



ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LOS CRUSTÁCEOS DE AGUAS PROFUNDAS DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN EL CARIBE NORTE COLOMBIANO



"Acuicultura y Pesca con Responsabilidad"



El campo
es de todos

Minagricultura



ISBN digital: 978-958-746-511-2

INTEGRANTES DEL PROYECTO



AUNAP

AUTORIDAD NACIONAL
DE ACUICULTURA Y PESCA

"Acuicultura y Pesca con Responsabilidad"

Dr. Jorge Paramo
Investigador Principal

Dr. Daniel Pérez Ferro
Investigador

Esp. Yeimy Vargas Castillo
Investigador

Dra. Diana Bustos Montes
Investigador

M.Sc. Alfredo Rodríguez
Estudiante de Doctorado

Mayra Atencia Galindo
Estudiante de Maestría

Olga Jiménez de Luque
Estudiante de pregrado

Neider Arango
Estudiante de pregrado

Dra. María Rosa Angarita
Jefe de Oficina de Generación
del Conocimiento
y de la Información

Ing. Cristhian Marrugo
Supervisor convenio - AUNAP

Sarina Robles
Supervisor convenio - AUNAP

Universidad del Magdalena, Grupo de
Investigación Ciencia y Tecnología
Pesquera Tropical (CITEPT).

Cra. 32 N° 22-08,
Santa Marta, Magdalena, Colombia.

E-mail:
jparamo@unimagdalena.edu.co

Equipo de apoyo:

Mauricio Hurtado - Unimagdalena

Deiner Marín - Unimagdalena

Juan Daniel Gómez - Unimagdalena

Yanethxis Cervantes - Unimagdalena

La información de las imágenes satelitales proviene del proyecto "Cambios de largo plazo en la biomasa, productividad y dominancia de la comunidad del fitoplancton en el sistema de surgencia del Caribe colombiano" financiado por FONCIENCIAS (Unimagdalena).

ISBN digital: 978-958-746-511-2

Cítese como:

Pérez, D., Paramo, J., Vargas, Y., Rodríguez, A., Atencia, M., Hurtado, M., Marín, D., Jiménez, O., Arango, N. y D. Bustos-Montes. 2022. Aspectos reproductivos de los crustáceos de aguas profundas de importancia comercial en el Caribe Norte colombiano. AUNAP – UNIMAGDALENA- CITEPT. 35 p

Autor de correspondencia: jparamo@unimagdalena.edu.co

Tabla de Contenido

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ÁREA DE ESTUDIO	3
METODOLOGÍA	4
ASPECTOS REPRODUCTIVOS <i>Metanephrops binghami</i> (Boone, 1927)	5
ASPECTOS REPRODUCTIVOS <i>Eunephrops bairdii</i> (Smith, 1885)	10
ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE <i>Paneopsis serrata</i> (Bate, 1881)	15
ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE <i>Pleoticus robustus</i> (Smith, 1885)	20
ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE <i>Aristaemorpha foliacea</i> (Risso, 1827)	25
ÉPOCA DE DESOVE	30
COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES	31
MANEJO DE LOS RECURSOS	34
BIBLIOGRAFÍA	35

RESUMEN DEL PROYECTO

Debido al colapso de la pesquería de arrastre de camarón de aguas someras en el Caribe colombiano, y los problemas asociados a la pesca artesanal, como el desplazamiento de sus zonas tradicionales de pesca, la baja tecnificación, la reducción en las capturas y los ingresos obtenidos de la actividad, el presente proyecto planteó como alternativa la posibilidad de desarrollar una nueva pesquería de crustáceos de profundidad. Sin embargo, esta debe considerar un enfoque precautorio de acuerdo con el código de conducta responsable que considere información básica sobre la biología reproductiva de las especies (estadios reproductivos, talla de primera madurez sexual, talla media de madurez, fecundidad, desarrollo de los ovocitos, época reproductiva y zonas donde se reproducen). El hecho de comenzar una nueva pesquería de crustáceos de profundidad permitiría distribuir el esfuerzo pesquero más eficientemente sin que esto incluya el ingreso de nuevas embarcaciones. Además, con el inicio de nuevas pesquerías de crustáceos de profundidad se reactivaría la actividad pesquera artesanal del Caribe colombiano como una alternativa de aprovechamiento sostenible y generación de empleos. Por lo tanto, las regulaciones de manejo tales como vedas que tienen como propósito proteger la reproducción y el reclutamiento de los crustáceos, dependen del conocimiento de la biología reproductiva y de la sostenibilidad de la pesquería. En este sentido, el primer paso en el manejo pesquero de los crustáceos en el Caribe colombiano es conocer los parámetros del ciclo de vida, así como las áreas y épocas de desove, antes de empezar una explotación comercial, con el fin de recomendar estrategias de manejo y conservación, teniendo en cuenta el enfoque ecosistémico para el desarrollo de una pesquería sostenible y responsable. El proyecto de investigación tuvo como objetivo “Evaluar la biología reproductiva de las especies de crustáceos de aguas profundas en el Caribe norte colombiano como potencial recurso de importancia comercial para una nueva pesquería, con fines de recomendar medidas para su manejo y aprovechamiento sostenible”. El área de estudio comprendió el Caribe colombiano, desde Puerto Estrella en La Guajira hasta la desembocadura del río Magdalena. La biología y potencial reproductivo se determinó por medio de muestreos mensuales durante 12 meses, mediante pesca de arrastre experimental para captura de crustáceos de aguas profundas. Se determinaron aspectos como estructura de tallas, proporción sexual, estadios de madurez, época reproductiva, talla de madurez y fecundidad como parámetros del ciclo reproductivo, considerando que existe interés de explorar la potencial apertura de una nueva pesquería de aguas profundas en el Caribe colombiano. Este trabajo generó información biológica clave de los crustáceos con potencial importancia comercial que debe ser incluida en el diseño de estrategias de manejo y conservación, enmarcadas en el enfoque ecosistémico para el desarrollo de una actividad sostenible y responsable.

INTRODUCCIÓN

En las profundidades marinas se encuentra uno de los ecosistemas más extensos del mundo, con un elevado nivel de biodiversidad y muchas especies que tienen ciertas características de su ciclo vital que las hacen vulnerables a altos niveles de explotación. Sin embargo, entre los 200 y 600 metros de profundidad se desarrollan pesquerías de talud muy importantes, como la pesquería de merluza, rapas, cigala y otras especies de alto valor, que tienen una incidencia mínima en las especies ecológicamente más sensibles (Fernández *et al.*, 2016). Varias especies de crustáceos son recurso objetivo de numerosas pesquerías en el mundo, siendo la pesca de camarón una de las más reconocidas (Papaconstantinou y Kapiiris, 2003). La pesquería de camarón de aguas someras (CAS) en el Caribe colombiano fue uno de los recursos de mayor importancia socioeconómica dentro de la región, pero la alta sobreexplotación de los recursos (Rueda *et al.*, 2016) y el deterioro del hábitat debido a la elevada presión ejercida sobre un amplio rango de especies y tallas, sumado a medidas inadecuadas de manejo y falta de control (Paramo y Saint-Paul, 2010), ha tenido como consecuencia la disminución de la flota pesquera industrial en las últimas décadas, situación que se viene presentando en muchos mares tropicales a nivel mundial (García, 1989). Por lo tanto, el desarrollo futuro del sector pesquero se debe centrar en la búsqueda de nuevos recursos pesqueros que sean atractivos económicamente sin poner en riesgo su uso sostenible.

El grupo de investigación Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical (CITEPT) en la última década ha venido realizando varios estudios sobre el potencial de nuevos recursos en aguas profundas entre 200 y 600 metros en el Caribe colombiano. En dichos estudios se ha encontrado que las especies más representativas en abundancia son los crustáceos decápodos, reportado grandes abundancias de camarones de profundidad tales como la gamba española (*Aristaeomorpha foliacea*, Risso, 1827) (16.3 kg km²), camarón rojo real (*Pleoticus robustus*, Smith, 1885) (34.6 kg km²) (Paramo y Saint-Paul, 2012a), camarón rosado manchado (*Penaeopsis serrata*, Bate, 1881) (12.7 kg km²) (Paramo y Saint-Paul, 2012b) y la langosta de aguas profundas (*Metanephrops binghami*, Boone, 1927) (Paramo y Saint-Paul, 2012c), los cuales presentaron rangos amplios de distribución geográfica y batimétrica, reportándolas como potenciales para una futura pesquería (Paramo y Saint-Paul, 2012a,b,c; Pérez *et al.*, 2019). Además, se determinó el estado de las comunidades bentónicas, su distribución espacial, composición y estructura, hallando una alta riqueza y abundancia de especies en la zona norte del Caribe colombiano, y un estado del sistema "prístino" sin signos de disturbio comunitario (Pérez, 2021).

A pesar de los estudios realizados, es muy poco lo que se conoce sobre el funcionamiento de los ecosistemas de profundidad, la biología de las especies que allí habitan y la relación con el ambiente, aspectos que varios autores consideran indispensables para generar propuestas de manejo y conservación de los recursos (Desantis *et al.*, 2001; Belcari *et al.*, 2003; Carlucci *et al.*, 2006; Kapiiris y Thessalou, 2006, 2009; Echeverría y Wehrtmann, 2011). El presente estudio es considerado un aporte relevante acerca de la biología reproductiva de las especies de crustáceos de aguas profundas de importancia comercial en el Caribe colombiano, para generar las recomendaciones de manejo y conservación de dichos recursos bajo un enfoque ecosistémico.

El área de estudio comprende el mar Caribe norte colombiano, entre las isóbatas de los 200 m hasta los 600 m de profundidad, desde Puerto Estrella en La Guajira hasta la desembocadura del río Magdalena (Figura1). En el departamento del Magdalena la plataforma continental es angosta, alcanzando grandes profundidades cerca de la línea de costa, y se encuentra dominada por fondos fangosos. Mientras que en el departamento de La Guajira la plataforma alcanza su máxima extensión y hay un predominio de fondos con arenas y sedimentos de grano grueso, con restos de material calcáreo y agregaciones de ostras y otros invertebrados (Borrero *et al.*, 1996; INVEMAR, 2000). La zona está influenciada por el sistema de vientos Alisios del noreste, que provocan eventos de surgencia de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes (Andrade *et al.*, 2003; Andrade y Barton, 2005). El clima tiene un carácter bimodal, donde la principal estación seca ocurre desde diciembre a abril y la temporada de lluvias ocurre el resto del año; la estación húmeda se interrumpe por una pequeña estación seca en julio y agosto conocido popularmente como el "Veranillo de San Juan" (Mesa *et al.*, 1997; Pujos y Le Tareau, 1998; Vega-Sequeda, *et al.*, 2019).

Los resultados de la presente investigación se complementan con el proyecto "Desarrollo de nuevas pesquerías de aguas profundas en el Caribe colombiano, hacia una producción limpia y rentable del sector pesquero usando el enfoque precautorio para la pesca responsable" financiado por Colciencias Código (117-452-21288) y ejecutado por el grupo de investigación CITEPT de la Universidad del Magdalena en el año 2010. De este modo los datos de abundancia, talla y peso de los dos proyectos se analizaron en conjunto, para tener un mejor entendimiento del comportamiento de la distribución espacio temporal de las especies.

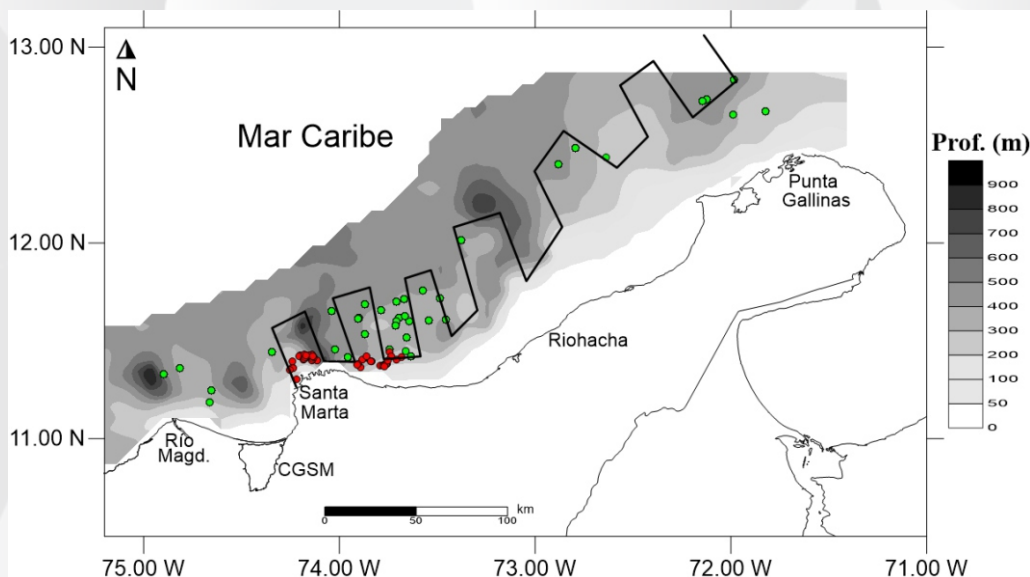


Figura 1 Área de estudio en el norte del Caribe colombiano. En rojo estaciones de muestreo del presente proyecto 2020-2021, en verde estaciones de muestreo del proyecto 2010.

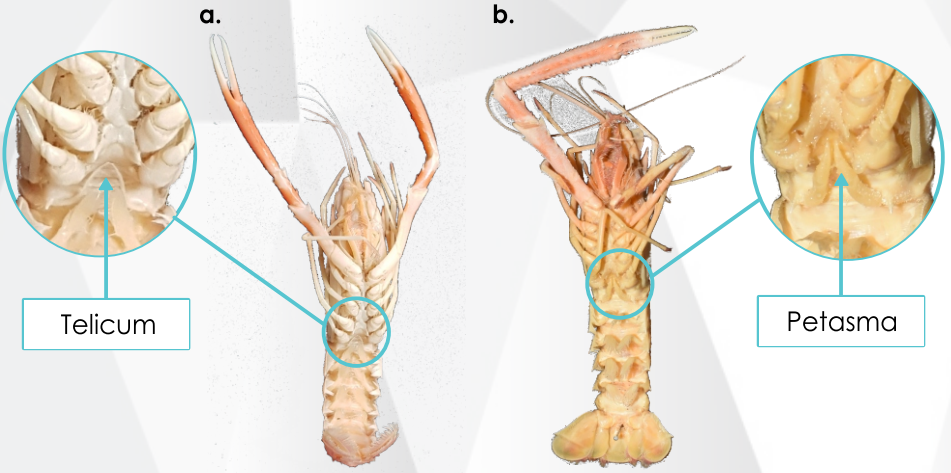
La biología y potencial reproductivo se determinó por medio de muestreos mensuales en diferentes épocas climáticas completando un año de muestreo, mediante pesca de arrastre experimental para la captura de crustáceos. Las muestras se tomaron a bordo de una embarcación camaronera en la zona norte del Caribe colombiano, usando una red de arrastre camaronera. La localización del fondo arrastrable se realizó por medio de una ecosonda científica Biosonic DT-X con un transductor de 38 kHz. La duración del arrastre estuvo entre 30 y 60 minutos y la distancia arrastrada por la red se estimó por medio de un GPS SIMRAD GO 7 XSE. El área barrida se estimó a partir de la abertura de la red y la velocidad de la embarcación (Gunderson, 1993; King, 2007). Los datos de captura de crustáceos en cada arrastre se transformaron en biomasa (Kg/Km²). Las variables oceanográficas tales como la temperatura, salinidad y profundidad se determinaron con una sonda multiparamétrica (CTDO) YSI-EXO1.

