, 1997); con una área aproximada de 1'768,000 km². Es un área topográficamente aislada del Caribe por un zócalo cuya profundidad es de alrededor de 2,400 m. Su porción norte, pertenece a la zona económica de Estados Unidos, donde la plataforma continental es extensa sobre todo en el litoral Occidental de la Península de Florida; sin embargo, dentro del territorio mexicano, ésta es muy estrecha en el Norte ampliándose desde la desembocadura del Rio Grijalva hasta el límite del estado de Yucatán con el de Quintana Roo (de la Lanza, 1991).

VI. 2. Sedimentos distribución y transporte

El tipo dominante y el origen de los sedimentos que forman el piso del Golfo de México se relaciona con las características intrínsecas de la cuenca. Geológicamente, el Golfo es una provincia distributiva integrada por los dos mayores sistemas fluviales de Norteamérica: Mississippi, en los Estados Unidos; y Grijalva-Usumacinta en México. La planicie abisal Sigsbee y una pequeña porción del abanico del Mississippi están compuestas de carbonatos. Éstos son una mezcla de sedimento de carbonato pelágico, en su mayoría de foraminíferos, cocolitos y arcilla terrígena, principalmente proveniente del Río Mississippi (Balsam y Beeson, 2003).

VI. 3. Batimetría

La batimetría del Golfo de México varía considerablemente. En el fondo de la cuenca se presenta una gran estructura concéntrica y escalonada, en cuyo centro se encuentra la fosa de Sigsbee, que es la llanura abisal que constituye el nivel geomorfológico más profundo. Por su parte, el talud continental no es homogéneo puesto que cambia en su fisionomía; es decir, es distinto en la magnitud de sus dimensiones, gradientes de declive y profundidad de acuerdo a la región. Con respecto a la plataforma continental, la plataforma mexicana al sur del Río Bravo es la más estrecha del Golfo con un área de 40 Km de amplitud cerca de Tampico, incrementándose considerablemente en la zona de Campeche y al norte de la península de Yucatán (Ortiz y de la Lanza, 2006).

VI. 4. Masas de agua

En el Golfo se han identificado las siguientes masas de agua: Agua superficial del Golfo, Agua Subtropical Subyacente, Agua Antártica Intermedia, Agua Profunda del Atlántico Norte y mezcla de Agua intermedia del Caribe con Agua Profunda del Antártico Norte. Las dos primeras constituyen la capa cálida superior (0-500 m) y las tres restantes integran la capa fría interior (500-3,650 m) (Vidal *et al.*, 1990). La masa de Agua Superficial del Golfo conocida como capa de mezcla, normalmente ocupa los primeros 100 a 150 m de profundidad por lo que es afectada en sus características físicas y de circulación por fenómenos atmosféricos (principalmente vientos), y por el

flujo de aguas cálidas y salinas que constituyen la Corriente de Lazo, la cual penetra al Golfo de México por el Canal de Yucatán (Vidal *et al.*, 1990). La masa de Agua Subtropical Subyacente ocupa la zona de los 150 a 250 m de profundidad, se caracteriza por presentar en el Golfo oriental salinidades máximas entre 36.7 y 36.8 ‰, debido a la presencia de las Aguas Subtropicales Subyacentes transportadas del Caribe por la Corriente de Lazo y por tener la salinidad más alta del Golfo, así como por su bajo contenido de oxígeno (Vidal *et al.*, 1990).

Por debajo de los 250 m y hasta los 500 m de profundidad se ubica una gran masa de agua con temperaturas que van de 19° a 6.3° C y salinidades de 36 a 35‰; en ella se observan dos características importantes: la presencia de niveles mínimos de oxígeno, por lo que se le llama "capa de mínimo oxígeno" y su comportamiento uniforme por debajo de los 17° C. Esta capa juega un papel muy importante en la captación y distribución de nutrientes, ya que en ella suelen quedar atrapados. (Vidal *et al.*, 1990)

A profundidades superiores a los 600 m, las aguas del Golfo tienen características de temperatura y salinidad bien definidas. Entre los 700 y los 800 m se presentan temperaturas alrededor de los 5° C y salinidades mínimas de 34.88‰ que demuestran la presencia de una masa de Agua Antártica Intermedia. Por debajo de los 1,000 m las aguas manifiestan su estabilidad en la temperatura, alrededor de 5° C; mientras que las concentraciones de salinidad son prácticamente isohalinas de 34.97‰, lo que revela la presencia de las capas superiores del Agua profunda del Atlántico del Norte (Morrison *et al.*, 1983). Con excepción de la zona de mínimo de oxígeno a 500 m, las aguas profundas en el Golfo de México se encuentran bien oxigenadas, ya que se originan del hundimiento de aguas superficiales subpolares en latitudes altas. Su rápido descenso y el escaso aprovechamiento en el fondo marino permiten un elevado contenido de oxígeno disuelto (Escobar-Briones, 2000).

VI. 5. Circulación y corrientes

El agua que penetra a través del canal de Yucatán, establece una intensa circulación caracterizada por la presencia de un gran vórtice de carácter semipermanente, localizado

en la región noroeste del Golfo y otros de menor intensidad distribuidos a través del Golfo (Monreal y Salas, 1997).

La corriente dominante del Golfo de México es la corriente de Lazo que tiene una extensión mínima durante el invierno. La corriente de Lazo presenta como patrón característico un giro anticiclónico que genera que la corriente se desplace a varias direcciones; al oeste sobre el Banco de Campeche hasta Tampico, hacia el Noreste sobre la plataforma Texas-Louisiana y hacia el Este adentrándose en los estrechos de Florida. En la parte oriental del Centro del Golfo, la corriente aparece girando en el sentido de las manecillas del reloj y después fluye hacia el este y sureste hasta el estrecho de Florida. Asimismo se presentan anillos ciclónicos en el Golfo sudoccidental sobre la plataforma oeste de Florida (Monreal y Salas, 1997). La circulación profunda del Golfo de México se caracteriza por presentar un campo de giros de alta energía.

Las mareas en el Golfo de México son de tipo diurno, aunque, en algunas regiones se presentan mareas mixtas como en la zona noreste del Golfo (Plataforma de Texas-Louisiana y Florida). Por el contrario, se registran componentes semidiurnos en la sonda de Campeche (de la Lanza, 1991).

VI. 6. Temperatura

De la Lanza (1991), menciona que las temperaturas superficiales de invierno que se presentan en la costa del Golfo de México están directamente relacionadas con la intensidad y frecuencia de las tormentas de invierno que se mueven del norte hacia el sur con gradientes de temperatura de 7° C a través de todo el Golfo. Los efectos del agua cálida que entran al Golfo de México a través de la corriente de Lazo hasta el Canal de Yucatán presentan temperaturas de 25° C. Las masas de agua sobre la plataforma Norte, están bien mezcladas durante el invierno y típicamente presentan temperaturas uniformes a profundidades de 40 m. Durante el verano, las temperaturas superficiales del mar abarcan rangos entre los 23° C y los 30° C, las temperaturas más altas ocurren al norte y al este del Golfo, las más bajas se reportan al sur y al oeste, situación inversa a la presentada en invierno.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

Se describen y analizan los resultados de cuatro campañas de investigación correspondientes a los años 1999, 2007, 2008 y 2009 (Tabla 6), a bordo del Buque Oceanográfico B/O Justo Sierra, cubriendo el talud continental del Golfo de México (Fig. 4).

Tabla 6. Duración y periodo climático de cada campaña oceanográfica.

<i>Campaña</i>	<i>Mes</i>	<i>Fecha</i>	<i>Periodo climático</i>
<i>BATO</i>	<i>Marzo</i>	<i>1999</i>	<i>Primavera</i>
<i>BIOREPES 2</i>	<i>Junio</i>	<i>2007</i>	<i>Primavera</i>
<i>BIOREPES 3</i>	<i>Noviembre</i>	<i>2008</i>	<i>Otoño</i>
<i>COBERPES</i>	<i>Agosto</i>	<i>2009</i>	<i>Verano</i>

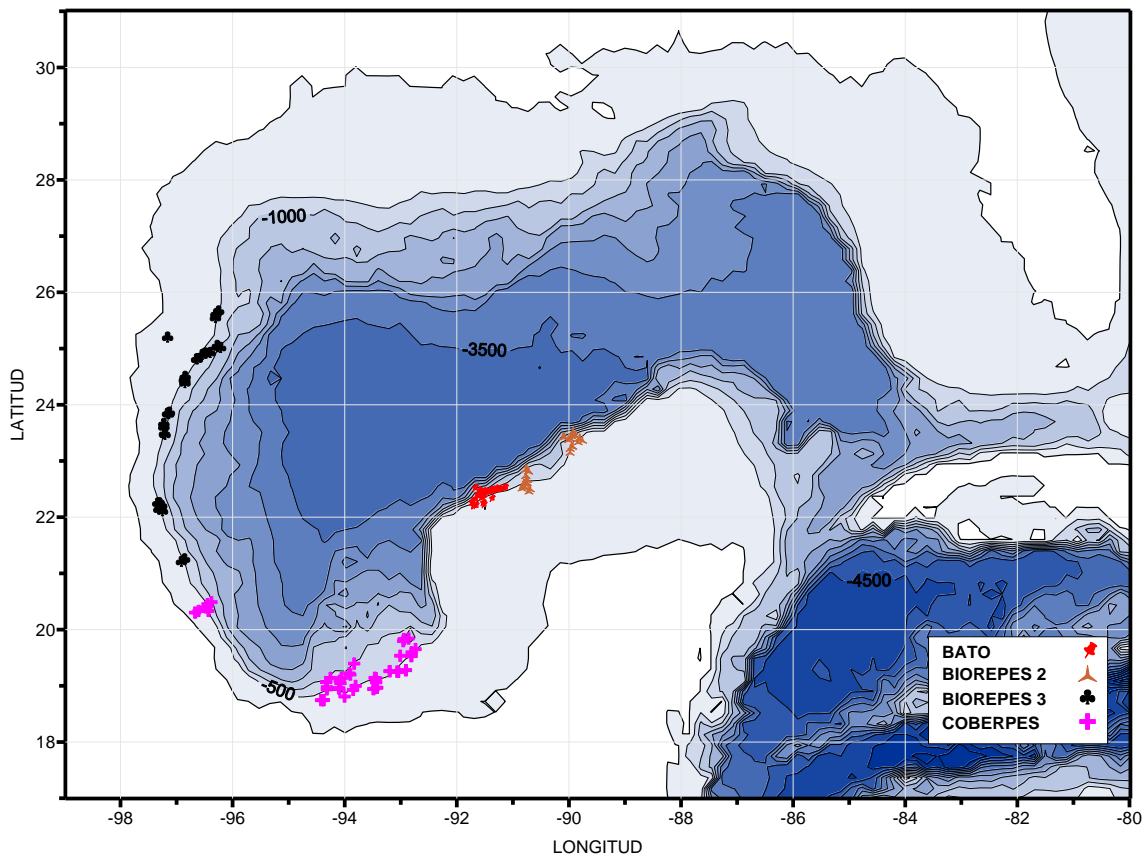


Figura 4. Distribución geográfica de las campañas oceanográficas en Golfo de México.

VII. 1. Diseño del muestreo

Por campaña se estableció una red de estaciones oceanográficas de muestreo, con intervalos de 100 m de longitud entre cada estación; se cubrió una profundidad de los 100 a 1,200 m de profundidad durante las cuatro campañas (Tabla 7).

Tabla 7. Localización y rango de profundidad de cada una de las campañas.

<i>Campaña</i>	<i>Número de estaciones</i>	<i>Latitud N</i>	<i>Longitud O</i>	<i>Profundidad (m)</i>
<i>BATO</i>	40	22° 09' a 22° 29'	91° 11' a 91° 47'	100-611
<i>BIOREPES 2</i>	39	22° 29' a 23° 33'	89° 46' a 90° 51'	130-1071
<i>BIOREPES 3</i>	32	21° 13' a 25° 41'	96° 13' a 97° 20'	272-1108
<i>COBERPES</i>	42	18° 45' a 20° 30'	92° 45' a 96° 41'	293-1144

Los muestreos se realizaron de día y de noche con una red semi-comercial de arrastre: 18 m de abertura de boca, 4.5 cm de malla y de 1.5 cm de malla en el copo. Después de examinar el fondo marino con un perfilador de subsuelo oceánico TOPAS PS18; cada arrastre tuvo una duración promedio de 30 minutos efectivos por operación de pesca (lance), a una velocidad media de 1.3 m/s. La distancia recorrida por la red se estimó por medio de la lectura del GPS. Es conveniente señalar que las embarcaciones pesqueras presentan redes comerciales con una abertura de boca de 45 a 95 m y de 40 a 80 mm de malla. Con una duración promedio por arrastre de 4 horas a una velocidad de 1.5 m/s (Dallagnolo *et al.*, 2009).

La duración del arrastre y la posición se determinó desde el momento en que el cabrestante se detuvo para la recuperación de la red. Durante la ejecución de cada lance se registraron las principales características operacionales (velocidad de arrastre, tiempo efectivo, profundidad de arrastre, posición geográfica, rumbo, longitud del cable). Los organismos de *A. edwardsiana* colectados fueron pesados, sexados y etiquetados. Finalmente, los ejemplares se preservaron en frascos con una solución de alcohol al 70%.

VII. 2. Determinación de la talla y proporción sexual

En el laboratorio a los ejemplares se les midió la longitud cefalotorácica (LC), con un vernier de 0.05 mm de precisión. Asimismo, se registró la presencia de espermatozoides en el telocum de las hembras como un rasgo característico de madurez gonadal (Fig. 5).

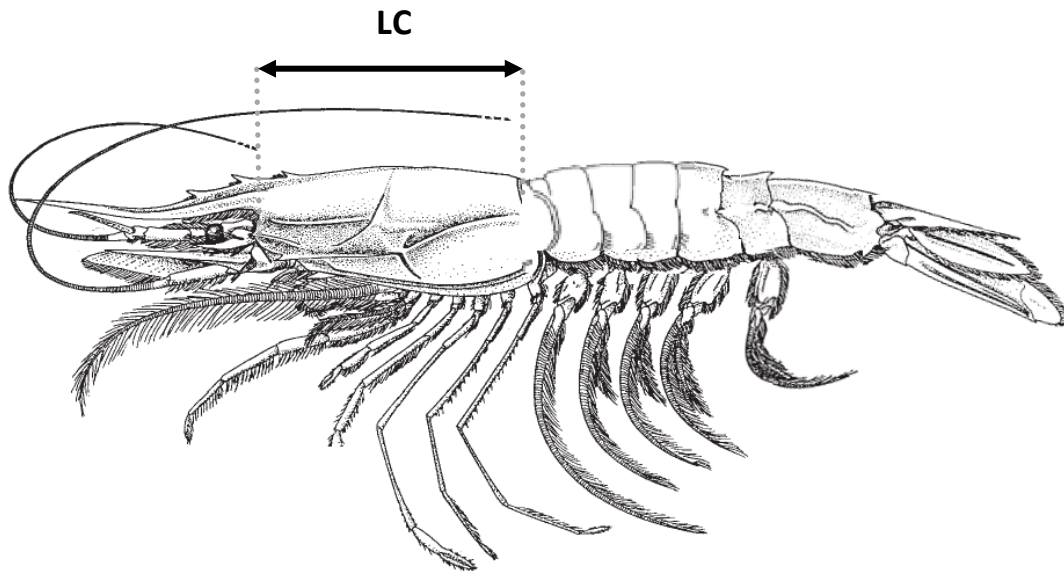


Figura 5. LC: longitud cefalotorácica registrada para cada ejemplar de *A. edwardsiana*.

Con los datos obtenidos se calculó lo siguiente: la proporción sexual, estimada como el número de hembras o machos en relación al número total de ejemplares muestreados por rango de talla; la estructura de tallas por distribución de frecuencias (por sexo, LC y por campaña); la talla media y la desviación estándar para cada caso. Toda la información producto de los muestreos fue inicialmente recopilada en formularios y posteriormente almacenada y procesada en hojas de cálculo en Excel.

VII. 3. Estimación de la Biomasa y CPUE

La estimación de la biomasa de *A. edwardsiana* se realizó mediante el método de área barrida, que consiste en calcular la densidad de la especie objetivo, relacionando su captura con el área o sector de barrido efectivo. De este modo, el principal supuesto es que este índice de densidad es proporcional a la abundancia presente en el área prospectada (estrato) (Sparre y Venema, 1997), considerando un coeficiente de capturabilidad (factor de eficiencia) equivalente a la unidad.

El área barrida se estimó con la siguiente fórmula:

$$Ab = D * R_s * X_2 \quad D = V * t$$

Donde V es la velocidad de desplazamiento de la red sobre el fondo, R_s es la longitud de la relinga superior (Fig. 6), y t es el tiempo de duración del arrastre. X_2 es la parte de la relinga superior que equivale al ancho del sector barrido por la red de arrastre, la “abertura de las alas”, $R_s * X_2$ (Sparre y Venema, 1997).

Como coeficiente de capturabilidad (factor de eficiencia) para X_2 se utilizó un valor de 0.6 el cual es el que propone Klima (1976) para el área muestreada.

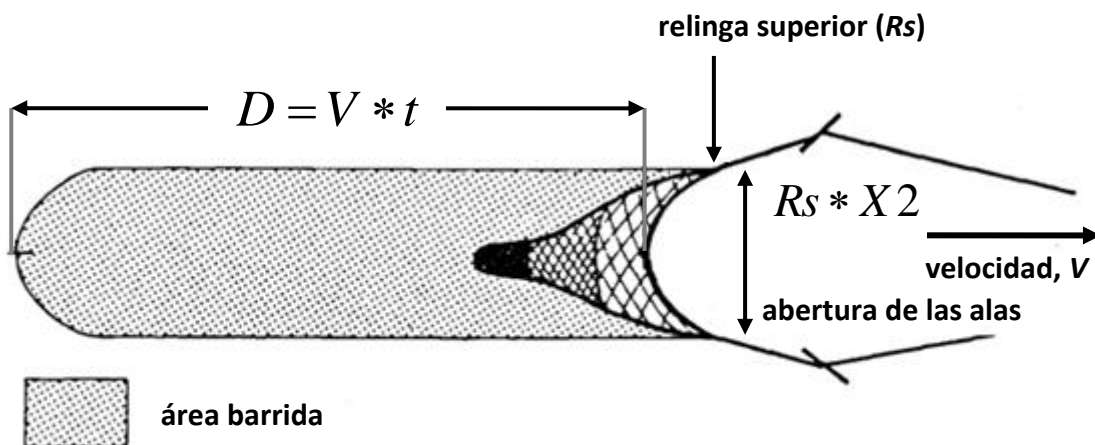


Figura 6. La red de arrastre barre un sector, cuya área es igual a la longitud del sector por el ancho de la red, llamada área barrida.

Para la estimación de la biomasa (B), expresada en kg/km^2 , que es la captura de la especie objetivo en el lance i por el área barrida en el mismo lance:

$$B = \frac{C_i}{Ab_i}$$

donde C_i es la captura en el lance i y Ab_i el área barrida en el lance i .

Para el cálculo de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), expresada en kg/h , la cual es el peso total de la especie objetivo en el lance i por el tiempo que se implementa y emplea una arte de pesca en el mismo lance:

$$CPUE_i = \frac{C_i}{t_i}$$

donde C_i es la captura en el lance i y t_i el tiempo que se utilizó la red de arrastre en el lance i .

VII. 4. Análisis estadístico

Para la comparación de la biomasa y la CPUE entre campañas se utilizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), el cual sirve para comparar si la varianza de los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos. El procedimiento para comparar estos valores está basado en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de datos es distinta a la media de otro grupo de datos (Zar, 1999). Antes de realizar los análisis de varianza se comprobó que los datos cumplieran los requisitos del modelo (normalidad), por medio de un análisis de residuos e independencia. Una vez comprobado esto los datos de Biomasa y CPUE fueron normalizados por $\log(x+1)$, para homogenizar las varianzas.

El ANOVA parte de algunos supuestos que han de cumplirse:

- La variable dependiente debe medirse al menos a nivel de intervalo.
- Independencia de las observaciones.
- La distribución de la variable dependiente debe ser normal.
- Homogeneidad de las varianzas.

