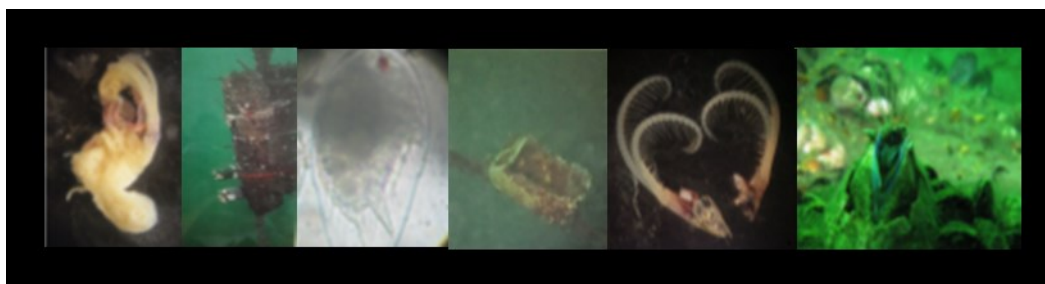




Bases biológicas para el cultivo del picoroco *Austromegabalanus psittacus* (Molina) (Cirripedia: Toracica) en la región patagónica de argentina.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO
Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud

Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas.



AUTOR: PAOLA LANAS O.

Director: Dr. Daniel A. López

Co-Director: Dra. Pamela Balzi

Asesora de Estudio : Dra. Alicia Rico

Correo electrónico: paolairinalanas@gmail.com

Índice

| | |
|---|----|
| Resumen:..... | 1 |
| Introducción | 4 |
| | |
| <u>Capítulo 1</u> :Distribución en el ambiente natural y crecimiento | 9 |
| Introducción | 9 |
| Objetivos generales:..... | 10 |
| Objetivos específicos..... | 10 |
| Metodología | 11 |
| Crecimiento en el ambiente natural y en cultivo..... | 12 |
| Rendimiento en el ambiente natural | 13 |
| Resultados | 14 |
| Variaciones temporales y espaciales de la talla..... | 15 |
| Crecimiento inicial en condiciones de cultivo (colectores artificiales) y en el ambiente natural..... | 18 |
| Crecimiento estimado..... | 19 |
| Rendimiento en el ambiente natural | 20 |
| Discusión | 22 |
| | |
| <u>Capítulo 2</u> : Reproducción | 26 |
| Introducción | 26 |
| Objetivo general..... | 27 |
| Objetivos específicos:..... | 27 |
| Metodología..... | 28 |
| Resultados | 34 |
| Descripción general de los sistemas reproductores masculino y femenino | 34 |
| Sistema reproductor masculino | 34 |
| Sistema reproductor femenino | 37 |
| Estadios de desarrollo de la gónada femenina..... | 38 |
| Relación entre la frecuencia de los estadios gonadales (FEG y FNEG) y la estacionalidad..... | 43 |
| Embriogénesis | 45 |

| | |
|--|-----|
| Talla mínima de madurez sexual según época del año..... | 49 |
| Fecundidad mensual de organismos reproductivos según talla | 51 |
| Variación mensual de la fecundidad realizada..... | 53 |
| Relación entre tamaño y fecundidad realizada..... | 54 |
| Frecuencia de ejemplares con lamelas ovígeras..... | 56 |
| Reclutamiento:..... | 59 |
| Cronología estimada del ciclo reproductivo..... | 62 |
| Discusión: | 62 |
| | |
| <u>Capítulo 3: Alimentación</u> | 69 |
| Introducción | 69 |
| Objetivo general:..... | 70 |
| Objetivos específicos:..... | 70 |
| Metodología..... | 71 |
| Descripción de la anatomía del sistema de alimentación..... | 71 |
| Análisis de la alimentación natural | 72 |
| Resultados | 76 |
| Anatomía del sistema digestivo | 76 |
| Anatomía del cono bucal..... | 76 |
| Anatomía de los cirros..... | 82 |
| Variaciones morfológicas y merísticas de los cirros asociadas a la talla de los ejemplares. | 84 |
| Alimentación natural..... | 90 |
| Discusión | 99 |
| | |
| <u>Capítulo 4 : Proyección de los aspectos biológicos de <i>Austromegabalanus psittacus</i> al cultivo</u> | 104 |
| Introducción | 104 |
| Objetivos: | 105 |
| Metodología..... | 105 |
| Resultados | 105 |
| Tipo y condiciones de cultivo: | 105 |
| Captación de semilla. | 108 |
| Sitios y procesos de captación de semilla | 109 |

| | |
|--|-----|
| Tiempo de captación de semilla..... | 111 |
| Sistemas de cultivo..... | 112 |
| Tipo de colectores..... | 114 |
| Crecimiento y engorde..... | 117 |
| Cambios y Procesos durante el crecimiento..... | 121 |
| Talla comercial y viabilidad | 121 |
| Estimación de parámetros de crecimiento | 122 |
| Seguimiento del engorde | 123 |
| Talla de cosecha | 124 |
| Valoración bioeconómica de las expectativas de cultivo de la especie <i>Austromegabalanus psittacus</i> en función de otras especies cultivables | 125 |
| Criterios para definir especies cultivables..... | 125 |
| Discusión: | 130 |
| Conclusiones | 135 |
| Referencias bibliográficas | 138 |
| Anexo..... | 148 |

Resumen:

El cirripedio *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1788) (Perreault, 2016), el picoroco, es un crustáceo submareal sésil que se distribuye desde el sur de Perú, a lo largo del litoral chileno y en el sur de Argentina, se cultiva experimentalmente en Chile donde es además un recurso de la pesquería artesanal. Ha sido poco estudiado en la costa argentina. Con el objetivo de sentar las bases de su eventual aprovechamiento, se realizaron estudios dirigidos a determinar su distribución y aspectos de su biología como crecimiento inicial, ciclo de vida, alimentación, y con ello poder diseñar tecnologías de cultivo.

En cinco playas comprendidas a lo largo de casi 50 km de costa, desde Playa de Km 3 (45° 82`S 67°27`O) hasta la playa lindera a El Boyero (46° 04`S 67°37`O) en provincia de Santa Cruz, el picoroco se encontró en pozas de marea en el nivel intermareal medio e inferior; sobre la restinga, formando agrupaciones o aisladamente en el nivel intermareal inferior y sueltos en la restinga provenientes de arribazones.

Las tallas de los ejemplares variaron según el tipo de ambientes y categorías en que se encontraron y según la estación del año. El crecimiento inicial en el ambiente natural fue rápido (0,3 mm por día), semejante al crecimiento en colectores artificiales (0,27 mm por día) y comparable a los crecimientos registrados en Chile. El modelo de crecimiento de Von Bertalanffy resultó adecuado para relacionar talla y edad. El rendimiento en carne de los individuos de la población en el ambiente natural osciló entre 14,66% ± 12,43.

La anatomía del sistema reproductor masculino y femenino presentó la estructura básica descrita para la especie en Chile. El estudio histológico de la gónada femenina permitió diferenciar cuatro estadios de maduración. La frecuencia de estos estadios gonadales en la población mostró diferencias respecto de las estaciones del año, siendo significativamente más frecuente la vitelogenénesis inicial en el invierno, la atresia gonadal en primavera y la gónada en reposo durante el otoño.

El estudio de la embriogénesis permitió describir ocho estadios de desarrollo, desde el huevo centrolecito fecundado hasta el estadio de prenauplio.

Los individuos de las tallas medias fueron los que se encontraron más frecuentemente incubando, es decir, con presencia de lamelas ovígeras. Los ejemplares más pequeños donde pudo observarse madurez sexual tanto del sistema reproductor femenino como del masculino tuvieron tallas de 0,70 y 0,22 cm de largo carino-rostral respectivamente.

Se observó un máximo de individuos incubando durante los meses de verano (50%), siendo el porcentaje de incubación bajo durante la mayor parte del año y nulo a fines de otoño y durante el invierno. El Índice Gonadosomático (IGS) promedio mensual fluctuó entre valores del 11% al 20%. El Índice de Condición promedio registró dos máximos: el mayor en agosto, con valores del 76%, y en los meses de enero y febrero con valores del 46 % ambos.

El análisis de la variación mensual de la fecundidad mostró diferencias significativas, registrándose los valores más altos de fecundidad en diciembre, siendo los meses de verano en general los que presentaron mayores valores comparados con el resto del año. En cuanto a la relación entre el tamaño de los organismos y la fecundidad, para el parámetro número de huevos por gramo de lamela ovígera (NGL), la relación fue negativa. Los individuos pequeños y las tallas medias presentaron los más altos valores de NGL. Mientras que para el parámetro número de huevos por lamela (NHL) esta relación fue positiva.

El reclutamiento en los colectores artificiales fue marcadamente estacional y ocurrió durante los meses de verano, tanto a los 2 metros como a los 4 metros de profundidad. Los diferentes tipos de colectores, también evidenciaron diferencias en la densidad del reclutamiento.

El sistema de alimentación presentó la estructura típica de los balanomorfos. La anatomía de los cirros presentó variaciones asociadas al tamaño de los ejemplares, y esto fue más notorio en el caso de los cirros manipuladores. La longitud de los cirros captadores y manipuladores se asoció a la variación del largo carino-rostral (LCR) mediante funciones potenciales que explicaron

alrededor del 50% de la variación de la longitud cirral. Lo mismo ocurrió con el número de artejos de los cirros manipuladores, siendo esta relación más débil en el caso de los cirros captadores.

La relación entre estos parámetros y la altura carinal (AC) fue diferente. La longitud de los cirros manipuladores no se asoció a esta variable de talla, mientras que los cirros captadores lo hicieron débilmente. El parámetro que se asoció más fuertemente a la AC fue el número de artejos por cirro, y fue mayor en los cirros captadores (alrededor del 65% de la variación encontrada), que en el caso de los manipuladores (alrededor del 30%).

El estudio de la alimentación natural permite señalar que el picoroco es una especie oportunista, pero con algún grado de selectividad. Es omnívora, pero preferentemente herbívora, dado que se determinó una mayor proporción de contenido algal que animal en la dieta. La fracción animal está constituida principalmente por microfauna bentónica que persiste por poco tiempo como meroplancton en la columna de agua. La composición de la dieta indica una alimentación preferentemente planctófaga.

Se propone para la especie un tipo de cultivo semiintensivo, que aproveche su ciclo de vida, con captación de semilla y crecimiento en los mismos colectores. La captación de semilla debe hacerse a fines de la primavera y comienzos del verano, preferentemente en un fondeo individual con línea madre vertical.

Siguiendo el modelo de Von Bertalanffy para relacionar talla y edad, se estimó que a los 100 días de crecimiento en los colectores los individuos alcanzan la madurez sexual, a los 200 días alcanzan la talla comercial para Japón y a los 400 días, alcanzan los 2 cm de LCR. En este período la población debería estar todo un año con capacidad reproductiva y abasteciendo los bancos naturales de semilla.

Los resultados de este trabajo evidencian que el picoroco es una especie con alta potencialidad, debido a que es biológicamente fácil de cultivar, con costos operacionales bajos.

Introducción

El estudio biológico de especies de invertebrados marinos está asociado no sólo a los requerimientos de conocimiento de poblaciones, comunidades y ecosistemas, sino también a las opciones de uso como recursos de interés comercial. El conocimiento biológico es indispensable para el uso racional de los recursos, implicando su sustentabilidad y su aporte al desarrollo económico-social (Klinger *et al.*, 2018). En ese contexto, los cultivos de invertebrados marinos han evidenciado un crecimiento exponencial a nivel mundial (López D. *et al.*, 2005; Wurmman, 2005; Little *et al.*, 2016). Además de su impacto económico, disminuyen la presión extractiva sobre las poblaciones naturales, favoreciendo la conservación de especies y disminuyendo la creciente brecha entre la oferta y la demanda de alimentos de origen acuático (Hambrey, 2017).

El uso de especies nativas para cultivos genera valor agregado sobre un recurso natural local (Klinger & Naylor, 2012), no requiere el uso de tecnologías de adecuación o aclimatación necesarias para las especies cultivables no nativas y disminuye los impactos ambientales que pueden producirse por la introducción de especies (Savini *et al.*, 2010; Copp *et al.*, 2016). La mayor limitación para el cultivo de especies nuevas es la falta de conocimiento biológico. El desarrollo de cultivos requiere principalmente de conocimiento detallado de procesos reproductivos, crecimiento, sobrevivencia y alimentación (López *et al.*, 2005; Little *et al.*, 2016).

El cirripedio balanomorfo *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1788:223), picoroco, es uno de los invertebrados marinos con alto potencial de cultivo en la región (López D. *et al.*, 2012 b). La distribución geográfica de la especie abarca la costa peruana desde Pacasmayo hacia el sur, por toda la costa chilena, incluyendo la isla Juan Fernández y la costa Atlántica en el sur de Argentina (Nillsson-Cantell, 1957; Young, 2000). La especie presenta plasticidad fenotípica, y las diferencias morfológicas de los ejemplares sureños y más septentrionales hizo que su distribución geográfica fuera discutida (Pilsbry, 1909; 1916; Nillsson-Cantell, 1929). Finalmente, la presencia de una única

especie en la costa pacífica fue reafirmada por Kolosvary (1942); Nillson-Cantell (1957) y Rozbaczylo & Castilla (1987).

La especie presenta externamente una conchilla formada por seis placas murales, articuladas entre sí por un número alternado de alas y de radios, y cuatro placas operculares, de las cuales, los tergos, presentan una típica forma de "pico de loro" que otorga el nombre a la especie. Se fija al sustrato mediante una base de naturaleza calcárea que puede crecer en longitud cuando el animal se encuentra agregado formando acúmulos de organismos ("hummocks") (López B. *et al.*, 2010). Presenta seis pares de cirros birramosos que se encuentran lateralmente a la boca. Los órganos internos, excepto el ovario, se encuentran al interior de una estructura sacular, el prosoma, que los contiene (López D., 1976; Hernández, 1999).

Esta especie presenta algunas características que favorecen un eventual cultivo tales como: tener larvas planctónicas que pueden ser fuente de semilla; ser un crustáceo sésil y hermafrodita; ser una especie que no requiere suplemento exógeno de alimento, debido a que es un animal micrófago; poseer carne de alto valor potencial en mercados externos (López D. *et al.*, 2005). Es un recurso tradicional de la pesquería artesanal chilena, país donde se consume en fresco y congelado y se han hecho importantes avances en su cultivo (López D. *et al.*, 2012 b).

A nivel mundial, no son muchas las especies de cirripedios comestibles. En el grupo de los lepadomorfos, *Pollicipes pollicipes* (Leach, 1817), conocido como "percebe", es un producto de la pesquería artesanal costera en Galicia, España. *Pollicipes polymerus* (Sowerby, 1833), en las costas de Canadá, es un producto de exportación como especie similar de la española. *Pollicipes elegans* (Lesson, 1831), una especie de menor tamaño, también se pesca como similar del percebe español (Bald *et al.*, 2006). En el sur del Japón, *Capitulum mitella* (Linnaeus, 1758), un lepadomorfo de pequeño tamaño, se pesca artesanalmente para consumo humano (López D. *et al.*, 2010).

De los cirripedios balanomorfos, *Balanus nubilus* (Darwin, 1854), se distribuye desde Alaska hasta el sur de Estados Unidos, y es consumido solamente por algunas poblaciones humanas originarias (López D. *et al* 2010; López B., 2020). En la costa asiática del Pacífico, especialmente en Japón, se consumen varias especies de cirripedios balanomorfos conocidos como "fujit subo". Una de las principales es *Balanus rostratus* (Hoek, 1833), un recurso pesquero que se consume al norte de ese país. *Megabalanus rosa* (Pilsbry, 1916) y *Tetraclita japonica* (Pilsbry, 1916), se pescan en menor volumen, y se comercializan a un valor más bajo de mercado. Particularmente en las islas Azores, *Megabalanus azoricus* (Pilsbry, 1916) se pesca intensivamente y se consume como producto de alto valor culinario (Regala, 1999). Es una especie submareal, y recientemente se han comenzado acciones destinadas a su cultivo (Pham *et al.*, 2011). En islas Canarias y en Portugal, *Megabalanus tintinnabulum* (Linnaeus, 1758), se pesca en menores volúmenes (López D. *et al.*, 2010).

Si bien en Chile se han iniciado actividades de cultivo de *Austromegabalanus psittacus* a nivel experimental y piloto (López D. *et al.*, 2005), las diferentes condiciones ambientales hacen necesario conocer la biología de las poblaciones atlánticas de *A. psittacus*, puesto que es una especie de alta variabilidad fenotípica e influida por diversos factores ambientales (López D. *et al.*, 2003; 2005).