Los individuos capturados se separaron por grandes grupos (peces, crustáceos y otros invertebrados) se rotularon y guardaron. Posteriormente en laboratorio fueron identificados al nivel taxonómico más bajo posible, se tomaron medidas morfométricas con un calibrador digital con precisión de 0,01 mm y el peso total con una balanza analítica con una precisión de 0,1 mg. Se determinaron aspectos como la estructura de tallas, proporción sexual, estadios de madurez (macroscópico y microscópico), talla de madurez y fecundidad a cada uno de los individuos de las especies objetivo.

Para la descripción macroscópica y microscópica se identificaron y separaron las hembras y machos de cada especie. Se determinaron y caracterizaron los estadios de madurez gonádica a nivel macroscópico, de acuerdo con cinco estadios de madurez macroscópicos descritos para *Aristaeomorpha foliacea*, *Aristeus antennatus*, *Parapenaeus longirostris*, *Nephrops norvegicus* y *Penaeus notialis*: I) Inmaduros, ovarios translucidos; II) En desarrollo, ovarios opacos; III) Casi maduros, ovarios de color amarillo naranja; IV) Maduros, ovarios grandes color oliva, algunas veces café; y V) Desovados, ovarios vacíos (Levi y Vacchi, 1998; Desantis *et al.*, 2001; ICES, 2010; Pérez y Paramo, 2014; Becker *et al.*, 2018).

Para la identificación microscópica se extrajeron las gónadas manteniendo intacto el tejido. Posteriormente se fijaron en formaldehído al 4% durante 24 horas y luego en alcohol al 95%, para la realización de cortes histológicos. Las placas se observaron en un microscopio óptico binocular, en donde se diferenciaron y caracterizaron las estructuras de las células de las gónadas. La talla de madurez sexual se determinó ajustando la función logística de la proporción de especímenes maduros (Paramo y Saint-Paul, 2010). La fecundidad se estimó combinando el método gravimétrico con análisis de imágenes mediante el conteo y medición de submuestras representativas de cada especie. El número total de ovocitos en la gónada se calculó de acuerdo a Holden y Raitt (1974): $F = n \cdot G/g$, Donde: F = fecundidad, n = número de ovocitos en la submuestra, G = peso total de la gónada, g = peso de la muestra. También se calculó el tamaño promedio, mínimo y máximo de los ovocitos midiendo el largo y ancho, para obtener el diámetro del huevo (Lizárraga-Cubedo *et al.*, 2008).

Diferenciación macroscópica



Estructuras sexuales de *Metanephrops binghami* a) Telicum (hembras) y b) Petasma (machos)

Descripción de la progresión de la madurez ovárica macroscópica

Estadio I



Inmaduro: la gónada es delgada, lisa y de un color transparente a un blanco opaco, ocupando una pequeña área corporal, llegando hasta el principio del primer segmento abdominal.

Estadio II



Inmadura en desarrollo: la gónada es más robusta, con una textura compacta. Su coloración empieza a tornarse amarillenta y empiezan a desarrollarse los lóbulos laterales.

Estadio III



En maduración: la gónada alcanza mayor tamaño, se desarrolla completamente y se distingue la región lobular anterior. Su coloración es naranja. Se extiende hasta la parte más anterior del cefalotórax, su textura es compacta, facilitando la extracción durante la disección.

Estadio IV



Maduro: la gónada alcanza su mayor tamaño, llegando hasta el comienzo del segundo segmento abdominal. Presenta rugosidades acentuadas con una coloración verde-azul oscura. Los ovocitos son visibles. Su tamaño ocupa una gran área del cefalotórax.

Estadio V

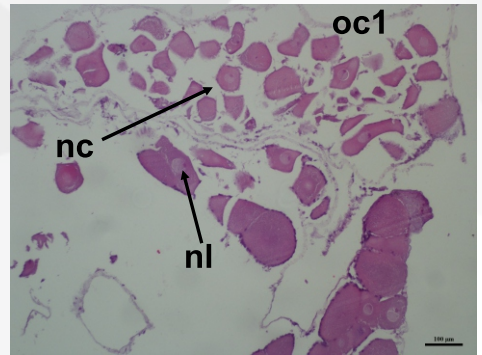


Desovado: el ovario en esta etapa posee una coloración blanca, es delgado, alargado y es más pequeño alcanzando solo el primer segmento abdominal.

Descripción de la progresión de la madurez ovárica microscópica

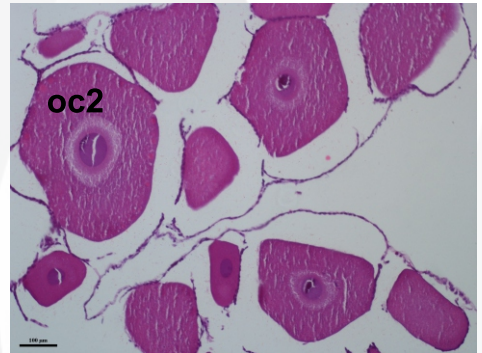
Estadio I (inmaduro)

Se observan una gran cantidad de ovocitos primario temprano (oc1), nucleolo cromatina (nc) y oogonias, pequeños (entre 25 y 100 μm). Aún no se observa organización celular y hay bastante espacio intersticial. El nucleolo (nl) se ubica en el centro del núcleo (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



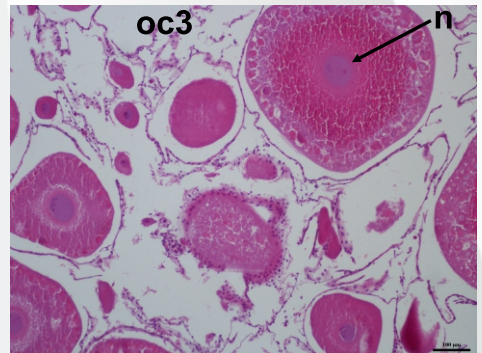
Estadio II (inmaduro en desarrollo)

Las células aumentan de tamaño (entre 300 y 400 μm), se observan los nucleolos en la periferia del núcleo. Los ovocitos primarios tardíos (oc2) tienen un citoplasma bien desarrollado que se tiñe de un morado más claro que el núcleo y tiene pocas inclusiones granulares (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



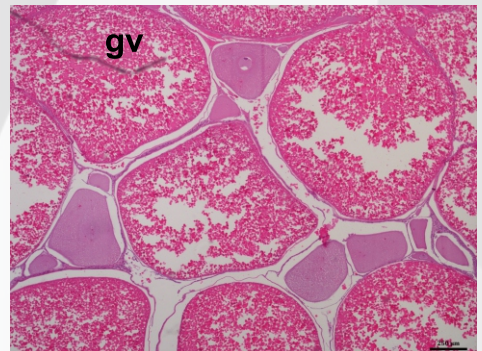
Estadio III (en maduración)

Los ovocitos vitelogenéticos (oc3) inician su maduración con la formación de vesículas vitelinas en la periferia de la célula y a medida que avanza la maduración de estas células, se acumulan en el citoplasma (asterisco negro), llegando a compactarse en el borde externo del núcleo (n) (asterisco blanco). Los ovocitos alcanzan tamaños entre 500 y 550 μm de diámetro. El epitelio del ovario se estira y es más delgado (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



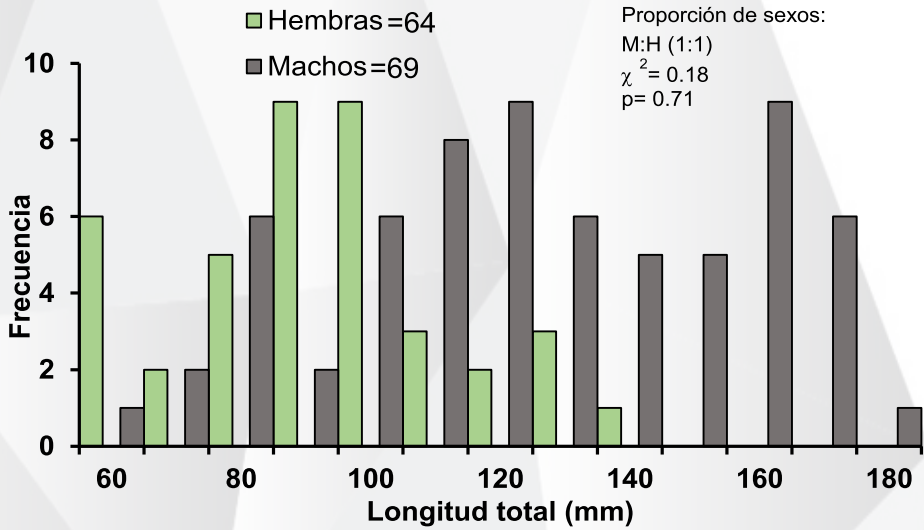
Estadio IV (madura)

Los ovocitos vitelogénicos están completamente llenos de vesículas de yema (gv) densamente empaquetadas. Alcanzan su mayor tamaño (alrededor de 1250 μm). El núcleo no es visible. Respecto a la organización celular se reduce al máximo el espacio intersticial, y el que queda es ocupado por otras células pequeñas de crecimiento primario que se tiñen de morado. (aumento de 4x, barra de referencia 250 micrómetros).

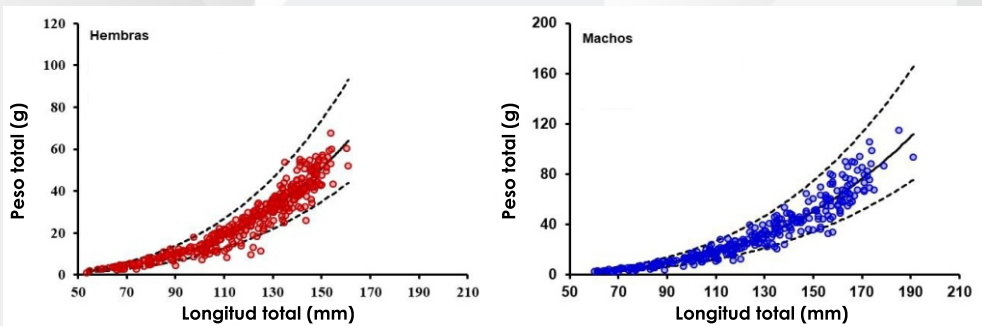




Estructura de tallas

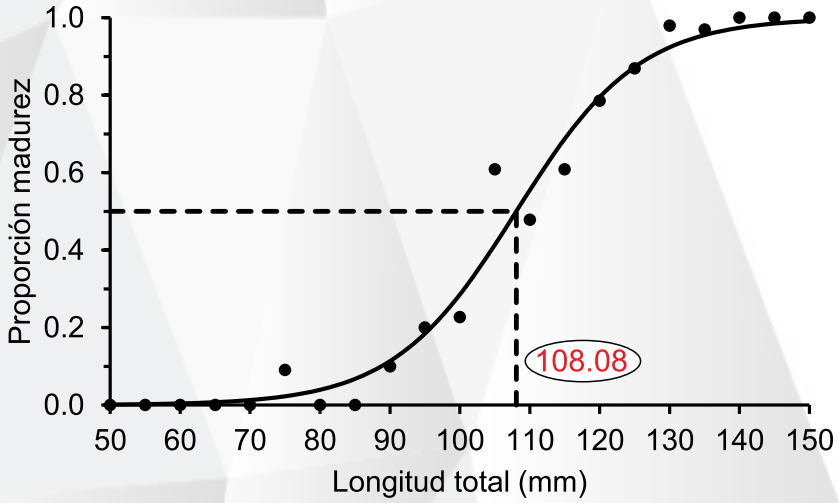


Relación talla peso de hembras y machos



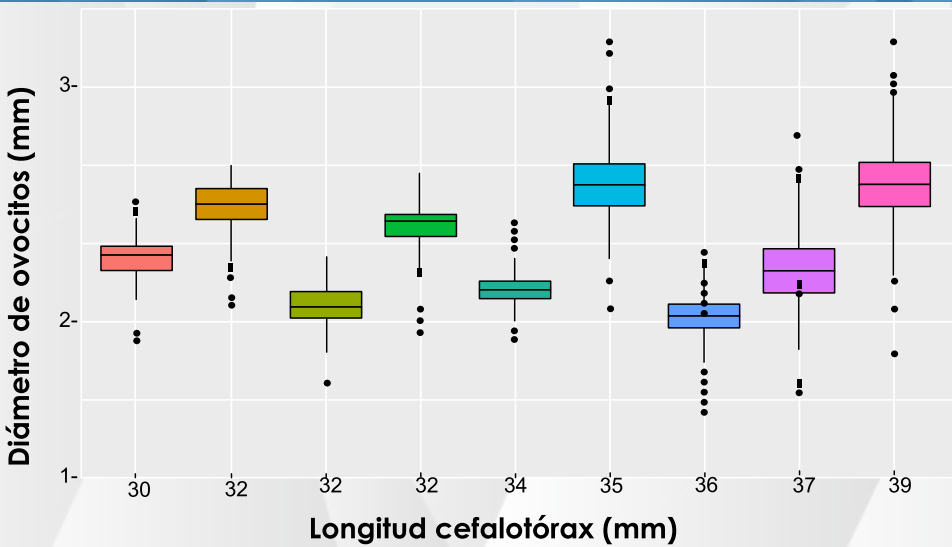
Sexo	n	a	b	r ²	Valor p	Crecimiento
Hembra	400	3.854E-06	3.268	0.94	0.00	Alométrico positivo
Macho	322	3.685E-06	3.276	0.95	0.00	Alométrico positivo