Este modelo tiene la siguiente presentación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde

Y_{ij} : la respuesta en la j -ésima unidad experimental con el i -ésimo tratamiento.

μ : medio general, común a todas las unidades experimentales antes de la aplicación del tratamiento.

τ_i : efecto del i -ésimo tratamiento.

ε_{ij} : error en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

$$F_0 > F_{(1-\alpha)}$$

En los casos en que el ANOVA mostró que existían diferencias significativas ($p < 0.05$) se utilizó una prueba *post hoc* de Tukey para muestras desiguales, la cual se emplea para probar si dos muestras provienen de poblaciones que poseen varianzas iguales. Esta prueba es útil para determinar si una población normal tiene una mayor variación que la otra y también se aplica cuando se trata de comparar simultáneamente varias medias poblacionales (Zar, 1999).

VII. 5. Parámetros de crecimiento

El método de Bhattacharya implementado en el paquete computacional FISAT II, fue utilizado para identificar y aislar las diferentes distribuciones normales de la muestra de frecuencias de tallas, donde cada componente modal se supone constituye un grupo de edad (Sparre y Venema, 1997). Para todos los grupos de edad identificados se obtuvieron los criterios descritos por Gayanilo *et al.*, (2005), para hembras y machos respectivamente: a) índice de separación (el cual determina que tan próximas se encuentran entre si las tallas medias estimadas, en comparación con el tamaño de las desviaciones estándar), b) número de individuos por cada grupo de edad identificado y c) la desviación estándar.

Es conveniente señalar que a pesar de que los muestreos no son consecutivos, se intentó hacer un análisis de frecuencias de tallas con la información disponible, en muchos casos, el trazado de las curvas de crecimiento resulta más fácil si se considera la serie de tiempo completa. Sin embargo, mediante el método de Bhattacharya (1967) algunas muestras se pueden descomponer fácilmente para determinar las cohortes que la componen e interpretar sin ambigüedades su crecimiento (Sparre y Venema, 1997).

Para la estimación de los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy— L_{∞} (longitud asintótica o longitud máxima, mm), K (el parámetro de curvatura, que determina la rapidez con la que el organismo alcanza L_{∞}) y t_0 (parámetro de condición inicial, que determina el punto en el tiempo donde el organismo tiene una talla cero)—fueron determinados por el método de Gulland y Holt (Sparre y Venema, 1997), mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = K * L_{\infty} - K * L(t)$$

donde \bar{L} es la talla media

$$L(t) = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

Usando \bar{L} como la variable independiente y $\Delta L/\Delta t$ como la variable dependiente la ecuación se transforma en una regresión lineal:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = a + b * L(t)$$

Los parámetros de crecimiento K , L_{∞} y t_0 se obtienen de:

$$K = -b \qquad L_{\infty} = -a/b$$

y

$$t_0 = t_1 + \frac{1}{K} + \ln \left(1 - \frac{L(t_1)}{L_\infty} \right)$$

VII. 6. Regresión lineal

Con el fin de ver si existe alguna relación entre la talla y la profundidad de captura, se implementó un análisis de regresión lineal simple. Donde la línea de regresión se determina como la línea que reduce al mínimo la suma de los cuadrados de las desviaciones entre la línea $y = a + b * x$ respecto a los pares de observaciones, $(x(i), y(i))$. Se dice que a y b se estiman por el método de mínimos cuadrados, es decir se buscan aquellos valores de a y b que reduzcan al mínimo:

$$\sum_{i=1}^n [y(i) - a - b * x(i)]^2$$

donde n es el número de pares de observaciones.

El supuesto en el que se basa el análisis de regresión es que cada $y(i)$ se distribuye normalmente con media $a + b * x(i)$ y con varianza constante, es decir, una varianza que no depende del valor de $x(i)$. Se determinó el coeficiente de correlación (r) que es una medida de la asociación lineal entre dos cantidades, que nos indica el grado de dependencia entre las variables (x, y); y el coeficiente de determinación (R^2) que se define como el cuadrado del coeficiente de correlación entre los valores de y observados y los valores de y ajustados (Sparre y Venema, 1997).

VIII. RESULTADOS

Durante las cuatro campañas de investigación (1999, 2007, 2008 y 2009) se efectuaron 153 lances de pesca cubriendo el talud continental del Golfo de México, de los cuales en 50 se registró la presencia de *A. edwardsiana*. En la campaña BATO (1999) con un total de 40 estaciones, se obtuvo registro de organismos solo en 10 estaciones (Fig. 7).

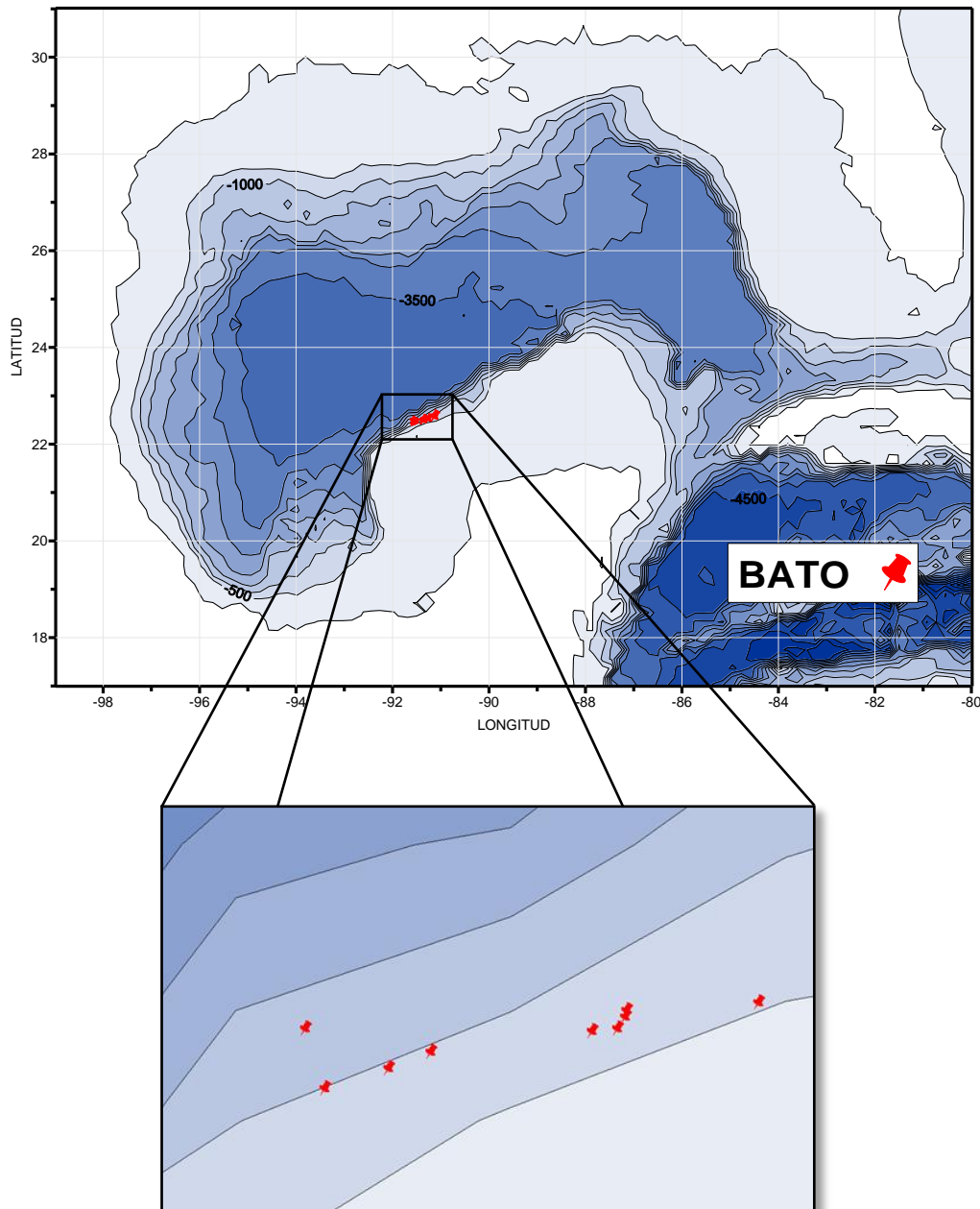


Figura 7. Distribución geográfica de las operaciones de pesca de arrastre por campaña y por estación mostrando las diez estaciones donde se obtuvieron registros de *A. edwardsiana* en el Golfo de México.

En la campaña BIOREPES 2, con un total de 39 estaciones, se obtuvo registro de organismos en 17 estaciones (Fig. 8).

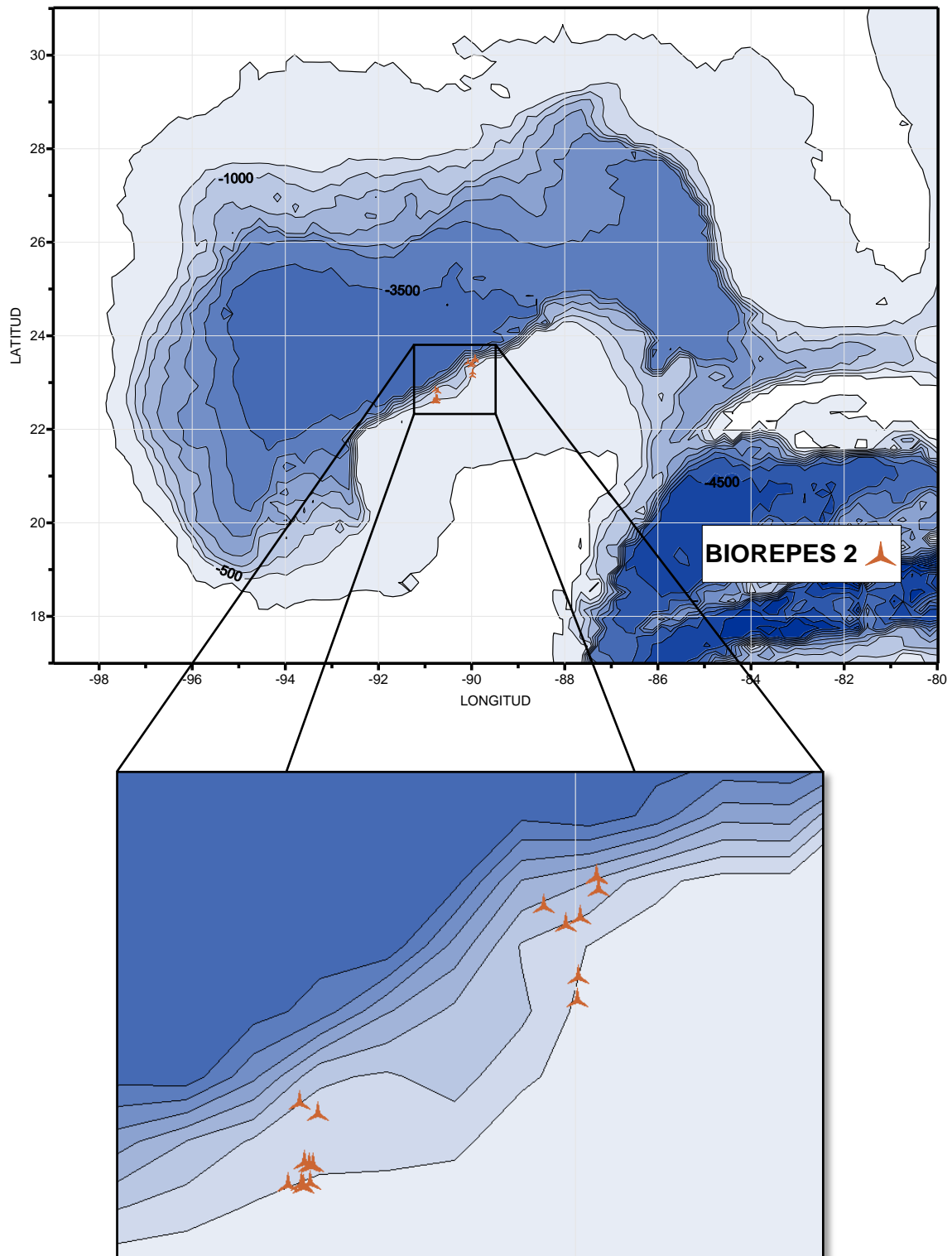


Figura 8. Distribución geográfica de las operaciones de pesca de arrastre por campaña y por estación de *A. edwardsiana* en el Golfo de México.

En la campaña BIOREPES 3, con un total de 32 estaciones, se obtuvo registro de organismos en 14 estaciones (Fig. 9).

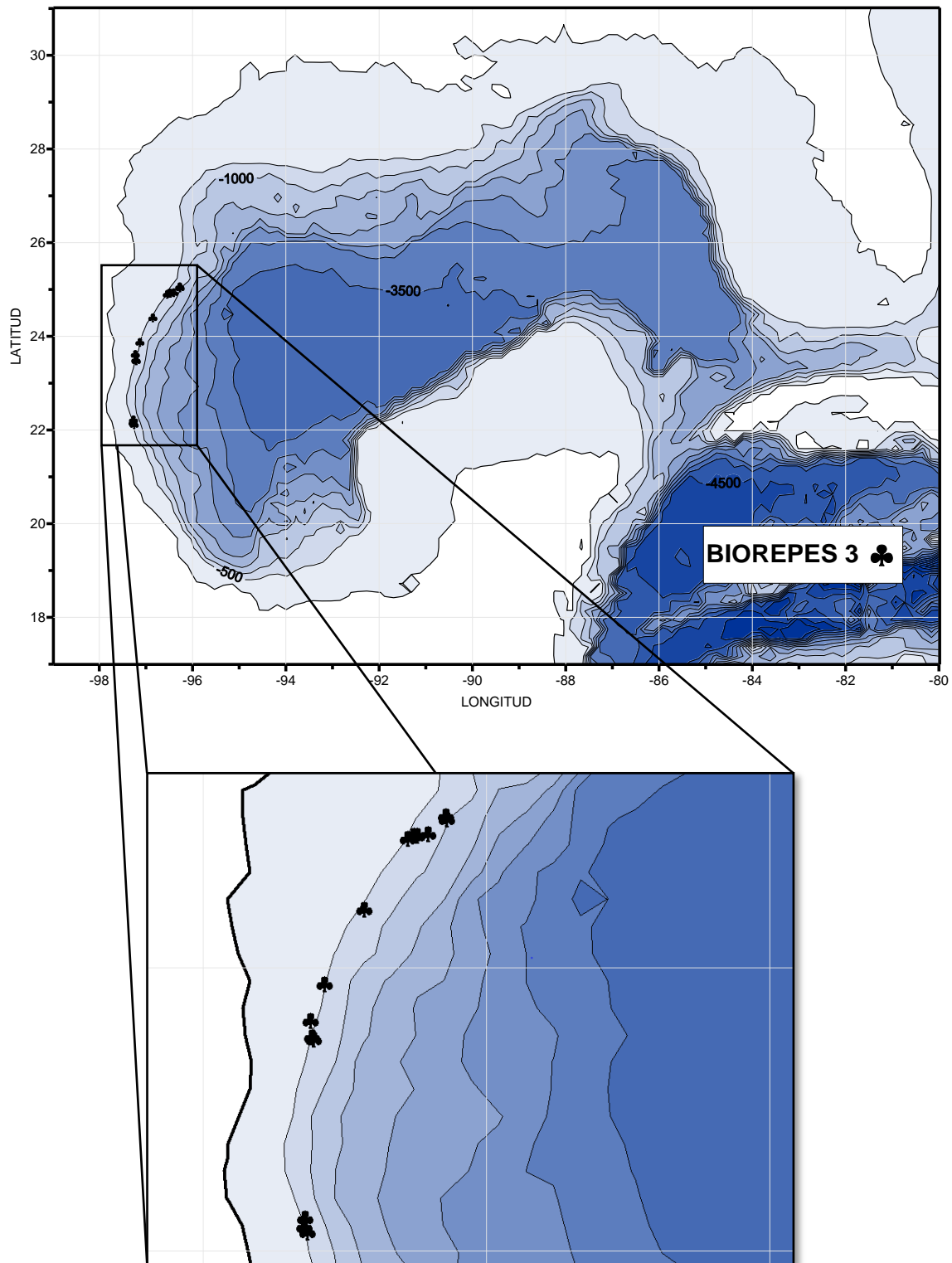


Figura 9. Distribución geográfica de las operaciones de pesca de arrastre por campaña y por estación de *A. edwardsiana* en el Golfo de México.

En la campaña COBERPES, con un total de 42 estaciones, se obtuvo registro de organismos en 9 estaciones (Fig. 10).

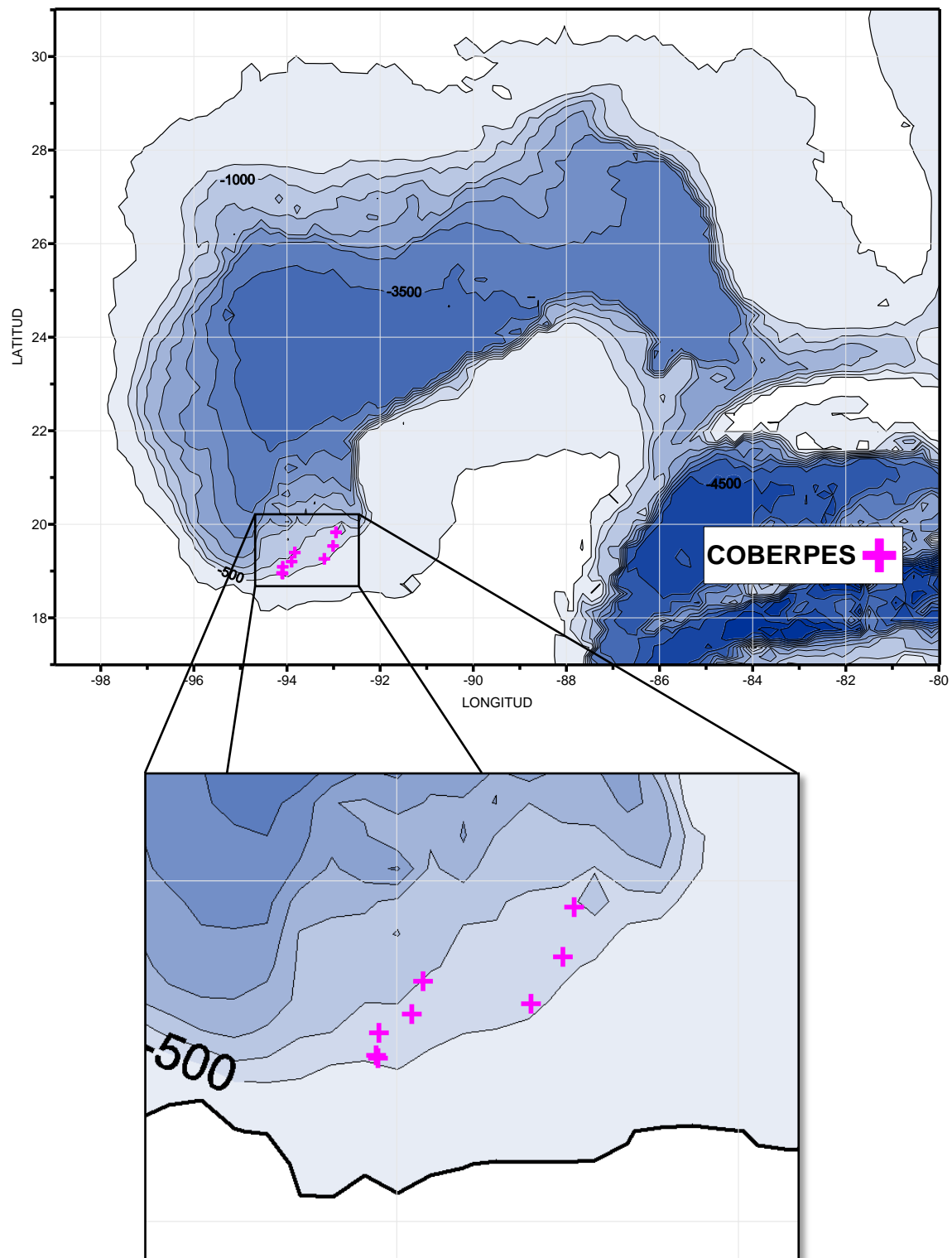


Figura 10. Distribución geográfica de las operaciones de pesca de arrastre por campaña y por estación de *A. edwardsiana* en el Golfo de México.