La biología y ecología del picoroco en el Mar Argentino está poco estudiada; su consumo como producto pesquero está limitado a las familias recolectoras de ascendencia chilena, que lo consideran un recurso de valor culinario y cultural (observación personal).

En el golfo San Jorge (45° 52' S; 67° 28' O), la maricultura se desarrolla artesanalmente. En esta región, el cultivo del picoroco podría constituirse en una actividad complementaria para aquellos que trabajan en la explotación de los recursos marinos, contribuyendo a producir el cambio de una economía recolectora a una economía de fase productora (Acuicultura), considerando también que existe, como se ha señalado anteriormente, un potencial mercado local.

Para evaluar si es posible considerar al picoroco como un eventual recurso acuícola, se hizo un estudio de las bases biológicas de la especie en el área central del golfo San Jorge, orientado a un eventual cultivo. Por ello se analizaron los siguientes aspectos: a) Presencia de la especie en el ambiente natural y crecimiento, b) reproducción, c) alimentación y d) adecuación de tecnologías para el cultivo. El orden de las preguntas que se contestan en cada capítulo se organiza en una secuencia lógica que permita responder las cuestiones básicas que definen a una especie como potencialmente cultivable y se esbozan en la introducción de cada uno de ellos. Los capítulos 1 al 3 están ordenados siguiendo un orden prioritario de preguntas que respondan esta cuestión.

Capítulo 1: Un primer aspecto a tener presente para establecer la factibilidad de cultivo es la presencia de la especie en el ambiente natural, en los distintos hábitats donde es posible registrarla. Es decir, cómo y dónde se encuentra y si existen lugares propicios que puedan ser futuras fuentes de semilla. Consecuentemente también cómo es su rendimiento en carne y como es su crecimiento inicial. Este es el primer punto por resolver, ya que una especie poco abundante, de crecimiento lento y de bajo rendimiento en carne no sería una buena opción como recurso acuícola (Rowland & Barlow, 1991; Lyster, 2004)

Capítulo 2: Ciclo de Vida. Este es el segundo punto por resolver a la hora de considerar a una especie como recurso acuícola. Se debe tener en cuenta si el ciclo de vida es simple o complejo: si tiene pocos o muchos estadios larvarios, que se desarrollen en uno o en distintos ambientes. Si tiene alta o baja fecundidad. Si tarda mucho/poco tiempo en llegar a la madurez sexual (Sykes *et al.*, 2006). Por último, se debe considerar el asentamiento larval y posterior reclutamiento de individuos los cuales pudieran ser utilizados como semilla en colectores artificiales. Además del momento en que ocurren la reproducción y el reclutamiento. (Urban, 2000; Velasco *et al.*, 2008) Siguiendo la misma línea de razonamiento, una especie con un ciclo de vida complejo, de baja fecundidad, y/o que tarde mucho tiempo en llegar a la madurez sexual tampoco debería ser considerada un potencial recurso acuícola (Rowland & Barlow, 1991; Carnevia, 2008; Lara *et al.*, 2009).

El Capítulo 3 intenta responder el interrogante sobre la alimentación de la especie, puesto que es un factor clave en el crecimiento. Conocer su alimentación permitirá inferir sobre la capacidad de carga de los sistemas de cultivo (Carver & Mallet ,1990) y explorar futuras opciones de cultivos de mayor intensidad usando sistemas de *hatchery*. También debe intentar conocerse la relación entre la anatomía alimentaria y el tipo de dieta, considerando la plasticidad fenotípica de estos organismos, y los cambios anatómicos que manifiestan cuando se encuentran en altas densidades constituyendo "hummocks" (López D. *et al*, 2007), ya que esto puede cobrar gran importancia en condiciones de cultivo (Mc Kindsey *et al.*, 2006; Grant *et al.*, 2007; Duarte *et al.* 2003, 2008; Stigebrandt, 2011; Marambio *et al.*, 2012).

El Capítulo 4, intenta proyectar el cultivo. Desde esta perspectiva el capítulo integra la información biológica desarrollada en los capítulos anteriores y considera los necesarios aspectos tecnológicos que son consustanciales a todo tipo de práctica acuícola (Urban, 2000; Lodeiros *et al.* ,2008; Velasco *et al.*, 2008). Para ello se toman en cuenta no sólo los resultados obtenidos en el área de estudio sino el conocimiento acumulado, para esta y otras especies, sobre cultivos semi intensivos basados en la obtención de semilla desde el medio natural. La especie tiene un ciclo de vida conocido, con varios estadios larvales planctónicos librenadadores (López D., 1976), exhibe reclutamientos masivos en colectores artificiales, posee un rápido crecimiento y alcanza la madurez sexual en un período corto. Se recluta con pocos efectos denso-dependientes en períodos definidos del año (López D. *et al.*,2010). Es hermafrodita con fecundación interna y desarrollo embrionario y prelarval en la cavidad corporal, la cual está protegida por una concha calcárea caso hermética. Estas características han llevado a la consideración de especies de balanomorfos como potenciales especies-recursos de cultivo en Chile (López D. *et al.*, 2012a) y en Islas Azores (Pham *et al.*, 2011) donde son parte de la pesquería artesanal.

Capítulo 1: Distribución en el ambiente natural y crecimiento

Introducción

La distribución geográfica de *Austromegabalanus psittacus* abarca desde Pacasmayo (7° S), Perú, toda la costa chilena (Weltner, 1898; Pilsbry, 1916) y desde el sur al norte de la Patagonia argentina 39° S (Young, 2000), batimétricamente ha sido descrito como un organismo de distribución submareal, en un rango de profundidad variable desde el submareal somero y hasta los 7 metros de profundidad según el sitio de estudio (Guiler, 1959; Stuardo, 1962). En la región Patagónica se lo ha descrito en paneles artificiales de puerto San Julián (Martin *et al.*, 2015), hasta los 5 metros de profundidad, y en Comodoro Rivadavia, en paneles artificiales ubicados a 4 metros de profundidad (Rico *et al.*, 2009).

Si bien es un organismo de distribución bioceánica, perteneciente a las provincias magallánica y peruviana, y su distribución batimétrica y latitudinal es conocida, es pertinente preguntarse si las condiciones locales son las favorables para un eventual cultivo de la especie. Entre los criterios que se deben evaluar sobre el potencial biológico de una especie para la acuicultura, los primeros a abordar serán: que esté disponible y relativamente abundante en la zona de estudio, que tenga un crecimiento rápido y un buen rendimiento en carne (Rowland y Barlow, 1991; Carnevia, 2008, Pham *et al.*, 2011). Las primeras cuestiones a resolver para analizar este potencial obedecen a los interrogantes: a) ¿Cómo se encuentra la especie en el ambiente natural, es decir, de qué manera y en qué distintos hábitats es posible encontrarla? ¿Existen poblaciones parentales que puedan ser fuentes de semilla? b) Es su rendimiento en carne adecuado o suficiente para considerarlo un recurso con importancia económica? c) Su tiempo de crecimiento facilita un eventual cultivo? Contestar estas preguntas permitirá decidir si puede continuarse con el estudio de la especie aplicado al cultivo. El crecimiento en cirripedios está influenciado por varios factores: la altura de mareas (Bertness *et al.*, 1998), el flujo de agua (Crisp,

1960), la orientación a la corriente y la densidad poblacional (Bertness *et al.*, 1998; Hills & Thomason 2003), y estos están estrechamente vinculados con la alimentación (Pham *et al.*, 2011), y por lo tanto con el rendimiento. Tanto *Megabalanus azoricus* en Portugal, y *Austromegabalanus psittacus* en Chile mostraron rápidos crecimientos iniciales con relación a sus tallas comerciales (López D. *et al.*, 2007, 2010; Pham *et al.*, 2011), por lo que es necesario evaluar el crecimiento inicial en las condiciones locales y bajo la hipótesis de un potencial cultivo.

Objetivo general:

- Describir la presencia de la especie *Austromegabalanus psittacus* en el ambiente natural del litoral costero del área central del golfo San Jorge, y su crecimiento.

Objetivos específicos:

- Caracterizar los tipos de ambientes donde se encuentra la especie
- Identificar variaciones de tallas asociadas a los tipos de ambiente
- Determinar el crecimiento inicial de los organismos en el ambiente natural, comparándolo con las condiciones de cultivo
- Determinar el rendimiento en carne de ejemplares provenientes del ambiente natural

Metodología

Talla de los ejemplares y crecimiento inicial en distintos ambientes

Para conocer la distribución natural de la especie se registró periódicamente la presencia de ejemplares en playas comprendidas entre Km3 (Chubut) y Sur de Playa el Boyero (Santa Cruz) (Tabla 1). Las actividades se efectuaron entre agosto de 2006 y agosto de 2010. Cada playa fue recorrida en dirección norte-sur por períodos de 3 a 3,5 horas por sitio.

Tabla1: Ubicación geográfica de los sitios de estudio.

| Lugar | Ubicación Geográfica. |
|-------------------------|-----------------------|
| Playa Km3 | 45°82'S 67°27'O |
| Rada Tilly | 45°93'S 67°53'O |
| Playa Asina | 46°03'S 67°37'O |
| Playa El Boyero | 46°07'S 67°37'O |
| Playa (junto al Boyero) | 46°10'S 67°37'O |

En los lugares donde se encontraron ejemplares juveniles y adultos de *Austromegabalanus psittacus* se efectuó una caracterización general del ambiente para definir categorías de "hallazgo". Se registró el número de organismos contados en cada ocasión determinándose su altura carinal (AC) medida desde la base del animal hasta el borde superior de la placa carinal, y el largo carino-rostral (LCR), medido como la longitud máxima opercular tomada desde el borde superior de la placa carinal hasta la rostral, con una precisión de 0,1 cm.

Para analizar las diferencias en las tallas de los ejemplares según el tipo de ambiente donde se encontraron y según las estaciones del año invierno vs. primavera, se compararon los valores promedio de largo carino-rostral, mediante una prueba "t" para muestras independientes. La normalidad de los datos se analizó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de las varianzas, mediante la prueba de Levene (Sokal & Rohlf, 1979; Guisande González *et al*, 2011). Se utilizó la transformación raíz cuadrada del largo carino-rostral para homogeneizar las varianzas. Asimismo se efectuaron comparaciones entre estaciones del año en un mismo tipo de hábitat.

Crecimiento en ambiente natural y en condiciones de cultivo

Para conocer el crecimiento inicial en el ambiente natural, se demarcó un área de aproximadamente 60 x 50 cm que contenía organismos juveniles, en la restinga de Playa Asina. Se midió el AC y LCR, registrándose las medidas iniciales en marzo de 2010 en 30 ejemplares identificados, siendo vueltos a medir a los 30 y 60 días (n=26 y n=13, respectivamente), las mediciones no pudieron continuarse por la pérdida de la unidad muestral causada por la abrasión del oleaje sobre el sustrato.

Para determinar el crecimiento inicial en colectores suspendidos, fueron sumergidos a 2 y 4 metros de profundidad en el inicio del verano (22/12/10), seis colectores artificiales tubulares de 30 x 15 cm de área, fabricados de malla plástica de jardinería y tela media sombra en un sistema suspendido tipo long-line. Se realizó sobre ellos una primera medición (07/01/11) y fueron retirados al finalizar la estación (22/03/11). A todos los organismos asentados en los colectores, les fue medido el LCR y la AC y un grupo de ellos (n=19) pudieron ser identificados para seguir su crecimiento individual.

Para ambos tipos de ambiente se calculó la tasa instantánea de crecimiento según la fórmula:

$$d = \frac{LN(L2) - LN(L1)}{\Delta t}$$

dónde: LN es el logaritmo natural. L2 es el máximo medido y L1 es el tamaño mínimo medido; Δt es el tiempo en días, desde la primera medición hasta la última.

Estimación del modelo de crecimiento

Se utilizó la metodología propuesta por Cadima (2003) para analizar la viabilidad de un modelo de crecimiento. Se utilizaron datos provenientes de Chile (Bahía Metri) que consistieron en valores observados del largo carino-rostral (LCR), medidos en intervalos de tiempo de 30-40 días durante 720 días. Para analizar el ajuste al modelo de crecimiento de Von Bertalanffy (Braziller, 1976) como hipótesis, se utilizó la tasa de crecimiento media medida en la fracción de los primeros 200 días, a intervalos de 30-36 días y se encontró la longitud media del LCR para cada uno de estos intervalos. Se realizó el análisis de Regresión Lineal que vinculó ambos datos, encontrándose para la recta de regresión de pendiente negativa, la pendiente = K, la ordenada al origen = L_{∞} y T_0 . Se analizó el modelo de regresión no lineal con estas constantes que permitió decidir la utilización del modelo ($R^2 > 90\%$)(Guisande González *et al* 2011).

El mismo procedimiento se realizó para obtener las tasas de crecimiento medio y los valores de LCR medios para los datos obtenidos en el golfo San Jorge a 30 y 60 días en el ambiente natural, y obtener los valores estimados de las constantes del modelo elegido. Estas constantes se ajustaron utilizando los valores observados de crecimiento a lo largo de los días, para los datos obtenidos en el golfo San Jorge, según la ecuación de Von Bertalanffy, mediante una regresión no lineal. Se utilizó el paquete estadístico SPSS. Con las constantes ajustadas fue posible construir la ecuación del modelo, y estimar valores de crecimiento. Las diferencias entre los valores observados y esperados fueron analizadas mediante el test de Chi cuadrado.

Rendimiento en el ambiente natural

Entre diciembre de 2009 y septiembre de 2010, se analizaron 30 individuos por estación del año para estimar rendimiento (n= 120). Los animales se obtuvieron de pozas de marea de las Playas de Km3 y Playa Asina (Tabla 1). Cada ejemplar

fue caracterizado según la AC y el LCR. En laboratorio fueron pesadas por separado sus partes duras (placas operculares y murales) y sus partes blandas (peso fresco). Para cada individuo se calculó el rendimiento según la fórmula:

$$R = \frac{PF}{PPD} \times 100$$

donde PF es el peso fresco de las partes blandas y PPD es el peso de las partes duras.

Para estimar las diferencias en el rendimiento en carne según el tamaño de los ejemplares, estos se dividieron en cuatro rangos de talla, según el LCR (Tabla 2). Los datos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de contraste de la mediana (Guisande González *et al*, 2011). El mismo análisis se realizó para estimar diferencias entre el rendimiento y las estaciones del año. La relación entre el peso fresco y la talla de los ejemplares se analizó mediante un análisis de correlación.

Tabla 2: Rangos de tallas medidos en el largo carino-rostral (LCR), utilizados para comparar el rendimiento en carne.

| Rango | LCR(cm) |
|--------------|----------------|
| 1 | >0,20 - 0,60 |
| 2 | >0,60 - 1 |
| 3 | >1 - 1,40 |
| 4 | >1,40 |

Resultados

Los sitios y ambientes donde los ejemplares fueron encontrados fueron caracterizados según las tres siguientes categorías de hallazgo (Fig. 1):

- a) Sobre pozas de marea en el nivel intermareal medio e inferior. Las profundidades de las pozas de marea oscilaron entre los 0,50 y 1,80 m.
- b) Sobre la restinga, formando agrupaciones ("hummock") o aisladamente en el nivel intermareal inferior.

- c) Provenientes de arribazones: ubicados sueltos, sobre la restinga o sobre sustrato arenoso, formando agrupaciones o aisladamente.

El índice de Abundancia Relativa promedio, expresado como número de individuos sobre unidad de esfuerzo fue de 12,38 ind/hora \pm 6,76.

Variaciones temporales y espaciales de la talla.

Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en las tallas de los ejemplares según el tipo de ambiente. Los animales de pozas de marea presentaron tallas mayores a aquellos fijados sobre la toba de la restinga en una misma época del año (Tabla 3).

Con respecto a los cambios de tamaños relacionados a la estacionalidad, estos difirieron según el tipo de ambiente. Los animales provenientes de arribazones en invierno presentaron tallas mayores que los de primavera (Tabla 4).

Para los ejemplares adheridos a la restinga, no hubo diferencias de tallas entre las estaciones de año (Tabla 4).