Talla de madurez de las hembras



Sexo	n	a	b	LT (50%)
Hembra	400	12.294	-0.114	108.08

Tamaño de los huevos



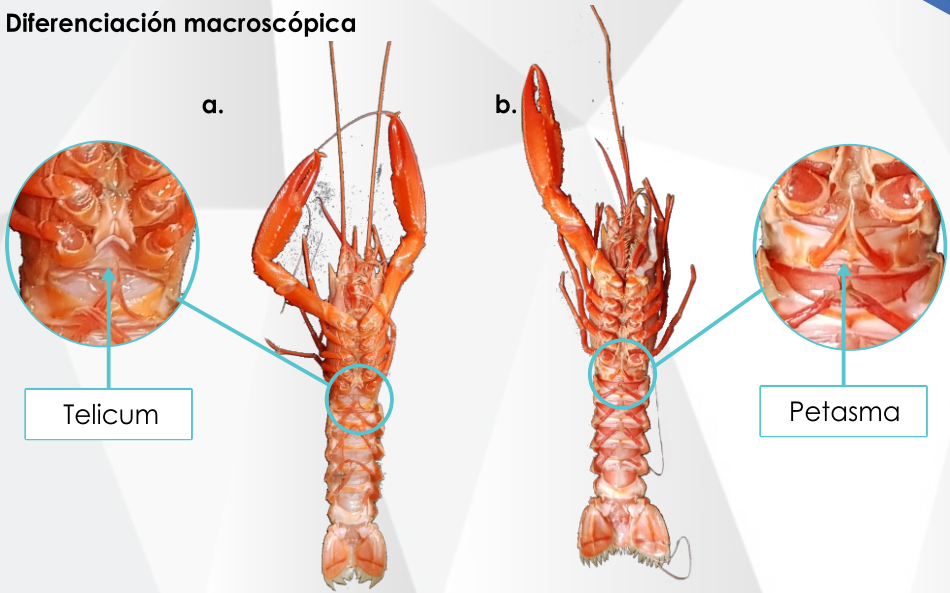
Desarrollo de los huevos



Fecundidad: 75 a 487 huevos/ hembra
Promedio: 312 huevos/hembra



Diferenciación macroscópica



Estructuras sexuales de *Eunephrops bairdii* a) Telicum (hembras) y b) Petasma (machos).

Descripción de la progresión de la madurez ovárica macroscópica

Estadio I



Inmaduro: la gónada es delgada, lisa y de un color transparente a un blanco opaco, ocupando una pequeña área corporal, llegando hasta el principio del primer segmento abdominal.

Estadio II



Inmadura en desarrollo: la gónada es más robusta, con una textura compacta. Su coloración empieza a tornarse amarillenta y se empiezan a desarrollar los lóbulos laterales.

Estadio III



En maduración: la gónada alcanza mayor tamaño, está desarrollada completamente presentando la región lobular anterior. Los ovocitos se aprecian visualmente y su coloración es naranja. Se encuentra hasta el final del cefalotórax (parte anterior), su textura es compacta, siendo de mayor facilidad la extracción completa de la gónada.

Estadio IV



Maduro: la gónada alcanza su mayor tamaño, llegando hasta el comienzo del segundo segmento abdominal. Presenta rugosidades acentuadas, se diferencian los ovocitos completamente y su coloración es naranja oscura. Su tamaño ocupa una gran área del cefalotórax.

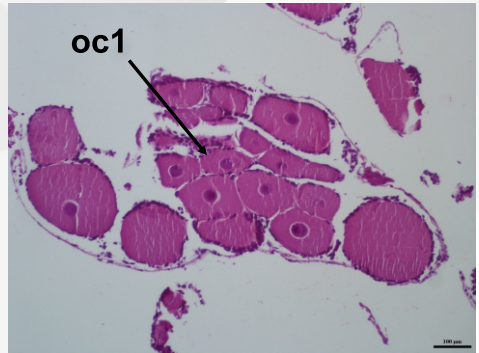
Estadio V

Desovado: la gónada es flácida decolorada.

Descripción de la progresión de la madurez ovárica microscópica

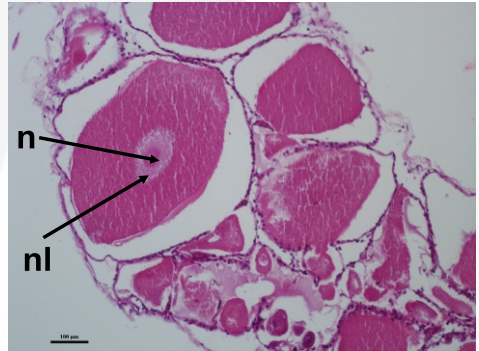
Estadio I (inmaduro)

Se observan una gran cantidad de ovocitos primario temprano (oc1) entre 25 y 100 μm . El espacio intersticial en algunos sectores es amplio y no se observa organización celular. El nucleolo (nl) se ubica en el centro del núcleo (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



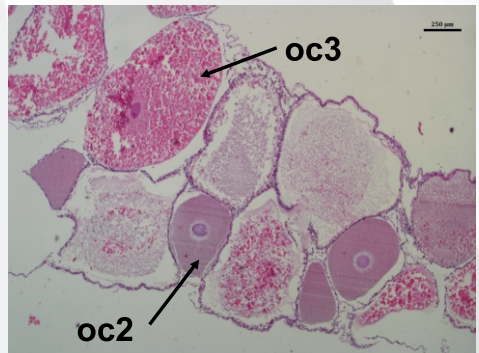
Estadio II (inmaduro en desarrollo)

Algunas células aumentan de tamaño (entre 300 y 400 μm) y presentan los nucleolos en la periferia del núcleo, son los ovocitos primarios tardíos (oc2). También se observan algunos ovocitos en estado primario temprano, indicando que el desarrollo ovocitario en esta especie es asincrónico (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



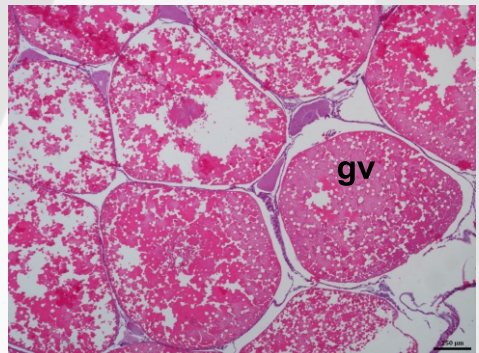
Estadio III (en maduración)

Se presentan ovocitos primarios tardíos (oc2) y previtelogénicos (oc3) en los que se puede distinguir varios nucleolos en el núcleo. En hembras un poco más avanzadas en desarrollo, varios estados están presentes: crecimiento primario, así como vitelogénesis inicial y avanzada (oc3) con tamaños entre 510 y 550 μm de diámetro. El epitelio del ovario se estira y es más delgado (aumento de 4x, barra de referencia 250 micrómetros).



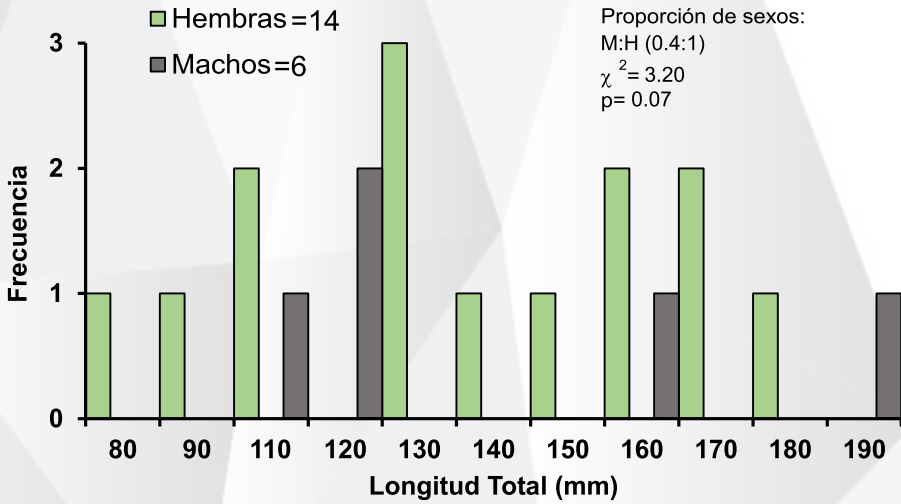
Estadio IV (madura)

Los ovocitos vitelogénicos están más avanzados y cada vez más llenos de gránulos de vitelo (gv), tienen un tamaño aproximado de 800 μm aunque pueden incluso alcanzar los 1500 μm , momento en el que el núcleo no es visible (aumento de 4x, barra de referencia 250 micrómetros).

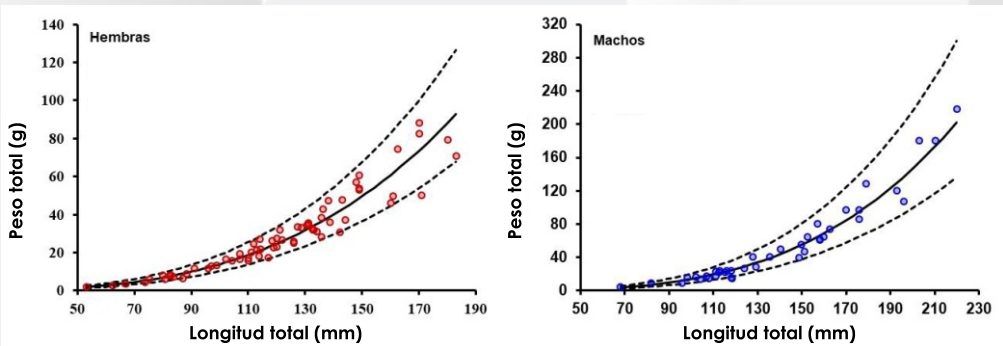




Estructura de tallas

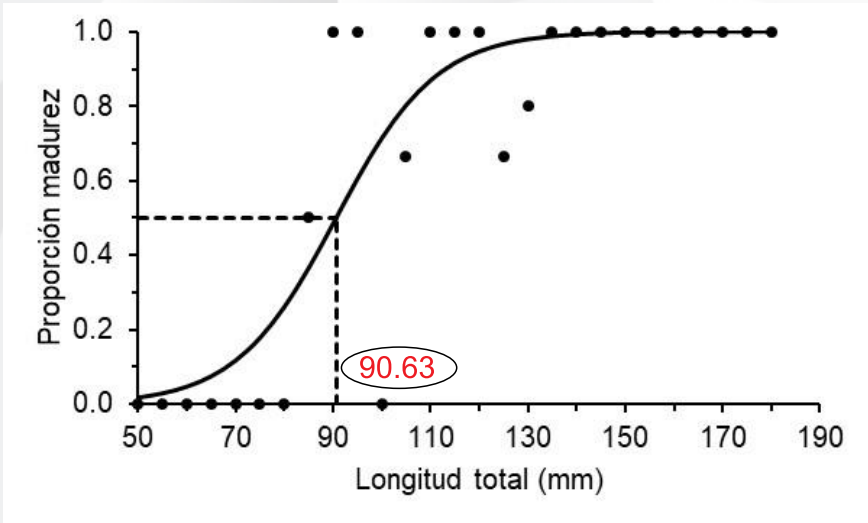


Relación talla peso de hembras y machos



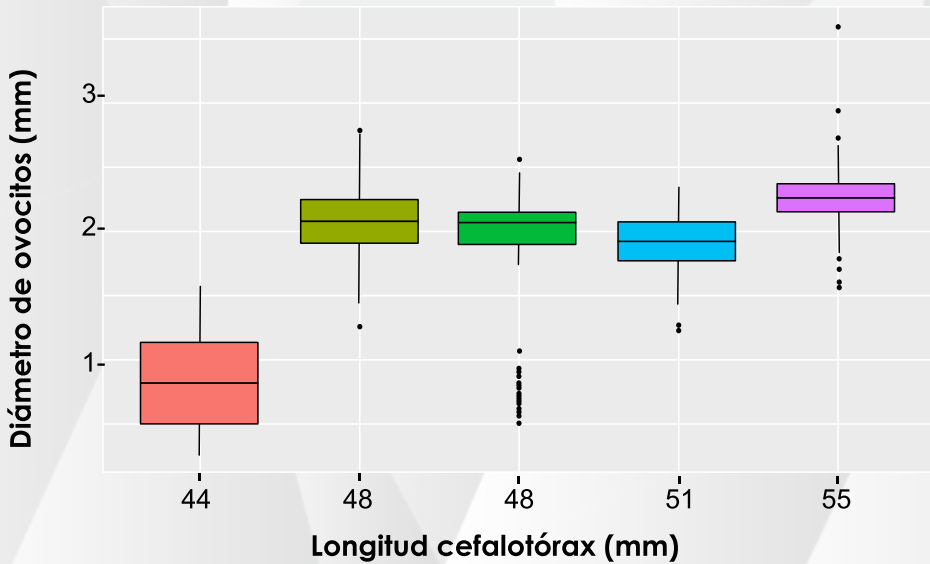
Sexo	n	a	b	r ²	Valor p	Crecimiento
Hembra	66	7.281E-06	3.138	0.97	0.06	Isométrico
Macho	40	2.366E-06	3.383	0.96	<0.00	Alométrico positivo

Talla de madurez de las hembras

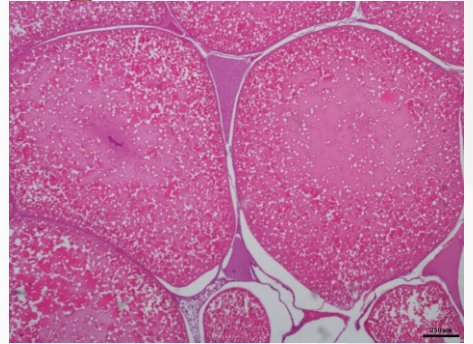


Sexo	n	a	b	LT (50%)
Hembra	27	8.828	-0.097	9063

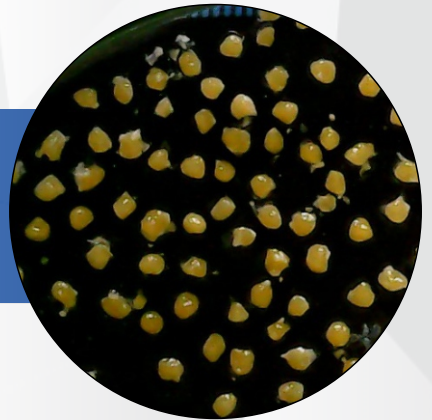
Tamaño de los huevos



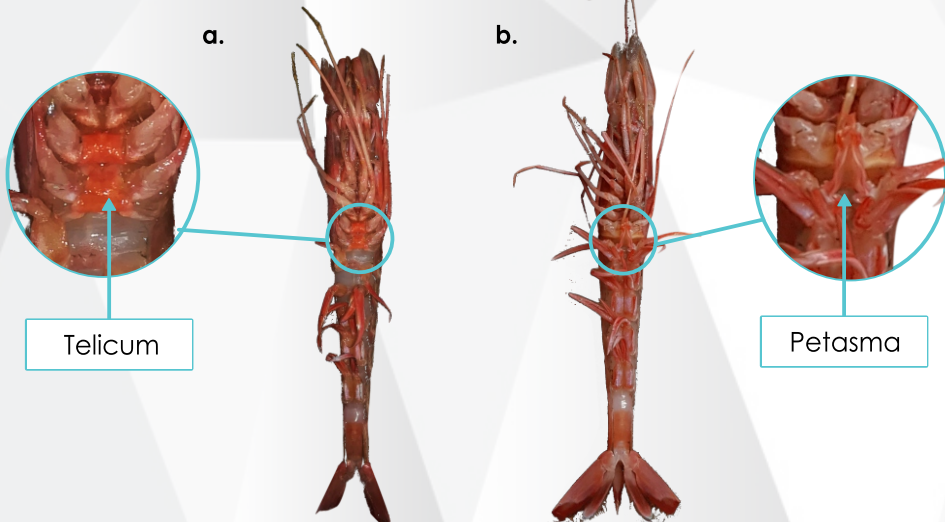
Rendimiento Reproductivo



Fecundidad: 405 a 1,091 huevos/ hembra
Promedio: 616 huevos/hembra



Diferenciación macroscópica



Estructuras sexuales de *Penaeopsis serrata* a) Telicum (hembras) y b) Petasma (machos).