VIII. 1. Composición de las capturas

En las cuatro campañas oceanográficas se capturó un total de 651 organismos de *A. edwardsiana*, de los cuales 271 fueron machos y 380 hembras (Tabla 8). Se obtuvo una captura total de 25.558 kg. De este total, el 12.4% correspondió a la campaña oceanográfica BATO, el 53.9% a la campaña BIOREPES 2, el 23.2 % a la campaña BIOREPES 3 y el 10.4% a la campaña COBERPES (Fig. 11).

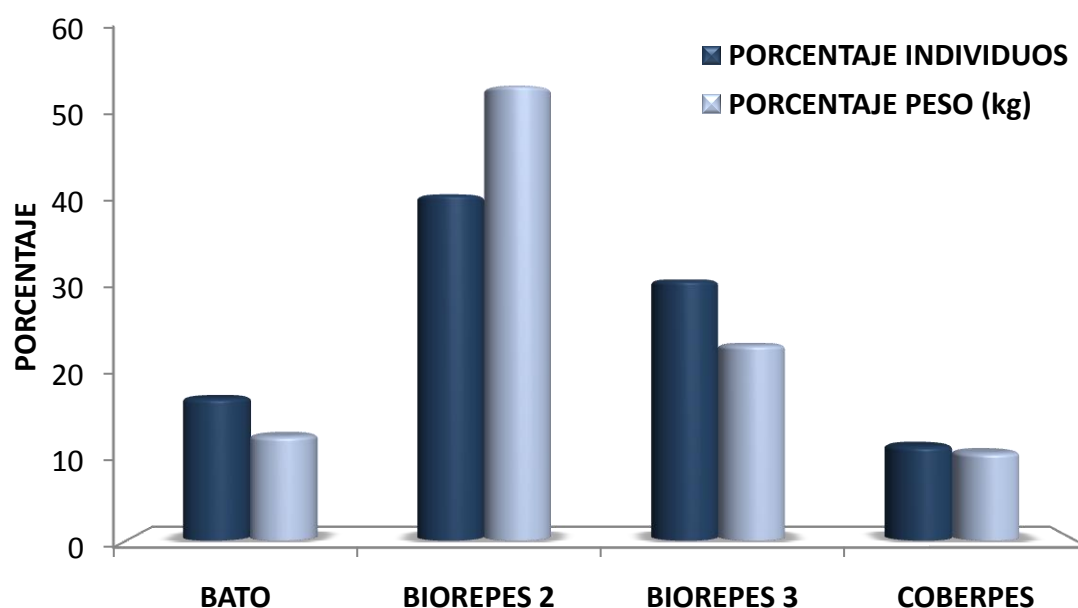


Figura 11. Porcentaje del peso, organismos capturados de *A. edwardsiana* en el Golfo de México durante cuatro campañas oceanográficas (BATO: N = 110 individuos, peso total = 3.173kg; BIOREPES 2: N = 267, peso total = 13.783 kg; BIOREPES 3: N = 201, peso total = 5.933 kg; COBERPES: N = 73, peso total = 2.669 kg).

Tabla 8. Proporción de sexos de *A. edwardsiana* por campaña.

<i>Campaña</i>	<i>Hembras</i>	<i>Machos</i>	<i>Total</i>	<i>Proporción de sexo (♂:♀)</i>
<i>BATO</i>	69	41	110	1.6:1
<i>BIOREPES 2</i>	160	107	267	1.4:1
<i>BIOREPES 3</i>	107	94	201	1.1:1
<i>COBERPES</i>	44	29	73	1.5:1
Σ <i>Total de org.</i>	380	271	651	1.4:1

En cuanto a la captura por campaña oceanográfica, en BATO se capturó un total de 110 organismos, 69 hembras y 41 machos; en la campaña BIOREPES 2 se capturó un total de 267 organismos, 160 hembras y 107 machos; en la campaña de BIOREPES 3 se capturó un total de 201 organismos, 107 hembras y 94 machos y en la campaña COBERPES se capturó un total de 73 organismos, 44 hembras y 29 machos (Fig. 12).

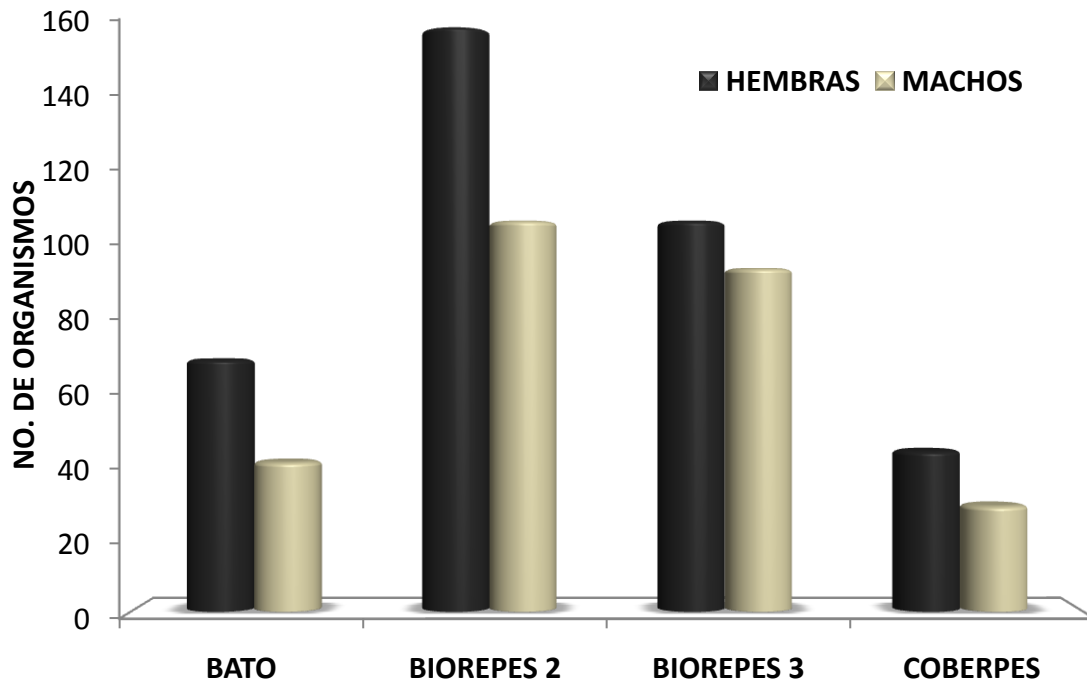


Figura 12. Número de individuos de hembras y machos por campaña.

VIII. 2. Distribución, densidad, CPUE y biomasa

La distribución batimétrica de *A. edwardsiana* abarcó entre los 299 y 1,144 m de profundidad, entre los 89° 56' y 97° 17' longitud Oeste y entre los 18° 56' y 25° 04' latitud Norte (Fig. 13). La mayor densidad se concentró entre los 500 y 700 m de profundidad (Fig. 14). En las cuatro campañas se estimó una biomasa media de 21.34 kg/km²; una densidad media de 537 ind/km²; y una media de CPUE de 1.02 kg/h. La mayor concentración de biomasa por estrato se presentó de los 600 a 699 m de profundidad con una media de 41.91 kg/km² (Fig. 15).

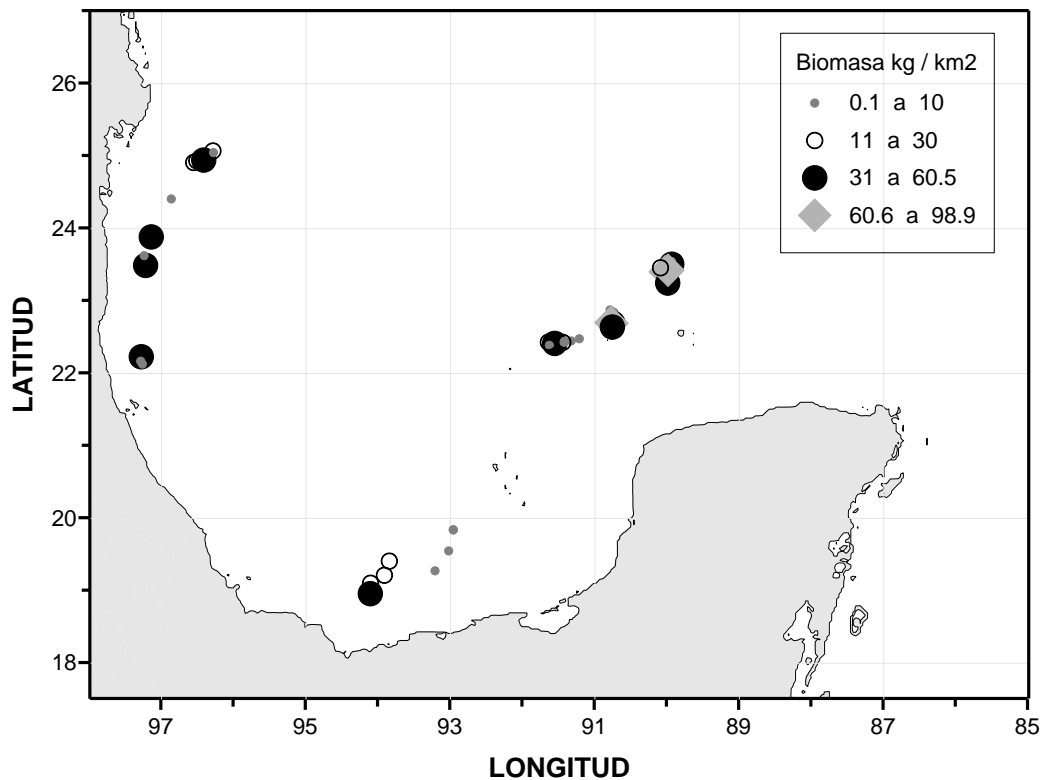


Figura 13. Rango de valores de biomasa de *A. edwardsiana* en kg/km², en el Golfo de México.

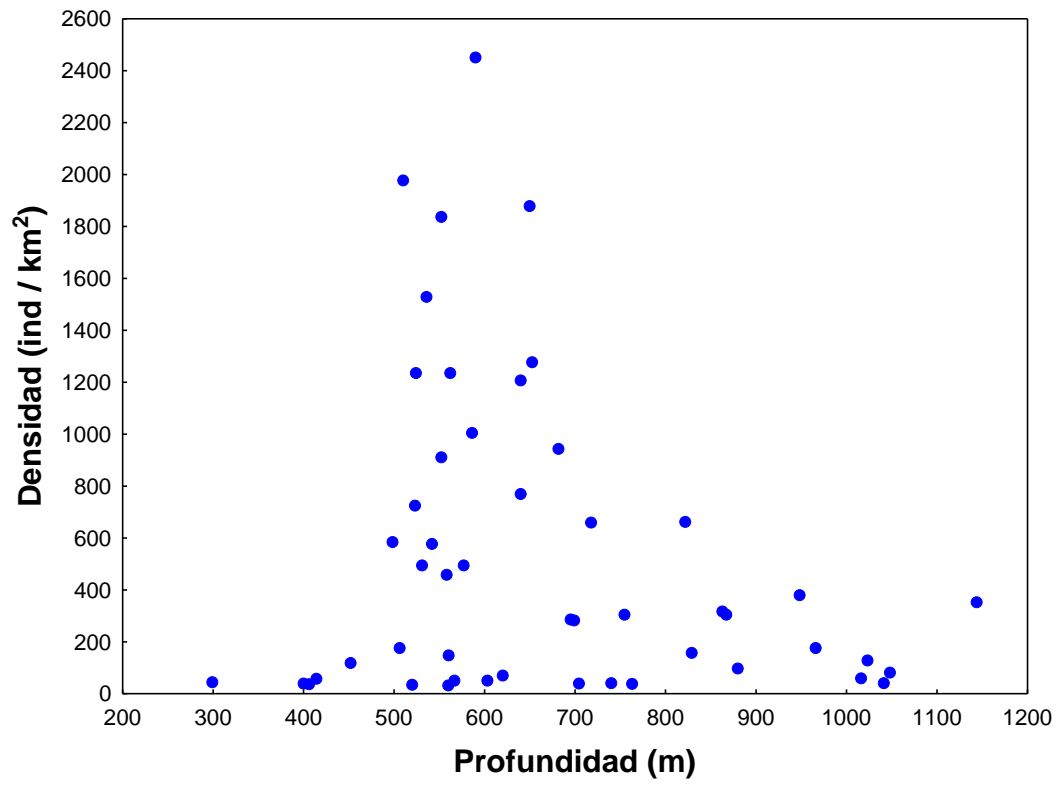


Figura 14. Densidad (ind/km²) de *A. edwardsiana* en el Golfo de México, con respecto a la profundidad.

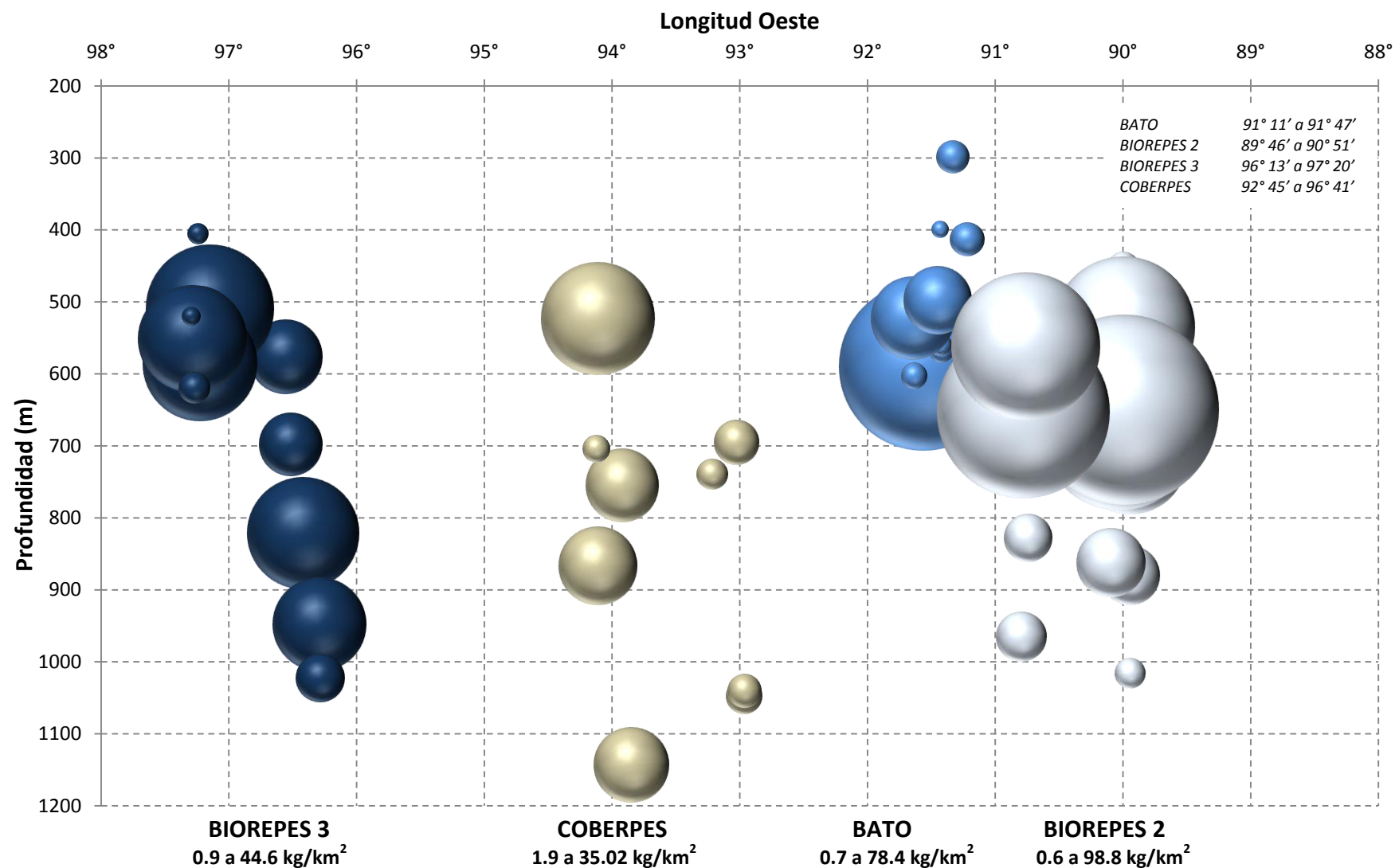


Figura 15. Variación longitudinal y batimétrica de la biomasa (kg/km²) de *A. edwardsiana* en el Golfo de México (el tamaño de las burbujas es proporcional a los valores de biomasa obtenidos). Durante cuatro campañas oceanográficas.

BATO

En la campaña BATO, *A. edwardsiana* presentó una distribución batimétrica de 299 a 603 m de profundidad. Una biomasa promedio de 14.49 kg/km², densidad promedio de 506 ind/km² y un promedio de CPUE de 0.63 kg/h. En la estación 10 (E10) a una profundidad de 590 m, se registró el valor máximo de biomasa 78.47 kg/km² (Fig. 16), una CPUE de 3.65 kg/h y una densidad estimada de 2,451 individuos por km². La totalidad de datos obtenidos en la campaña se muestran a continuación (Tabla 9).

Tabla 9. Datos obtenidos de biomasa, densidad y CPUE en las estaciones durante la campaña BATO.

<i>ESTACIÓN</i>	BATO		
	<i>Biomasa (kg/km²)</i>	<i>Densidad (ind/km²)</i>	<i>CPUE (kg/h)</i>
E6	23.33	911	0.99
E10	78.47	2451	3.65
E15	1.71	50	0.07
E25	3.01	58	0.09
E32	2.86	45	0.12
E35	1.75	50	0.13
E48	1.28	148	0.05
E49	0.75	40	0.03
E53	19.11	725	0.58
E65	12.67	584	0.56

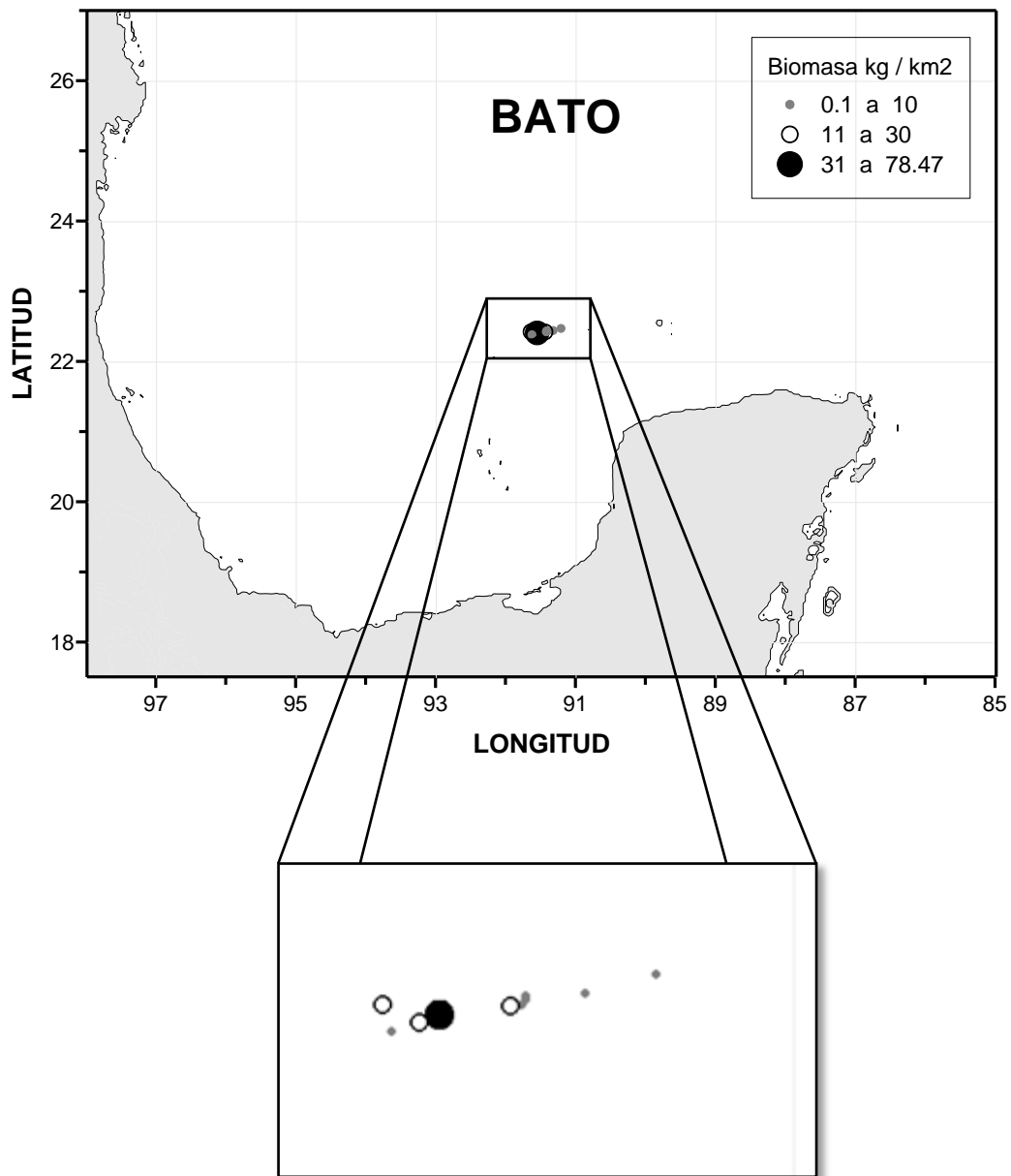


Figura 16. Estimación de la biomasa (kg/km²) de *A. edwardsiana* en el Golfo de México, mediante el método de área barrida por campaña oceanográfica.