Tabla 4: Comparación de la talla, (largo carino-rostral) según tipo de ambiente y estación del año de *Austromegabalanus psittacus*. (g.l.: grados de libertad, p: nivel de probabilidad, tallas medias en cm \pm 1 desviación estándar.

| Comparación de Tallas | Tallas Medias | Prueba de t | g.l. | p |
|----------------------------|-----------------------------|-------------|------|--------|
| Restinga vs Poza de marea | Restinga: 0,764 \pm 0,30 | 2,907 | 58 | < 0,05 |
| | Poza de marea: 1 \pm 0,33 | | | |
| Restinga entre estaciones | Primavera: 0,764 \pm 0,33 | -0,569 | 80 | > 0,05 |
| | Invierno: 0,785 \pm 0,23 | | | |
| Arribazón entre estaciones | Primavera: 1,33 \pm 0,63 | 2,167 | 48 | < 0,05 |
| | Invierno: 1,92 \pm 0,56 | | | |

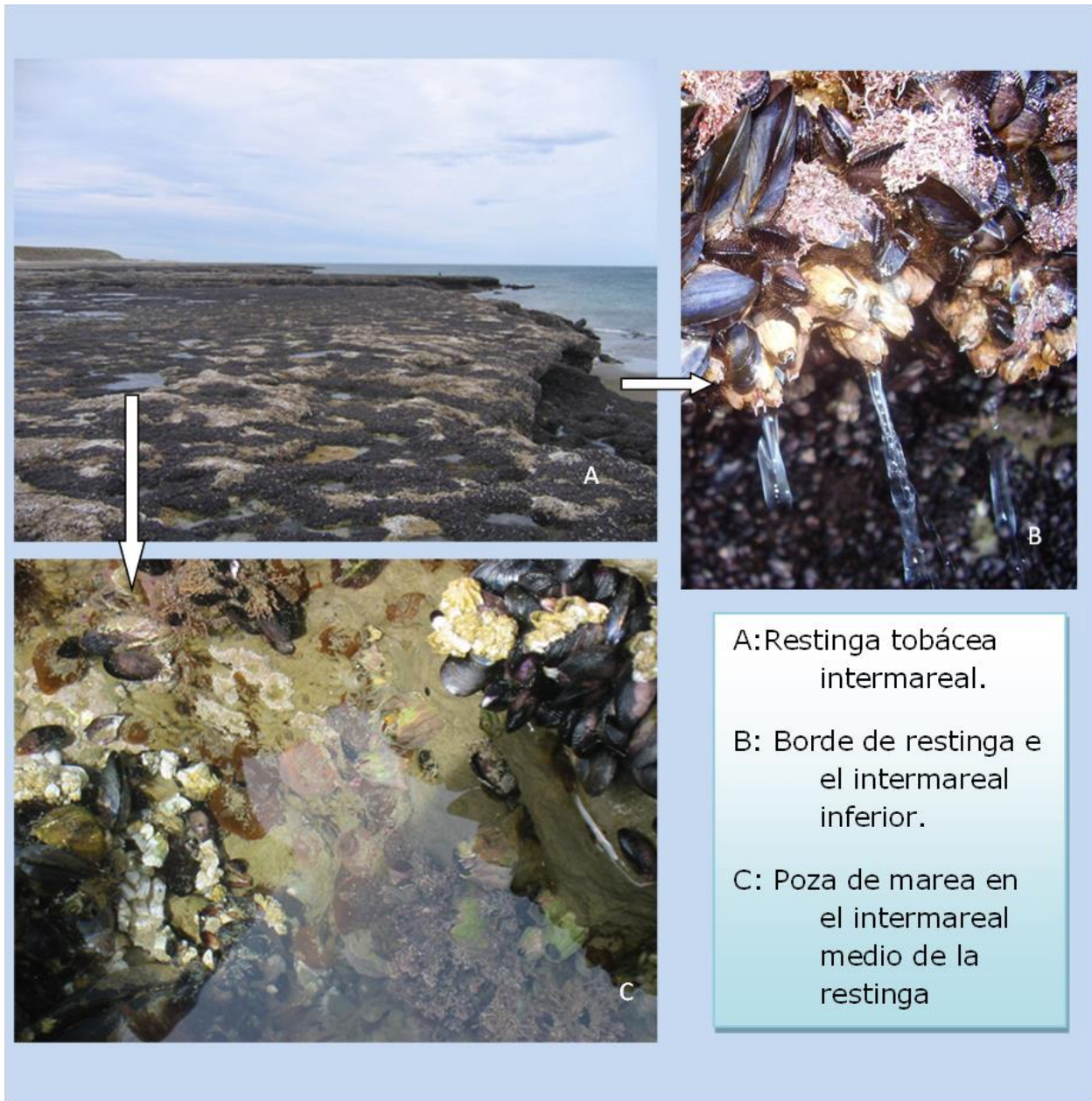


Figura 1: Tipos de ambientes costeros en los que fueron encontrados los ejemplares de *A. psittacus*.

Tabla 3: Caracterización de los ejemplares de *Austromegabalanus psittacus* por tipo de ambiente. AC: altura carinal. LCR: largo carino-rostral. Am: altura de marea. DE: Desviación estándar.

| Tipo de Ambiente | Lugar | Fecha | Am(m) | Talla media \pm 1 DE (cm) | | Rango de Tallas(cm) | | N |
|------------------|-----------------|---------|-------|-----------------------------|-----------------|---------------------|-----------|----|
| | | | | AC | LCR | AC | LCR | |
| Poza de marea | Playa Km3 | Ene/07 | 1,1 | 1,46 \pm 0,24 | 1,43 \pm 0,44 | 1,1-1,7 | 0,83-1,82 | 5 |
| Poza de marea | Playa Km3 | Ene/10 | 0,50 | 2,38 \pm 1,03 | 1,25 \pm 0,39 | 1,01-4,64 | 0,67-2 | 30 |
| Poza de marea | Playa Km3 | Mar/10 | 0,76 | 1,71 \pm 0,76 | 1,40 \pm 0,35 | 0,47-3,53 | 0,67-2,23 | 30 |
| Poza de marea | Playa Km3 | May/10 | 0,8 | 1,8 \pm 0,72 | 1 \pm 0,32 | 0,44-3,19 | 0,24-1,64 | 30 |
| Poza de marea | Playa Km3 | Jun/10 | 0,96 | 1,47 \pm 0,76 | 0,98 \pm 0,36 | 0,41-3,61 | 0,22-1,77 | 30 |
| Poza de marea | El Boyero | Jun/07 | 0,9 | 0,98 \pm 0,35 | 1,16 \pm 0,72 | 0,9-4,27 | 0,33-2,73 | 52 |
| Poza de marea | Playa Asina | Nov/09 | 1 | 1,50 \pm 0,74 | 1 \pm 0,30 | 0,43-2,83 | 0,38-1,8 | 30 |
| Poza de marea | Playa Asina | Dic/09 | 1 | 1,24 \pm 0,72 | 0,91 \pm 0,35 | 0,52-2,63 | 0,46-1,98 | 30 |
| Restinga | Playa Asina | Jul/07 | 0,68 | 1,37 \pm 0,60 | 0,78 \pm 0,23 | 0,2-2,43 | 0,2-1,16 | 51 |
| Restinga | Rada Tilly | Ago/10 | 0,82 | 2,39 \pm 1,07 | 1,31 \pm 0,55 | 0,42-4,37 | 0,5-2,71 | 30 |
| Restinga | Playa Asina | Oct/10 | 0,7 | | | | | 30 |
| Arribazón | Playa Km3 | Oct/06 | 1,03 | 1,16 \pm 0,47 | 1,51 \pm 0,86 | 0,41-1,77 | 0,35-2,64 | 13 |
| Arribazón | Junto al Boyero | Dic/06 | 1,43 | 2,54 \pm 1,02 | 2,58 \pm 0,55 | 1,7-3,11 | 1,97-3,16 | 6 |
| Arribazón | El Boyero | Jul/07 | 0,96 | 1,64 \pm 1,30 | 1,92 \pm 0,56 | 0,9-4,27 | 1,13-2,7 | 6 |
| Arribazón | Playa Km3 | Abr/10 | 0,9 | 1,37 \pm 0,51 | 1,05 \pm 0,41 | 0,19-2,54 | 0,18-2,17 | 30 |
| Arribazón | Playa Km3 | Sept/10 | 0,6 | 1,53 \pm 0,72 | 1,26 \pm 0,51 | 0,47-2,18 | 0,46-2,53 | 30 |

Crecimiento inicial en condiciones de cultivo (colectores artificiales) y en el ambiente natural

La tasa instantánea de crecimiento promedio para los reclutas en el ambiente natural fue de 0,3 mm por día \pm 0,19. (Fig. 2).

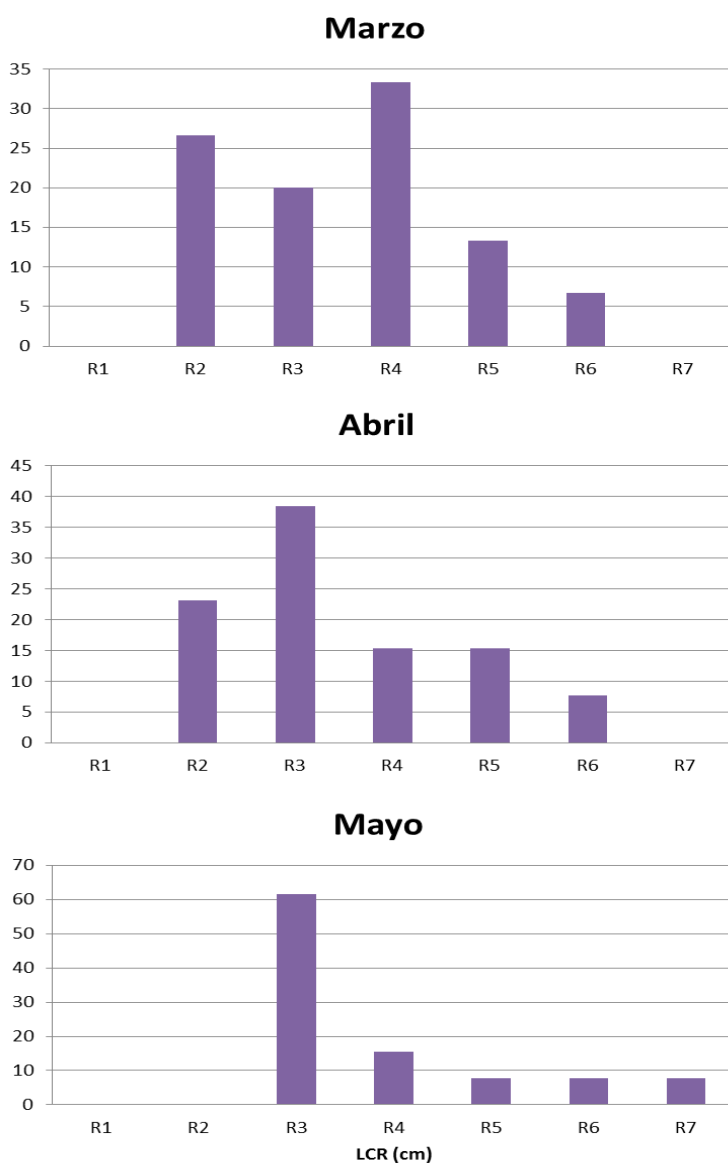


Figura 2: Distribución de tallas en 7 rangos de largo carino-rostral (LCR) en el ambiente natural, de *A. psittacus* reclutados entre marzo y mayo de 2010. Las tallas se agruparon en los rangos (cm): R1:0 - < 0,2; R2:0,2 - < 0,4; R3:0,4 - < 0,6; R4:0,6 - < 0,8; R5:0,8 - < 1; R6:1 - < 1,2; R7:>1,2. El eje de ordenadas representa el porcentaje de individuos (%) en cada rango de talla.

La misma tasa promedio para los individuos medidos sobre los colectores suspendidos fue de 0,27 mm por día $\pm 0,06$. La distribución de frecuencias de talla en colectores mantenidos por dos meses evidencia una amplia dispersión (Fig. 3).

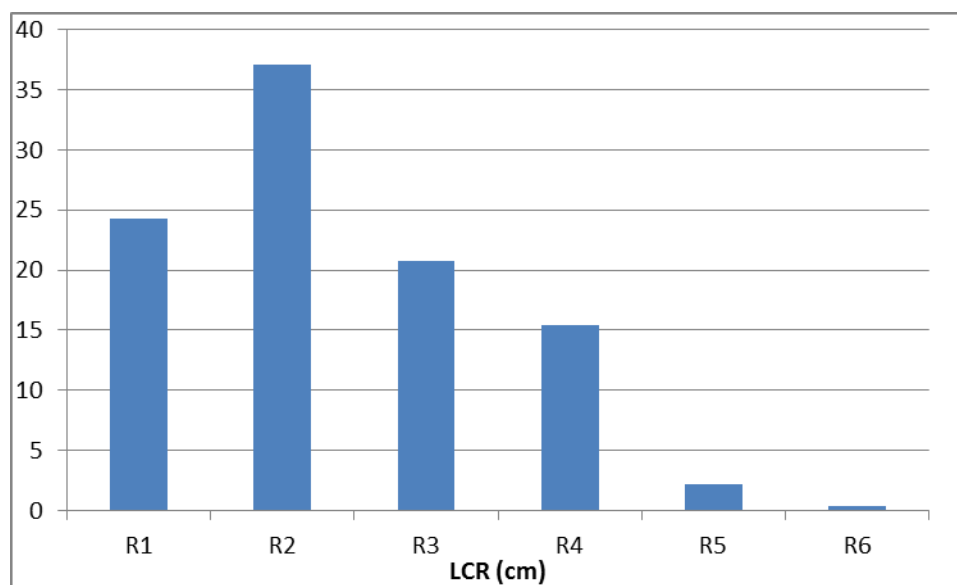


Figura 3: Distribución de talla (LCR) de ejemplares de *Austromegabalanus psittacus* reclutados en colectores suspendidos en la columna de agua entre diciembre de 2010 y marzo de 2011. Las tallas se agrupan en los rangos: R1: 0 - < 0,2; R2: 0,2 - < 0,4; R3: 0,4 - < 0,6; R4: 0,6 - < 0,8; R5: 0,8 - < 1 y R6: 1 - < 1,2. El eje de ordenadas representa el porcentaje de individuos (%) para cada rango de talla.

Crecimiento estimado

Se encontró que la curva de crecimiento que relaciona talla y edad puede estimarse siguiendo el modelo de Von Bertalanffy (R^2 ajustado: 0,96; $p < 0,05$) (Fig. 4). La ecuación que describe el modelo de crecimiento es:

$$\text{LCR (t)} = 4,048 \times (1 - \text{Exp}^{-0,02(t-t_0)})$$

Donde: $L_{\infty} = 4,048 \text{ cm} = \text{talla a la edad } \infty$ variando entre 3,38 y 4,72 cm

$k=0,02$ expresada en t^{-1} = constante de crecimiento, variando entre 0,02 y 0,03

$t_0 = -40$: Edad hipotética que tendría un individuo a la talla cero.

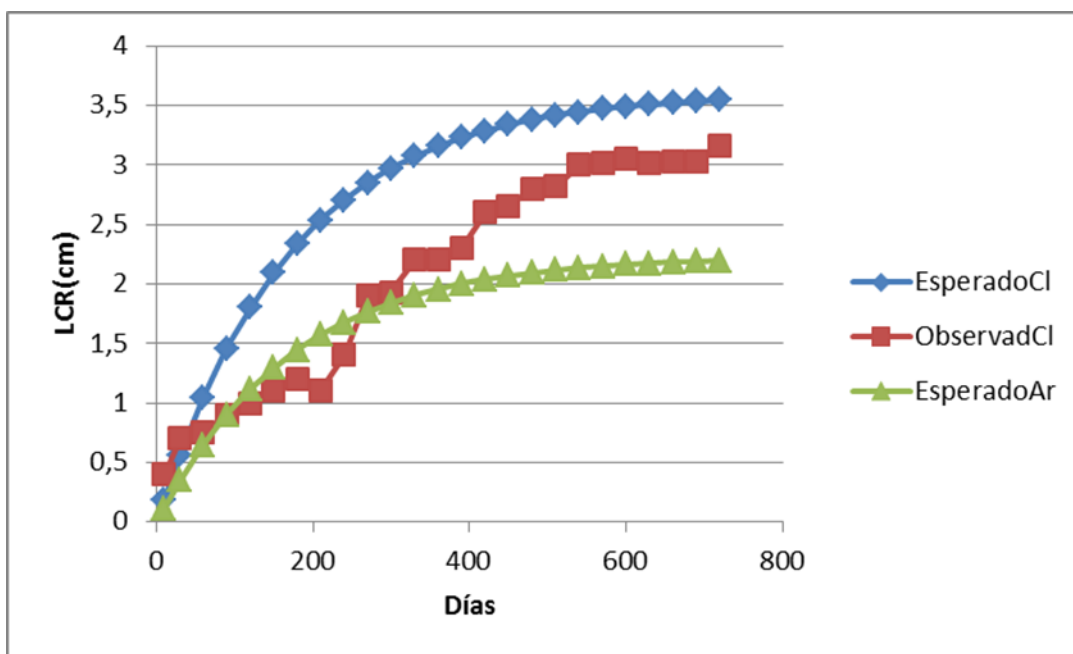


Figura 4: Curva de crecimiento en talla (LCR) de individuos de *A. psittacus* a lo largo de los días. Esperado Chile (CI) y Observado CL: valores esperado para el modelo teórico y valores observados de ejemplares medidos en Chile. Esperado Argentina (Ar): modelo teórico para individuos de la especie en Argentina.