Descripción de la progresión de la madurez ovárica macroscópica

Estadio I y II



Inmadura: gónadas invisibles a través del exoesqueleto. De textura muy suave, confinadas en el abdomen, difíciles de separar de los demás tejidos.

Inmadura en desarrollo: su color cambia a un blanco lechoso. Se evidencia el desarrollo inicial de lóbulos en la parte del cefalotórax.

Estadio III



En maduración: la gónada se visualiza, alcanza mayor tamaño y ocupa cefalotórax y parte del abdomen. Se diferencia del intestino por completo. El color es rosa pálido.

Estadio IV



Madura: la gónada está completamente desarrollada y ocupa cefalotórax y abdomen. Su color es rosa más pálido que en Estadio III. Es visible a través del cefalotórax y se logra extraer fácilmente.

Estadio V

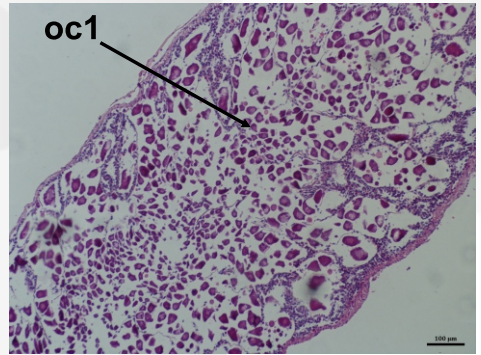


Desovada en recuperación: gónada flácida, decolorada, llegando hasta el último segmento abdominal.

Descripción de la progresión de la madurez ovárica microscópica

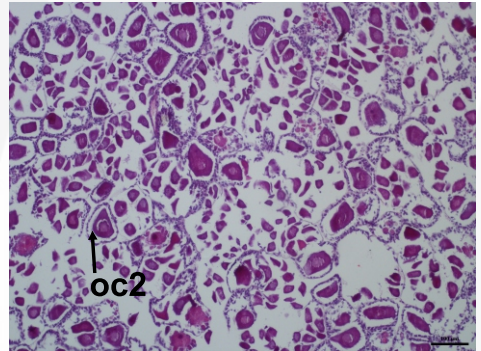
Estadio I (inmaduro)

Las células que predominan son oogonias y ovocitos en crecimiento primario (oc1) con presencia de núcleo central y cuyos diámetros varían entre 20 y 40 micras. La pared ovárica es gruesa, se presenta tejido o espacio intersticial y la organización lamelar no es evidente (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



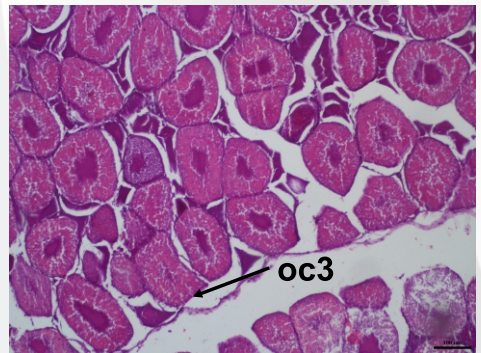
Estadio II (inmaduro en desarrollo)

No se aprecia una organización celular definida. Los oocitos predominantes (oc2) son de mayor tamaño que los del estadio I, con diámetros varían entre 50 a 60 micrometros (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros). Todavía se observa bastante espacio intersticial.



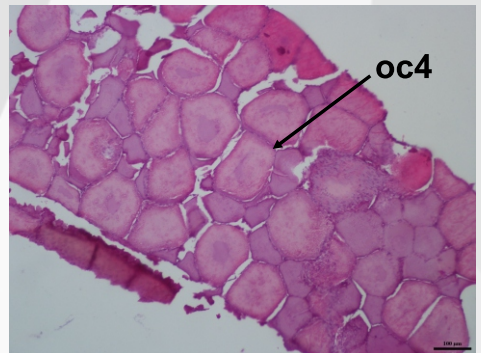
Estadio III (en maduración)

Los oocitos vitelogénicos (oc3) son los más representativos y miden alrededor de 100 micrómetros; se reduce el espacio intersticial, pero todavía no se define la organización celular. Se observan glóbulos de vitelo cubriendo al núcleo (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



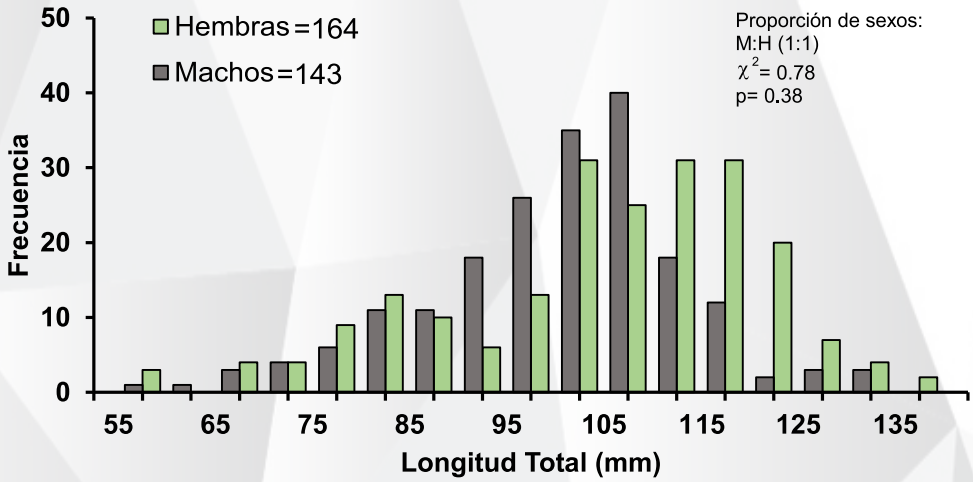
Estadio IV (madura)

Se observan oocitos vitelogénicos tardíos (oc4), que se diferencian del estadio anterior, por presentar el núcleo totalmente cubierto de glóbulos de vitelo, y algunos casos no se puede ver. Sus diámetros fluctúan entre 110 y 120 micras (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).

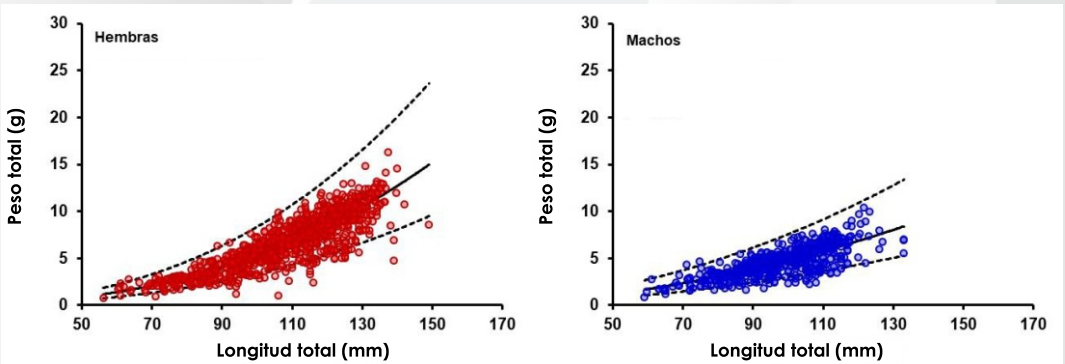




Estructura de tallas

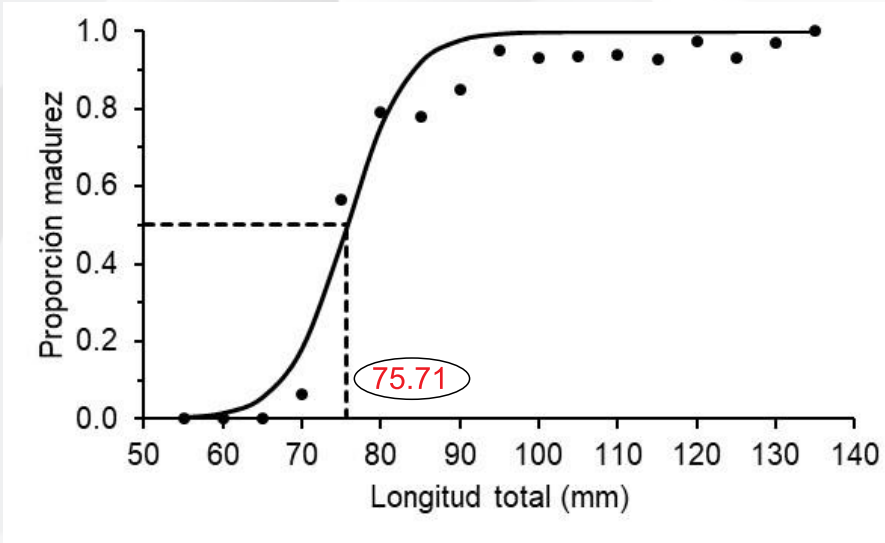


Relación talla peso de hembras y machos



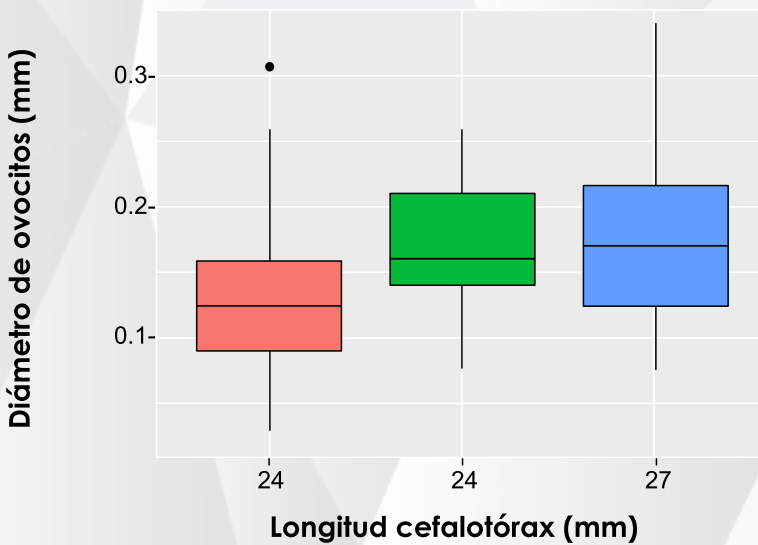
Sexo	n	a	b	r ²	Valor p	Crecimiento
Hembra	973	3.180E-05	2.605	0.77	0.00	Alométrico negativo
Macho	556	4.870E-04	1.989	0.59	0.00	Alométrico negativo

Talla de madurez de las hembras

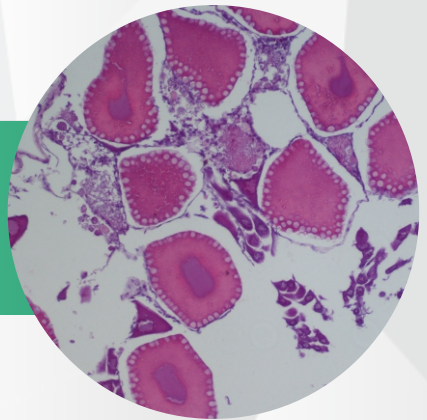
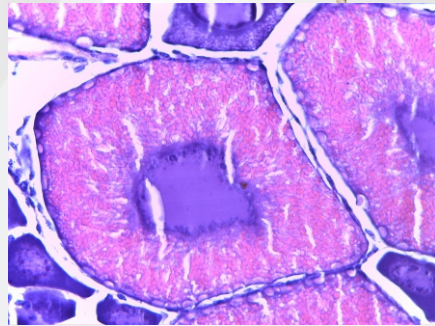


Sexo	n	a	b	LT (50%)
Hembra	17	19.917	-0.263	75.71

Tamaño de los huevos

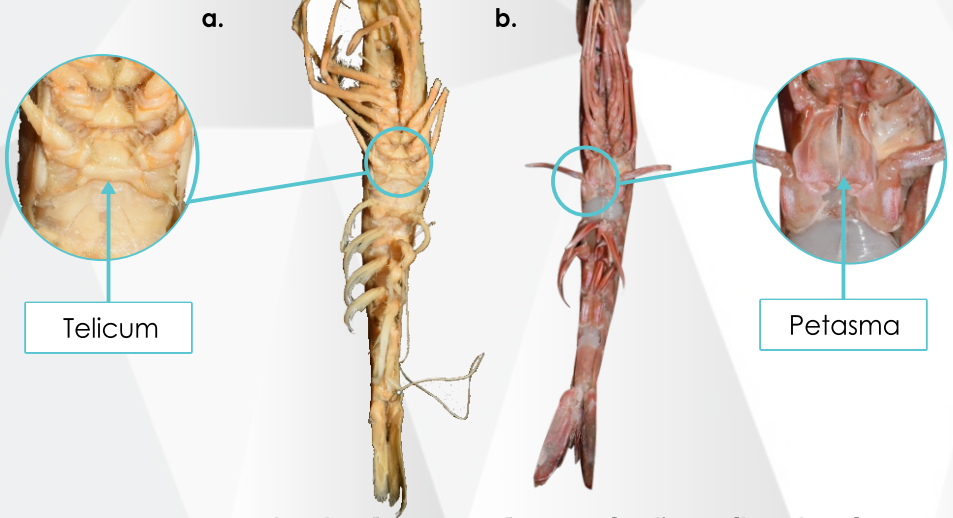


Rendimiento Reproductivo



Fecundidad: 5,177 a 9,733 huevos/ hembra
Promedio: 7,520 huevos/hembra

Diferenciación macroscópica



Estructuras sexuales de *Pleoticus robustus* a) Telicum (hembras) y b) Petasma (machos).