BIOREPES 2

En la campaña BIORPES 2, *A. edwardsiana* presentó una distribución batimétrica de 452 a 1,016 m de profundidad. Una biomasa promedio de 34.97 kg/km², densidad promedio de 676 ind/km² y un promedio de CPUE de 1.66 kg/h. En la estación 12 (E12) a una profundidad de 650 m, se registró el valor máximo de biomasa de las cuatro campañas 98.89 kg/km² (Fig. 17), una CPUE de 4 kg/h; y una densidad estimada de 1,879 individuos por km². La totalidad de resultados de la campaña se muestran a continuación (Tabla 10).

Tabla 10. Datos obtenidos de biomasa, densidad y CPUE en las estaciones durante la campaña BIORPES 2.

ESTACIÓN	BIORPES 2		
	Biomasa (kg/km ²)	Densidad (ind/km ²)	CPUE (kg/h)
E4	34.68	659	1.47
E5	9.74	97	0.41
E6	67.06	944	2.98
E7	2.47	59	0.11
E10	2.56	119	0.12
E11	55.36	1528	2.46
E12	98.89	1879	4
E14	12.76	316	0.64
E23	0.68	32	0.04
E24	28.25	459	1.6
E25	64.60	1207	3.005
E27	6.28	158	0.31
E28	6.83	177	0.38
E31	43.95	769	2.4
E32	17.92	577	0.86
E37	82.41	1277	4
E38	60.04	1236	3.4

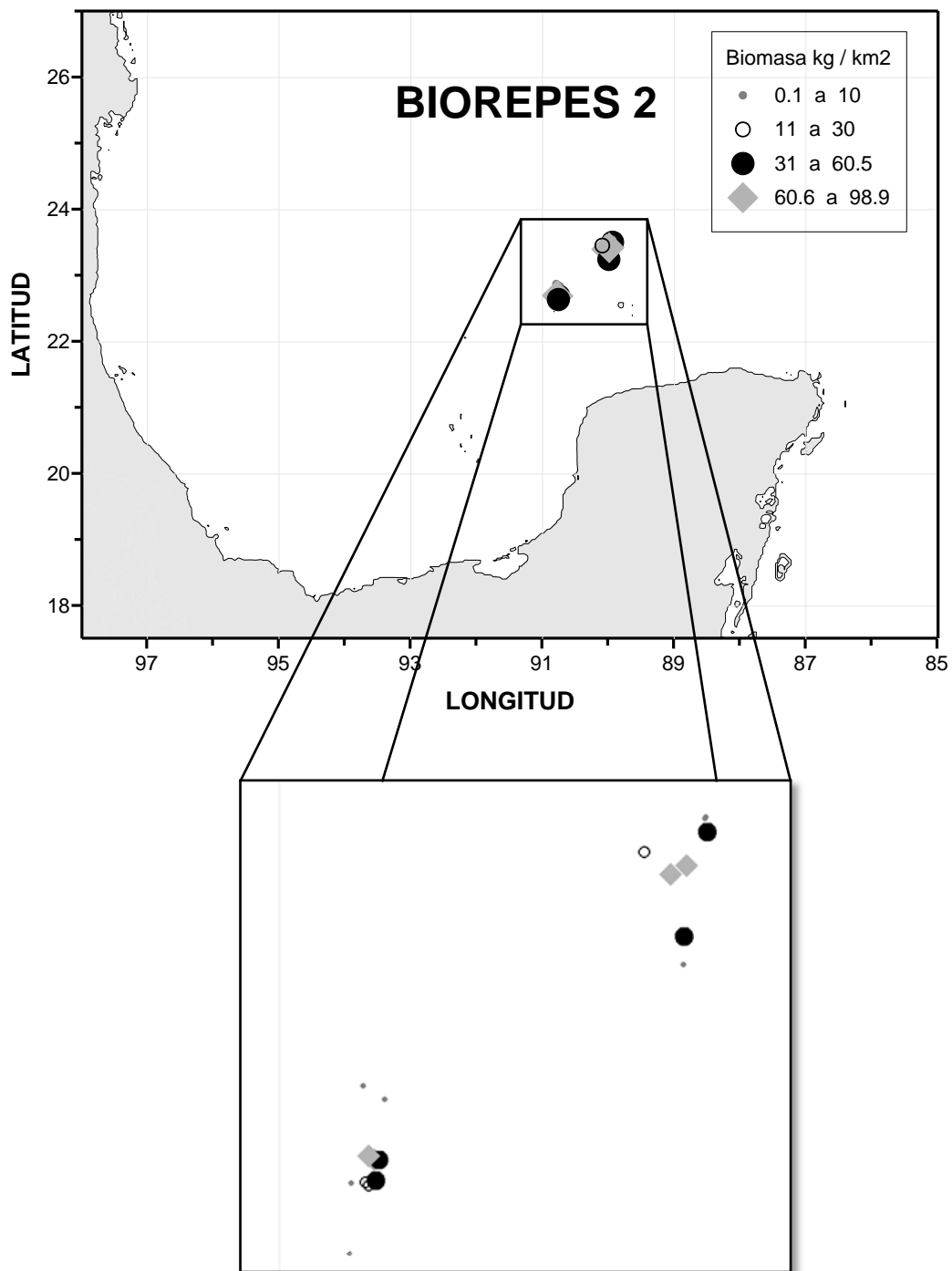


Figura 17. Estimación de la biomasa (kg/km²) de *A. edwardsiana* en el Golfo de México, mediante el método de área barrida por campaña oceanográfica.

BIOREPES 3

En la campaña BIORPES 3, *A. edwardsiana* presentó una distribución batimétrica de 406 a 1,023 m de profundidad. Una biomasa promedio de 16.36 kg/km², densidad promedio de 544 ind/km² y un promedio de CPUE de 0.84 kg/h. En la estación B1 a una profundidad de 510 m, se registró el valor máximo de biomasa 44.64 kg/km² (Fig. 18), una CPUE de 2.34 kg/h y una densidad estimada de 1,978 individuos por km². La totalidad de resultados de la campaña se muestran a continuación (Tabla 11).

Tabla 11. Datos obtenidos de biomasa, densidad y CPUE en las estaciones durante la campaña BIORPES 3.

ESTACIÓN	BIOREPES 3		
	Biomasa (kg/km ²)	Densidad (ind/km ²)	CPUE (kg/h)
A12	14.77	494	0.72
A13	10.72	283	0.60
A14	1.55	38	0.08
A15	34.54	662	1.56
A16	23.84	380	1.25
A17	6.23	129	0.29
A25	5.32	177	0.30
B1	44.64	1978	2.34
B4	15.26	494	0.86
B5	35.98	1005	1.79
B6	1.09	37	0.05
C1	31.80	1837	1.80
C6	0.90	34	0.04
C7	2.43	71	0.14

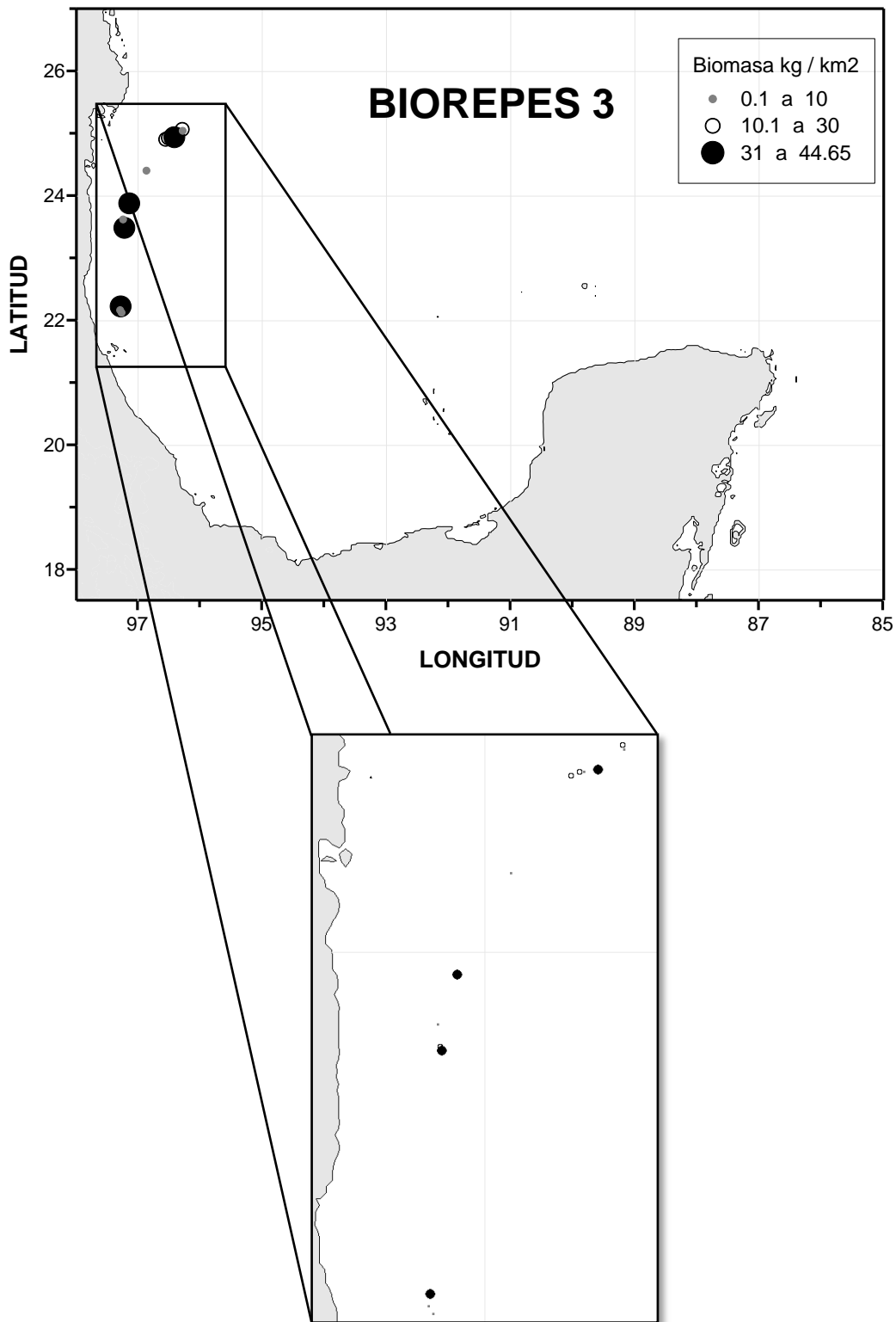


Figura 18. Estimación de la biomasa (kg/km²) de *A. edwardsiana* en el Golfo de México, mediante el método de área barrida por campaña oceanográfica.

COBERPES

En la campaña COBERPES, *A. edwardsiana* presentó una distribución batimétrica de 524 a 1,144 m de profundidad. Una biomasa promedio de 10.97 kg/km², densidad promedio de 299 ind/km² y un promedio de CPUE de 0.55 kg/h. En la estación B13 a una profundidad de 524 m, se registró el valor máximo de biomasa 35.02 kg/km² (Fig. 19), una CPUE de 1.74 kg/h y una densidad estimada de 1,236 individuos por km². La totalidad de resultados de la campaña se muestran a continuación (Tabla 12).

Tabla 12. Datos obtenidos de biomasa, densidad y CPUE en las estaciones durante la campaña COBERPES.

<i>ESTACIÓN</i>	COBERPES		
	<i>Biomasa (kg/km²)</i>	<i>Densidad (ind/km²)</i>	<i>CPUE (kg/h)</i>
A5-bis	14.68	304	0.77
A6	15.42	353	0.84
Ω1	2.59	41	0.11
Ω5	5.43	286	0.26
Ω9	3.50	81	0.17
Ω13	3.00	41	0.14
B10	17.17	304	0.87
B12	1.91	40	0.09
B13	35.02	1236	1.74

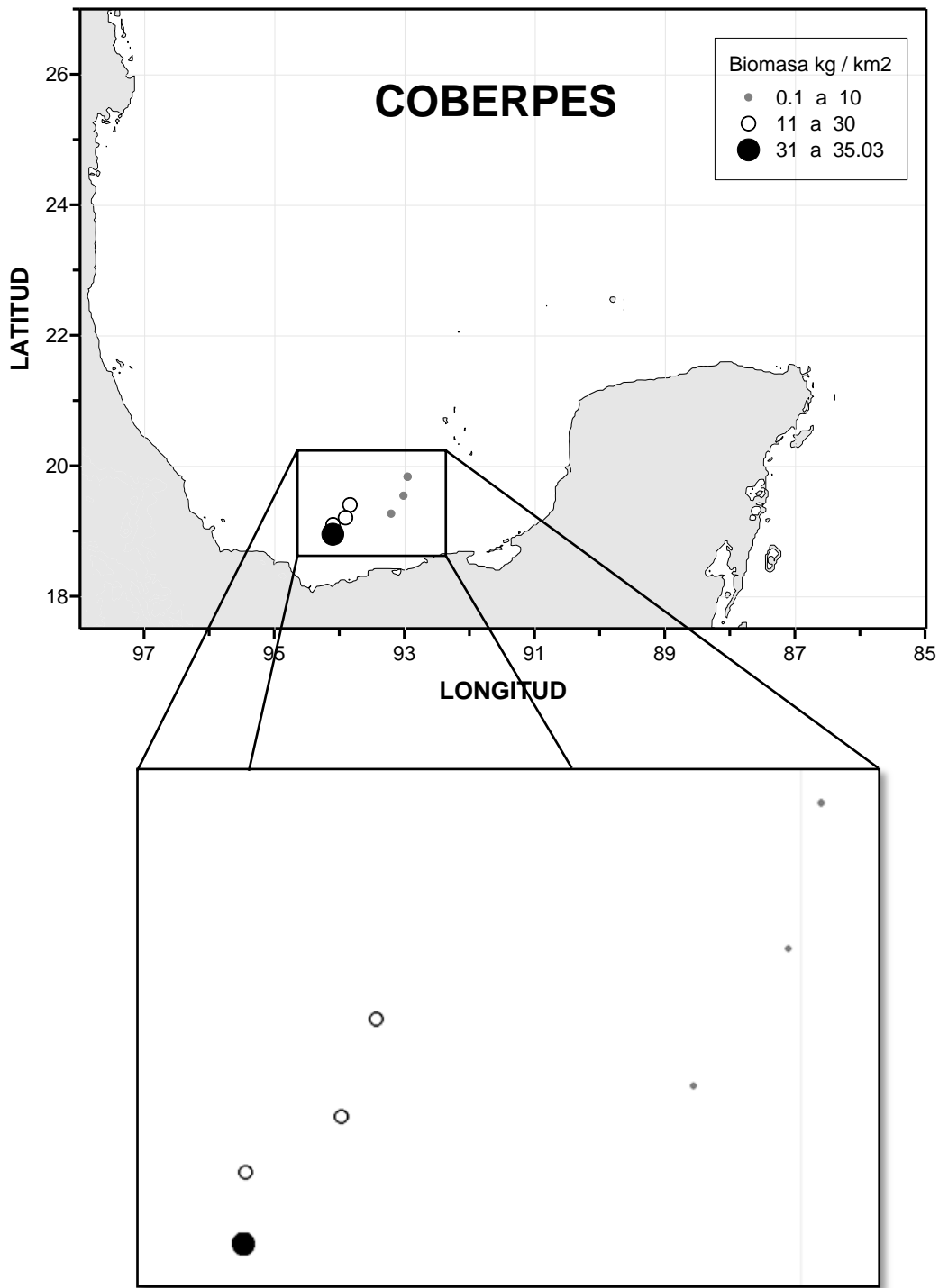


Figura 19. Estimación de la biomasa (kg/km²) de *A. edwardsiana* en el Golfo de México, mediante el método de área barrida por campaña oceanográfica.

VIII. 3. Comparación de la biomasa y la CPUE por campaña y por estrato

No se encontraron diferencias significativas en la Biomasa ($F_{3, 46} = 2.079$, $p > 0.05$) y la CPUE ($F_{3, 46} = 2.417$, $p > 0.05$) entre las cuatro diferentes campañas. En el caso de la comparación entre estratos y entre campañas no se encontraron diferencias significativas en la Biomasa ($F_{8, 41} = 1.65$, $p > 0.05$) y la CPUE ($F_{8, 41} = 1.9$, $p > 0.05$). Sin embargo el ANOVA de una vía comparando la Biomasa y la CPUE entre estrato por campaña, mostró que existen diferencias significativas entre los estratos de la campaña BIOREPES 2 (Biomasa: $F_{6, 10} = 4.51$, $p < 0.05$; CPUE: $F_{6, 10} = 4.43$, $p < 0.05$); las diferencias se encontraron entre los estratos de 600-699 vs 800-899 (Fig. 20 y 21).

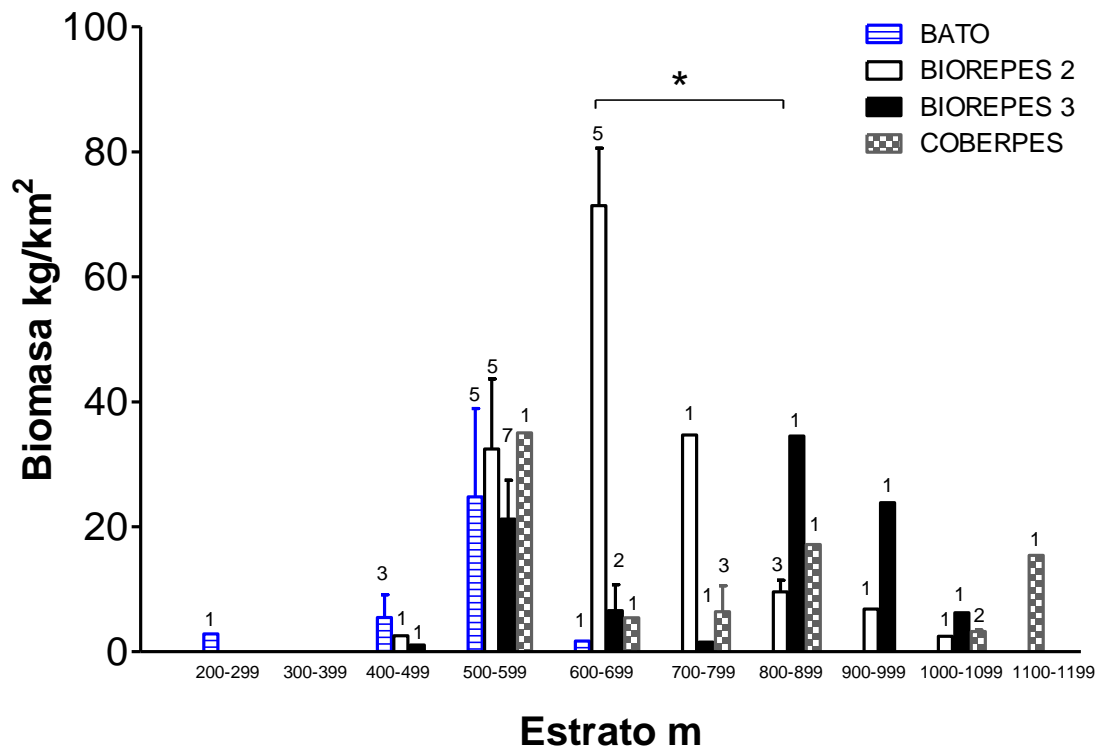


Figura 20. Media \pm error estándar de la biomasa (kg/km^2) de *A. edwardsiana* por estrato y por campaña. Tukey: * $p < 0.05$. Los números encima de las barras denotan el número de estaciones con información en dicho estrato.