La diferencia entre los valores observados de crecimiento en el ambiente natural, y los valores esperados calculados con el modelo no presentaron diferencias significativas ($X^2_{(24)} = 5,79$; $p > 0,05$).

Rendimiento en ambiente natural

El rendimiento medio en carne (partes blandas) para los organismos medidos fue de $14,66\% \pm 12,43$. El rango de tallas que presentó el mayor rendimiento medio fue el de los individuos comprendidos entre 0,60 y 1 cm de LCR (Fig. 5).

Sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($X^2_{(3)} = 3,95$, $p > 0,05$). Lo mismo ocurrió al comparar los rendimientos medios por estación del año ($X^2_{(3)} = 0,46$, $p > 0,05$) (Tabla 5).

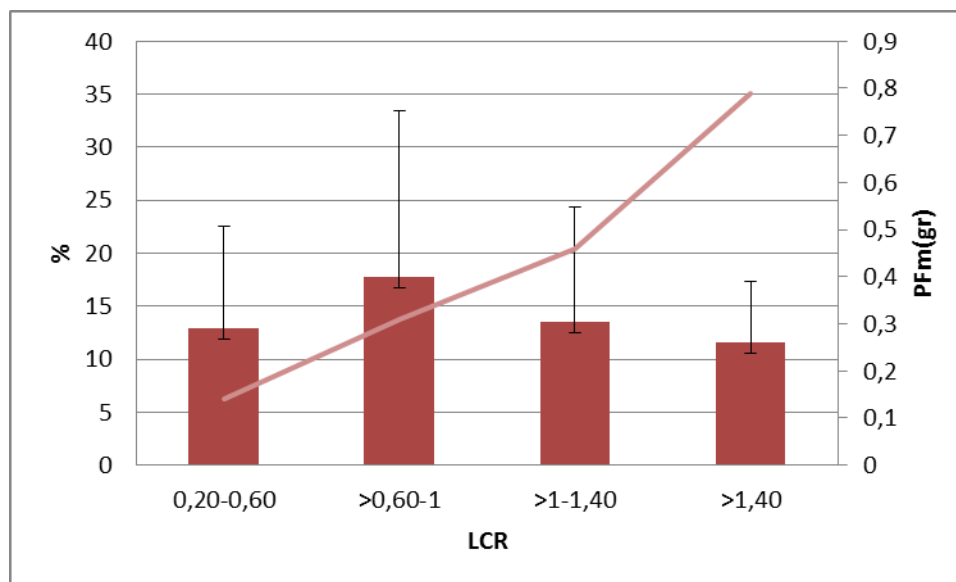


Figura 5: Rendimiento medio (%) de carne y Peso fresco medio (PFm), en *Austromegabalanus psittacus*, medido en el largo carino-rostral según 4 rangos de tallas. Las barras verticales representan una desviación estándar.

Tabla 5: Rendimiento medio (%) en carne de *A. psittacus* por cada estación del año. D.E.: Desviación estándar.

| Estación | Rendimiento medio | ± 1 D. E. |
|-----------|-------------------|-----------|
| Otoño | 13,95 | 13,86 |
| Invierno | 14,07 | 12,02 |
| Primavera | 13,95 | 12,01 |
| Verano | 16,6 | 12,2 |

El Peso fresco se correlacionó positivamente con la talla de los ejemplares ($r = 0,66$; $p < 0,01$), el mínimo valor de peso registrado fue de 0,028 gr para un LCR de 0,20 cm, y el máximo valor fue de 2,33 gr para un LCR de 2,16 cm (Fig. 6).

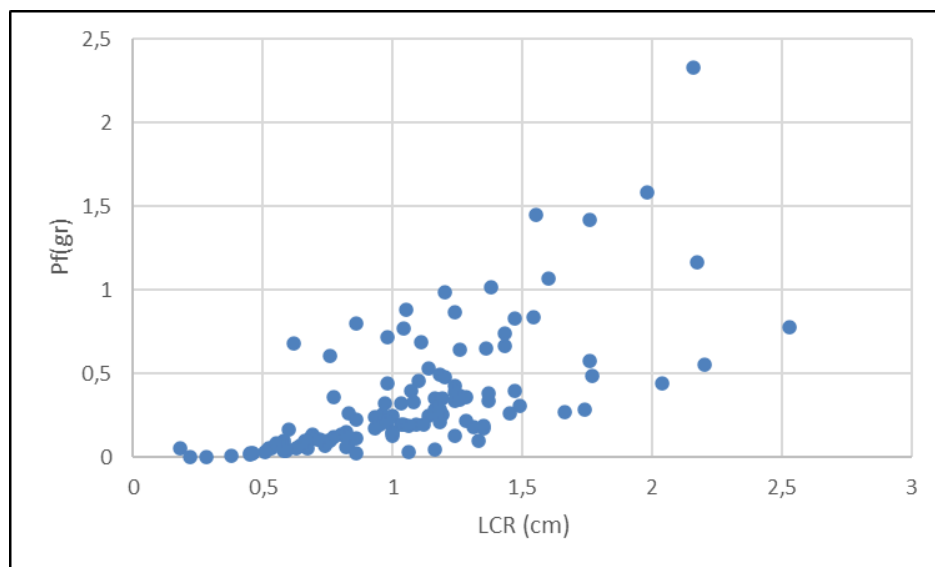


Figura 6: Relación entre el peso fresco (Pf) y la talla (LCR) de *A. psittacus* (n=120).

Discusión:

El picoroco *A. psittacus* es un invertebrado perteneciente a la provincia Magallánica, de distribución bioceánica (Valentine, 1973). En el Pacífico se encuentra también como miembro de la provincia Peruviana (Weltner, 1898; Pilsbry, 1916) y en una provincia-tono en la zona central de Chile ubicada entre ésta y la Magallánica. Young (2000), registró a *A. psittacus* en la costa Atlántica colocando el paralelo 39°S como límite norte, por lo cual la distribución de la especie se extendería más allá del Cabo de Hornos, rodeando la Patagonia hasta alcanzar Chubut y Golfo Nuevo por el lado Atlántico, este autor postula que es probable que sea la Corriente de Malvinas lo que influencia la distribución actual de la especie en la parte atlántica.

Por otro lado, Pappalardo *et al.* (2016), en los estudios moleculares sobre individuos pertenecientes a estas tres provincias chilenas, encontró diferencias significativas en la estructura genética poblacional, planteando que las provincia-tono o zonas oceanográficas de transición pueden afectar las estructuras genéticas de las poblaciones de especies con larvas pelágicas. Según los

fenómenos de cronoespeciación y especiación alopátrica señalados para otras especies de la subfamilia Austromegabalaninae, (Zullo, 1966 a, 1966 b; Foster & Buckridge, 1987; Southward, 1987) es de esperar que la barrera continental establecida en el Neógeno (Cuitiño *et al.*, 2015), entre las poblaciones argentinas y chilenas, sea un motivo para la variación poblacional ontogenética así como para la variación asociada a los tipos de ambiente (Martínez & del Río, 2002), por lo que es indispensable comparar la biología de las poblaciones pacíficas y atlánticas y estudiar minuciosamente las condiciones locales.

Con respecto al hábitat que ocupa y a su distribución batimétrica, *Austromegabalanus psittacus* en el sur de Chile está registrado en la zona sublitoral, entre 5 y 7 m de profundidad, ocupando un nivel que lleva el nombre de la especie, asociado a *Choromytilus chorus* y *Macrocystis pyrifera*, sobre un nivel de *Ulva* y *Enteromorpha* (Stuardo, 1962). Guiler (1959), en zonaciones realizadas en Coquimbo, indicó a la especie en el tope de la franja infralitoral, sólo en lugares con oleaje, ubicándose siempre en los bordes de las rocas, donde hay suficiente profundidad, como para que se produzca rompiente, extendiéndose en algunos sitios a lo ancho de toda la zona infralitoral. En el norte de Chile, *A. psittacus* formaría un cinturón asociado a *Corallina chilensis* y a otros cirripedios como *Jehlius cirratus* y *Notobalanus flosculus* por la zona superior del submareal, preferentemente en ambientes rocosos, y *Lessonia nigrescens* y *Lithothamnion sp.* por la zona inferior (Guiler, 1959; Santelices, 1991). Recientemente, Stotz *et al.* (2016), en un estudio a lo largo de 600 km de costa en el norte de Chile, ubica al picoroco entre los cinco y 15 metros de profundidad, como una especie incrustante que caracteriza este cinturón submareal junto al tunicado *Pyura chilensis*.

En la costa atlántica, esta especie ha sido descrita para el nivel intermareal inferior, y para el nivel submareal hasta los tres metros de profundidad en la bahía de San Julián, Santa Cruz, pero no a profundidades por debajo de los seis metros en el área protegida del puerto (Martin *et al.*, 2015); siendo abundante en esta zona junto a mitílidos y actuando como sustrato secundario de *Metridium senile* (Cnidaria: Anthozoa) y de tunicados. En el golfo San Jorge, Rico *et al.*

(2009) señalan a la especie como recluta en paneles ubicados en la zona submareal a cuatro metros de profundidad, en la zona protegida del puerto de Comodoro Rivadavia. Los resultados de este trabajo indican que el picoroco es un habitante frecuente no solo del submareal somero en las costas del área central del golfo San Jorge, sino también de los bordes de restinga en el intermareal inferior asociado a mitílidos y a *Coralina officinalis*, y de las pozas de marea del intermareal rocoso asociado a las mismas especies. Su amplia distribución en el litoral costero quedaría explicada por la capacidad de la especie de captar oxígeno atmosférico, y su alta sobrevivencia en ambientes anóxicos y de emersión, así como su baja tasa de pérdida de agua (López D. *et al.*, 2003).

Esta distribución extendida hacia los bordes de restinga en el nivel intermareal inferior y hacia las pozas de marea de nivel intermareal medio puede deberse también a la ausencia, hasta hace pocos años, de un cinturón intermareal de especies de cirripedios autóctonos que se excluyan competitivamente en estos niveles mencionados, situación que se modificó con la llegada del cirripedio invasor *Balanus glandula* (Rico *et al.*, 2001).

Las diferencias de tallas encontradas según el tipo de ambiente estarían indicando variaciones morfométricas asociadas al crecimiento en condiciones de estrés ambiental típicas de los ambientes costeros intermareales, algunos de estos efectos se han verificado en otras latitudes (López D. *et al.* 2003, 2007). También podrían indicar una fuerte selección del ambiente sobre las tallas mayores en el intermareal rocoso respecto de las pozas de marea.

Esto podría también explicar las diferencias estacionales de tallas en los ejemplares de arribazones. La provisión de hummocks a la costa ocurre por la remoción y/o desprendimientos de grupos de individuos fijos en la zona submareal. Las tormentas, que en la región patagónica ocurren mayoritariamente en el invierno, podrían explicar la remoción de grupos de mayor tamaño en esa estación del año.

La presencia de *A. psittacus* en el nivel intermareal y submareal somero, fijos en el sustrato o arribados como hummocks a las playas evidencian la ubicación de poblaciones parentales submareales que pueden ser fuente de semilla para

sistemas de captación en potenciales cultivos suspendidos semiintensivos y es un criterio para la selección de sitios favorables para la acuicultura (Aguilar-Manjarrez *et al*, 2017). Por otro lado, tanto los hummocks, como los organismos intermareales, pueden recolectarse directamente como semilla para la fase de engorde en encordados, replicando la experiencia chilena (observación personal). En cultivos de pequeña escala, sería una opción de fácil acceso para el maricultor, con aplicación de tecnologías sencillas y de bajo costo (Lodeiros & Freites, 2008).

Si bien las mediciones fueron realizadas en distintos períodos de tiempo por lo que las comparaciones son limitadas, el crecimiento de los reclutas fue similar en el ambiente natural y en los colectores artificiales, y sus valores fueron semejantes a los ejemplares chilenos en condiciones de cultivo (López D. *et al.*, 2010), lo que indica una tasa de crecimiento inicial elevada para la especie en el área central del golfo San Jorge.

El rendimiento en el ambiente natural fue un poco más bajo con respecto a los ejemplares chilenos en cultivo en los que fluctúa entre 15 y 20 % (López D. *et al.*, 2010) y similar a otras especies comerciales cultivables, y es una buena medida de la condición de los ejemplares y del engorde ya que se ha verificado correlación entre el tamaño y el peso de las partes blandas (González, 1989).

Capítulo 2: Reproducción

Introducción:

El patrón reproductivo de los crustáceos, basado en un sistema complejo que involucra la descarga de gametos por medio de conductos, la transferencia de espermatozoides a través de la cópula y la fertilización por introsperma, se ve modificado en los cirripedios debido a dos importantes diferencias funcionales: su condición hermafrodita y sésil (Yusa *et al*, 2013). Los diversos mecanismos reproductivos incluyen el hermafroditismo simultáneo, casi siempre sin autofecundación; el hermafroditismo protándrico, el hermafroditismo con presencia de machos enanos, e incluso la presencia de especies dioicas (Anderson, 1993).

Los balanomorfos en general, presentan fecundación interna y desarrollo embrionario en la cavidad del manto, con una gran diversidad de estrategias reproductivas asociadas a sus características ecológicas (Crisp, 1983). *Austromegabalanus psittacus* ha sido descrita en Chile como una especie hermafrodita protándrica e iterópara (López D., 1976; Hernández, 1999). La anatomía del sistema reproductor ha sido descrita por López D. (1976) y posteriormente por Contreras *et al.* (2015) para la costa chilena, éstos últimos con mayor énfasis en el aparato reproductor masculino. En Argentina no ha sido descrita la anatomía del sistema reproductor.

Si bien la biología reproductiva de la especie se ha descrito en parte para la zona central y sur de Chile, se han observado variaciones latitudinales y temporales en el reclutamiento de semillas sobre colectores artificiales a lo largo de la costa de ese país (López D. *et al.*, 2012a), por lo que es de esperar que la cronología del asentamiento larval y posterior reclutamiento varíe también en la costa atlántica.

La especie tiene un ciclo de vida que comprende etapas planctónicas (varias fases naupliares) y bentónicas. Posee características reproductivas que

favorecen un eventual cultivo y que han sido evaluadas en parte para Chile: fecundación interna y desarrollo embrionario interno; altos niveles de reclutamiento en una amplia variedad de sustratos; bajos efectos denso dependientes durante el crecimiento y crecimiento rápido (López D. *et al*, 2007). Una vez contestadas las cuestiones básicas que permiten decidir si es posible considerar a la especie como un potencial recurso acuícola en la región, cabe preguntarse: ¿Cómo y cuándo se reproducen los picorocos? Contar con la información necesaria sobre la biología reproductiva de la especie es fundamental para hacer uso de manera eficiente de los sistemas de captación de semilla ante un eventual cultivo y de esta manera optimizar el reclutamiento en colectores artificiales.

Objetivo general:

- Describir y analizar el ciclo reproductivo de *Austromegabalanus psittacus* en el golfo San Jorge.

Objetivos específicos:

- Describir la anatomía del sistema reproductor masculino y femenino.
- Analizar histológicamente la gónada femenina y describir la ovogénesis.
- Describir las etapas internas del desarrollo embrionario y/o larval.
- Analizar parámetros reproductivos como la fecundidad, la frecuencia de lamelas ovígeras e índices reproductivos, y su relación con la talla y la estacionalidad.
- Analizar el reclutamiento de la especie en colectores artificiales.

Metodología:

Descripción macroscópica

Para la descripción macroscópica del sistema reproductor femenino y masculino se analizaron 30 ejemplares de entre 0,35 y 2,65 cm de largo carino-rostral (LCR), extraídos de pozas de marea de la playa de KM3 (45 ° 52' S; 67° 28'O) o de arribazones submareales de la misma playa desde agosto a diciembre de 2007.

Los ejemplares fueron diseccionados y observados en una lupa estereoscópica Zeiss Stemi 2000, fotografiados a lupa o con microscopio óptico Zeiss. Las lamelas ovígeras, cuando estuvieron presentes, fueron observadas y fotografiadas para describir los estadios embrionarios.

Estudio de parámetros reproductivos

Para analizar la fecundidad, el índice de condición y el índice gonadosomático extrajeron mensualmente individuos de pozas de marea de Playa de Km3, Chubut y Playa Asina, Santa Cruz (46° 03'S 67° 37' O), desde noviembre de 2009 a octubre de 2010. El rango de tallas fue de 0,18-2,7 cm de largo carino-rostral.

Los individuos se diseccionaron en laboratorio para determinar: peso fresco del animal sin partes duras; presencia y coloración, forma y textura de la lamela ovígera; peso fresco de la gónada femenina y la lamela ovígera y peso de las partes duras.