Descripción de la progresión de la madurez ovárica macroscópica

Estadio I



Inmadura: gónada delgada traslucida, llegando hasta el principio del primer segmento abdominal. No se observa a simple vista sin disección.

Estadio II



Inmadura en desarrollo: la gónada aumenta de tamaño, su coloración empieza a tornarse salmón llegando hasta el tercer segmento abdominal, se empiezan a formar los lóbulos cefálicos. No se observa fácil a simple vista sin disección.

Estadio III



En maduración: la gónada se extiende por el cefalotórax y en su parte abdominal llega hasta el último segmento, su coloración es salmón brillante. Se distingue a simple vista a través del caparazón.

Estadio IV



Madura: la gónada alcanza su mayor tamaño ocupando toda la cavidad del cefalotórax y el último segmento abdominal su coloración es salmón intenso. Se distingue a simple vista a través del caparazón.

Estadio v

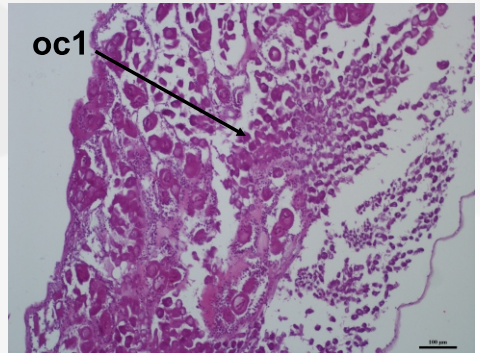


Desovada en recuperación: gónada flácida, decolorada, llegando hasta el último segmento abdominal.

Descripción de la progresión de la madurez ovárica microscópica

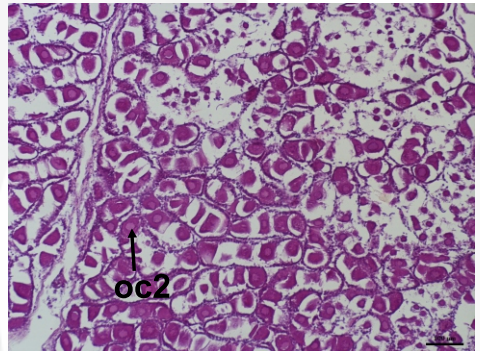
Estadio I (inmaduro)

No se distingue una organización lamelar; las células que predominan son oogonias y ovocitos en estadio I (oc1) con presencia de núcleo. Los ovocitos son muy pequeños, con diámetros que varían entre 25 y 50 micrómetros (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



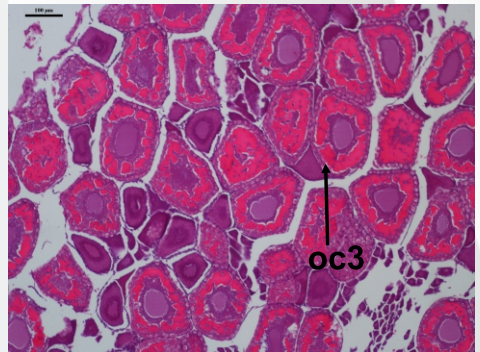
Estadio II (inmaduro en desarrollo)

Son distinguibles células en crecimiento primario (oc2), con diámetros entre 50 y 60 micrómetros. Presenta una organización lamelar con pocos ovocitos dentro de éstas y el espacio intersticial continúa siendo amplio (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



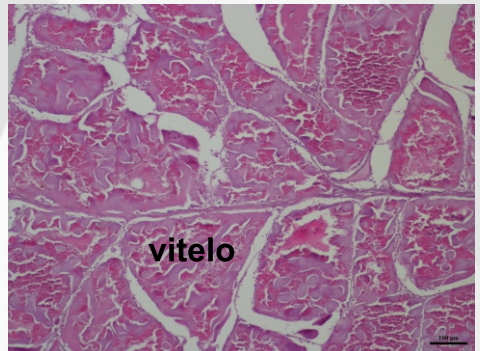
Estadio III (en maduración)

Son predominantes los ovocitos en vitelogénesis avanzada con invaginaciones en la periferia que pueden ser alveolos corticales. Si bien se observan ovocitos en otros estados, son muy pocos. Se pierde la organización lamelar (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



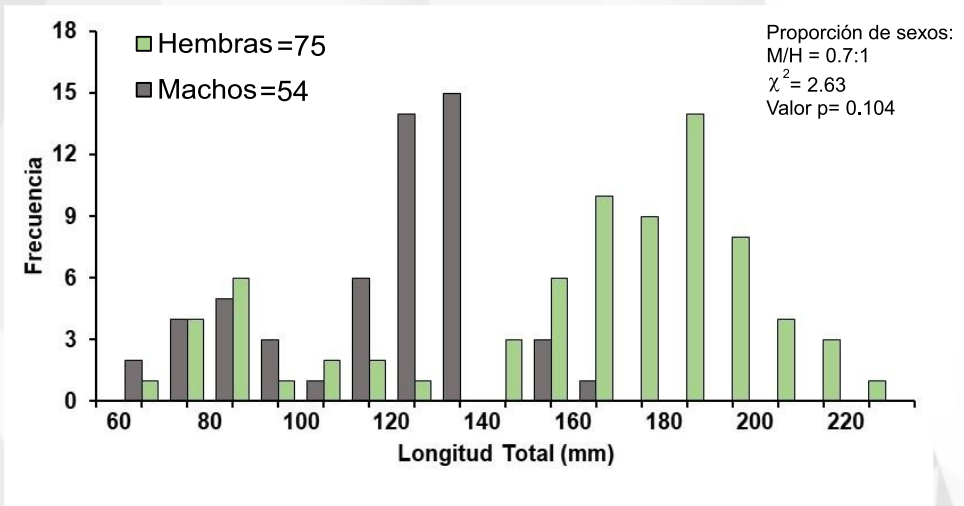
Estadio IV (madura)

Ovocitos entre 110 y 120 micrómetros de diámetro con gránulos de vitelo desglosados o demasiados compactados, el núcleo deja de ser visible (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).

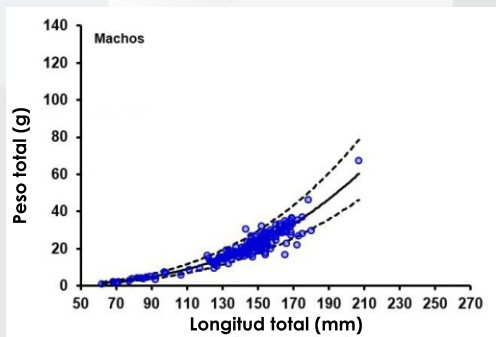
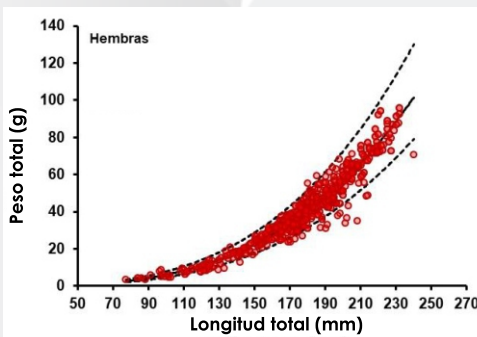




Estructura de tallas

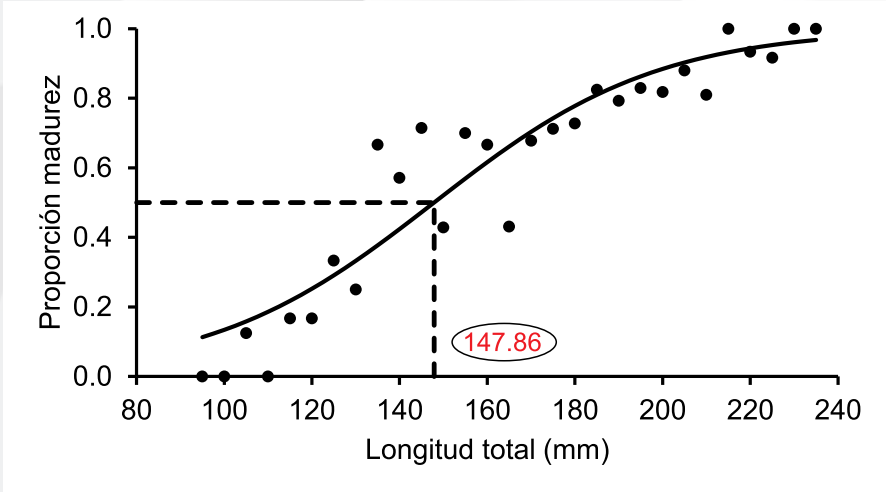


Relación talla peso de hembras y machos



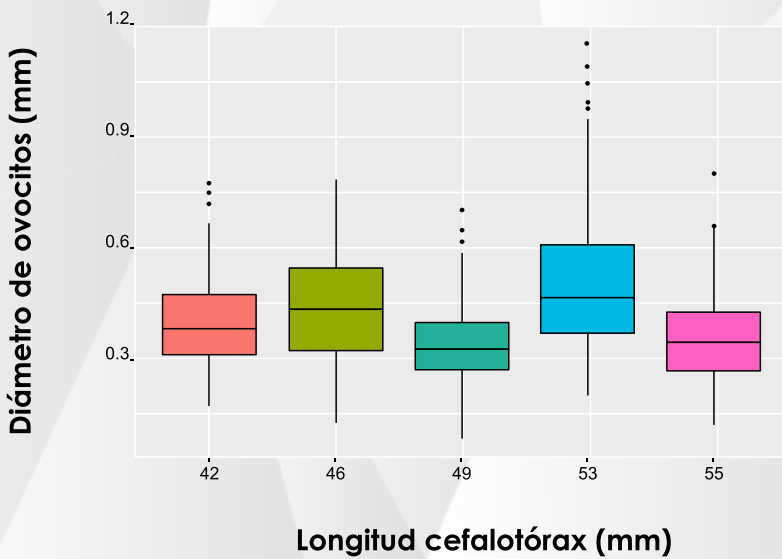
Sexo	n	a	b	r ²	Valor p	Crecimiento
Hembra	716	2.318E-06	3.209	0.95	0.00	Alométrico positivo
Macho	226	6.260E-06	3.014	0.94	0.78	Isométrico

Talla de madurez de las hembras

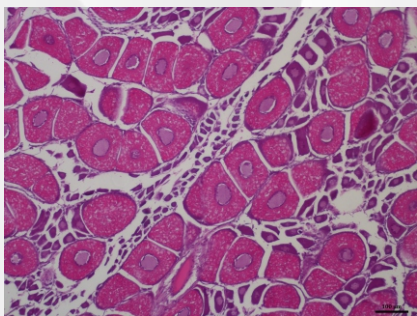


Sexo	n	a	b	LT (50%)
Hembra	28	5.768	-0.039	147.86

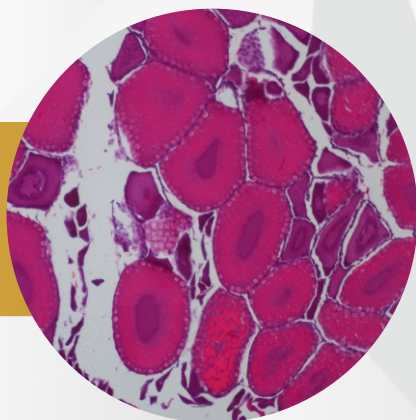
Tamaño de los huevos



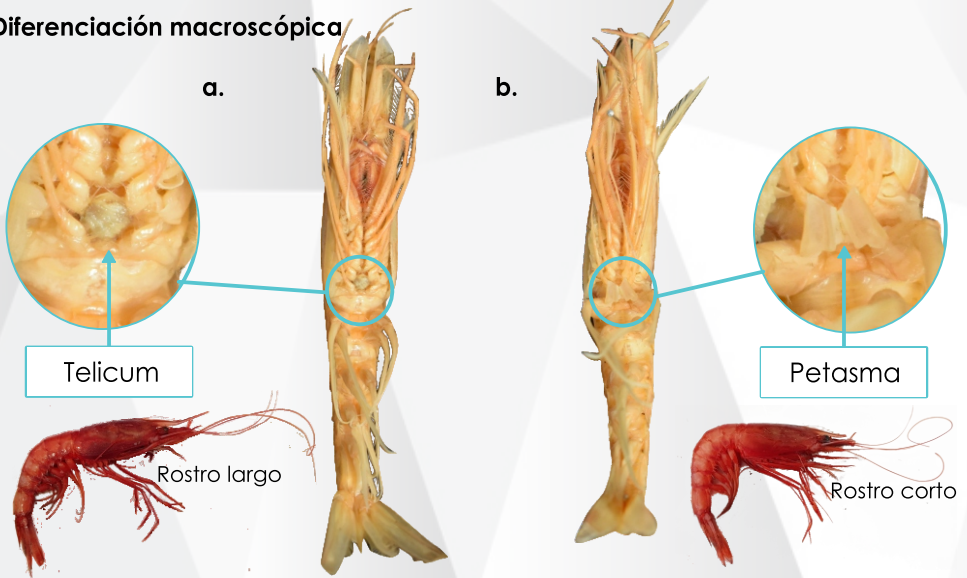
Rendimiento Reproductivo



Fecundidad: 22,905 a 184,604 huevos/ hembra
Promedio: 76,226 huevos/hembra



Diferenciación macroscópica



Estructuras sexuales de *Aristaeomorpha foliacea* a) Telicum (hembras) y b) Petasma (machos).