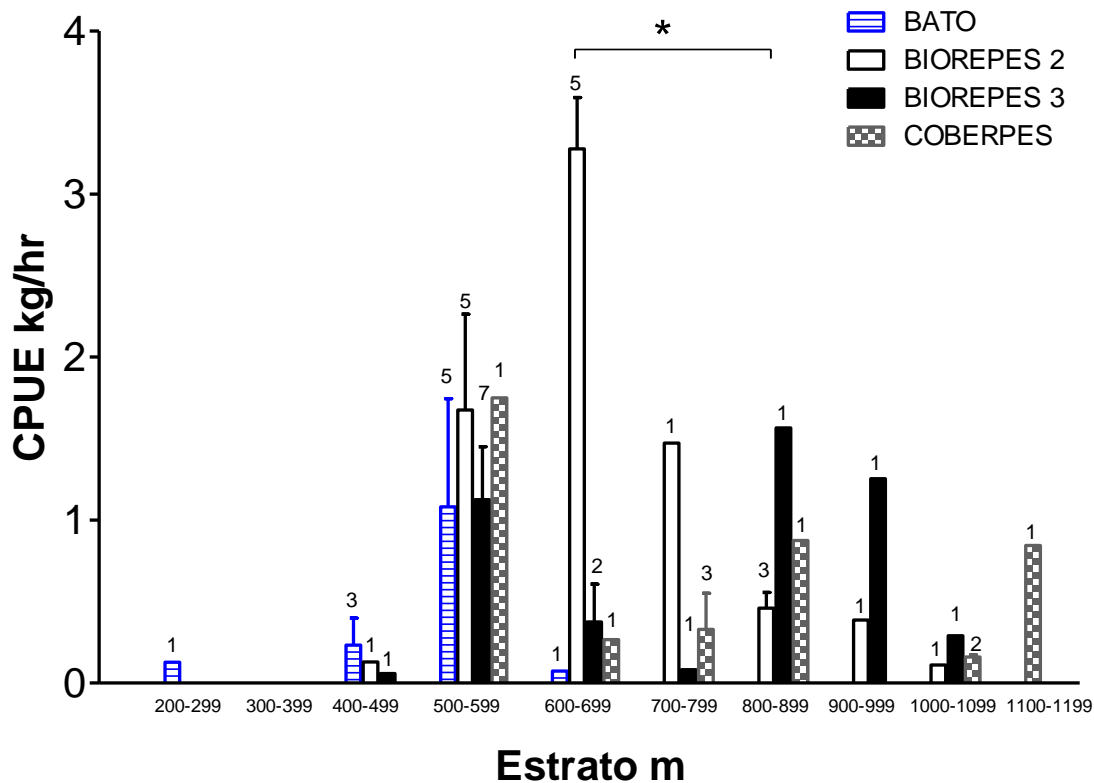


Figura 21. Media \pm error estándar de la CPUE (kg/h) de *A. edwardsiana* por estrato y por campaña. Tukey: * $p < 0.05$. Los números encima de las barras denotan el número de estaciones con información en dicho estrato.

VIII. 4. Distribución espacio temporal por sexo

En las Figuras 22 y 23 se muestra la distribución de hembras y machos de *A. edwardsiana* de forma conjunta en el Golfo de México, tanto para el plano longitudinal (Fig. 22) como latitudinal (Fig. 23). La distribución batimétrica mostró que la mayoría de los individuos de ambos sexos se congregan en el rango de los 400 a 700 m de profundidad. En los estratos de los 700 a 900 m de profundidad los registros fueron principalmente de hembras, mientras los estratos de mayor profundidad (1,000 m en adelante), los registros fueron principalmente de machos.

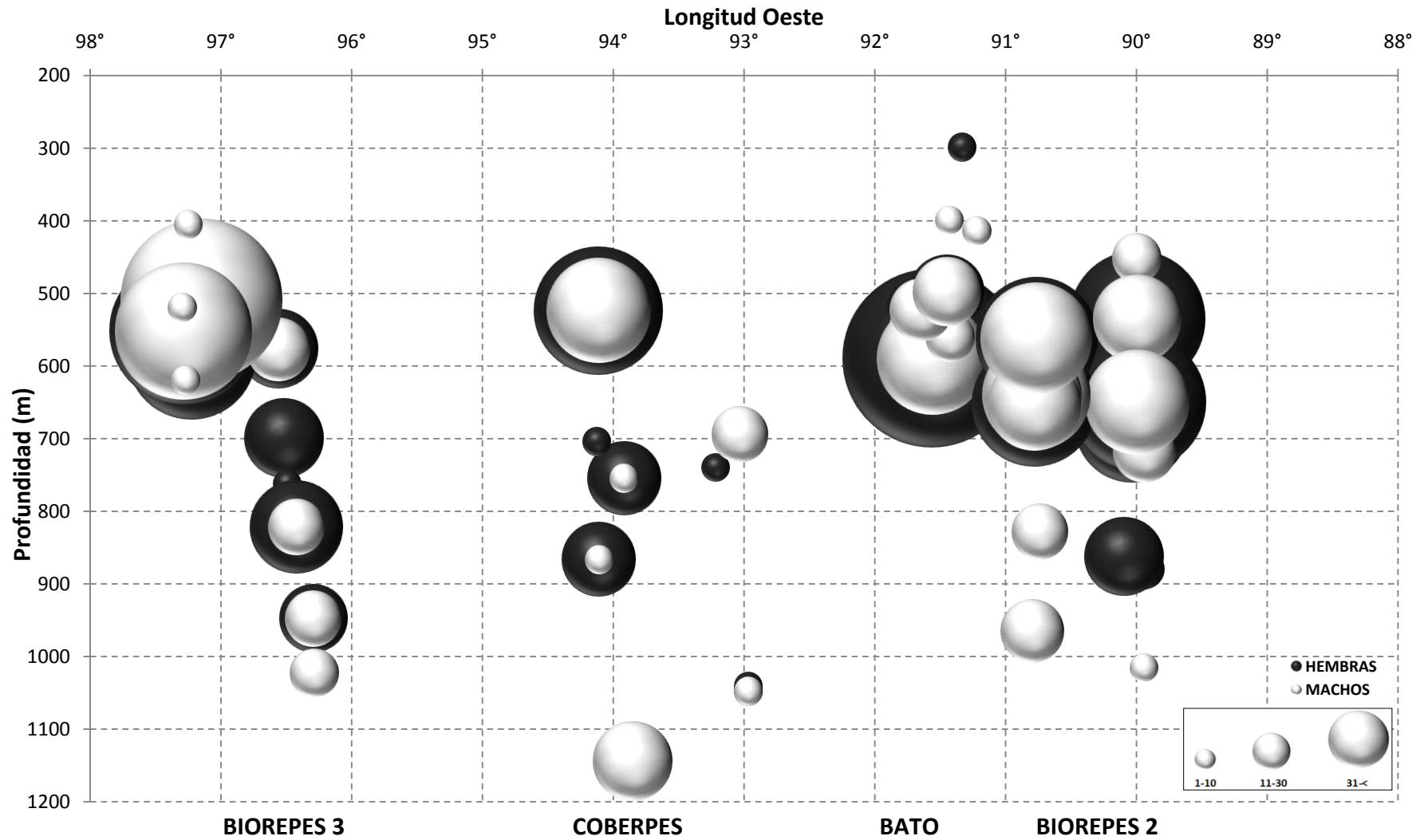


Figura 22. Distribución longitudinal (oeste) de machos y hembras de la especie *A. edwardsiana* en el Golfo de México de acuerdo a la profundidad en las diferentes campañas (el tamaño de las burbujas es proporcional al número de individuos capturados; H: hembras, M: machos).

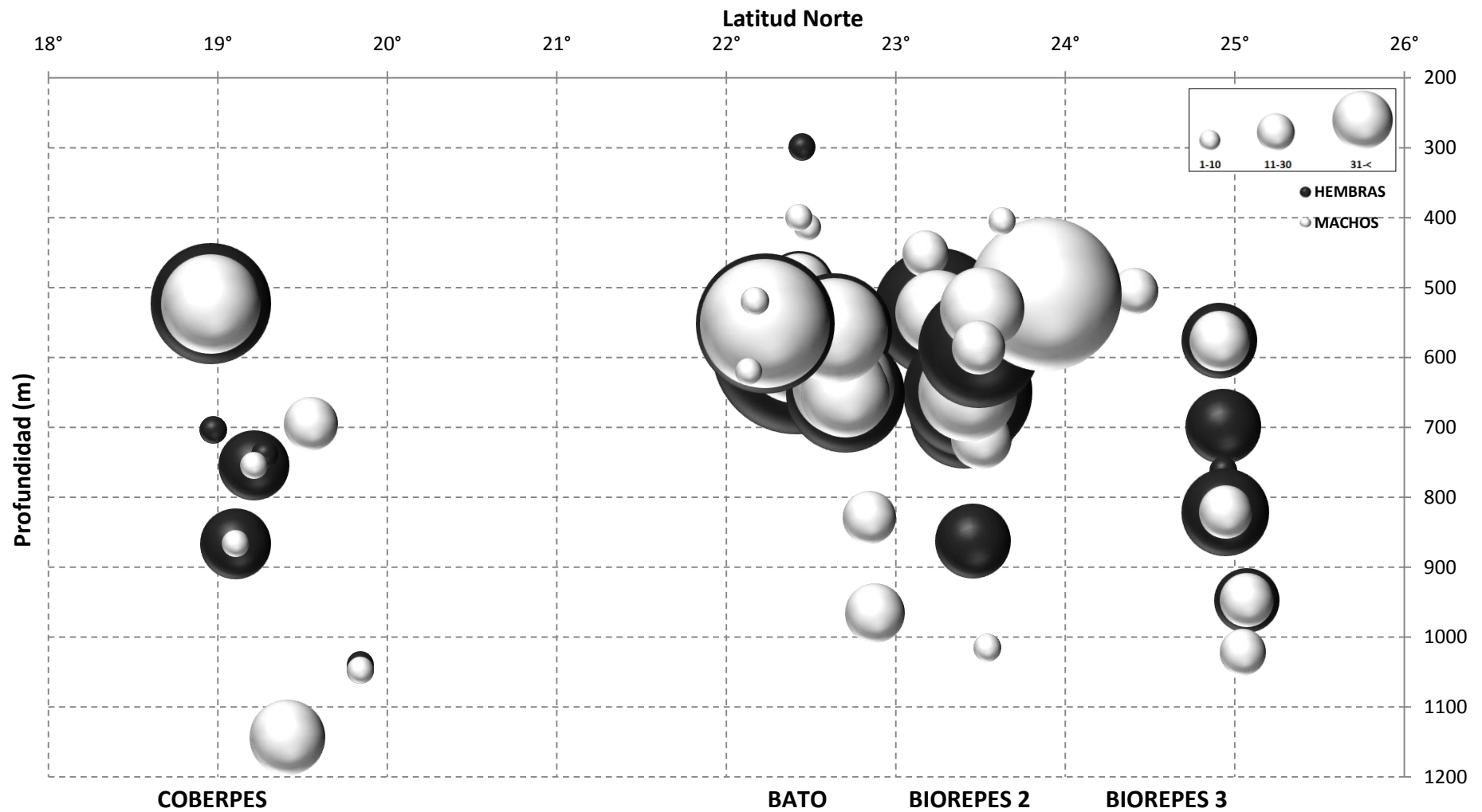


Figura 23. Distribución latitudinal (norte) de machos y hembras de la especie *A. edwardsiana* en el Golfo de México de acuerdo a la profundidad en las diferentes campañas (el tamaño de las burbujas es proporcional al número de individuos capturados; H: hembras, M: machos).

VIII. 5. Estructura de tallas

Durante las cuatro campañas la estructura de tallas obtenida a partir de la medición de la longitud cefalotorácica (LC) de 651 ejemplares (380 hembras y 271 machos), presentó un rango de entre 18.79 y 88.25 mm de LC, con una media de 48.09 mm considerando ambos sexos (Fig. 24), mediana de 47.88 mm y percentil al 95% de 74.22 mm. La mayor frecuencia de individuos (51 organismos) se presentó en el intervalo de tallas que va de los 46.25 a los 48.75 mm de longitud cefalotorácica. A partir del intervalo de tallas de 51.25 a 53.75 mm el número de individuos decreció en frecuencia en cada clase.

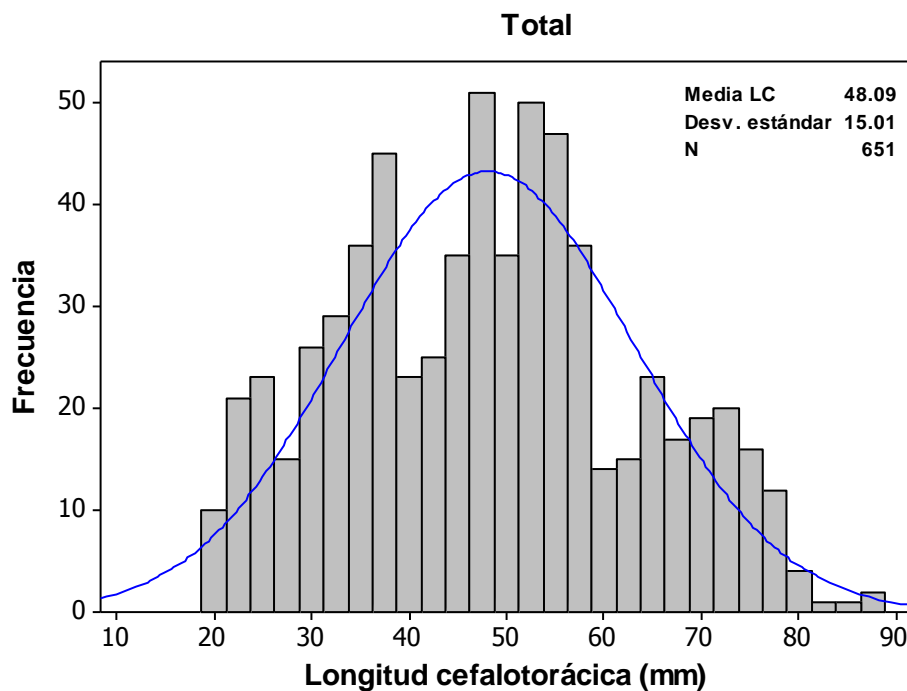


Figura 24. Distribución de los datos de longitud cefalotorácica (LC) de *A. edwardsiana* en ambos sexos considerando todas las campañas. Intervalo de clase de 2.5; cota de (18.75:88.75).

VIII. 6. Estructura de tallas por campaña

Al analizar la estructura de tallas por campaña en las hembras se encontró lo siguiente: en la campaña BATO el rango de tallas fue de 18.79 a 67.96 mm LC, con una media de 35.86 mm; en la campaña BIOREPES 2 el rango de tallas fue de 23.65 a 88.25 mm LC,

con una media de 60.73 mm; en la campaña BIOREPES 3 con un rango de 19.96 a 76.79 mm LC, con una media de 44.03 mm y finalmente, en la campaña COBERPES se obtuvo un rango de 24.12 a 76.08 mm LC, con media de 47.94 mm (Fig. 25).

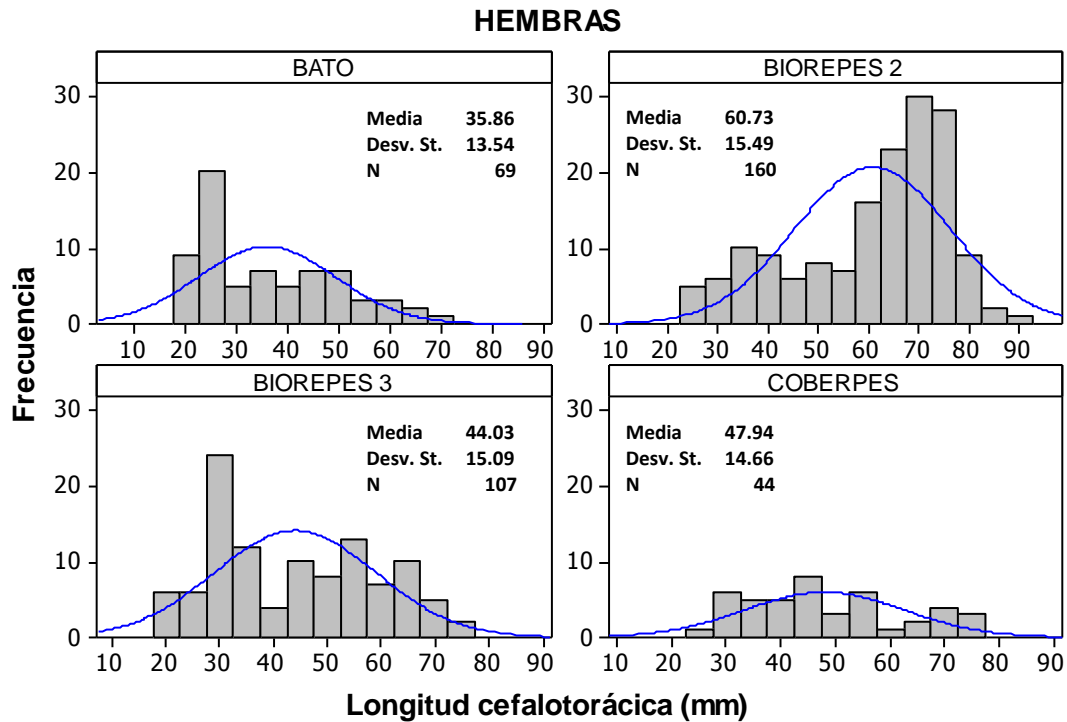


Figura 25. Distribución de los datos de longitud cefalotorácica (LC) en hembras de *A. edwardsiana* por campaña.

En los machos la estructura de tallas por campaña se encontró de la siguiente forma: en la campaña BATO el rango de tallas fue de 21.55 a 57.69 mm LC, con media de 40.55 mm; en BIOREPES 2 el rango fue de 20.91 a 59.3 mm LC, con media de 50.43 mm; en BIOREPES 3 el rango de tallas fue de 27.06 a 58.31 mm LC, con media de 41.06 mm y en COBERPES el rango fue de 26.91 a 56.9 mm LC, con media de 47.33 mm (Fig. 26).

MACHOS

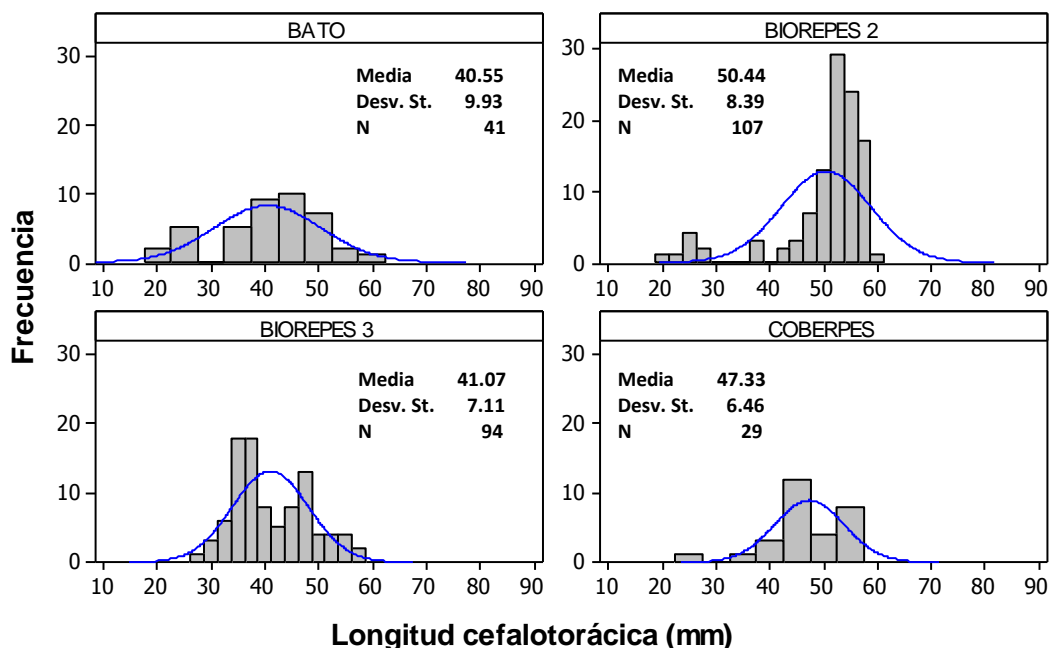


Figura 26. Distribución de los datos de longitud cefalotorácica (LC) en machos de *A. edwardsiana* por campaña.