Los individuos analizados fueron caracterizados individualmente según el largo carino-rostral (LCR) y la altura carinal (AC). El número de organismos analizados se entrega en la Tabla 6.

Estudio del desarrollo de la gónada femenina

Se extrajeron periódicamente ejemplares para el análisis microscópico, y fueron diseccionados para extraer la gónada y analizar microscópicamente su maduración. La gónada fue fijada en Bouin Hollande, tratada según técnicas histológicas tradicionales, y teñida con hematoxilina-eosina para su observación bajo microscopio óptico Zeiss con ocular graduado. Comparando los datos

obtenidos con descripciones provenientes de la bibliografía especializada (Anderson, 1993; Yan *et al.*, 2006), se definieron los diferentes estadios gonadales de acuerdo con el estado de madurez de la serie gonadal femenina, pudiendo observarse más de un estadio por individuo.

Se estableció la frecuencia mensual de estadios gonadales (FEG), siendo

$$FEG = \frac{ni}{N} \times 100$$

donde: ni fue el número de individuos que presentaron el estadio gonadal i en cada mes, y N fue el número de individuos observados ese mes.

Se analizó la frecuencia numérica mensual de los estadios gonadales (FNEG), analizando el número de estadios gonadales observados por mes

$$FNEG = \frac{nEGi}{NEG} \times 100$$

donde: nEGi es el número de veces que se registró el estadio gonadal i observado en determinado mes y NEG es el número total de estadios gonadales observados ese mes.

Para analizar la relación entre las FEG y la estacionalidad se realizó un test no paramétrico de independencia (Guisande-González *et al.*, 2011), considerando 4 estadios: ovario en reposo, vitelogénesis inicial, vitelogénesis secundaria y atresia.

Tabla 6: Número de Individuos analizados mensualmente en el estudio histológico de las gónadas femeninas y en la medición macroscópica de parámetros reproductivos.

| Microscopía | Macroscopía | Mes |
|--------------------|--------------------|---------------|
| 32 | 30 | Noviembre/09 |
| 30 | 31 | Diciembre/09 |
| 25 | 30 | Enero/10 |
| 26 | 30 | Febrero/10 |
| 22 | 30 | Marzo/10 |
| 23 | 30 | Abril/10 |
| 32 | 30 | Mayo/10 |
| 27 | 30 | Junio/10 |
| 18 | 30 | Julio/10 |
| 19 | 31 | Agosto/10 |
| 16 | 31 | Septiembre/10 |
| 28 | 30 | Octubre/10 |
| 298 | 363 | TOTAL |

Fecundidad

La Fecundidad fue determinada a través de la frecuencia de ocurrencia de lamelas ovígeras (FOL), la frecuencia numérica de lamelas (FN), y el Número absoluto de lamelas ovígeras (NA). Donde:

NA: fue el número absoluto mensual de individuos con lamelas ovígeras.

$$FN = \frac{n_i}{N_i} \times 100$$

siendo n_i , el número de individuos con lamelas ovígeras en la muestra tomada en el mes i y N_i el número de individuos muestreados en el mismo mes:

$$FOL = \frac{n_i}{N_i} \times 100$$

donde n_i fue el número de individuos que presentaron lamela ovígera en el mes i , y N_i fue el número de individuos que presentaron gónada femenina en el mismo mes.

La variación mensual de la FOL durante el período de estudio fue evaluada mediante la prueba no paramétrica de homogeneidad (Chi cuadrado).

La fecundidad realizada (Stechey & Somers, 1995) en los individuos que presentaron lamelas ovígeras, se determinó contando el número de huevos por lamela (NHL) y el número de huevos por gramo de lamela (NGL) pudiendo ser contados los huevos fecundados indivisos.

NHL se obtuvo contando el número de huevos en una porción de peso conocido de lamela, calculándose para cada individuo, el valor total según la fórmula:

$$NHL = \left(\frac{PGN1 \times N^{\circ}h.p11}{p11} \right) + \left(\frac{PGN2 \times N^{\circ}h.p12}{p12} \right)$$

donde PGN1 es el peso total de la gónada fecundada 1 (lamela 1), $N^{\circ}h.p11$ es el número de huevos presente en la porción de lamela ovígera de peso conocido y $p11$ es el peso de la porción de lamela1. PGN2, $N^{\circ}h.p12$ y $p12$ representan los mismos parámetros para la lamela 2.

$NGL = \frac{NHL}{PGN}$ que quedó expresado como el N° de huevos sobre gramo de lamela ovígera, donde PGN representa el peso de ambas lamelas (PGN1 y PGN2).

Como descriptor de la fecundidad se utilizó el NGL, y su variación mensual fue analizada mediante ANOVA de una vía, utilizándose la transformación raíz cuadrada para cumplir los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas, comprobados con las respectivas pruebas de Kolmogorov Smirnov y de la C de Cochran.

La variación del NHL y el NGL en relación la talla de los individuos fue analizada mediante el test no paramétrico de Kruskal Wallis.

Como descriptores de **madurez sexual**, se utilizaron el Índice Gonadosomático (IGS) y el Índice de Condición (IC).

$IGS = \frac{PG}{Pf} \times 100$, donde PG fue el peso de la gónada femenina y Pf, el peso fresco del animal sin placas murales ni operculares.

$IC = \frac{PT}{LCR} \times 100$, donde PT fue el peso de las partes blandas y duras del animal.

La variación mensual del Índice de Condición fue analizada con la prueba de Kruskal Wallis, seguido de la prueba de comparaciones múltiples.

Madurez sexual del sistema reproductor masculino

Para conocer la menor talla en que los individuos presentan el sistema reproductor masculino maduro (talla mínima de madurez sexual), se diseccionaron los conductos deferentes de los individuos caracterizados según el LCR (Rango de tallas: 0,18 – 2,7 cm de LCR; n= 363; Tabla 6), el fluido seminal fue preparado mediante frotis y analizado microscópicamente para registrar la presencia de espermatozoides activos.

Duración estimada del ciclo reproductivo

Para estimar la duración de un ciclo reproductivo se consideró una fecha de duración promedio para los siguientes eventos reproductivos: comienzo de cada uno de los estadios de la ovogénesis; máxima frecuencia de ocurrencia de lamelas ovígeras, embriogénesis; período librenadador de las nauplii que se asumió de 13 a 23 días según lo descrito por López D. (1976) y Egan & Anderson (1987, 1988) y finalmente reclutamiento.

Reclutamiento

Para estudiar el reclutamiento estacional, se utilizaron los datos provenientes de un long-line con línea madre vertical (45°76' S, 67° 30' O), donde se ubicaron colectores artificiales de malla plástica jardinera de 20 x 20 cm de superficie, enrollados por sus extremos en forma tubular y cubiertos con tela media sombra, a dos y cuatro metros de profundidad (Fig. 7). Se usaron tres réplicas en ambas profundidades, que fueron colocadas al comenzar cada estación del año y retiradas al finalizar (otoño: del 24/03 al 20/06; invierno: del 20/06 al 21/09; primavera: del 21/09 al 22/12 y verano: del 22/12 al 22/03). En laboratorio se contó el número

de organismos reclutados al finalizar cada estación y se estimó su densidad por colector (ind/cm^2). El análisis estadístico de los datos se realizó con la prueba de Kruskal Wallis tanto para medir diferencias estacionales en el reclutamiento y debido a la profundidad.

Para analizar el reclutamiento en distintos tipos de colectores, se sumergieron al comenzar el verano, a dos metros de profundidad, colectores de PVC fabricados con sección de cañería sanitaria de 10 cm de largo y 3 cm de diámetro (165 cm^2) y bidones plásticos de 5 litros de capacidad (2038 cm^2), de superficie conocida, y seccionados longitudinalmente. Se utilizaron tres réplicas por cada colector, las que fueron retiradas al finalizar la estación, para conteo de organismos y cálculo de la densidad. El análisis estadístico de los datos se realizó con ANOVA de varios factores, utilizando los factores tipo de colector (malla con media sombra, tubos de PVC, bidones plásticos), y cara del colector (interna, externa). Los supuestos de normalidad de los datos y homogeneidad de varianzas se corroboraron con la prueba de Kolmogorov Smirnov y de la C de Cochran respectivamente.

Excepto los análisis de Regresión de NGL y NHL en función de la talla, todos los análisis estadísticos de este capítulo se realizaron utilizando el programa STATISTICA 8.0

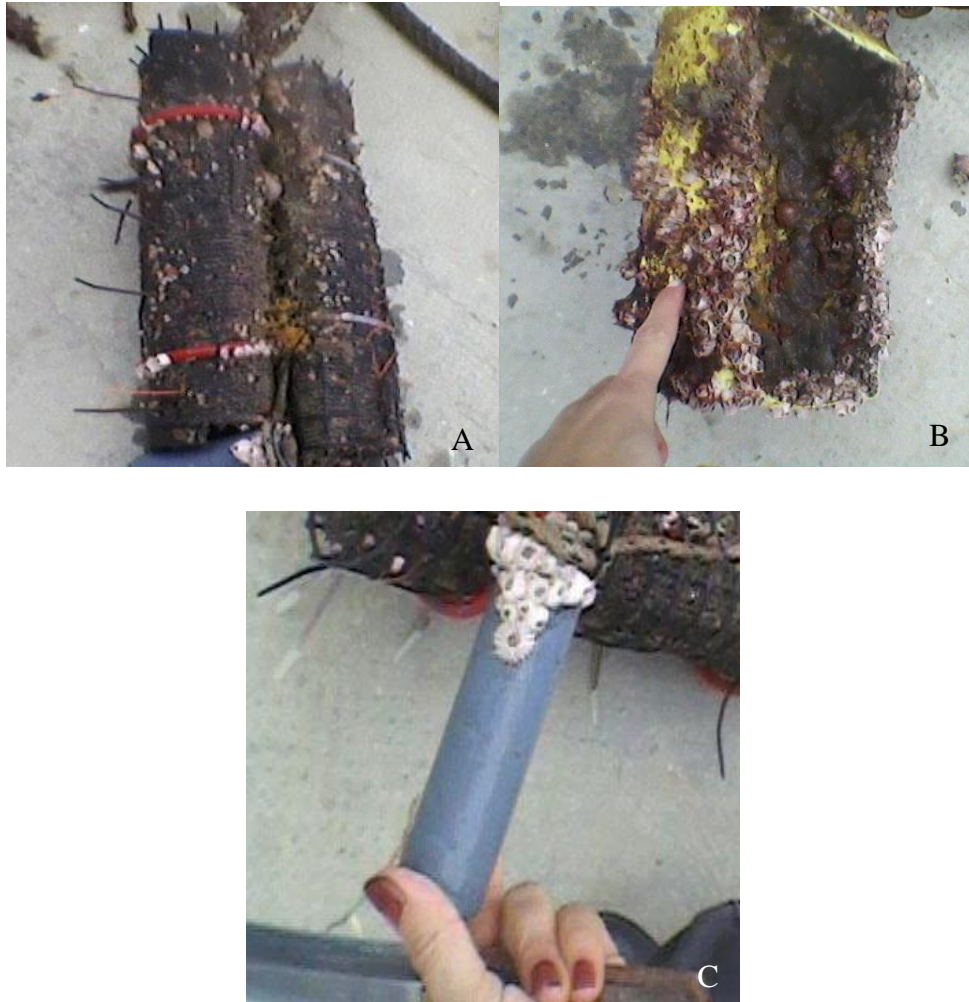


Figura 7: Colectores utilizados en el estudio de reclutamiento de *A. psittacus*. A: colector de malla plástica y tela media sombra. B: bidón plástico. C: tubos de PVC.

Resultados:

Descripción general de los sistemas reproductores masculino y femenino

Sistema reproductor masculino

Está constituido por un par de conductos deferentes, un conducto eferente y abundantes glándulas testiculares que ocupan todo el prosoma, rodeando al tubo digestivo. Los conductos deferentes son largos, y replegados en forma de espiral,

de longitud mucho mayor que el tamaño de las placas murales. Se ubican uno a cada lado de la línea media del prosoma, en su interior, y limitan del lado interno con el tubo digestivo. En su extremo inferior, cada conducto se conecta a numerosas glándulas testiculares.

Las glándulas testiculares son pequeñas, de forma irregular y racimosa. De color transparente a blanco lechoso, se ubican desde el borde superior del prosoma en la base de los cirros V y VI hasta el borde inferior y rodean a los conductos deferentes y al tubo digestivo, pudiendo ser observadas ocupando cualquier sitio disponible al interior del prosoma.

En la parte superior, los conductos deferentes se estrechan dando lugar a un corto conducto eferente que continúa en un conducto eyaculador que asoma entre las bases del VI par de cirros, este se ensancha en la base del pene y lo recorre interiormente terminando en un pequeño orificio central (Fig. 8).



A: Prosoma.
 B: Prosoma en disección. Se observa el conducto eferente.
 C: Prosoma en disección. Se observan las glándulas testiculares asociadas al tubo digestivo.
 cb: cono bucal. pr: prosoma.
 td: tubo digestivo.
 gt: glándulas testiculares.
 cd: conductos deferentes.
 ce: conducto eferente.
 ci: cirros. pe: pene.

Figura 8: Prosoma en vista derecha (A) y sistema reproductor masculino de *A. psittacus*. (B y C).

Pene

Es un órgano alargado y probosciforme, de color blanco, de mayor longitud que los cirros. Se inserta en la base del VI par de cirros, posee una base corta formada por tres segmentos, que se interiorizan hacia el prosoma, curvándolo en su base (Fig. 9A).

Su superficie externa es rígida, segmentada en anillos de bordes redondeados, con espinas cortas, menos numerosas cerca de la base, y más numerosas y evidentes al llegar a su extremo. La parte central del pene es recorrida por el conducto eyaculador (Fig. 9B).

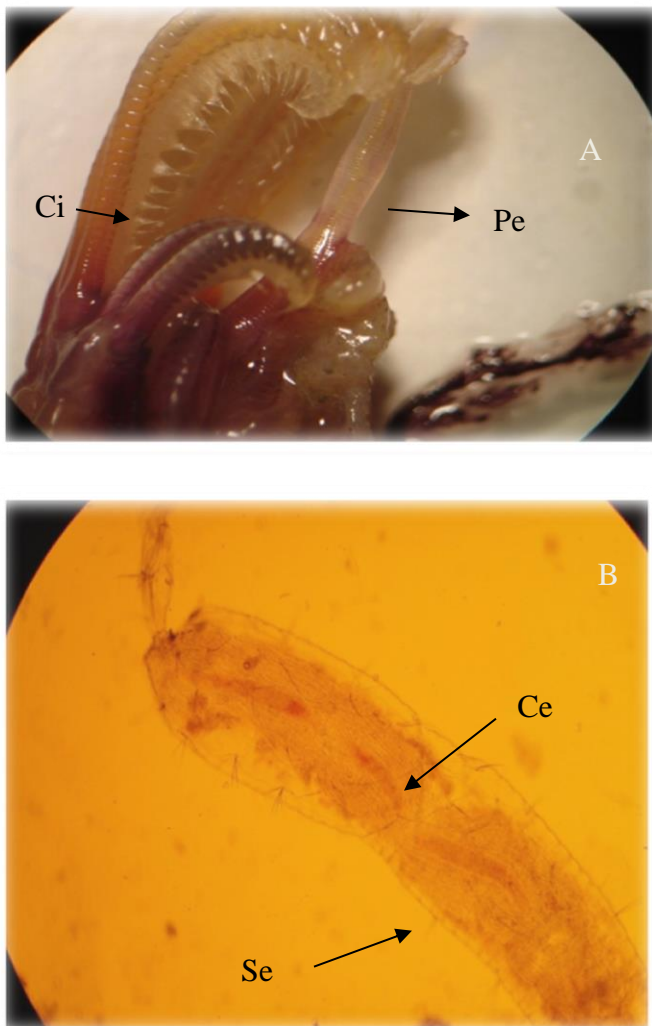


Figura 9: Pene de *Austromegabalanus psittacus*. A: Vista macroscópica. A: 10X. Pe: Pene. Ci: Cirros. B: Vista microscópica A: 40X. Se: Setas. Ce: conducto eyaculador.

Sistema reproductor femenino

Está formado por un único ovario de posición basal, ubicado bajo el prosoma y un corto oviducto que desemboca en la base del cirro I. El ovario, cuando está inmaduro o en reposo, es poco aparente, de coloración translúcida a blanquecina y de textura frágil, ocupando toda la región basal. Cambia de coloración a amarillo vainilla al comienzo de la maduración, ocupando el espacio disponible al interior de la muralla y rodeando al prosoma (Fig. 10).