Descripción de la progresión de la madurez ovárica macroscópica

Estadio I



Inmaduro: gónada delgada traslucida, ocupando una pequeña área corporal, llegando hasta el principio del primer segmento abdominal. No se observa a simple vista sin disección.

Estadio II



Inmadura en desarrollo: gónada aumenta de tamaño, llegando hasta el tercer segmento abdominal, se logran distinguir los lóbulos cefálicos, su coloración es blanquizca. No se observa a simple vista sin disección.

Estadio III



En maduración: gónada ocupa gran parte del cefalotórax y llega hasta el último segmento abdominal, los lóbulos cefálicos se encuentran bien desarrollados y su coloración va del amarillo al naranja.

Estadio IV



Maduro: gónada alcanza su mayor tamaño y su coloración va del naranja al verde oliváceo, se observan filamentos que contienen los ovocitos. En los dos casos la gónada es visible a través del caparazón.

Estadio V

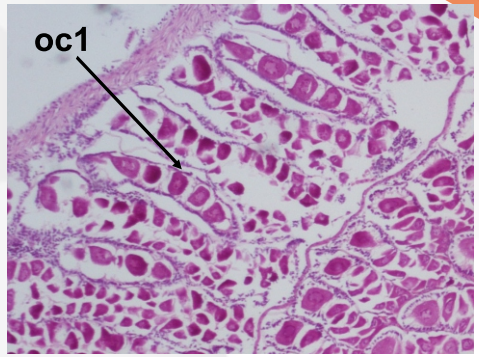


Desovada en recuperación: gónada flácida, decolorada, llegando hasta el último segmento abdominal.

Descripción de la progresión de la madurez ovárica microscópica

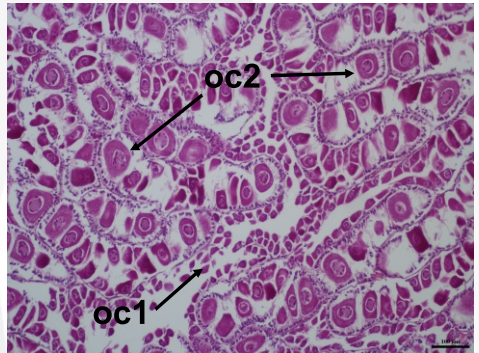
Estadio I (Inmaduro)

Se caracteriza por presentar la pared del ovario gruesa, se distingue organización ovocitaria lamelar y abundante espacio intersticial. Las células que predominan son oocitos en estado 1 (oc1) cuyos diámetros varían entre 20 y 40 micrómetros (aumento de 10x, barra de referencia 250 micrómetros).



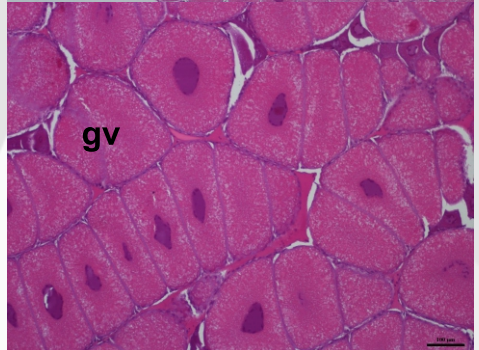
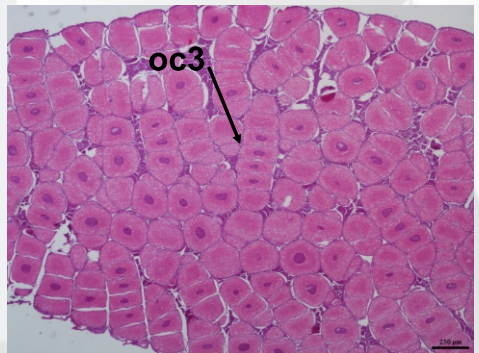
Estadio II (Inmaduro en desarrollo)

Se logran observar oocitos en estado 1 (ooc1) y previtelogénicos (ooc2), que son de mayor tamaño (hasta 70 micrómetros), con un citoplasma más basófilo. Se mantiene la organización lamelar y el espacio intersticial. Varios nucléolos son visibles en los núcleos que son esféricos y se ubican en el centro de la célula (aumento de 10x, barra de referencia 100 micrómetros).



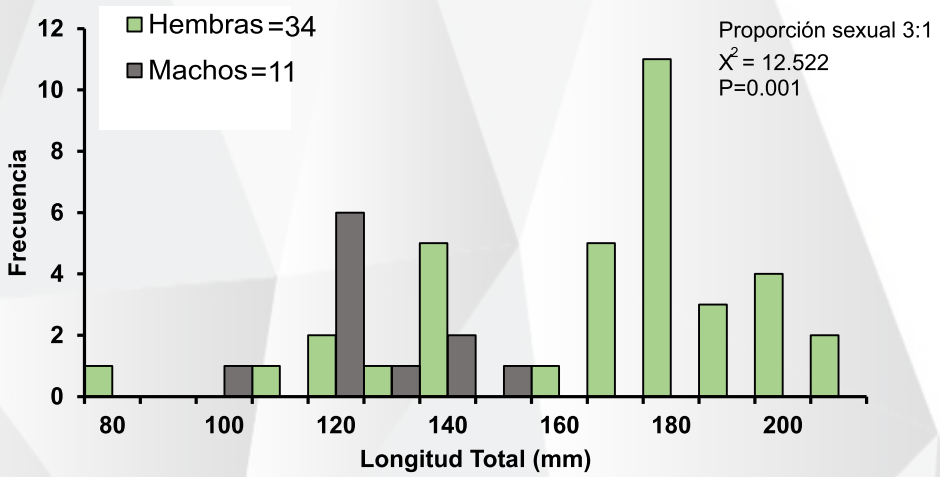
Estadio III (madura)

Los ovocitos vitelogénicos (oc3) son los más representativos, tiene formas rectangulares y se organizan en filas en estructuras tubulares delimitadas por mesodermo. Presentan pequeños pero numerosos gránulos de vitelo (gv) que ocupan todo el espacio celular. El aumento de tamaño de los ovocitos origina la pérdida del espacio intersticial. La pared ovárica es delgada. Al parecer en esta especie no ocurre la hidratación, (aumento de 10x, barra de referencia 250 y 100 micrómetros).

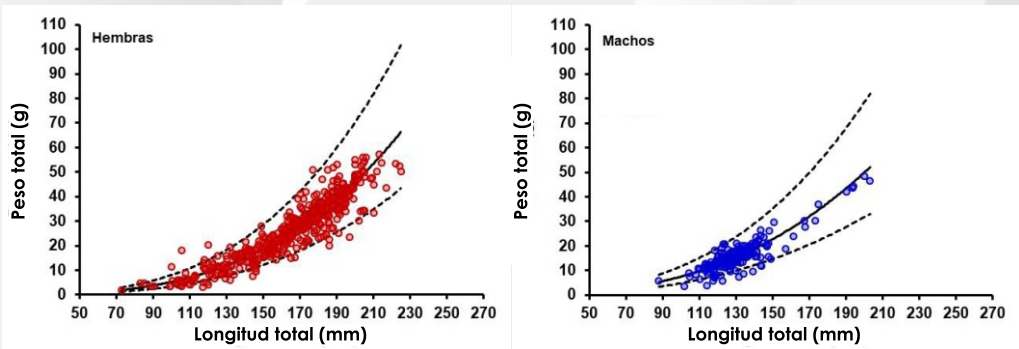




Estructura de tallas

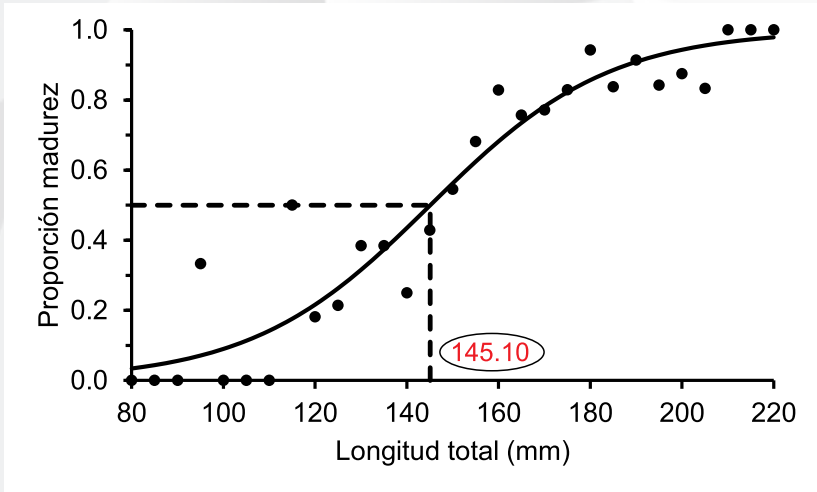


Relación talla peso de hembras y machos



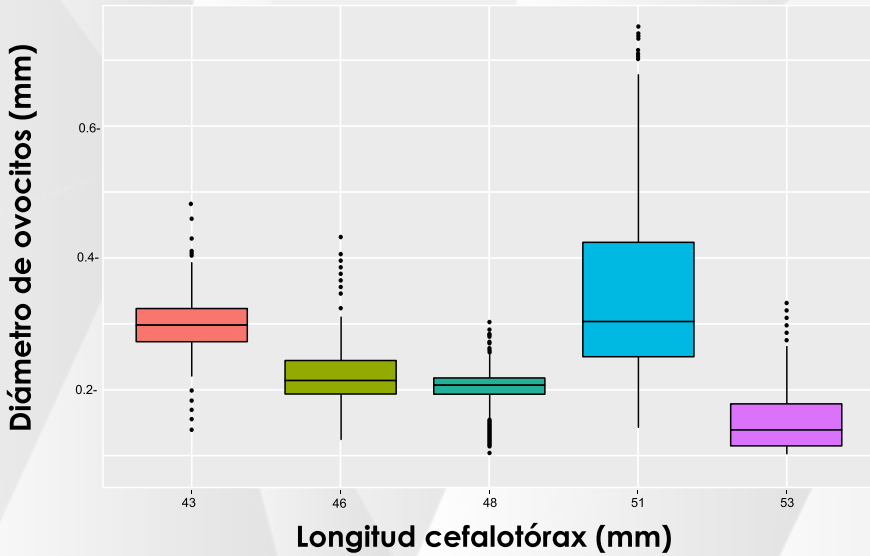
Sexo	n	a	b	r ²	Valor p	Crecimiento
Hembra	484	2.882E-06	3.126	0.88	0.02	Alométrico positivo
Macho	211	2.494E-05	2.734	0.65	0.06	Isométrico

Talla de madurez de las hembras

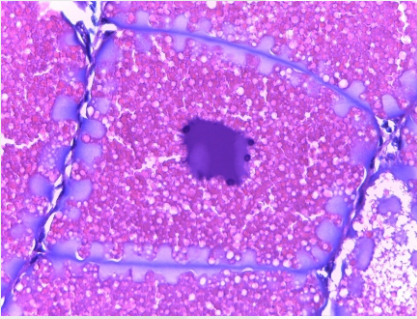


Sexo	n	a	b	LT (50%)
Hembra	29	7.435	-0.051	145.10

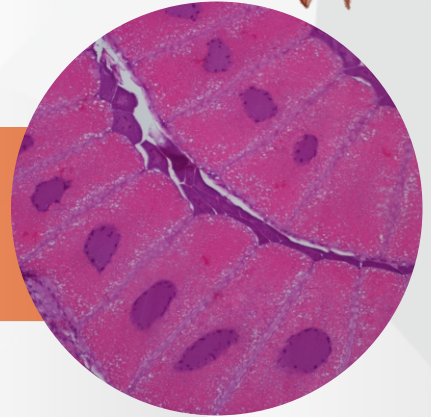
Tamaño de los huevos



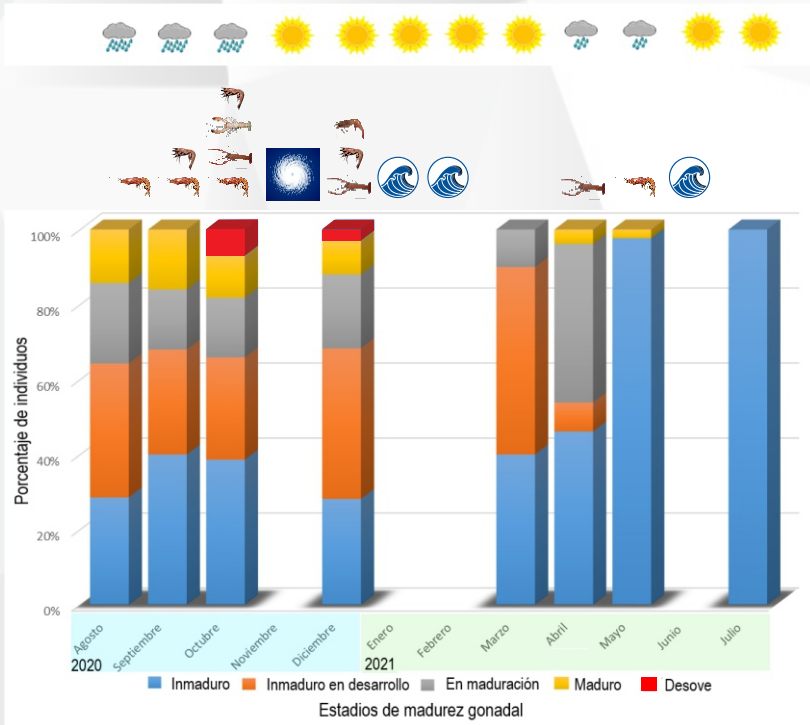
Rendimiento Reproductivo



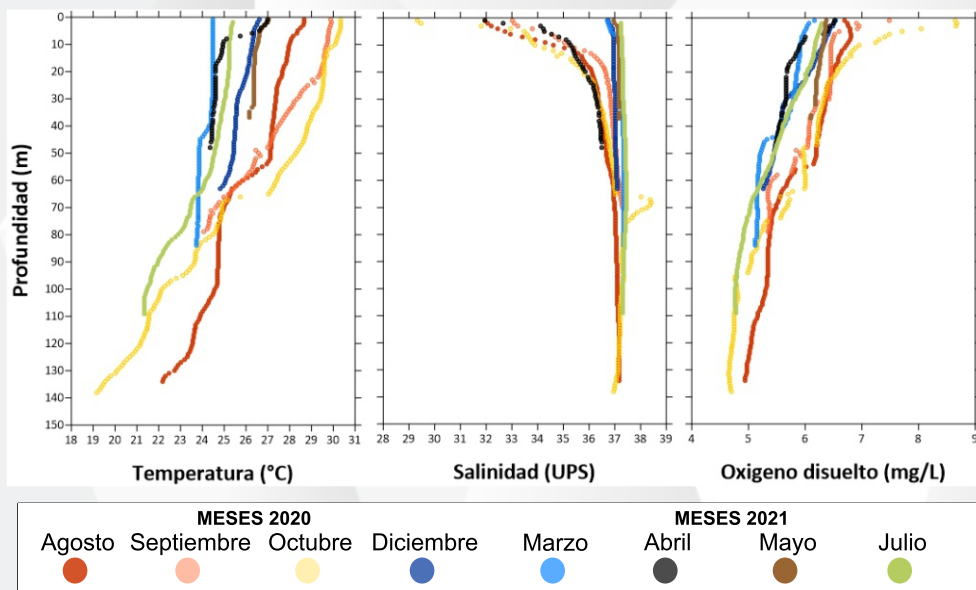
Fecundidad: 12,126 a 105,982 huevos/ hembra
Promedio: 48,548 huevos/hembra