VIII. 7. Estructura de tallas por sexo

El dimorfismo sexual existente en la especie *A. edwardsiana*, se manifestó claramente al realizar el análisis de las tallas por sexo (LC). Se encontró que las hembras alcanzan mayores tamaños, ya que presentaron tallas entre 18.79 y 88.25 mm de longitud cefalotorácica, con un promedio de 50.03 mm LC (Fig. 27), mediana de 49.79 mm y percentil al 95% de 76.51mm. En las hembras se encontraron dos clases de tallas con las mayores frecuencias (23 organismos) que van de los 28.75 a 31.25 y 63.75 a 66.25 mm de LC. En contraste los machos presentaron tallas entre 20.91 y 59.3 mm LC, con una media de 45.36 mm LC (Fig. 28), mediana de 46.97 y percentil al 95% de 57.05 mm. La mayor frecuencia de tallas en los machos (33 organismos) se presentó en el intervalo de 53 a 55 mm LC.

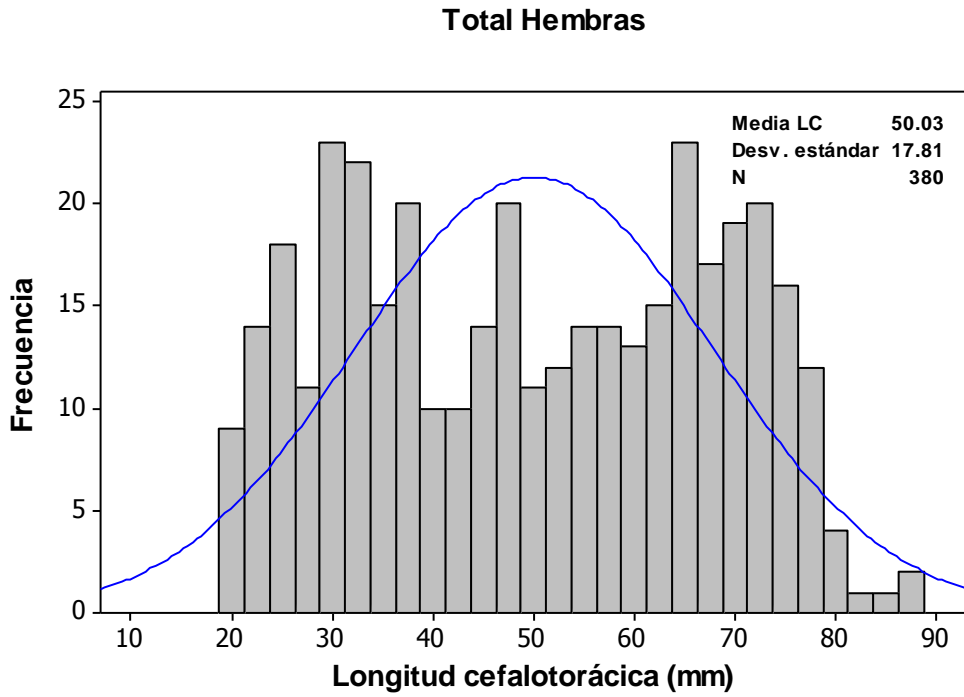


Figura 27. Distribución de los datos de longitud cefalotorácica (LC) en hembras de *A. edwardsiana* considerando todas las campañas. Intervalo de clase de 2.5; cota de (18.75:88.75).

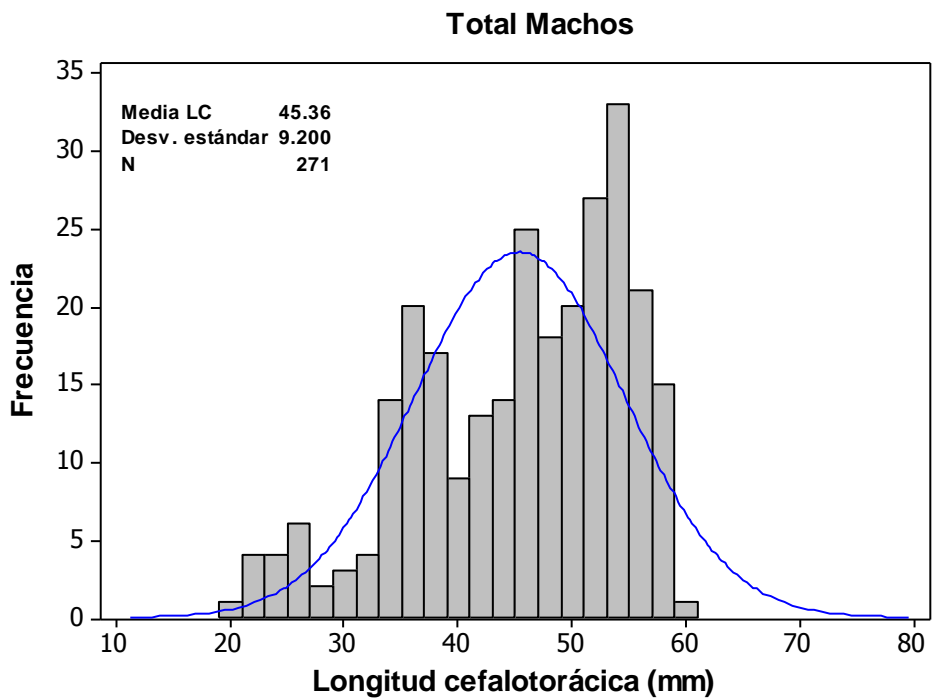


Figura 28. Distribución de los datos de longitud cefalotorácica (LC) en machos de *A. edwardsiana* considerando todas las campañas. Intervalo de clase de 2; cota de (19:61).

VIII. 8. Hembras con presencia de espermatozoides

Se capturó un total de 380 hembras durante las cuatro campañas, de las cuales el 62.1% presentaron espermatozoides en el telocum (Tabla 13). En la campaña BATO de las 69 hembras que se capturaron 23 presentaron espermatozoides; en BIOREPES 2 se capturaron 160 hembras de las cuales 131 presentaron espermatozoides; en BIOREPES 3 se capturaron 107 hembras de las cuales 54 presentaron espermatozoides y en COBERPES se capturó un total de 44 hembras de las cuales 28 presentaron espermatozoides (Fig. 29).

Tabla 13. Porcentaje de hembras con espermatozoides y sin espermatozoides de *A. edwardsiana* por campaña.

Campaña	Con espermatozoides	Sin espermatozoides
	%	%
BATO	33.4	66.6
BIOREPES 2	81.9	18.1
BIOREPES 3	50.5	49.5
COBERPES	63.6	36.4
TOTAL	62.1	37.9

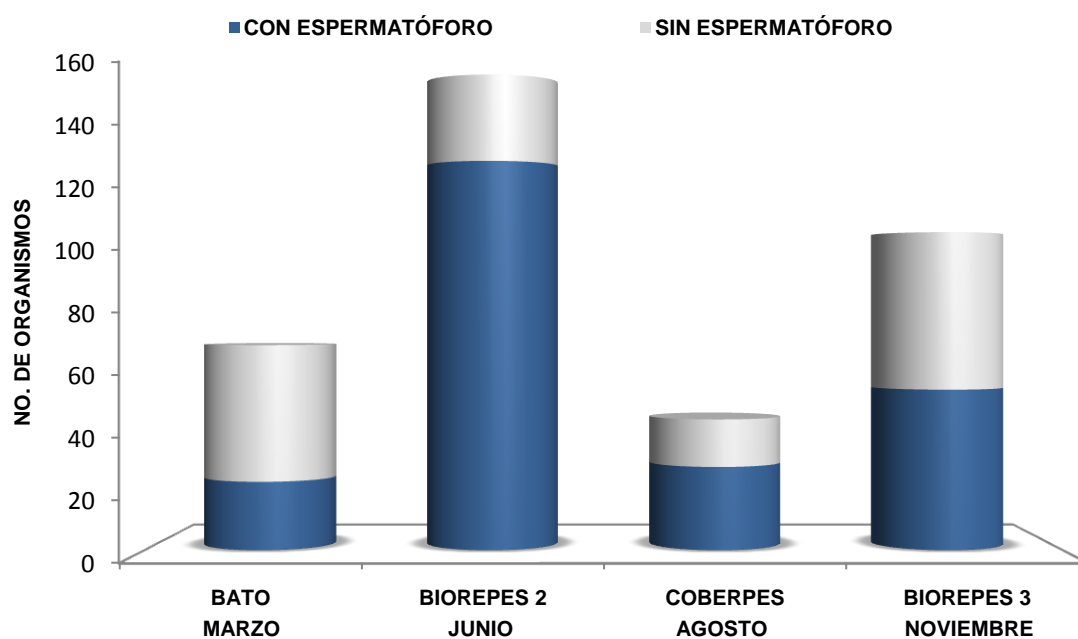


Figura 29. Total de hembras con espermatozoides y sin espermatozoides de *A. edwardsiana* por campaña.

Para las hembras con presencia de espermátforo, se registró una talla mínima de 39.99 mm LC y una máxima de 88.25 mm LC con una media de 61.8 mm LC. La talla de primera madurez del 50% de la población muestreada (L_{m50}) de hembras con presencia de espermátforo se estimó en 63 mm de LC (Fig. 30).

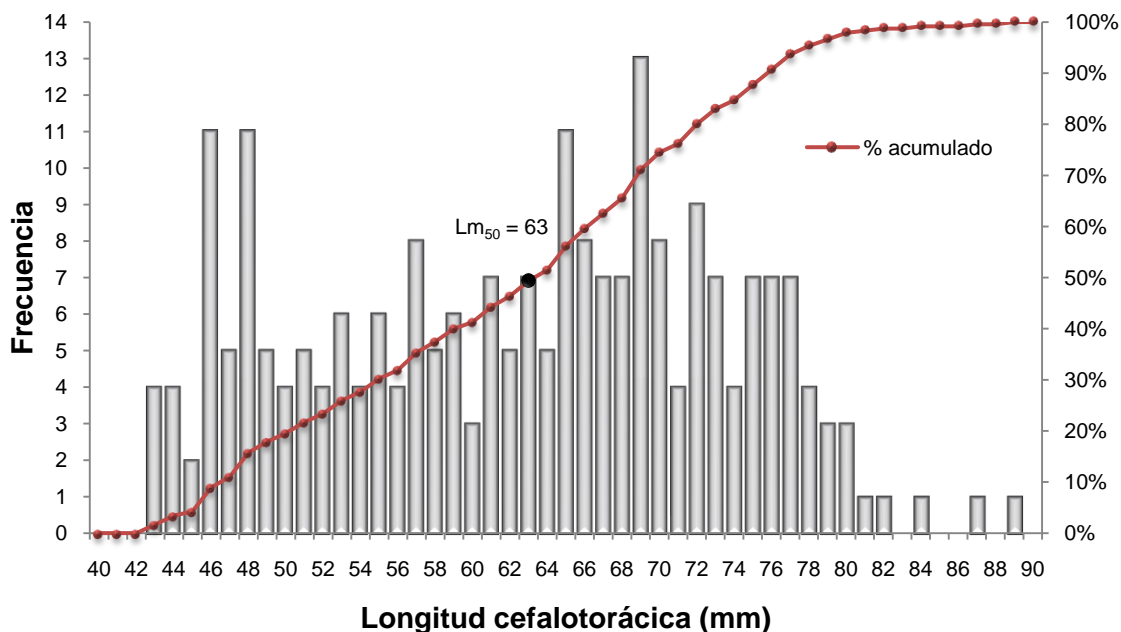


Figura 30. Talla de primera madurez sexual al 50% (L_{m50}) para las hembras de *A. edwardsiana* con presencia de espermátforo en el Golfo de México.

VIII. 9. Parámetros de crecimiento

A partir de que se estimaron las tallas medias a través del método de Bhattacharya, (Tabla 14), se logró identificar los grupos de edad considerando los valores modales. El patrón general mostró que las hembras presentaron de 4 a 5 modas, mientras que los machos presentaron de 2 a 4 modas. Las tallas medias estimadas para hembras, mostraron un rango entre 22.06 (en BIOREPES 3) a 77.2 mm LC (en BIOREPES 2), con índices de separación (SI) mayores a 2 (SI < 2, es prácticamente imposible separar los componentes, Sparre y Venema, 1997), en la mayoría de los datos. En machos, las tallas medias presentaron un rango entre 23.43 (en BATO) a 55.58 mm LC (en COBERPES) e índices de separación satisfactorios mayores a 2. Los datos de entrada

para la estimación se presentan en la Tabla 15; Los parámetros de crecimiento estimados (Tabla 16) indican una longitud asintótica (L_{∞}) de 84.93 y 58.8 mm para hembras y machos respectivamente; un parámetro de curvatura (K) de 0.003376 para hembras y de 0.005304 para machos; parámetro de condición inicial (t_0) de -0.08 para hembras y -5.8 para machos.

Tabla 14. Grupos de edad identificados a partir del análisis de frecuencias de tallas por el método de Bhattacharya, para hembras y machos de *A. edwardsiana*.

Campana	Hembras				Machos			
	\overline{LC}	s	n	SI	\overline{LC}	s	n	SI
	24.36	2.416	29		23.43	1	7	
BATO (Marzo)	31.71	2.147	5	3.223	38.59	2.635	11	8.342
	44.34	7.806	29	2.538	48.24	4.707	23	2.631
	62.72	3.445	6	3.267				
BIOREPES 2 (Junio)	27.35	2.263	6		26	2.236	8	
	37.27	3.806	25	3.268	53.48	4.427	99	8.246
	50.04	2.718	12	3.915				
	69.25	7.271	106	3.845				
	77.2	1.623	11	1.789				
COBERPES (Agosto)	33.08	3.647	13		46.53	5.654	24	
	45.38	3.637	16	3.378	55.58	1.253	5	2.62
	55.35	1.496	6	3.884				
	71.09	4.89	10	4.928				
BIOREPES 3 (Noviembre)	22.06	1.203	6		29.55	1	4	
	31.96	3.638	42	4.089	37.73	2.914	55	4.179
	46.23	3.484	20	4.007	47.25	1.282	18	4.538
	57.03	2.592	20	3.557	52.73	3.67	18	2.215
	68.03	4.093	19	3.29				

\overline{LC} = talla media (longitud cefalotorácica, mm); s = desviación estándar; n = número de individuos; SI = índice de separación.

Tabla 15. Datos de entrada y estimaciones utilizados para el Método de Gulland y Holt. Donde L_1 y L_2 son las longitudes correspondientes a edades consecutivas separadas por un intervalo de tiempo (diferencia en días, entre las diferentes campañas) y \bar{L} corresponde a la talla media. Nótese que \bar{L} corresponde al eje de las abscisas y mm/día al de las ordenadas.

Sexo	L_1	L_2	Tiempo en días	\bar{L} (x)	mm/día (y)
	22.06	37.27	90	29.665	0.169
<i>Hembras</i>	46.23	55.35	60	50.79	0.152
	69.25	71.09	60	70.17	0.0306
	23.43	37.73	90	30.58	0.158
<i>Machos</i>	46.53	48.24	60	47.385	0.0285
	52.73	55.58	60	54.155	0.0475

Tabla 16. Estimación de los parámetros de crecimiento del camarón escarlata, *A. edwardsiana* en el Golfo de México, mediante el método de Gulland y Holt.

Sexo	a (intercepto)	b (pendiente)	L_∞	K	t_0
<i>Hembras</i>	0.2867	-0.003376	84.93	0.10128	-0.08
<i>Machos</i>	0.3119	-0.005304	58.8	0.15912	-5.8

L_∞ = longitud asintótica; k = parámetro de curvatura; t_0 = parámetro de condición inicial.

VIII. 10. Relación talla - profundidad

Durante las cuatro campañas existió una relación entre la talla (longitud cefelotorácica, mm) – y la profundidad (m) para cada uno de los sexos y para ambos sexos de *A. edwardsiana* (Tabla 17). La mayor dispersión de tallas (20-80 mm LC) se distribuyó principalmente en el intervalo de entre los 500 y 700 m de profundidad, incrementando la talla conforme aumentaba esta (Fig. 31).

Tabla 17. Parámetros de la relación talla-profundidad de *A. edwardsiana* por total y sexo, de los datos obtenidos durante las cuatro campañas oceanográficas.

	<i>Parámetros</i>					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	R^2	<i>n</i>	<i>p</i>
<i>Total</i>	25.5161	0.0365	0.3119	0.0973	651	< 0.05
<i>Hembras</i>	21.6464	0.0458	0.2873	0.0825	380	< 0.05
<i>Machos</i>	27.5822	0.0288	0.4659	0.2171	271	< 0.05

a = intercepto; *b* = pendiente de la recta; *r* = coeficiente de correlación; R^2 = coeficiente de determinación; *n* = numero de organismos; *p* = probabilidad de ajuste.

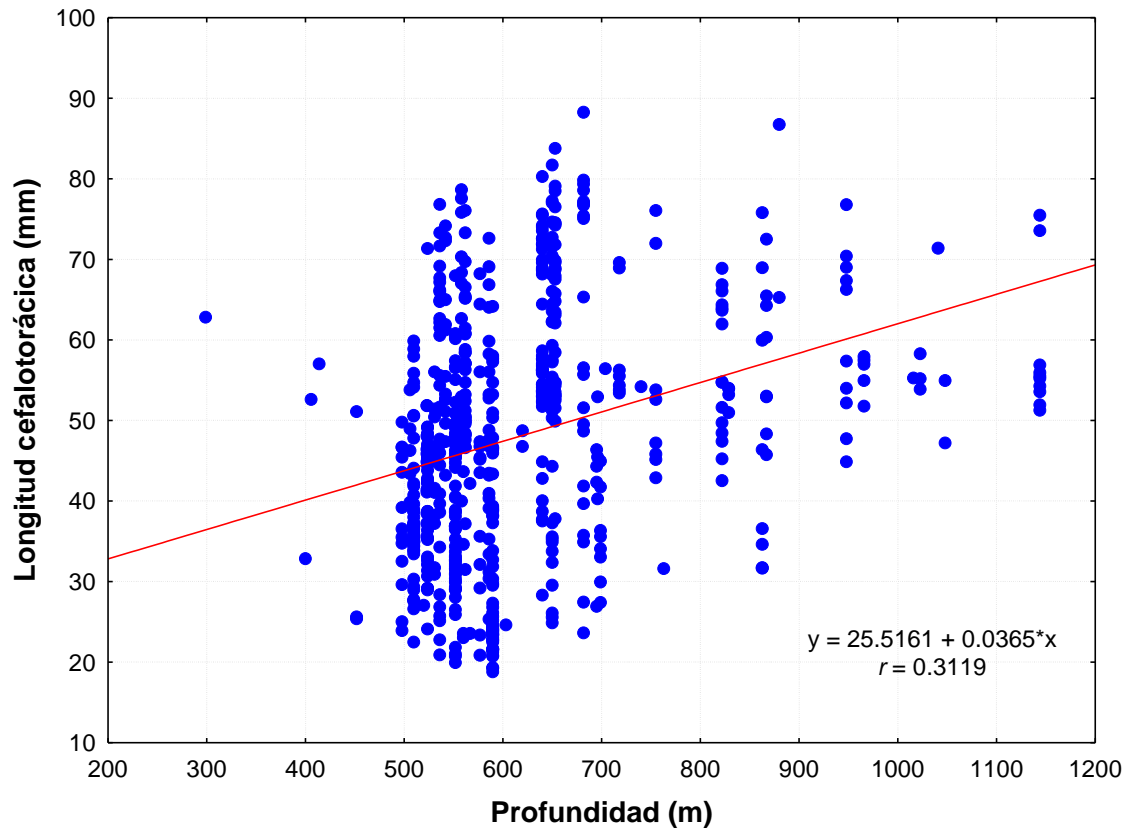


Figura 31. Relación entre talla y profundidad, se observa que la mayoría de los datos se concentran en el intervalo de los 500 a los 700 m de profundidad.