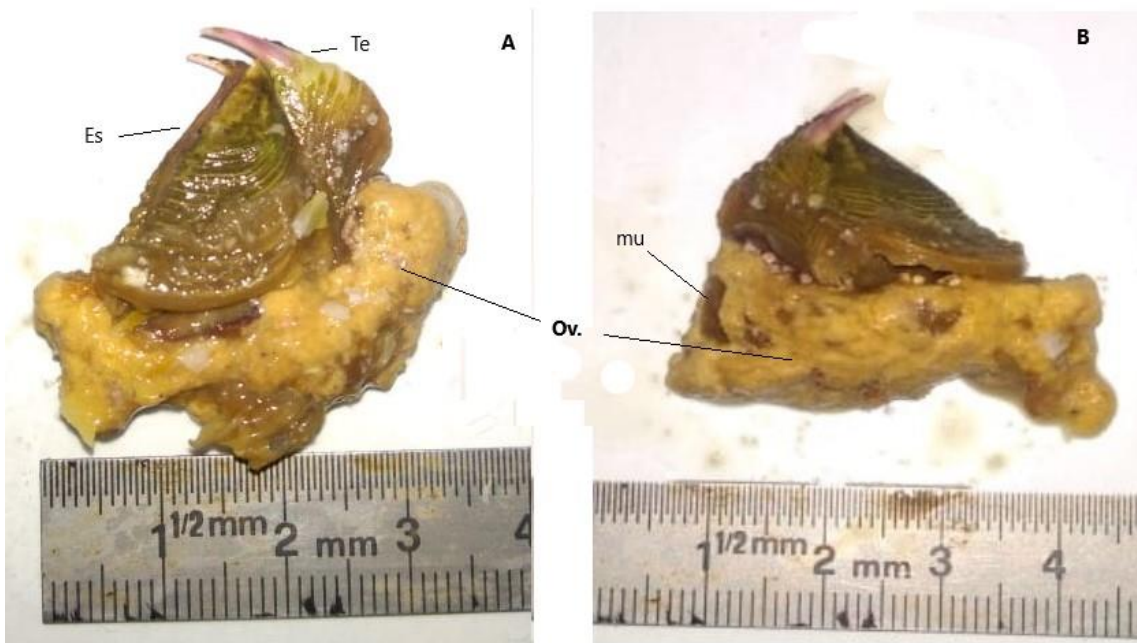


Figura 10. A: vista lateral derecha y delantera del ovario maduro de *A. psittacus*. B: vista lateral izquierda del mismo ovario. Ov.: ovario. mu: músculo. Te: tergo. Es: escudo.

En cortes histológicos se observa constituido por numerosas ovariolas, donde se realiza el proceso de vitelogénesis. Cada ovariola es desnuda, es decir, no está rodeada de células foliculares y pueden observarse en su interior un mínimo de tres y un máximo de diez ovocitos en maduración. Las ovariolas en su conjunto se encuentran en un estroma de tejido conectivo (Fig. 11). El ovario maduro es de color amarillo o naranja y luego de la oviposición constituye dos lamelas ovígeras voluminosas y granuladas, ubicadas a ambos lados del cuerpo.

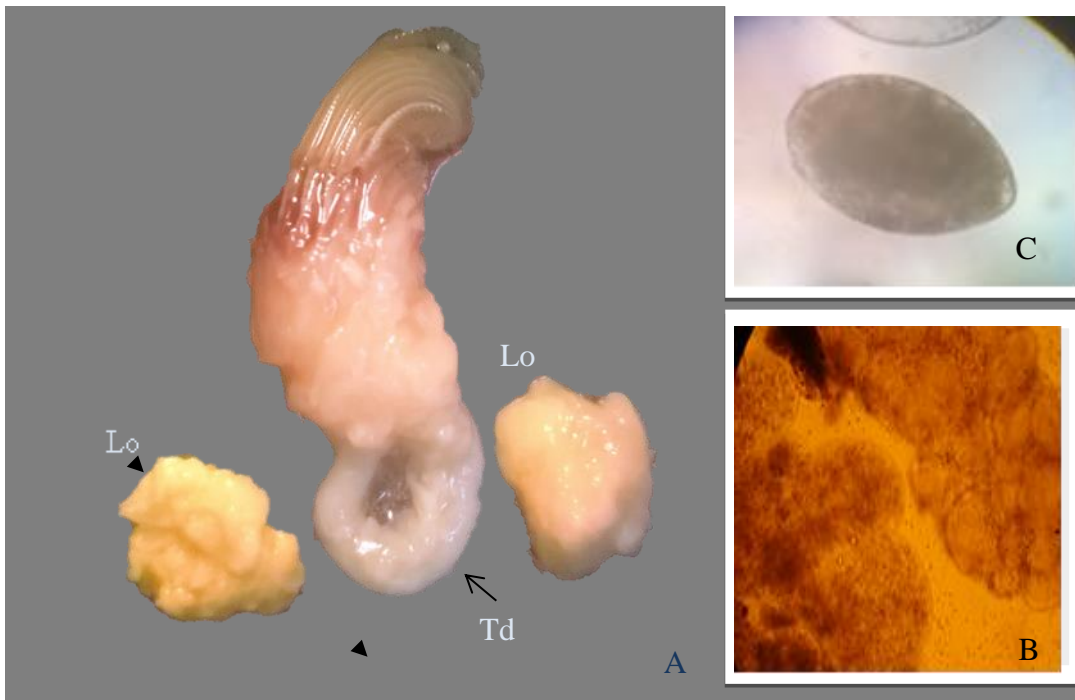


Figura 11. Disección de individuo de *Austromegabalanus psittacus*. Td: tubo digestivo. Lo: lamelas ovígeras. A: 7X. B: lamela ovígera en ovogénesis. 100X. C: huevo en lamela ovígera fecundada. A:400X.

Las lamelas ovígeras presentan cambios macroscópicos de coloración y consistencia dependiendo de su estado y grado de madurez. Las lamelas sin fecundar son de consistencia blanda y coloración amarillo suave, en su interior se observan ovocitos secundarios. Las lamelas fecundadas son de consistencia compacta y en su interior se observan huevos de forma ovoide regular (Fig. 11c). A medida que avanza la embriogénesis la coloración cambia de amarillo fuerte a naranja, probablemente por la pigmentación aportada por los ojos naupliars de las larvas, cada vez más evidentes.

Estadios de desarrollo de la gónada femenina

Pudieron establecerse 4 estadios de desarrollo al interior de la gónada:

Estadio 1: Ovario en reposo o inmaduro.

Estadio 2: Ovario con preponderancia de vitelogénesis inicial o primaria.

Estadio 3: Ovario con preponderancia de vitelogénesis avanzada o secundaria.

Estadio 4: Atresia.

Estadio 1: Ovario en reposo o inmaduro. El ovario se presenta laxo, meandriforme, con espacios vacíos entre los meandros. Histológicamente, los meandros constituyen la pared del ovario que está bordeada de un epitelio germinal.

El grosor de la pared es de 17-24 micras. En un momento posterior, en este epitelio se observan los ovocitos previtelogénicos hacia el interior. Todavía no se distinguen las ovariolas, y el tejido conectivo es escaso. Los ovocitos previtelogénicos tienen forma cuadrangular, con un gran núcleo en el centro, al interior de los cuales se observan los gránulos de cromatina. Los tamaños celulares oscilan entre las 10-12 micras de largo, y 5-7 micras de ancho. El núcleo oscila entre 3 y 4,5 micras de diámetro (Fig.12 y Fig.13 A y B).

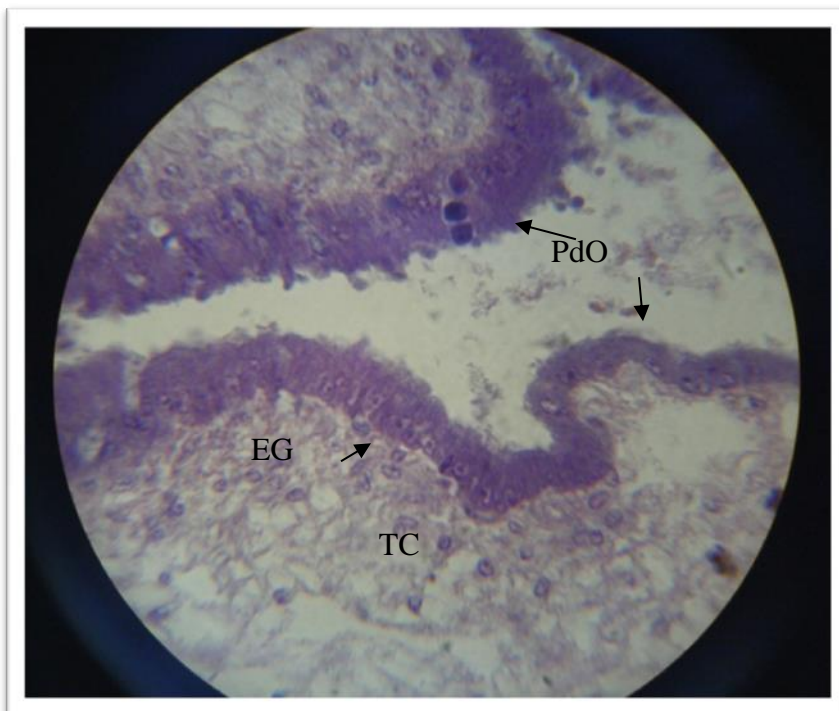


Figura 12: Ovario inmaduro o en reposo. PdO: Pared del ovario EG: Epitelio germinal. TC: Tejido Conectivo. A: 400X.

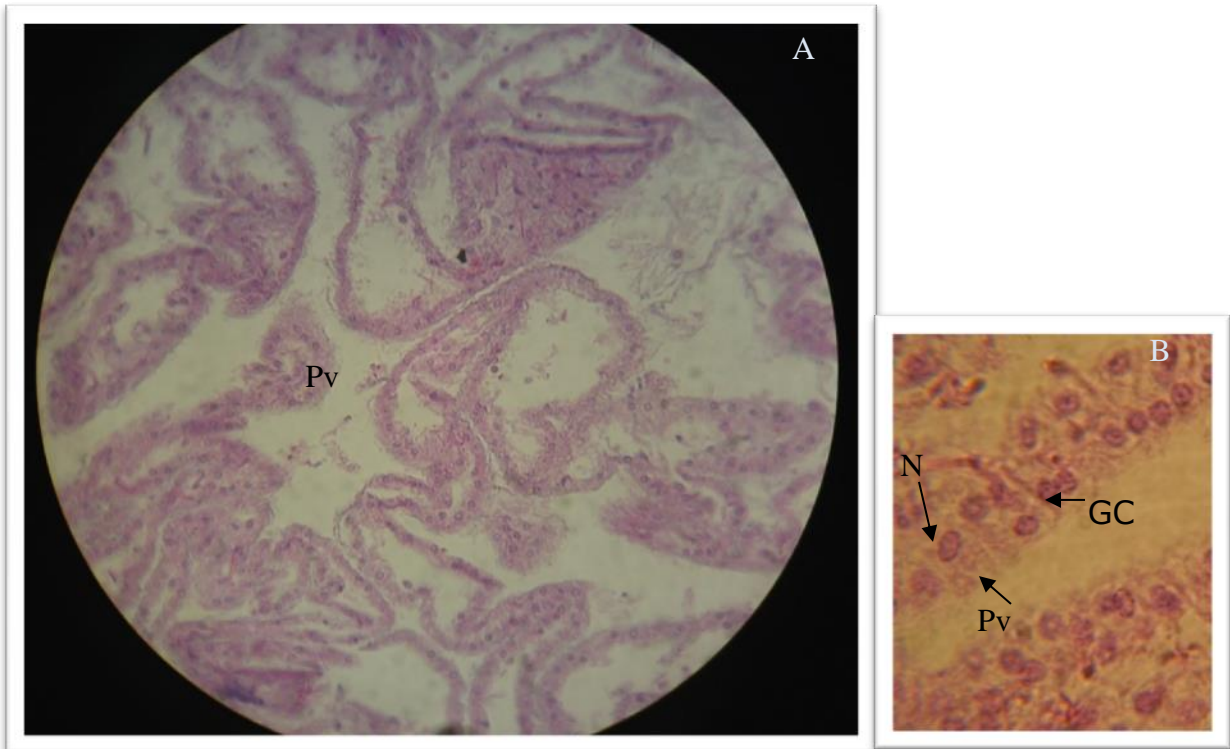


Figura 13: A. Ovario inmaduro o en reposo. B. Pv: ovocito previtelogénico. N: núcleo. GC: gránulos de cromatina. A: 400X. B: 1000X.

Estadio 2: Ovario con preponderancia de vitelogénesis inicial o primaria.

Se distinguen claramente las ovariolas, al interior de las cuales comienzan a observarse las células en vitelogénesis. El tamaño de las ovariolas tiene entre 300-400 micras en su parte más larga, y 200-300 micras en su parte angosta.

Dentro de la ovariola, los ovocitos primarios se observan alargados por el eje anteroposterior, con el citoplasma teñido uniformemente y un gran núcleo oscuro ubicado anteriormente y rodeado de una amplia zona sin colorear. El tamaño de los ovocitos primarios oscila entre las 30-45 micras en su eje más largo y 20-30 micras en su eje más corto. Dentro del ovario pueden observarse ovocitos previtelogénicos y ovocitos en vitelogénesis secundaria, pero en el preparado predominan los ovocitos en vitelogénesis primaria (Fig. 14).

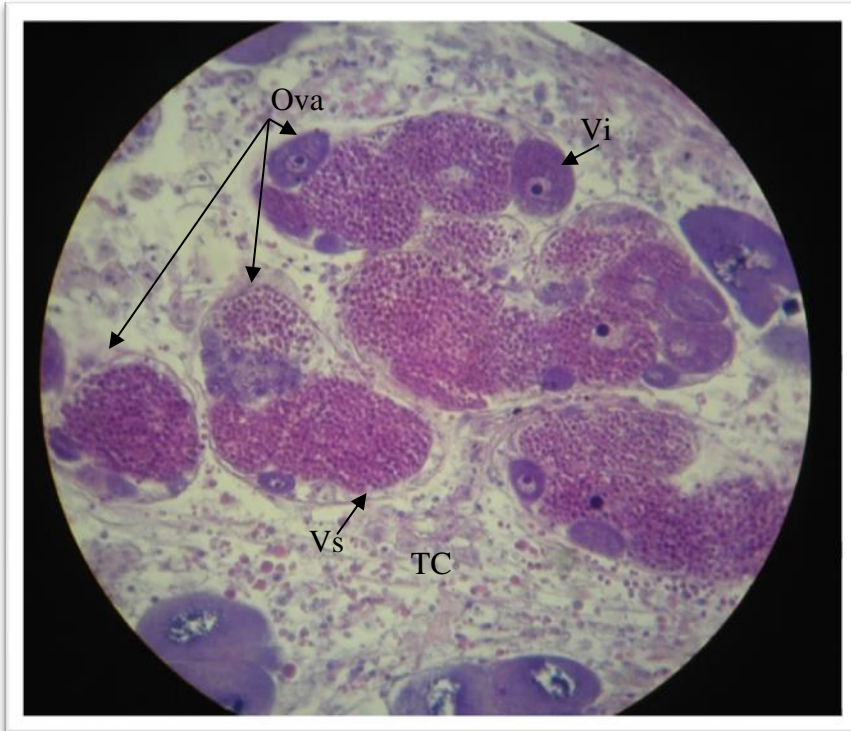


Figura 14: Ovario con predominancia de vitelogénesis inicial. Ova: Ovariola. Vi:Ovocito en vitelogénesis inicial. Vs: ovocito en vitelogénesis secundaria.TC:tejido conectivo.A: 400X.

Estadio 3: Ovario con predominancia de vitelogénesis avanzada o secundaria. Las ovariolas están casi totalmente ocupadas por los ovocitos en vitelogénesis secundaria. Los tamaños de las células oscilan entre las 95-120 micras en su eje más largo y 60-80 micras en su eje más corto. Desaparece la zona clara alrededor del núcleo y este se hace cada vez menos evidente a medida que la célula aumenta de tamaño. La forma de los ovocitos es irregular, por la compresión ejercida por las células vecinas y al interior se observan granulaciones rosadas que corresponden a la deposición de vitelo (Fig. 15).



Figura 15: Ovario con preponderancia de ovogénesis secundaria. Ova: ovariola. Vi: vitelogénesis inicial. Vs: vitelogénesis secundaria. A: 400X.

Estadio 4: Atresia. Los ovocitos secundarios que no fueron fecundados se desintegran. Desaparecen las ovariolas. El ovario se presenta laxo, primeramente con una fuerte coloración rosada correspondiente a los gránulos de vitelo remanentes dispersos libremente en el ovario, debido a la desintegración de los ovocitos. Posteriormente, desaparecen paulatinamente los gránulos de vitelo haciéndose más evidente la presencia del tejido conectivo y la pared del ovario (Fig. 16).