Meses en los que se presentaron individuos maduros



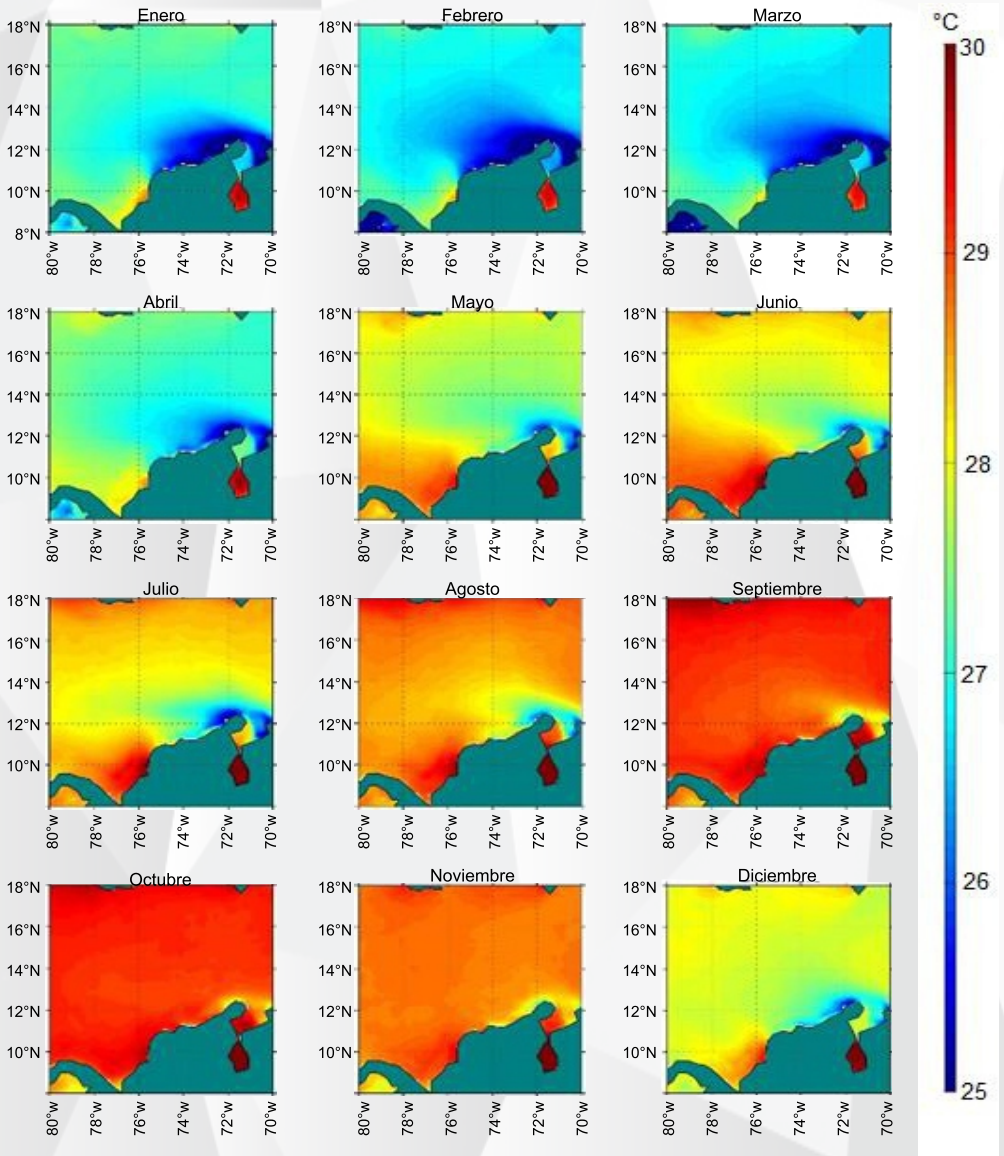
Cuatro de las cinco especies de crustáceos presentaron individuos maduros (Estadios III, IV y V) en la época de lluvias mayor, siendo el mes de octubre donde se encontraron individuos en desove. Las condiciones climáticas impuestas por paso de los huracanes Iota y Eta sobre el Caribe, no permitieron realizar salidas de campo en noviembre. En el mes de diciembre se observaron nuevamente individuos maduros y en desove, aunque en menor proporción que en octubre. Entre enero, febrero y los primeros días de marzo la intensificación de los alisios, provocó fuertes ráfagas de viento y alto oleaje (olas entre 3 y 5 m), lo que no permitió realizar los muestreos. Durante los meses de marzo, abril y mayo no se encontraron individuos en estado avanzado de madurez (Estadio IV) o desovados (Estadio V). Sin embargo, la langostilla (*M. binghami*) presentó varios individuos madurando (Estadio III) por lo que podría estar cercano a un segundo pico reproductivo para esta especie. Para los meses de junio y julio se volvieron a presentar intensificaciones de las condiciones meteomarineras, por lo cual no se pudo muestrear en junio y en el mes de julio solo se encontraron individuos inmaduros. Al parecer, las especies evaluadas tienen picos reproductivos coincidiendo con las épocas donde hay una mayor productividad biológica en el mar, al final de la época de lluvias y parte de la época de surgencia que se presenta en la zona norte (Magdalena y La Guajira). Es importante tener en cuenta que los años 2020 y 2021 se presentaron eventos climáticos anormales, lo cual afectó los muestreos y probablemente también la distribución de las especies, lo que hace necesario seguir monitoreando su actividad reproductiva y determinar sus patrones interanuales.



En agosto de 2020 se presentaron perfiles de salinidad muy homogéneos y con valores de 37 ups, siendo los más altos registrados durante los muestreos hasta la fecha, lo cual es característico de aguas oceánicas. Por otro lado, en los puntos de muestreos más cercanos a la costa se registraron haloclinas en el orden de los 18-20 metros. En el mes de septiembre y octubre de 2020 se presentó una haloclina en el orden de los 20-25 metros con mínimos de salinidad de 29.3 ups. En estos meses se registraron temperaturas superficiales de 30.4°C y temperaturas cercanas a los 30°C hasta los 50 m de profundidad, siendo las mayores temperaturas registradas. En diciembre de 2020, se muestreo en una estación localizada en aguas someras, en donde se registraron pocas variaciones de salinidad y temperatura, evidenciando procesos de mezcla. En marzo de 2021, la salinidad y temperatura presentó pocas variaciones en la columna de agua, lo cual indicó una capa de mezcla hasta los 80 metros de profundidad. Se observaron procesos de masas de agua saladas (Salt-fingering) en el orden de los 50 metros (Presencia de figuras escaladas en el perfil).

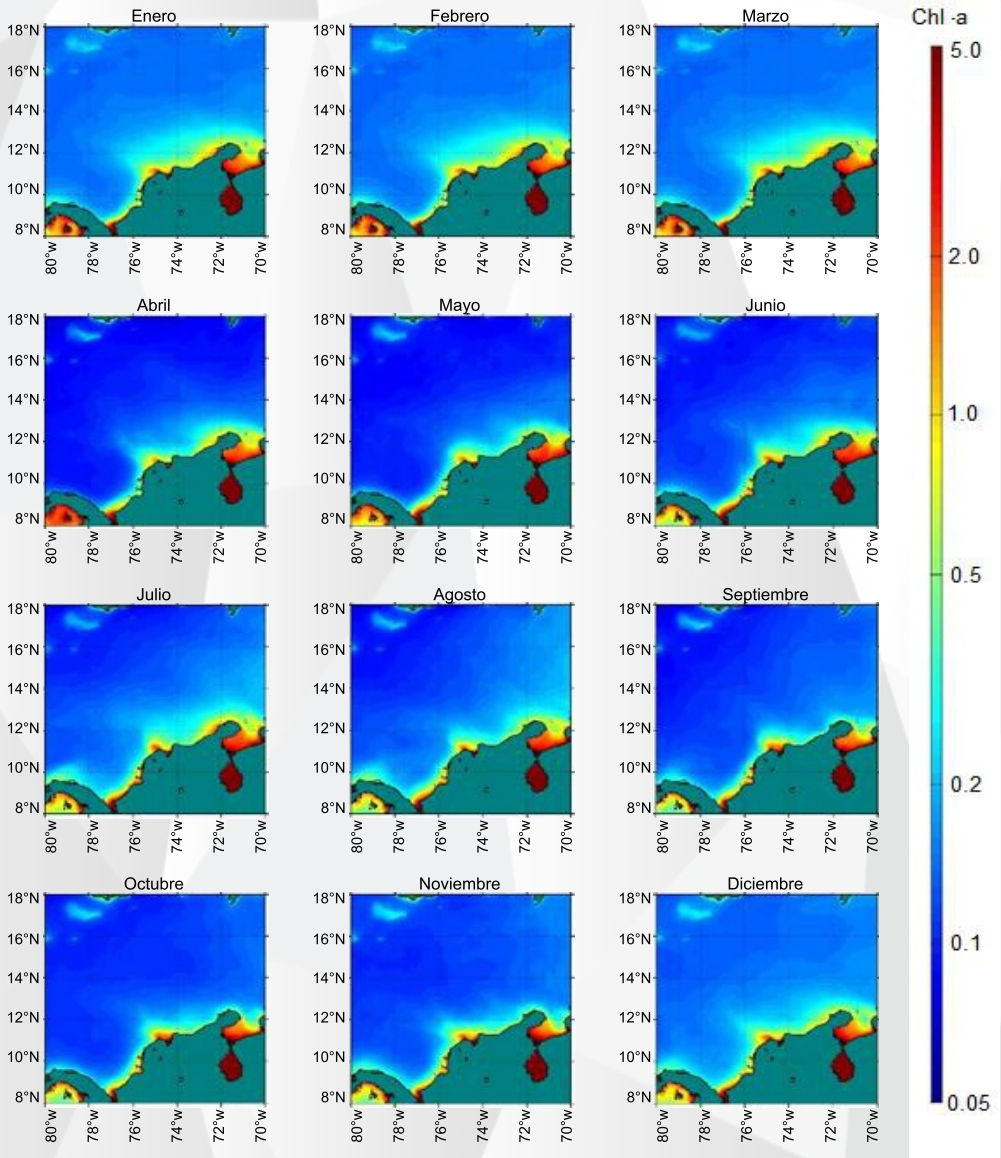
En abril de 2021, los primeros 10 metros de la columna de agua, presentaron procesos de estratificación, evidenciado en el perfil de temperatura y salinidad. Por debajo de los 10 metros las variables se homogenizaron, característico de una capa de mezcla por debajo de los 10 metros de profundidad. En mayo de 2021, el perfil se registró hasta los 40 metros. Hasta dicha profundidad, la temperatura se registró cercana a los 27°C, y la salinidad registró valores de 37 ups en todo el perfil. La capa de mezcla para este mes se observó hasta los 40 metros y posiblemente pudo alcanzar una mayor profundidad. En julio de 2021, el perfil de temperatura, registró valores de 25.5°C en superficie, dicha temperatura se mantuvo hasta los 70 metros de profundidad, en donde descendió hasta los 22°C aproximadamente. Mientras que el perfil de salinidad, registró valores cercanos a 37 ups en toda la columna de agua registrada. En resumen, este mes presentó estratificación térmica después de los 70 metros de profundidad y una distribución homogénea de la salinidad.

Promedio mensual de la temperatura superficial del mar entre los años 2006-2020 en el Caribe colombiano



En el norte del Caribe colombiano se observó que los meses de enero a marzo presentaron la temperatura superficial del mar más baja entre 26°C y 25°C. A partir del mes de abril se observó el aumento progresivo de la temperatura superficial del mar, alcanzando su mayor pico en el mes de octubre (30°C). En noviembre se presentó un leve descenso y luego en el mes de diciembre descendió en más de dos grados centígrados, con la influencia de los vientos alisios y los eventos de surgencia, retomando de nuevo el ciclo.

Promedio mensual de los valores de clorofila-a entre los años 2006-2020 en el Caribe colombiano



La concentración de clorofila-a presentó valores entre 1.0 y 3.0 mg/m^3 a lo largo de la línea de costa alcanzando la zona oceánica durante el primer trimestre del año. Entre los meses de abril a noviembre se presentó un descenso en la concentración de clorofila-a y poca influencia hacia la zona oceánica. Sin embargo, en la época de lluvias (septiembre y octubre) se registró un incremento en la zona de influencia de la desembocadura del río Magdalena. En diciembre con el retorno de los vientos alisios se presentaron de nuevo los eventos de surgencia con incrementos en la concentración de clorofila-a.

La ordenación pesquera bajo un enfoque ecosistémico para la pesca, tiene en cuenta los componentes abióticos y bióticos de los ecosistemas, así como la interacción con los humanos, utilizando una perspectiva holística (Defeo, 2015). Así mismo, los enfoques basados en especies son esenciales para comprender y analizar su rol dentro de las comunidades y ecosistemas (Gujjarro *et al.*, 2011). Para su implementación dichos enfoques deben contar con la participación activa de todos los actores que involucra la actividad pesquera (Hilborn, 2010), teniendo en cuenta las limitaciones de los países en desarrollo en la realización de investigaciones para la aplicación del enfoque ecosistémico para la pesca (Mathew, 2011), sobre todo en el caso de los recursos de aguas profundas; los indicadores simples basados en datos de biomasa, abundancia, tallas y peso entre otros, son útiles para determinar el estado de los recursos y los ecosistemas y poder monitorear sus cambios (Ye *et al.*, 2011). Estos indicadores deben provenir de datos confiables y fáciles de obtener que reflejen la condición del recurso y permitan definir valores de referencia apropiados para una buena gobernanza y gestión sostenible.