En hembras se registró una relación positiva respecto a la talla con la profundidad. En esta relación las tallas de 18.79 a 88.25 mm LC se distribuyeron en el intervalo de los 299 a 1,144 m de profundidad. Con un coeficiente de correlación de $r = 0.287$ y un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.082$ (Fig. 32).

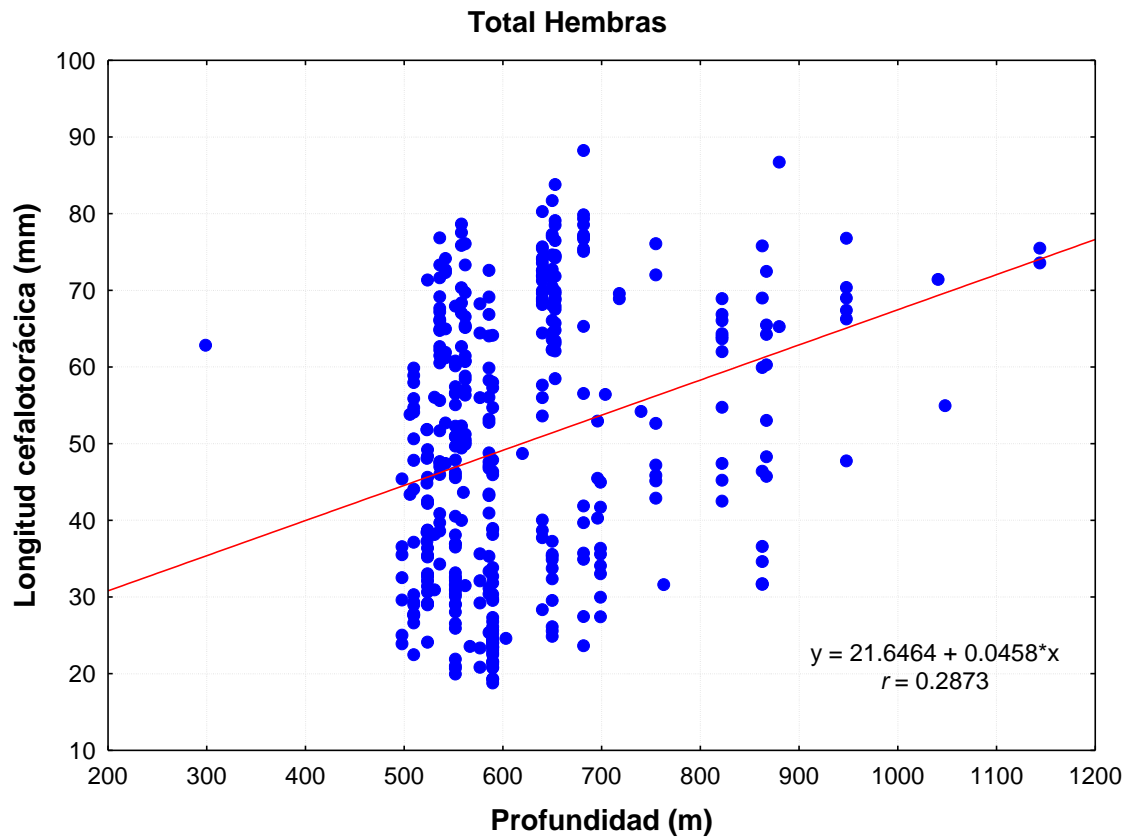


Figura 32. Relación entre talla y profundidad en hembras de *A. edwardsiana*.

En machos también se registró una relación positiva respecto a la talla con la profundidad. En esta relación las tallas de 20.91 a 59.30 mm LC se distribuyeron en el intervalo de los 400 a 1,144 m de profundidad. Con un coeficiente de correlación de $r = 0.465$ y un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.217$ (Fig. 33).

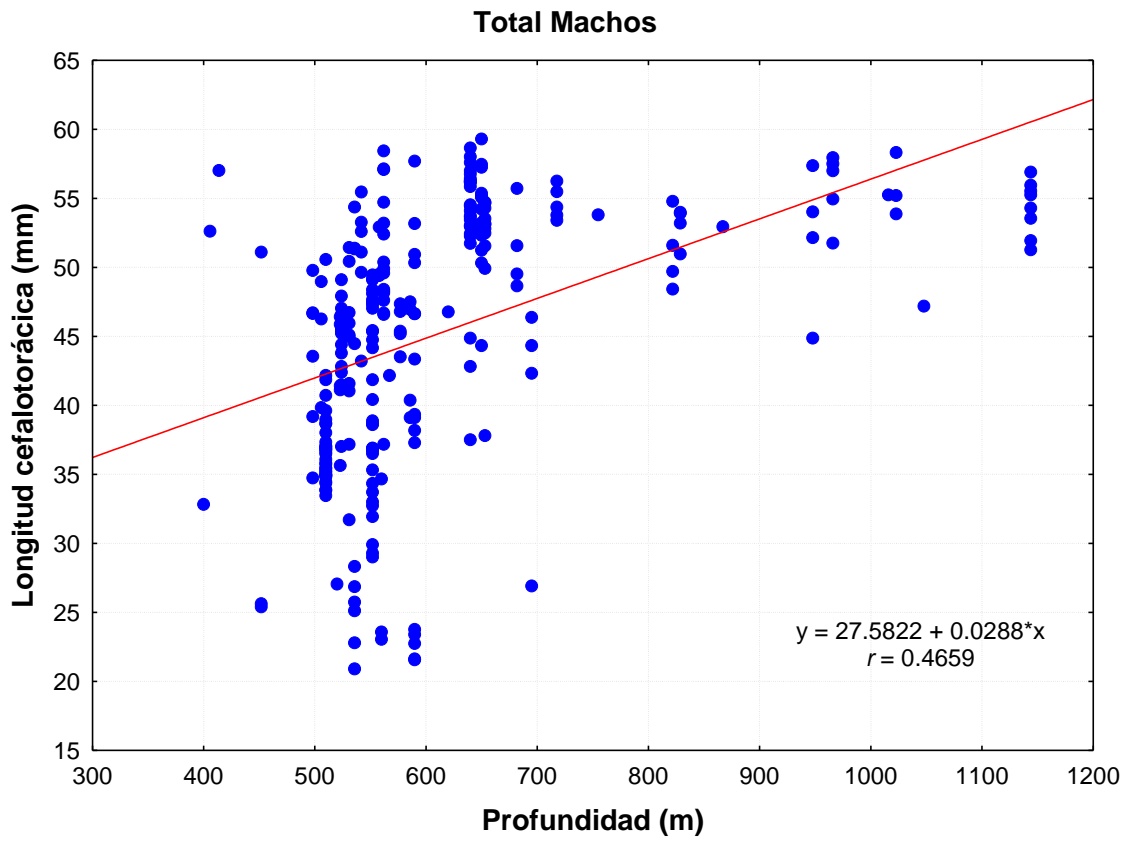


Figura 33. Relación entre talla y profundidad en machos de *A. edwardsiana*.

IX. DISCUSIÓN

IX. 1. Abundancia

Los índices obtenidos de CPUE durante las cuatro campañas mostraron un rango de 0.038 a 4.0 kg/h con una media de 1.02 kg/h, estos valores son bajos en comparación con los valores obtenidos en Brasil en un periodo de 6 años, donde obtuvieron índices de captura anuales de 4.7 a 14 kg/h (Dallagnolo *et al.*, 2009) o los obtenidos en la Guayana Francesa de 7.2 a 14.2 kg/h (Guéguen, 1998). Aunque existe una diferencia considerable entre los valores presentados en estas dos regiones con los presentados en este trabajo, es importante señalar que estos datos provienen de pesquerías ya establecidas, donde la especie objetivo es principalmente *A. edwardsiana*, y donde el esfuerzo pesquero necesario para obtener tales rendimientos no se puede equiparar a los de este estudio científico, como por ejemplo: un número considerable de embarcaciones comerciales, un mayor número de horas de arrastre, estratos específicos de arrastre y sistemas de doble red, por mencionar algunos. En este sentido si incorporamos las mismas condiciones operativas como un sistema de doble red nuestros índices presentarían un rango supuesto de 0.076 a 8 kg/h, los cuales podrían equipararse aún más a los registrados en las pesquerías específicas para esta especie. Esto sin considerar que la mayoría de las embarcaciones utilizadas alcanzan un tamaño promedio mayor a los 30 m de longitud y presentan un rango de 45 a 95 m de abertura de boca en sus redes de arrastre (Dallagnolo *et al.*, 2009), en comparación con los 18 m utilizados en nuestro estudio.

Por otro lado, si bien no representa el punto central de este trabajo, los resultados obtenidos por Gracia *et al.*, en 2010 de 2 a 3.2 kg/h de CPUE para camarones de profundidad (6 especies en total) en el Golfo de México y el esfuerzo pesquero realizado en nuestro estudio a diferentes estratos, hace suponer que la captura a estratos específicos (los de mejor rendimiento) y una captura multiespecífica de camarones de profundidad podría generar índices de CPUE más altos, similares a los reportados en Brasil y en la Guayana Francesa (Tabla 18). En nuestro estudio, los valores de biomasa y CPUE en los estratos muestreados por campaña sólo difirieron significativamente dentro de la campaña BIOREPES 2 (estratos de 600-699 vs 800-899 m de profundidad), lo cual podría atribuirse a que durante esta campaña se encontró la mayor cantidad de

hembras con espermatóforo y de adultos y juveniles de ambos sexos entre los 600 y 699 m de profundidad, indicando que probablemente la reproducción de *A. edwardsiana* se lleva a cabo durante la primavera a dichas profundidades.

En comparación con los índices obtenidos para otras especies de aristeidos (*Aristaeomorpha foliacea*, *Pleoticus robustus* y *Aristeus antennatus*) (Tabla 19), la biomasa media de *A. edwardsiana* estimada en nuestro estudio (21.34 kg/km²) es mayor a la registrada para *Aristaeomorpha foliacea* en el Caribe Colombiano (16.3 kg/km²), donde dicha especie se ha propuesto como un potencial recurso pesquero (Paramo *et al.*, 2011); asimismo, nuestro valor de biomasa se encuentra dentro del rango de los registros de pesquerías ya establecidas en el Mar Mediterráneo para *A. foliacea* y *A. antennatus* (Sardá *et al.*, 2003; Politou *et al.*, 2004).

Tabla 18. Resumen de la información pesquera obtenida para *A. edwardsiana* en Brasil y en la Guayana Francesa (*Guéguen, 1998;**Dallagnolo *et al.*, 2009).

<i>Región</i>	<i>Año</i>	<i>Hrs/arrastre</i>	<i>Desembarque anual (ton)</i>	<i>Tasa de captura anual (kg/h)</i>
<i>Guayana Francesa*</i>	1988	6,528	93	14.246
	1989	5,616	46	8.190
	1990	4,704	34	7.227
	1991	29,592	256	8.650
	1992	20,256	150	7.405
	1993	16,752	140	8.357
<i>Brasil**</i>	2002	935	13	14.026
	2003	6,183.4	58.9	9.380
	2004	9,737.3	81.5	8.130
	2005	24,945.6	182.6	7.686
	2006	18,372.3	99.3	4.705
	2007	3,193.8	19.8	5.380

Tabla 19. Biomasa registrada para diferentes especies de aristeidos en diferentes regiones del mundo (*Paramo *et al.*, 2011;**Politou *et al.*, 2004).

<i>Especie</i>	<i>Media estimada Biomasa (kg/km²)</i>		<i>Rango de Biomasa (kg/km²)</i>	
	<i>Golfo de México</i>	<i>Caribe Colombiano*</i>	<i>Golfo de México</i>	<i>Mar Mediterráneo**</i>
<i>Aristaeopsis edwardsiana</i>	21.34		0.68 – 98.89	
<i>Pleoticus robustus</i>		34.6		
<i>Aristaeomorpha foliacea</i>		16.3		14.33 – 95.35
<i>Aristeus antennatus</i>				0.19 – 28.12

IX. 2. Distribución espacio-temporal y batimétrica

Con respecto a la distribución general de *A. edwardsiana*, nuestros resultados mostraron una mayor concentración de organismos en la zona del sureste del Golfo de México, representada por la campaña BIOREPES 2 con el 53.9% del peso total capturado. Cabe señalar que la campaña BATO que se ubicó también en esta zona, solo representó el 10.4% del peso total capturado. Esta diferencia entre ambas campañas puede atribuirse al rango máximo de profundidad alcanzado por cada una, donde BIOREPES 2 alcanzó 1,071 m, mientras que durante la campaña BATO la profundidad máxima alcanzada fue de 611 m. La campaña BIOREPES 3, que se ubicó en el suroeste del Golfo de México representó el 23.2% y la campaña COBERPES, localizada en la parte central del Golfo sólo representó el 10.4% del peso total capturado.

En las cuatro campañas oceanográficas *A. edwardsiana* se encontró entre 299 y 1,144 m de profundidad, aunque la mayor concentración se presentó entre los 500 y 700 m. Durante la campaña BIOREPES 2, se registró el valor máximo de biomasa (98.89 kg/km²) en los 650 m de profundidad. Estos hallazgos se asemejan a lo reportado en Brasil donde las mayores concentraciones de *A. edwardsiana* se ubicaron entre 600 y 800 m de profundidad (Pezzuto *et al.*, 2006; Perez *et al.*, 2009; Dallagnolo *et al.*, 2009); y en la Guayana Francesa donde *A. edwardsiana* tiene un pico en la abundancia a partir

de los 700 m de profundidad (Guéguen, 1998; 2001). Cartes y Sardá (1992), mencionan que en el mar Mediterráneo los camarones de la familia Aristeidae se concentran en el rango de los 500 a 700 m de profundidad, como se han reportado en otras partes del mundo, por lo que se ha sugerido que este patrón de distribución a tales rangos de profundidad posiblemente esté asociado a procesos de competencia entre tres especies de esta familia (*A. foliacea*, *A. antillensis* y *A. edwardsiana*) en la pendiente del talud continental (Pezzuto *et al.*, 2006). Sin embargo, es necesario analizar con más detalle la relación entre estas 3 especies de aristeidos en el Golfo de México, complementando lo realizado por Gracia *et al.*, en 2010.

Aunque no se implementó un muestreo temporal en este estudio, los resultados obtenidos son acordes con los patrones estacionales documentados en Brasil (Dallagnolo *et al.*, 2009; Pezzuto *et al.*, 2006), donde las variaciones temporales presentadas por *A. edwardsiana* en las tasas de captura, sugieren un régimen de captura estacional de invierno–primavera con un pico durante la primavera, este patrón también se ha descrito para *A. antennatus* en el Mediterráneo (Sardá, 2003). Debido a que nuestros datos corresponden solo a tres temporadas del año (primavera, verano y otoño), no se puede comprobar un régimen de captura similar. No obstante, al igual que en los estudios previamente mencionados, en nuestro estudio las mayores tasas de captura se registraron en la campaña BIOREPES 2 realizada durante la primavera. Por otro lado, cabe señalar que el régimen de captura de *A. edwardsiana* en la Guayana Francesa se ha relacionado con la estación seca del año que abarca de agosto a diciembre (Guéguen, 1998).

La distribución de *A. edwardsiana* durante la primavera en el Golfo de México oriental (22° a 24° N y 89 a 91° O), consistió principalmente de hembras con espermatóforo (82% en BIOREPES 2 y 33.4% en BATO) y machos adultos. En este mismo periodo entre los 22° N y 91° O se observó la mayor cantidad de juveniles de ambos sexos. Estos datos sugieren que el desove de *A. edwardsiana* ocurre durante la primavera en el Golfo de México, de manera similar a lo reportado en Portugal (Figueiredo *et al.*, 2001). La diferencia en la distribución de las hembras con presencia de espermatóforo entre las campañas BIOREPES 2 y BATO, mismas que se realizaron durante la primavera podría relacionarse con el momento durante la temporada en que se llevaron a cabo, ya que por un lado la campaña BATO se desarrolló durante el inicio de la primavera, mientras

BIOREPES 2 a finales de ésta, así también se podría relacionar con el nivel máximo de profundidad alcanzado por una campaña con respecto a la otra.

Durante el verano en la zona central del Golfo de México (18° a 20° N y 92° a 95° O), se registró una cantidad similar de hembras adultas y juveniles. La proporción de hembras con espermátforo disminuye en esta región a un 64%, al igual que disminuye la tasa de captura de los machos adultos. Durante el otoño, en la parte más occidental del talud continental del Golfo de México (21° a 25° N y 96° a 97° O), observamos una segregación sexual en los adultos y un incremento importante en la presencia de juveniles en los arrastres. De la misma forma disminuye considerablemente la proporción de machos en la tasa de captura y la proporción de hembras con espermátforo a un 50%. La presencia de juveniles de ambos sexos en abundancia similar a la de las hembras adultas en esta temporada, permite plantear que en el otoño se presenta el reclutamiento, mismo que probablemente ocurre durante la mayor parte del año para la población de *A. edwardsiana* en el Golfo de México.

IX. 3. Estructura poblacional

Para la población muestreada, las tallas fluctuaron entre 18.79 y 88.25 mm de longitud cefalotorácica (LC). Al realizar el análisis de la longitud por sexo, en las hembras se registró una talla máxima de 88.25 mm de LC mientras que los machos alcanzan tallas menores, ya que la talla máxima fue de 59.3 mm de LC. Este dimorfismo sexual coincide con lo reportado por Perez (2009) en *A. edwardsiana*, donde las hembras alcanzaron tallas máximas de 106 mm de LC y los machos de 72 mm LC (T-test: $p < 0.0001$), por lo que la talla representa una característica sexualmente dimórfica en los aristeidos (Pérez-Farfante, 1997; Sardá *et al.*, 1994). Dicho dimorfismo sexual se presenta como un acortamiento en la longitud del rostrum de los machos y representa el cambio morfológico más importante en la vida de los machos adultos, aunque este proceso no esté directamente relacionado con la maduración sexual en este grupo (Sardá *et al.*, 1994). No obstante, a partir del proceso de acortamiento del rostrum prosigue el almacenamiento del espermátforo y la unión del petasma, asociados a la reproducción, al menos en *A. antennatus* y *A. edwardsiana* (Guéguen, 2001).

Se realizó una estimación de los parámetros de crecimiento del camarón escarlata en el Golfo de México. Comparando nuestros parámetros de crecimiento con los estimados para *A. foliácea* en el Mar Mediterráneo, se observa que para hembras ($K = 0.37$; $L_{\infty} = 66.6$) y machos ($K = 0.45$; $L_{\infty} = 47$) de *A. foliácea* (Politou *et al.*, 2004), el parámetro de curvatura es mayor que en machos ($K = 0.15$; $L_{\infty} = 58.8$) y hembras ($K = 0.10$; $L_{\infty} = 84.93$) de *A. edwardsiana*, lo que es de esperarse ya que *A. edwardsiana* alcanza una mayor talla que *A. foliácea*.

IX. 4. Proporción sexual

Los datos disponibles en este trabajo no mostraron una diferencia significativa en la proporción de hembras y machos de acuerdo a la temporada, aunque las hembras representaron el 58% de la captura total de organismos durante las cuatro campañas. Mientras que en especies como *A. antillensis* se ha sugerido que la proporción sexual está asociada a un patrón estacional (Pezzuto *et al.*, 2009), otros autores han señalado que la captura de organismos de menor talla (por ejemplo, machos y juveniles) está subestimada debido a la selectividad de la red, lo que conlleva una mayor captura de organismos más grandes (como las hembras adultas); este fenómeno de selectividad ha sido observado en *A. edwardsiana* en la Guayana Francesa y en otros aristeidos (Sarda *et al.*, 1989; Guéguen, 1998; 2001), por lo que es un factor importante a tener en cuenta en los resultados, ya que al igual que en los estudios de Guéguen (1998 y 2001), en la presente investigación se utilizó una red de 45 mm de malla.