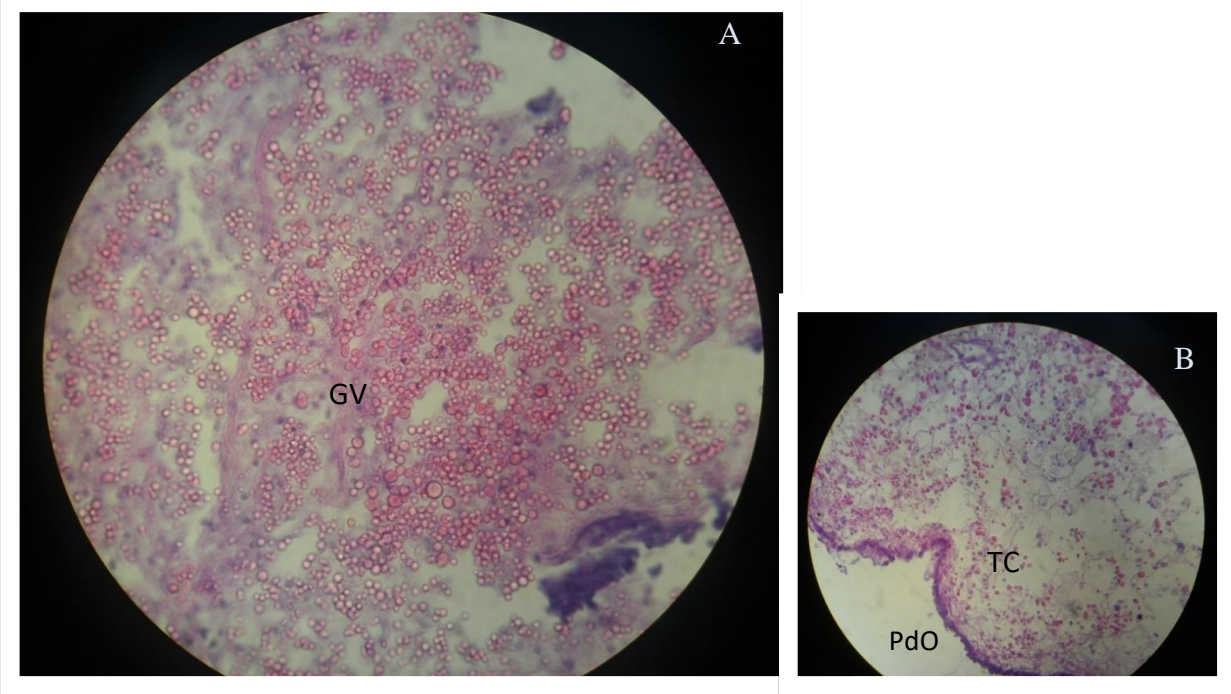


Figura 16: A: Gónada en atresia. TC: tejido conectivo. GV: gránulos de vitelo. A: 400X. B: PdO: Pared del ovario. A: 100X

Relación entre la frecuencia de ocurrencia de los estadios gonadales (FEG) y la frecuencia numérica de los estadios gonadales con la estacionalidad

Las variaciones de las FEG, fueron significativamente diferentes a lo largo de las estaciones del año (Chi cuadrado= 63,19; g.l.: 9; $p < 0,01$). Las mayores frecuencias de gónadas en reposo (GR) se registraron en los meses de otoño. Durante los meses de invierno (junio, julio, agosto y septiembre) se registraron las mayores frecuencias de ovariolas en vitelogénesis inicial (OI), así como en vitelogénesis secundaria (OS). Las mayores frecuencias de atresia gonadal (AT) se registraron en los meses de primavera y principios del verano (Fig. 17). Se observó en cada individuo, más de un estadio gonadal por ovario, registrándose ovariolas en distintos estadios, por lo que las FEG tomaron valores superiores al 100% mensual (Tabla 7).

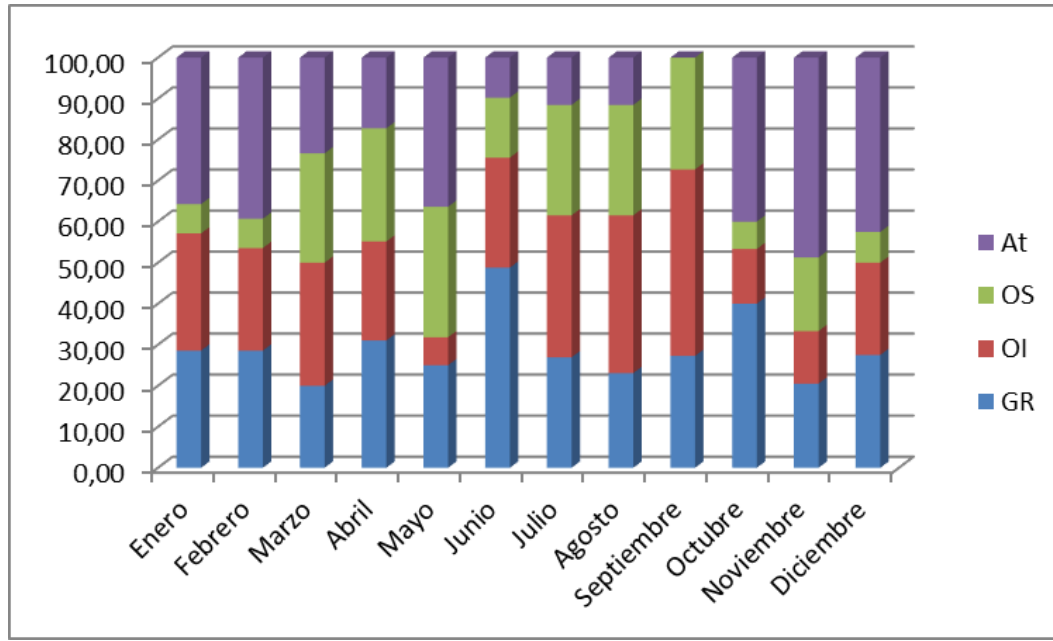


Figura 17: Frecuencias numéricas (%) de estadios gonadales (FNEG) a lo largo de un año, en individuos de *Austromegabalanus psittacus*. GR: gónada en reposo. OI: gónada en vitelogénesis inicial. OS: gónada en vitelogénesis secundaria. At: atresia gonadal.

Tabla 7: Frecuencias de ocurrencia de los estadios gonadales (FEG) (%) a lo largo de un año, en *A. psittacus*. GR: gónada en reposo. OI: gónada en vitelogénesis inicial. OS: gónada en vitelogénesis secundaria. At: atresia gonadal.

| mes | GR | OI | OS | At |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Enero | 30,76 | 30,76 | 7,69 | 38,46 |
| Febrero | 30,76 | 26,92 | 7,69 | 42,3 |
| Marzo | 26,08 | 39,13 | 34,78 | 30,43 |
| Abril | 39,13 | 30,43 | 34,78 | 21,73 |
| Mayo | 30,55 | 8,33 | 38,88 | 44,44 |
| Junio | 62,5 | 34,37 | 18,75 | 12,5 |
| Julio | 36,84 | 47,36 | 36,84 | 15,78 |
| Agosto | 31,57 | 52,63 | 36,84 | 15,78 |
| Septiembre | 37,5 | 62,5 | 37,5 | 0 |
| Octubre | 22,22 | 7,4 | 3,7 | 22,22 |
| Noviembre | 24,24 | 15,15 | 21,21 | 57,57 |
| Diciembre | 36,66 | 30 | 10 | 56,66 |

Embriogénesis

Los huevos son piriformes, de cubierta rígida. El tamaño promedio es de 150 micras en su eje más largo. Se aglutinan constituyendo las lamelas ovígeras (Fig. 9 B y C).

Estadio I. Clivaje Temprano: Luego de formado el cigoto, de tipo centrolecito, procede un estadio de división de pocas células libres de vitelo. Es evidente el patrón de segmentación en espiral (Fig. 18 A y B).

Estadio II. Blástula: Se observa una única célula de vitelo total o parcialmente cubierta por una banda delgada de micrómeros libres de vitelo (Fig. 19).

Estadio III. Gástrula: Los blastómeros con vitelo se dividen más lentamente en el centro de la célula. Se observan de 5 a 9 células provistas de vitelo (macrómeros) rodeadas totalmente de micrómeros. El blastoporo y el arquenterón no son observables debido al tipo de segmentación de los cirripedios (Fig. 20).

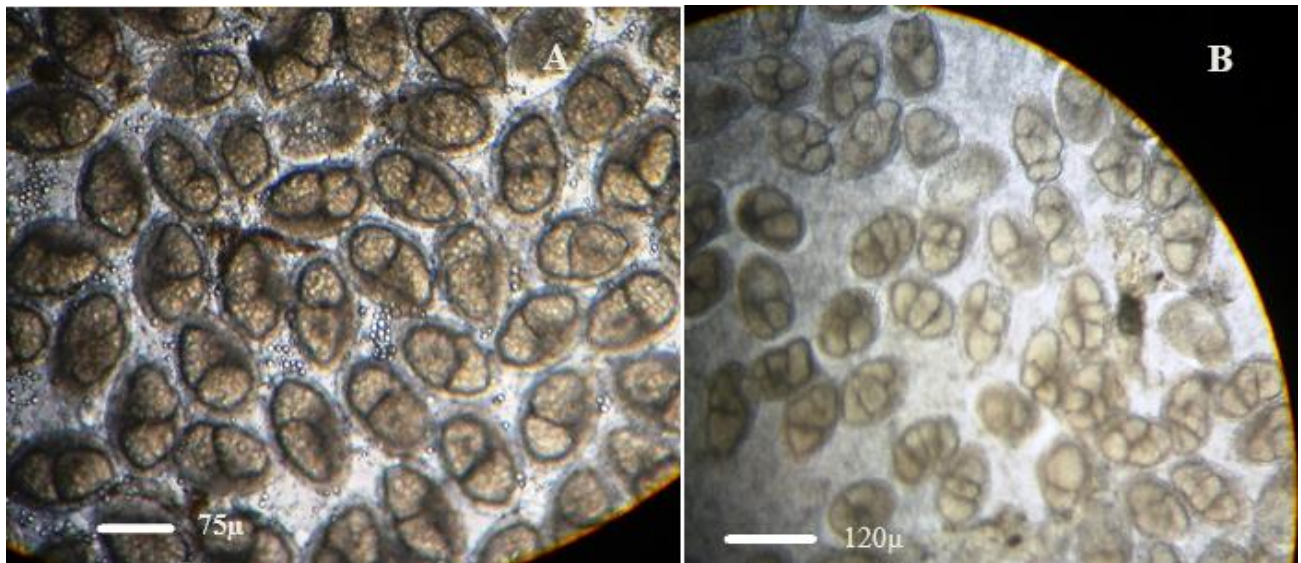


Figura 18: Clivaje temprano. A: división mitótica del huevo. B: Segunda y tercera división mitótica de los blastómeros libres de vitelo.



Figura 19: Blástula: único macrómero central rodeado de micrómeros. Mc: macrómero. mc: micrómeros.



Figura 20: Gástrula. Mc: macrómeros. mc: micrómeros

Estadio IV. Organogénesis temprana: Los macrómeros del huevo se encuentran en números de 10 a 20, desplazados hacia el extremo lateral anterior, debido al crecimiento de las bandas mesodérmicas en el extremo lateral

posterior (Fig. 21). Estas bandas darán posteriormente origen a los apéndices naupliares ventrolaterales.

Estadio VI. Diferenciación Funcional: Se distingue la larva en desarrollo. El ojo nauplio se observa de color rojo, los macrómeros con vitelo, aún son prominentes y ubicados ventralmente a la larva. Las yemas de los apéndices se encuentran ya con setas y los cuernos frontolaterales están formados (Fig. 22).

Estadio VII. Prenauplio: El ojo nauplio se observa fuertemente pigmentado y puede distinguirse el intestino. Se distinguen el proceso abdominal bifurcado y el proceso caudal. En pocos minutos, esta larva eclosiona (Fig. 23).

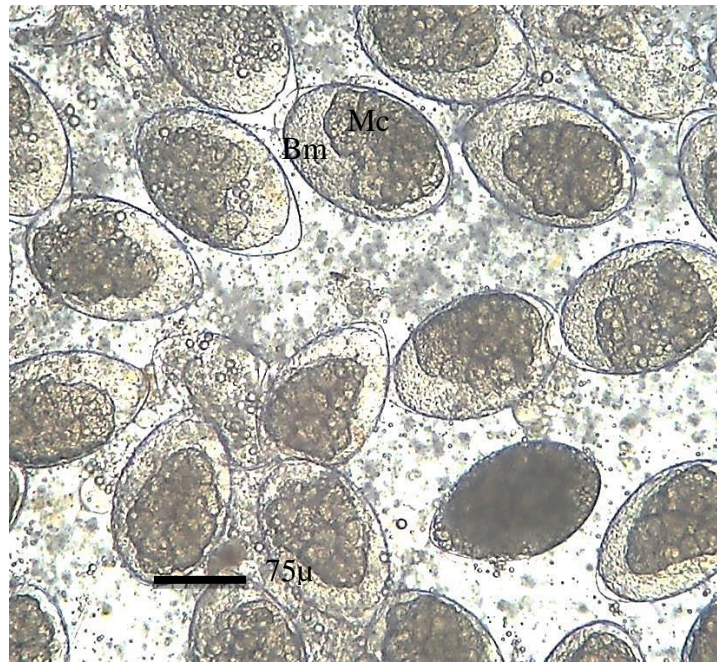


Figura 21: Organogénesis temprana. Bm: bandas mesodérmicas. Mc: macrómeros.

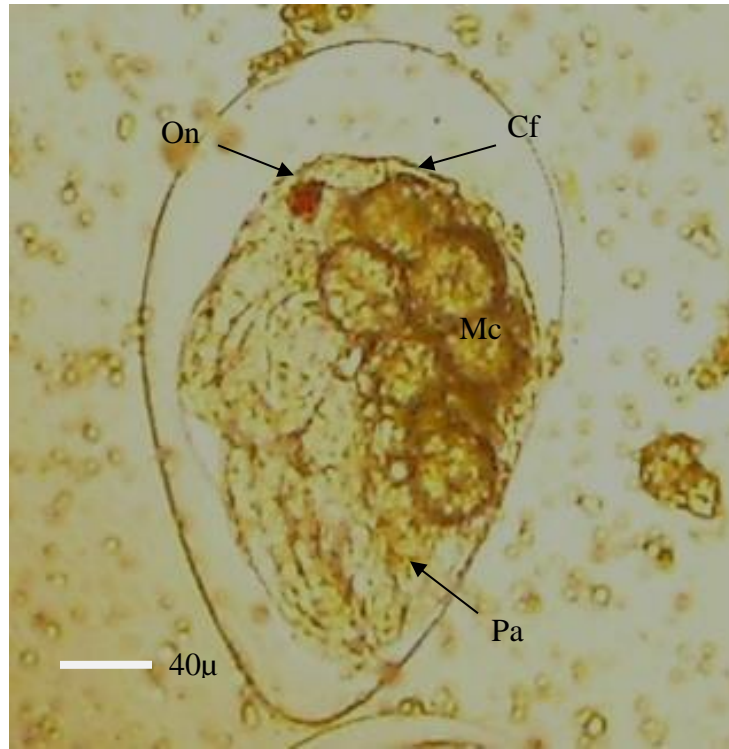


Figura 22: Diferenciación funcional. On: Ojo nauplio. Cf: cuerno frontal. Pa: primordios de los apéndices. Mc: macrómeros.

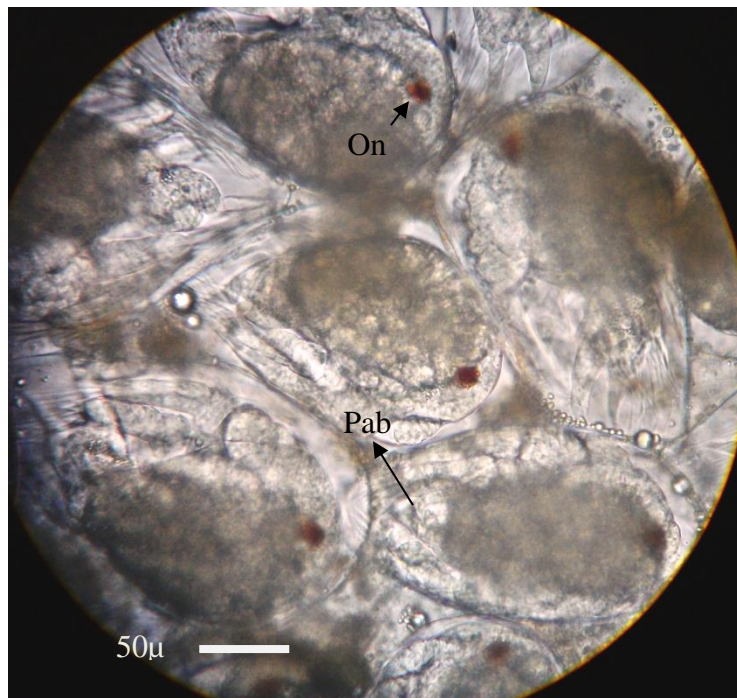


Figura 23: Prenauplio. On: ojo nauplio. Pab: Proceso abdominal.