Sin embargo, debido a la limitada información disponible se debe adoptar un enfoque precautorio, hasta que se conozca la estructura y funcionamiento de las especies y los ecosistemas de profundidad (FAO, 2003) y se ahonde en la biología de las especies, para conocer su ciclo de vida, épocas y zonas de reproducción, así como sus parámetros básicos poblacionales; que permitan emitir recomendaciones de manejo para un aprovechamiento sostenible.

Resultados de estudios anteriores muestran que los crustáceos de aguas profundas en el Caribe colombiano tienen un comportamiento nictimeral en el cual salen de sus madrigueras en la noche para alimentarse y en las horas del día se entierran para descansar (Paramo y Saint-Paul, 2012c; Pacheco *et al.*, 2021). De hecho, las capturas mayores se registraron en las horas de la noche (Paramo y Saint-Paul, 2012c; Pacheco *et al.*, 2021). Por el contrario, se ha encontrado que especies de condriktios de aguas profundas las mayores capturas ocurren en las horas del día, como el tiburón linterna enano (*Etmopterus perryi*) (Paramo *et al.*, 2021). En general, es bien conocido que la gran mayoría de los peces demersales de aguas profundas realizan migraciones verticales en la columna de agua (Abramov y Lipskaya, 1989), que puede estar relacionado a hábitos migratorios de alimentación (Leal *et al.*, 2009).

Por lo tanto, para el inicio de una nueva pesquería de crustáceos de aguas profundas se recomienda realizar las capturas solamente en las horas de la noche, así se maximizan las capturas de las especies objetivo y se reducen las capturas de especies de peces elasmobranquios que tiene ciclo de vida de lento crecimiento, largos periodos de gestación y poca descendencia (Cavanagh y Kyne, 2006; Norse *et al.*, 2012), que los hace muy vulnerables a la actividad pesquera. El uso de estos recursos se podría dirigir hacia una pesquería artesanal tecnificada que cuente con los equipos necesarios para operar en aguas profundas, tales como el uso de mallas cuadradas, puertas de arrastre tipo pelágicas que no alteren el hábitat marino. Esta actividad debe ser supervisada y monitoreada, teniendo en cuenta medidas de manejo como vedas espacio-temporales asociadas a épocas reproductivas y sitios de crianza. En el caso de los crustáceos de aguas profundas se recomienda tener en cuenta para dicha veda el mes de octubre donde se presentó mayor número de individuos maduros y desovados. En el contexto de la conservación de hábitats como los montes submarinos que albergan especies biogénicas y alta diversidad, se recomienda la implementación de vedas espaciales, considerando en este caso una zonificación con reservas marinas no explotadas y áreas con niveles limitados de esfuerzo pesquero, de manera que se desarrolle una pesquería sostenible bajo un enfoque ecosistémico.

- Abramov, A., Lipskaya, H. 1989. On the feeding of *Epigonus elegans* in the region of the Nazca ridge. Journal of Ichthyology, 29(1), 129–134.
- Andrade, C. A., Barton, E. D. y C. N. K. Mooers. 2003. Evidence for an eastward flow along the Central and South American Caribbean Coast, J. Geophys. Res., 108 (C6), 3185 doi:10.1029/2002JC001549.
- Andrade, C. y E.D. Barton. 2005. The Guajira upwelling system. Continental Shelf Research., 25 (9): 1003–1022. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2004.12.012>
- 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). Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science, 31:195–204.
- Becker, C., Cunningham, E.M., Dick, J. T. A., Eagling, L.E. y J.D. Sigwart. 2018. A unified scale for female reproductive stages in the Norway lobster (*Nephrops norvegicus*): Evidence from macroscopic and microscopic characterization. Journal of Morphology. 279:1700-1715.
- Borrero, F. J., Díaz, J. M., Seczón, A. 1996. Las ostras períferas (Bivalvia - Pteriidae) en el Caribe colombiano. Historia de su explotación, Ecología y Perspectivas para su aprovechamiento. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales, 1: 1-56.
- Cavanagh, R., Kyne, P. M. 2006. The conservation status of deep-sea chondrichthyan fishes. In R. Shotton (Ed.), Deep Sea 2003: Conference on the governance and management of deep-sea fisheries. Part 2: Conference poster papers and workshop papers (pp. 366–378). Rome: FAO Fisheries Proceed 3/2.
- Carlucci, R., G., D'Onghia; L., Sion; P., Maiorano., A., Tursi. 2006. Selectivity parameters on size at first maturity in deep-water shrimps, *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827) and *Aristeus antennatus* (Risso, 1816), from the north western Ionian Sea (Mediterranean Sea). Hydrobiologia 557:145-154.
- Desantis, S., M. Labate, P. Maiorano, A. Tursi, G. M. Labate y M. Ciccarelli, 2001. A Histochemical and ultrastructural study of oogenesis in *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827). Hydrobiologia 449: 253–259.
- Echeverría-Sáenz, S., I.S. Wehrmann. 2011. Egg production of the commercially exploited deepwater shrimp, *Heterocarpus vicarius* (Decapoda: Pandalidae), Pacific Costa Rica. J. Crust. Biol. 31: 434-440.
- García, S. 1989. The management of coastal penaeid shrimp fisheries. In J. F. Caddy (Ed.), Marine Invertebrate Fisheries: Their Assessment and Management (pp. 281-306). New York: Wiley.
- Gislason H., y Sinclair, M. 2000. Ecosystem Effects of Fishing. ICES Journal of Marine Science, 57: 466–467.
- Gunderson, D.R., 1993. Surveys of fisheries resources. John Wiley and Sons Inc, New York. 1–256.
- ICES. 2010. Report of the Workshop on crustaceans (*Aristeus antennatus*, *Aristaeomorpha foliacea*, *Parapenaeus longirostris*, *Nephrops norvegicus*) maturity stages (WKMSC), 19-23 October 2009, Messina, Italy. ICES CM 2009/ACOM:46. 77 pp.
- INVEMAR, 2000. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera PNIBM. Editado por Juan Manuel Díaz Merlano y Diana Isabel Gómez López. Santa Marta: INVEMAR, FONADE, MMA. 80 pág. ISBN: 958-96972-0-8.
- Kapiris K., Thessalou-Legaki, M. 2006. Comparative fecundity and oocyte size of *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus* in the Greek Ionian Sea (E. Mediterranean) (Decapoda: Aristeidae). Acta Zoologica, vol. 87, no. 4, pp. 239–245.
- Kapiris K., Thessalou-Legaki M., 2009. Comparative reproduction aspects of the deep-water shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus* (Decapoda, Aristeidae) in the Greek Ionian Sea (Eastern Mediterranean). International
- Leal, E., Contreras, F., Oyazun, C. 2009. Distribución, batimetría y alimentación de *Epigonus crassicaudus* (de Buen, 1959) (Perciformes: Epigonidae) en la costa de Chile. Gayana, 73(1), 95–101.
- Levi, D. & M. Vacchi, 1988. Macroscopic scale for simple and rapid determination of sexual maturity in *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827) (Decapoda, Penaeidae). Journal of Crustacean Biology 8: 532–538.

- Lizárraga-Cubedo, H.A., Pierce, G.J., Santos, M.B. 2008. Reproduction of crustaceans in relation to fisheries. En: Mente, E (ed.). Reproductive biology of crustaceans: case studies of decapod crustaceans. Science Publishers, New Hampshire. Pp. 169–222.
- Mesa, O. Poveda, G. y L. Carvajal, 1997. Introducción al clima de Colombia. Imprenta Universidad Nacional, Bogotá D.C. 390 p.
- Norse, E. A., Brooke, S., Cheung, W. W. L., Clark, M. R., Ekeland, I., Froese, R., Watson, R. 2012. Sustainability of deep-sea fisheries. *Marine Policy*, 36, 307–320.
- Pacheco, C., Cusba, J., Paramo, J., Queirolo, D., Pérez, D. 2021. Spatial structure and morphometric relationships of the deep-sea shrimp *Solenocera acuminata* (Decapoda, Solenoceridae) in the Colombian Caribbean. *Zookeys*, 1040: 1–24.
- Papaconstantinou, C., y Kapiris, K. 2003. The biology of the giant red shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) at an unexploited fishing ground in the Greek Ionian Sea. *Fisheries Research*, 62: 37-51.
- Paramo, J., y Saint-Paul, U. 2010. Morphological differentiation of southern pink shrimp *Farfantepenaeus notialis* in Colombian Caribbean Sea. *Aquatic Living Resources*, 23(1): 95-101.
- Paramo, J., Saint-Paul, U. 2012a. 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*. 92(4): 811-818.
- Paramo, J., Saint-Paul, U. 2012b. Spatial structure of the pink speckled deep-sea shrimp *Penaeopsis serrata* (Bate, 1881) (Decapoda, Penaeidae) during november-december 2009 in the colombian Caribbean Sea. *Crustaceana*. 85(1): 103-116.
- Paramo, J., Saint-Paul, U. 2012c. Spatial structure of deep sea lobster (*Metanephrops binghami*) in the Colombian Caribbean Sea. *Helgoland Marine Research*. 66: 25-31.
- Paramo, J., Wiff, R., González, R. 2021. A matter of size: the population structure of the smallest known living shark, *Etmopterus perryi* (Springer & Burgess, 1985), from deep-waters off the Colombian Caribbean coast. *Journal of Fish Biology*. 99(3): 755-764.
- Pérez, D. 2021. Megainvertebrados de fondos blandos en ecosistemas de aguas profundas (prístino) y someras (alterado) en el Caribe colombiano. Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias del Mar. UNIVERSIDAD DE BOGOTA JORGE TADEO LOZANO FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR 202. Santa Marta, Colombia. 214 p.
- Pérez, D., Paramo, J. y M. Wolff. 2019. Distribution, abundance and fishing potential of mega-invertebrates in the sub-euphotic zone (150–535 m) in the Colombian Caribbean. *Regional Studies in Marine Science* 32. 100868
- Pujos, M. y J. Le Tareau, 1998. Hidrogeologie de la plateforme continentale Caraibe colombienne au large du delta du Dique en saison des pluies: consequence sur la circulation. *Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d' Aquitaine*. 44: 97-107.
- Rueda, M. 2016. Causas y tensores del cambio en los ecosistemas marinos y costeros y sus servicios: indicadores de presión. (70-100). En: INVEMAR. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2015. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 186 p.
- Vega-Sequeda, J., Polo-Silva, C. J., Franco-Herrera, A., Páramo-Granados, J. y A. Sanjuan-Muñoz. 2019. Dynamics of physicochemical variables of the northern Colombian Caribbean coastal waters. *DYNA*, 86(211), pp. 17-25.



Grupo de investigación Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical (CITEPT)

El grupo de investigación Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical (CITEPT) de la Universidad del Magdalena, está involucrado activamente en estudiar la historia de vida de las especies, el tamaño de los stocks, la ecología de los recursos pesqueros y los efectos de las actividades pesqueras, el clima y los procesos oceanográficos en la dinámica de las poblaciones tropicales explotadas. Unido a la investigación científica, el grupo hace uso de tecnología de última generación con expertos en acústica pesquera, equipos oceanográficos, uso de imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a pesquerías y tecnología de captura (artes y métodos de pesca), para cumplir con su objetivo de manejo integral de los recursos pesqueros.

El grupo está involucrado en las siguientes áreas de investigación: Evaluación de Stocks, Modelación Pesquera, Ecología Pesquera, Ictiología, Acústica Pesquera, Oceanografía Pesquera, Geoestadística, Áreas Marinas Protegidas, Imágenes Satelitales, Análisis de Riesgo e Incertidumbre, Economía Pesquera, Eco-etología de peces, Administración de pesquerías y Selectividad de artes de pesca.

OBJETIVOS DEL GRUPO

Comprender el funcionamiento de las poblaciones de peces tropicales, a través de la investigación de los sistemas marinos y costeros y sus hábitats, utilizando tecnología de última generación, para mejorar el manejo de los recursos pesqueros.

Identificar y evaluar los principales mecanismos y elementos de manejo que contribuyan al aumento de la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas marinos y costeros tropicales y el uso sostenible de los recursos pesqueros.

Asesorar a los pescadores (artesanales e industriales), administradores, público en general e investigadores hacia un enfoque ecosistémico, integrado y equitativo del uso sostenible de los recursos pesqueros teniendo en cuenta el enfoque precautorio.

SERVICIOS QUE OFRECE

Evaluación de recursos pesqueros, Batimetría, Oceanografía Pesquera, Acústica Pesquera, Ecología Pesquera, Capacitación de pescadores.

MISIÓN

Lograr el desarrollo sostenible de los recursos pesqueros en Colombia, a través de la investigación científica que conduzca a la preservación de la biodiversidad, teniendo en cuenta los procesos ecológicos y oceanográficos de los ecosistemas marinos y costeros tropicales y el uso sostenible, equitativo y ético de los recursos naturales renovables. La información generada servirá de base para formulación de planes de manejo integrales que tengan en cuenta la ecología de los océanos, aspectos biológico-pesqueros, económicos y sociales.

VISIÓN

El grupo CITEPT se visiona como líder en el desarrollo de la investigación pesquera en Colombia, contribuyendo con la conservación y sostenibilidad de la biodiversidad marina y costera tropical, el mantenimiento de la calidad ambiental y consecuentemente con el bienestar de las personas que dependen directa e indirectamente de la actividad pesquera.

Contacto:

Dr. Jorge Paramo Granados
Universidad del Magdalena
Correo electrónico:
jparamo@unimagdalena.edu.co



AUNAP

AUTORIDAD NACIONAL
DE ACUICULTURA Y PESCA

"Acuicultura y Pesca con Responsabilidad"

Dr. Nicolás del Castillo
Director General – AUNAP

Dra. María Rosa Angarita
**Jefe de Oficina de Generación del Conocimiento
y de la Información**



Dr. Pablo Vera Salazar
Rector – Universidad del Magdalena

Dr. Jorge Enrique Elías Caro
Vicerrector de Investigación



"Acuicultura y Pesca con Responsabilidad"



El campo
es de todos

Minagricultura



Convenio de cooperación de actividades
científicas y tecnológicas No. 153 de 2020
suscrito entre la Autoridad Nacional
de Acuicultura y Pesca - AUNAP
y la Universidad del Magdalena