IX. 5. Relación talla profundidad

Se ha documentado por varios autores que la talla de *A. edwardsiana* aumenta conforme la profundidad (Mota, 1972; Guéguen, 1998; Figueiredo *et al.*, 2001). Los resultados obtenidos en este estudio no muestran una tendencia clara de este fenómeno. Si bien, se capturaron organismos de mayor talla a grandes profundidades, éstos también se distribuyeron a través de la mayoría de los estratos explorados. Sin embargo, lo que se logra apreciar a partir de la distribución de tallas con respecto a la profundidad es una segregación sexual y una co-ocurrencia de sexos en determinados estratos: en profundidades de 600 a 700 m, la población se conformó de hembras juveniles y

adultas, así como machos adultos (99 hembras y 59 machos); a partir de los 700 a 900 m, la población consistió principalmente de hembras adultas (40 hembras y 15 machos), y a partir de los 900 m en adelante la composición de la población fue mayormente de machos adultos (22 machos y 10 hembras). El hecho que la mayoría de hembras y machos adultos se localicen en el estrato de los 600 a 700 m de profundidad, está posiblemente asociado a la reproducción y en general a mejores condiciones para la supervivencia de los juveniles, ya que los mayores registros de hembras adultas con presencia de espermátforo y de machos adultos se llevó a cabo en este estrato, principalmente durante la primavera.

Por otro lado, la distribución de hembras a menores profundidades (700-900 m) y de machos a mayores (a partir de los 900 m) concuerdan con lo reportado por Sardá *et al.* (2003), donde encontraron que a profundidades menores de 800 m, la población de otra especie de aristeido, (*Aristeus antennatus*) fue dominada por hembras y a más de 1,000 m por machos. Pezzuto y colaboradores (2009) plantean que los individuos machos de menor tamaño que las hembras habitan aguas más frías, debido a que presentan una menor demanda metabólica. La tendencia de migrar hacia aguas más profundas puede corresponder a un comportamiento natural del ciclo de vida de la mayoría de los crustáceos, los cuales se desplazan gradualmente hacia aguas más profundas para completar su desarrollo. Asimismo, Guéguen (1998), sugiere que los juveniles habitan en menores profundidades debido a que la temperatura en aguas superficiales es mayor, y por lo tanto, más favorable para su crecimiento, mientras que los especímenes más grandes y viejos viven en aguas más profundas. Al respecto, Childress *et al.* (1990), demostraron experimentalmente que la tasa metabólica de los crustáceos decápodos declina al aumentar la profundidad a la que se encuentran como respuesta a la disminución simultánea de temperatura.

IX. 6. Desarrollo de la pesquería de aristeidos en México

En el presente estudio se proporciona información reciente sobre la distribución, composición, estructura poblacional y abundancia relativa del camarón escarlata (*Aristaeopsis edwardsiana*) en el Golfo de México, con el propósito de contribuir con el conocimiento biológico de esta especie y sentar las bases para su manejo como un

recurso potencialmente explotable, no sólo por su disponibilidad sino también por su apreciada demanda comercial. Al analizar los resultados obtenidos y considerando las condiciones operativas en el presente estudio, se puede considerar bajo el potencial pesquero de *A. edwardsiana* en el Golfo de México para mantener una pesquería dirigida solamente a esta especie. Antes del establecimiento de cualquier tipo de explotación se recomienda contar con estudios específicos orientados a la selectividad y rendimiento pesquero, que provean de información para la administración pesquera sostenible y responsable, así como de programas de investigación dirigidos a conocer aspectos sobre su biología reproductiva, ecología trófica, crecimiento y dinámica poblacional. En este sentido, el establecimiento de una pesquería de *A. edwardsiana* deberá tener en cuenta las características biológicas y ecológicas de la especie, ya que su distribución en parches, su segregación sexual y su lento crecimiento la podría hacer vulnerable a altos niveles de presión pesquera (Figueiredo *et al.*, 2001).

Se debe considerar también que la productividad probablemente será baja, en parte como consecuencia de la falta de alimento en hábitats de aguas medias y profundas (Palacios *et al.*, 2009), por lo que no se puede esperar llegar a los valores actuales de CPUE de la pesquería en aguas someras del camarón café (80 a 260 kg/h), aunque quizás se podrían alcanzar los niveles de CPUE de la pesquería del camarón rosado de 4.0-32 kg/h (Gracia *et al.*, 2010). Por otra parte, los camarones aristeidos son más vulnerables a la sobrexplotación que los peneidos costeros debido a: a) su valor económico más alto, b) ser estrategias tipo K; es decir, que se caracterizan por tener una menor tasa de crecimiento y una mayor expectativa de vida, c) sus patrones de distribución, con movimientos migratorios a través de la profundidad, y d) el comportamiento reproductivo estacional, que induce a grandes concentraciones de biomasa vulnerables en las zonas de pesca (Pezzuto *et al.*, 2009). Dallagnolo *et al.*, (2009) identifica las tendencias espacio-temporales de la pesquería de camarón en aguas profundas de Brasil en su periodo de mayor explotación (2002 - 2007), y llega a la conclusión de que los camarones aristeidos no pueden sostener una explotación comercial basándose en las tasas de captura obtenidas (14 a 4.7 kg/h). Sin embargo, considerando que las tasas de captura son de hecho muy inferiores a las que generalmente se presentan en los camarones someros, los elevados precios en el mercado de los camarones aristeidos permiten una explotación comercial redituable.

Para que la pesquería tenga un desarrollo significativo, será necesario también tener en cuenta explícitamente la conservación de la biodiversidad bentónica, ya que existe una preocupación sobre los impactos potencialmente negativos del alto descarte que tienen las artes de pesca poco selectivas como las redes de arrastre (Palacios *et al.*, 2009). Por lo que antes de que se desarrolle una pesquería local de aristeidos, se deberán realizar más estudios encaminados a delimitar las posibles zonas de pesca y a estimar los niveles máximos de captura sustentable. Por lo tanto, es conveniente establecer inicialmente una flota determinada, así como el establecimiento de una estrategia de rotación que permita que el esfuerzo pesquero se disperse a lo largo de la zona económica exclusiva, son medidas que deberán ser consideradas.

X. CONCLUSIONES

A. edwardsiana se distribuye a lo largo del margen del talud continental del Golfo de México, con una mayor abundancia entre los 89° y 91° longitud Oeste.

A. edwardsiana presenta una amplia distribución batimétrica (299 a 1,144 m de profundidad) en el Golfo de México y alcanza una mayor abundancia entre los 500 a 700 m de profundidad.

La densidad máxima de esta especie se registró durante la primavera y posteriormente disminuyó durante el verano y otoño.

El porcentaje registrado de hembras de *A. edwardsiana* fue ligeramente mayor al de los machos independientemente de la época del año en la que se capturen. Además existe una mayor proporción de hembras con presencia de espermatóforo durante la primavera.

En *A. edwardsiana* existe un dimorfismo sexual en la talla, ya que las hembras alcanzan una talla mayor que los machos. Las hembras registraron tallas de los 18.79 a 88.25 mm de LC, mientras que los machos de los 20.91 a 59.3 mm de LC. Se estimó una tasa de crecimiento del camarón escarlata en el Golfo de México de 0.003376 mm/día para hembras y de 0.005304 mm/día para machos.

A. edwardsiana tiene una tendencia de migrar hacia las zonas más profundas, conforme aumenta su talla. A partir de los 900 m de profundidad se registró un número mayor de machos que hembras.

Los índices de CPUE obtenidos para *A. edwardsiana* (4 kg/h) en los estratos de mayor abundancia en el Golfo de México (500 a 700 m de profundidad) son menores a los reportados en otras regiones donde existen pesquerías para esta especie; sin embargo, las condiciones operativas en este estudio no permiten determinar si es posible el establecimiento de una pesquería rentable únicamente para esta especie

XI. LITERATURA CITADA

- Arana, P., Alvarez, J. A. y Pezzuto, P. R. 2009. Deep-sea fisheries off Latin America: an introduction. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(3): 281-284.
- Arreguín-Sánchez, F. y Chávez, E. 1985. Estado del Conocimiento de las pesquerías de camarón en el Golfo de México. *Inv. Mar., CICIMAR, México*, 2 (2): 23-44.
- Balsam, W.L. y Beeson, J.P., 2003. Sea-floor sediment distribution in the Gulf of Mexico. *Deep Sea Research I* 50 (12), 1421-1444.
- Belcari, P., Viva, C., Mori, M. y De Ranieri, S. 2003. Fishery and biology of *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827) (Crustacea: Decapoda) in the Northern Tyrrhenian Sea (Western Mediterranean). *J. Northw. Atl. Fish Sci.*, 31:195-204.
- Bhattacharya, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.
- Bianchini, M. L., Ragonese, S. y Levi, D. 2003. Management hypotheses to improve yield-per-recruit and economic returns in the red shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) fishery of Southern Sicily (Mediterranean Sea). *J. Northw. Atl. Fish Sci.*, 31:233-243.
- Cartes, J.E. y F. Sardá. 1992. Abundance and diversity of decapods crustaceans in the deep-Catalan Sea (western Mediterranean). *J. Nat. Hist.*, 26: 1305- 1323.
- Childress, J.J., Cowles, D.L., Favuzzi, J.A. y Mickel, T.J. 1990. Metabolic rates of benthic deep-sea decapods crustaceans decline with increasing depth primarily due to the decline in temperature. *Deep-Sea Res.*, 37(6): 929-949.
- Dallagnolo, R., Perez, J., Pezzuto, P. y Wahrlich, R. 2009. The deep-sea shrimp fishery off Brazil (Decapoda: Aristeidae): development and present status. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(3): 327-345.
- de la Lanza, G. 1991. *Oceanografía de Mares Mexicanos AGT*. Editor, S.A. 569.
- D'Incao, F. 1998. The Brazilian species of the family Aristeidae Wood-Mason (Crustacea: Decapoda). *J. Nat. Hist.*, 32:1509-1518.
- Escobar-Briones, E. 2000. La biodiversidad del mar profundo en México. *Biodiversitas* 6 (29), 2-6.
- Falciái, L. 1995. *Guía de los crustáceos decápodos de Europa*. Ed. Omega. Barcelona. 299.
- Figueiredo, M.J. y Charneca, I., 1968. On the biology of some penaeid shrimps landed in Portugal with special reference to *Penaeus duorarum* Burkenroad. *ICES CM 1968/K*: 18, 11.

Figueiredo, M.J., Figueiredo, I. y Bordalo-Machado P. 2001. Deep-water penaeid shrimps (Crustacea: Decapoda) from off the Portuguese continental slope: an alternative future resource? *Fisheries Research*. 51: 321-326.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Report and documentation of the expert consultation on deep sea fisheries in the high seas. Bangkok, Thailand, 21- 23 November 2006. *FAO Fish. Rep.*, 838: 208.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2010. Estudio mundial sobre las pesquerías del camarón. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 475. Roma. 386p.

Freitas, A.J., 1985. The penaeoidea of southeast Africa. II. The families Aristeidae and Solenoceridae. *Invest. Rep. Oceanogr. Res. Inst.* 57, 1-69.

Gayanilo, F. C., Sparre, P. y Pauly, D. *FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II)*. Revised version. User's guide. *FAO Computerized Information Series (Fisheries)*. No. 8, Revised version. Rome, FAO. 2005. 168 p.

Gordon, J., Bergstad, O., Figueiredo, I. y Menezes, G. 2003. Deep-water fisheries of the northeast Atlantic: I. Description and current trends. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 31: 137-150.

Gracia, A. 2004. Aprovechamiento y conservación del recurso camarón. En: *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Caso, M., Pisanty, I. y Ezcurra, E. Volumen 2. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). 713-726.

Gracia, A. y Vázquez-Bader, A. R. 1999. Shrimp fisheries in the south Gulf of Mexico: present and future management alternatives. En: H. Kumpf, D. Steidinger y K. Sherman, editors. *The Gulf of Mexico large marine ecosystem: assessment, sustainability, and management*. Berlin: Blackwell Science. 205–234.

Gracia, A., Vázquez-Bader, A., Lozano-Álvarez, E. y Briones-Fourzán, P. 2010. Deep-water shrimp (Crustacea: Penaeoidea) Off the Yucatan peninsula (southern Gulf of Mexico): A potential fishing resource? *Journal of Shellfish Research*, 29:1, 37–43.

Guéguen, F. 1997. Étude biométrique de deux especes de crevettes profondes exploitées en Guyane Française. *C. R. Acad. Sci. Paris*. 320: 899–908.

Guéguen, F. 1998. Biologie de la crevette profonde *Plesiopenaeus edwardsianus* en Guyane Française. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 321:757-770.

Guéguen, F. 2001. Notes sur la biologie de la crevette de profondeur *Aristeus antillensis* en Guyane Française. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 324:689-700.

Hofmann, E.E. y Worley, S.J., 1986. An investigation of the circulation of the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research* 91 (C12), 14 221-14 236.

Holthuis, L. 1980. Shrimps and prawns of the world. An Annotated Catalogue of Species of Interest to Fisheries. *FAO species catalogue*. (125)Vol. 1:271.

Japp, D. y Wilkinson, S. 2007. Deep-sea resources and fisheries. En: Report and documentation of the expert consultation on deep-sea fisheries in the high seas. Bangkok, Thailand, 21-23 November 2006. FAO Fish. Rep., 838: 39-59.

Klima, E.E. 1976. An assessment of the fish stocks and fisheries of the Campeche Bank. WECAF Stud., (5):24.

Lagardere, J.P., 1971. Les crevettes des cotes du Maroc. Institut Scient. Cherif et la Faculte des Sciences, Vol. 36, 140.

Lorance, P. y Dupuoy, H. 2001. CPUE abundance indices of the main target species of the French deepwater fishery in ICES Sub-areas V-VII. Fish. Res., 51: 137-149.

Monreal-Gómez, M.A. y Salas de León, D.A., 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México, Monografía No, 3. Unión Geofísica Mexicana 99, 183-199.

Morrison, J.M., Merrell Jr. W.J., Hey, R.M. y Key, T.C. 1983. Property distributions and deep chemical measurements within the western Gulf of Mexico. Journal Geophysical Research, 88(4):2601-2608.

Mota, A.N., 1972. Estudo sobre os camaroes comerciaveis da costa de Angola. Publ. Mimeogr. Missao Estud. Boceanol. Pescas Angola 6 (Ser. Biol. 3), 1-78.

Ortiz, M. y de la Lanza, G. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: Un inventario regional. Inst. de Geografía, UNAM. Serie textos Universitarios Núm. 3. 37-40.

Palacios, J., Barriga, E., Salazar, C., Rodríguez, A y Romero, M. 2009. Aspectos de la biología de *Coryphaenoides delsolari* Chirichigno & Iwamoto, 1977 frente a la zona norte del Perú. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(3): 455-462.

Papaconstantinou, C. y Kapisir, K. 2003. The biology of the giant red shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) at an unexploited fishing ground in the Greek Ionian Sea. Fish. Res. 62:37-51.

Paramo J. y Saint-Paul U. 2011. Deep-sea shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Pleoticus robustus* (Crustacea: Penaeoidea) in the Colombian Caribbean Sea as a new potential fishing resource. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-8.

Pérez Farfante, I. 1988. Illustrated key to Penaeoid shrimps of comerce in the americas. NOAA Technical report NMFS. 64.

Pérez Farfante, I. y Kensley, B. 1997. Penaeoid and Sergestoid. Shrimps and Prawns of the World. Paris: Editions du Museum National d Histoire Naturelle. 175.

Perez, J., Wahrlich, R., Pezzuto, P., Schwingel, P., Lopes F. y Rodrigues-Ribeiro, M. 2003. Deep-sea fishery off southern Brazil: recent trends of the Brazilian fishing industry. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 31: 1-18.

- Perez, J., Pezzuto, R., Wahrlich, R. y de Souza Soares, A. L. 2009. Deep-water fisheries in Brazil: history, status and perspectives. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(3): 513-541.
- Pezzuto, R., Pérez, J. y Wahrlich, R. 2006. Deep-sea shrimps (Decapoda: Aristeidae): new targets of the deep-water trawling fishery in Brazil. *Braz. J. Oceanogr.* 54:123–134.
- Pezzuto, R. y Coachman, M. 2009. Reproductive cycle and population structure of the deep-water shrimp *Aristeus antillensis* A. Milne Edwards & Bouvier, 1909 (Decapoda: Aristeidae) on southeast Brazilian continental slope. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(3): 443-454.
- Piñeiro, C., Casas, M. y Bañón, R. 2001. The deepwater fisheries exploited by Spanish fleets in the northeast Atlantic: a review of the current status. *Fish. Res.*, 51: 311-320.
- Politou C., Kapis K., Maiorano P., Capezzuto F. y Dokos J. 2004. Deep-sea Mediterranean biology: the case of *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827) (Crustacea: Decapoda: Aristidae). *Scientia Marina* 68, 129-139.
- Ragonese, S. y Bianchini, M. 1996. Growth, mortality and yield per-recruit of the deep-water shrimp *Aristeus antennatus* (Crustacea-Aristeidae) of the Strait of Sicily (Mediterranean Sea). *Fish. Res.* 26:128–137.
- SAGARPA. 2011. Anuario Estadístico de Pesca 2011. México, Distrito Federal.
- Sardá, F. y M. Demestre. 1989. Estudio bioecológico de la gamba, *Aristeus antennatus*, (Risso, 1816) en el mar Catalán. *Inv. Pesq.*, 51(Suppl.1): 213-232.
- Sardá, F. y Cartes J. E. 1994. Life cycle of *Aristeus antennatus* in the Catalan Sea. En: Bianchini, M.L. and S. Ragonese (eds): Life cycles and fisheries of the deep water shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*. N.T.R.-I.T.P.P. Special Publ., 3: 21-22.
- Sardá, F.; Company, J. B. y Maynou, F. 2003. Deep-sea shrimp *Aristeus antennatus* Risso, 1816 in the Catalan Sea, a review and perspectives. *J. North. Atl. Fish. Sci.*, 31:127-136.
- Schultz-Ruiz, L. E. y Chavez, E. 1966. Contribución al conocimiento de la Biología pesquera del camarón blanco (*Panaeus setiferus*) del Golfo de Campeche México. En: Memorias simposio sobre biología y dinámica poblacional de camarón. Secretaría de Industria y Comercio. 58-73.
- Sisewine, M. y Mace, P. 2007. Can deep water fisheries be managed sustainably? In: Report and documentation of the expert consultation on deep-sea fisheries in the high seas. Bangkok, Thailand, 21-23 November 2006. *FAO Fish. Rep.*, 838: 61-112.
- Sparre, P. y Venema, S.C. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual FAO. Documento técnico de pesca No. 306/1, Rev. 2, Roma, 420.

Stiles, M., Harrould-Kolieb, E., Faure, P., Ylitalo-Ward, H. y Hirshfield, M. 2007. Deep sea trawl fisheries of the southeast US and the Gulf of Mexico: rock shrimp, royal red shrimp, Callico scallops. Washington, DC: Oceana. 18.

Tavares, M., 2002. Crustaceans. En: The living marine resources of the western central Atlantic. Volume I, Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. Carpenter, K. FAO Species Identification guide for Fishery Purposes. Roma. 252-262.

Troyanovsky, F. y Lisovsky, S. 1995. Russian (USSR) fisheries research in deep-waters (below 500 m.) in the north Atlantic. In: A.G. Hooper (ed.) Deepwater fisheries of the north Atlantic oceanic slope. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 357-365.

Vidal, V., Vidal, F. y Hernandez, A. 1990. Atlas Oceanográfico del Golfo de México. Vol. II. Grupo de Estudios Oceanográficos. Instituto de investigaciones eléctricas. 2:691.

Wicksten, M. y Packard, J. 2005. A qualitative zoogeographic analysis of decapod crustaceans of the continental slope and abyssal plain of the Gulf of Mexico. Deep Sea Res. I 52:1745–1765.

Zar, J.M., 1999. Bioestatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey. 663.