Talla mínima de madurez sexual según época del año

La talla mínima de madurez sexual para el sistema reproductor masculino y femenino, mostró valores fluctuantes a lo largo del año. La talla mínima de madurez siempre fue mayor para el reproductor femenino, registrándose un alza en los meses de marzo y abril, donde sólo se registraron individuos maduros de tallas superiores a 1,8 cm de LCR, para el reproductor femenino (Fig. 24).

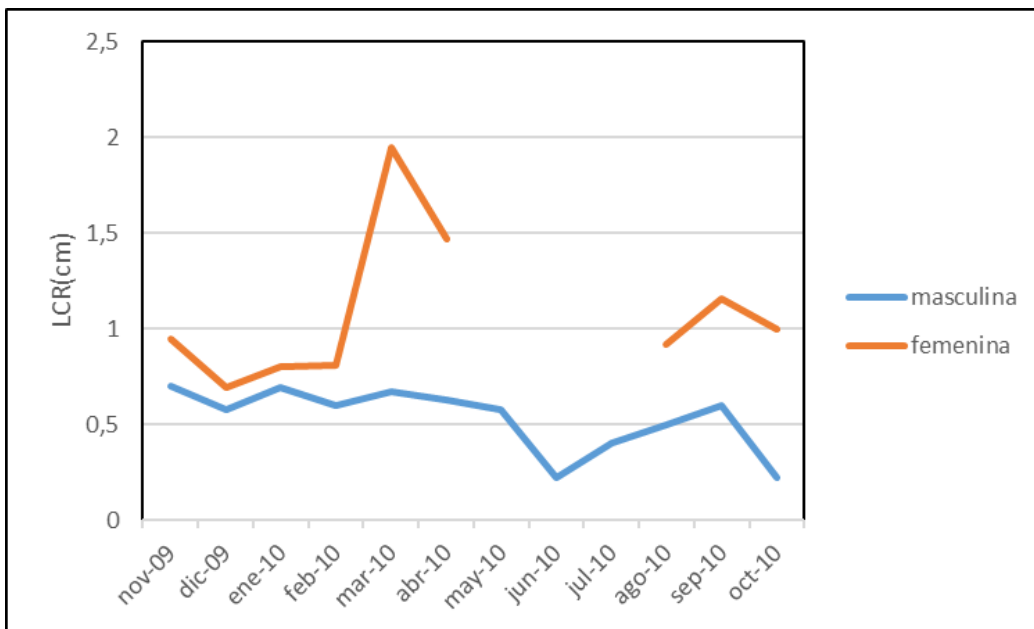


Figura 24: Talla mínima de madurez sexual, medida en el largo carino-rostral (LCR), para los sistemas reproductores femenino y masculino de *A. psittacus*.

Del total organismos analizados, el 65 % presentó espermatozoides activos en sus conductos deferentes. Del total de individuos maduros, el 20 % presentó además, lamelas ovígeras. Para el sistema reproductor masculino y femenino, el rango de tallas que presentó el mayor número de organismos reproductivos fue de 1-1,4 cm de LCR. La menor talla en donde se encontraron organismos con espermatozoides activos fue de 0,22 cm de LCR. La menor talla en donde se encontraron lamelas ovígeras fue de 0,69 cm de LCR (Fig. 25).

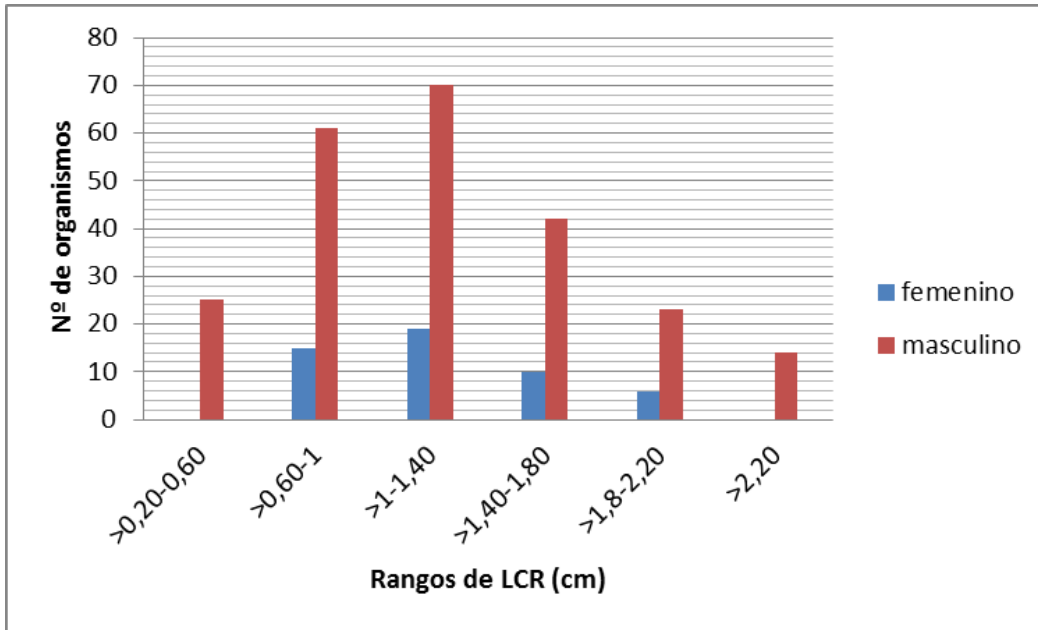


Figura 25: Número de individuos maduros, con lamelas ovígeras (femenino) y/o con espermatozoides activos (masculino), según seis rangos de largo carino-rostral (LCR).

En cada talla analizadas, un promedio del 60% de organismos presentó espermatozoides activos.

Las tallas de los organismos que presentaron lamelas ovígeras fluctuaron entre 0,60 y 2,20 cm de LCR. En ese intervalo, entre el 20 y el 30 % de los organismos de cada talla presentaron lamelas ovígeras (Fig. 26).

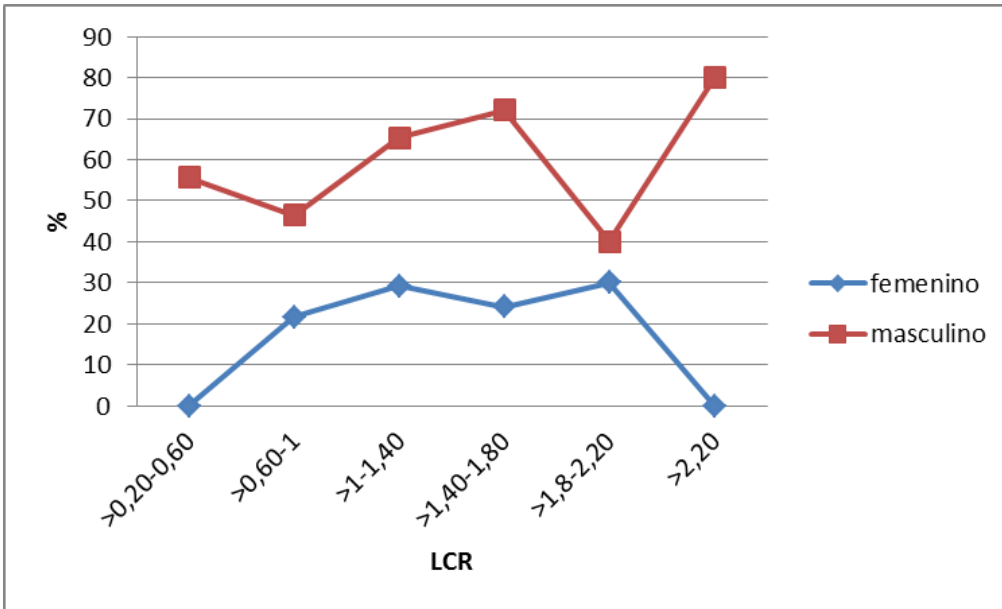


Figura 26: Porcentaje de individuos maduros por rango de talla: con lamelas ovígeras (femenino) y/o con espermatozoides activos (masculino), según seis rangos de largo carino-rostral (LCR).

Fecundidad mensual de organismos reproductivos según seis rangos de talla

Si bien pudieron observarse en los organismos variaciones tanto en el NHL como en el NGL a lo largo de los meses del año y con relación a las tallas, estas no fueron significativas estadísticamente. El NHL no fue diferente a lo largo de los meses: $H(8; N=54) = 4,16, p > 0,05$; ni entre rango de tallas: $H(5; N=54) = 6,01; p > 0,05$. Lo mismo ocurrió con el NGL entre los distintos rangos de tallas: $H(5; N=54) = 6,41, p > 0,05$ (Fig. 27).

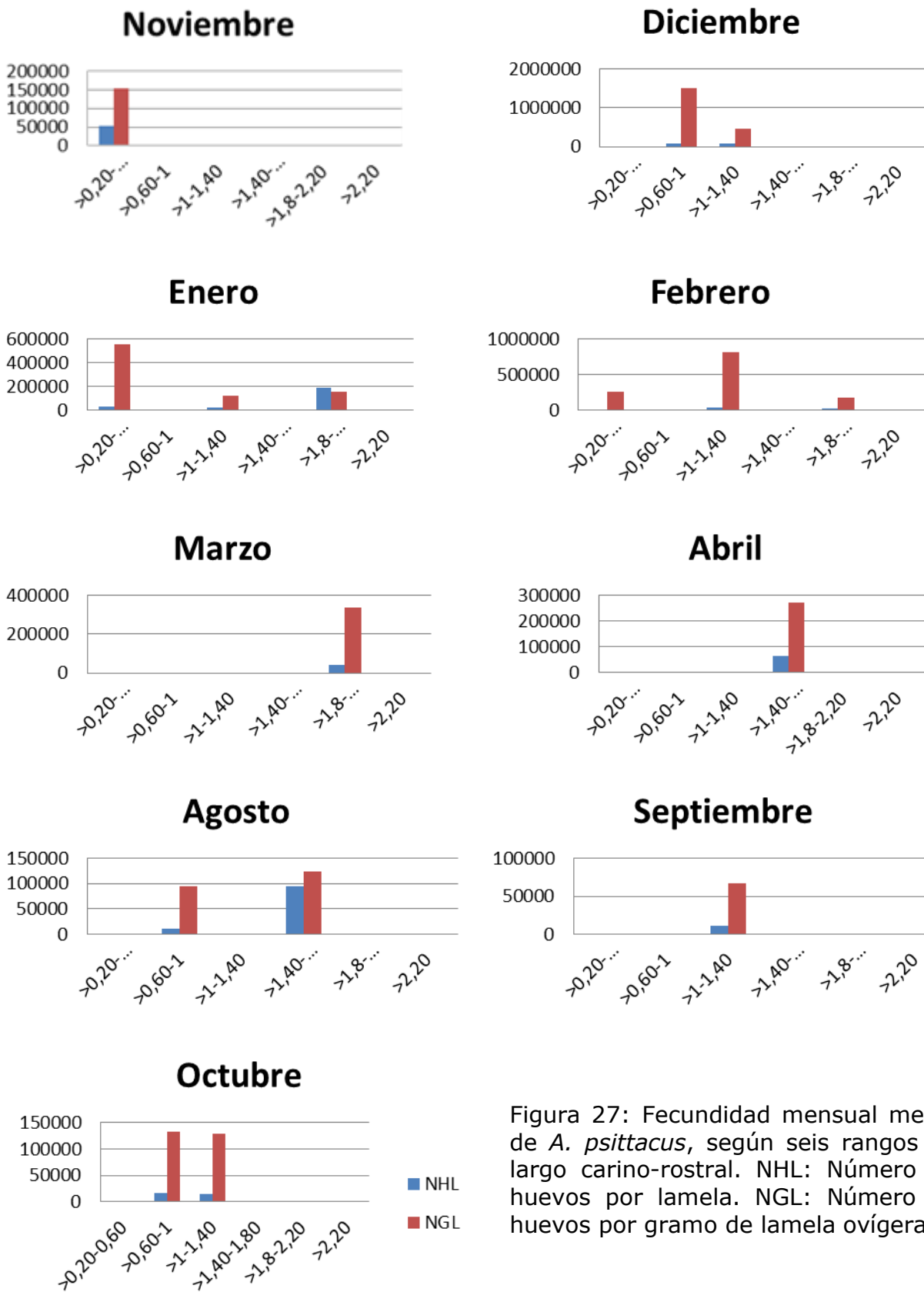


Figura 27: Fecundidad mensual media de *A. psittacus*, según seis rangos de largo carino-rostral. NHL: Número de huevos por lamela. NGL: Número de huevos por gramo de lamela ovígera.

Variación mensual de la fecundidad realizada

El análisis de la variación mensual de la fecundidad expresada como el número de huevos por gramo de lamela mostró diferencias estadísticamente significativas (Tabla 8). Indica valores máximos durante los meses de verano, con un segundo pico en los meses de agosto, septiembre y octubre. El análisis a posteriori de la Menor Diferencia Significativa mostró diferencias entre meses resultando los valores más altos de fecundidad en el mes de diciembre, comparado con el resto del año. La fecundidad en el mes de febrero fue significativamente mayor a los valores de otoño, invierno y primavera excepto los meses de abril, agosto y noviembre. En los meses de marzo y abril, los valores de fecundidad media tomaron valores intermedios y no difirieron significativamente entre sí, ni con otros valores mensuales. La tabla de resultados del análisis de m. d. s. se entrega en el anexo.

El resumen comparativo de las diferencias de fecundidad media entre los meses utilizando el análisis de la menor diferencia significativa queda expresado así:

diciembre > enero

diciembre > mayo -junio-julio-agosto -septiembre -octubre-

febrero > mayo- junio-julio-septiembre-octubre (Fig. 28).

Tabla 8: Anova: Análisis de la variación mensual de la fecundidad media de *A. psittacus*.

| Efecto | Suma de Cuadrados | G.l. | Cuadr. medios | F | p |
|--------------|-------------------|------|---------------|-------|-------|
| Mes | 1508394 | 11 | 137127 | 48,79 | <0,05 |
| Error | 879625 | 18 | 48868 | 2,806 | <0,05 |

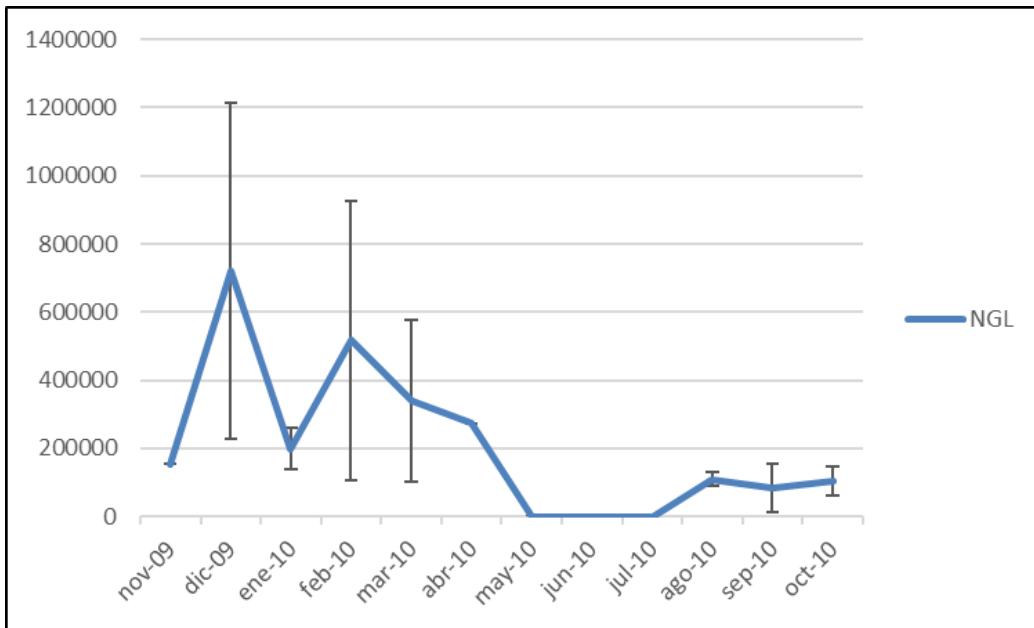
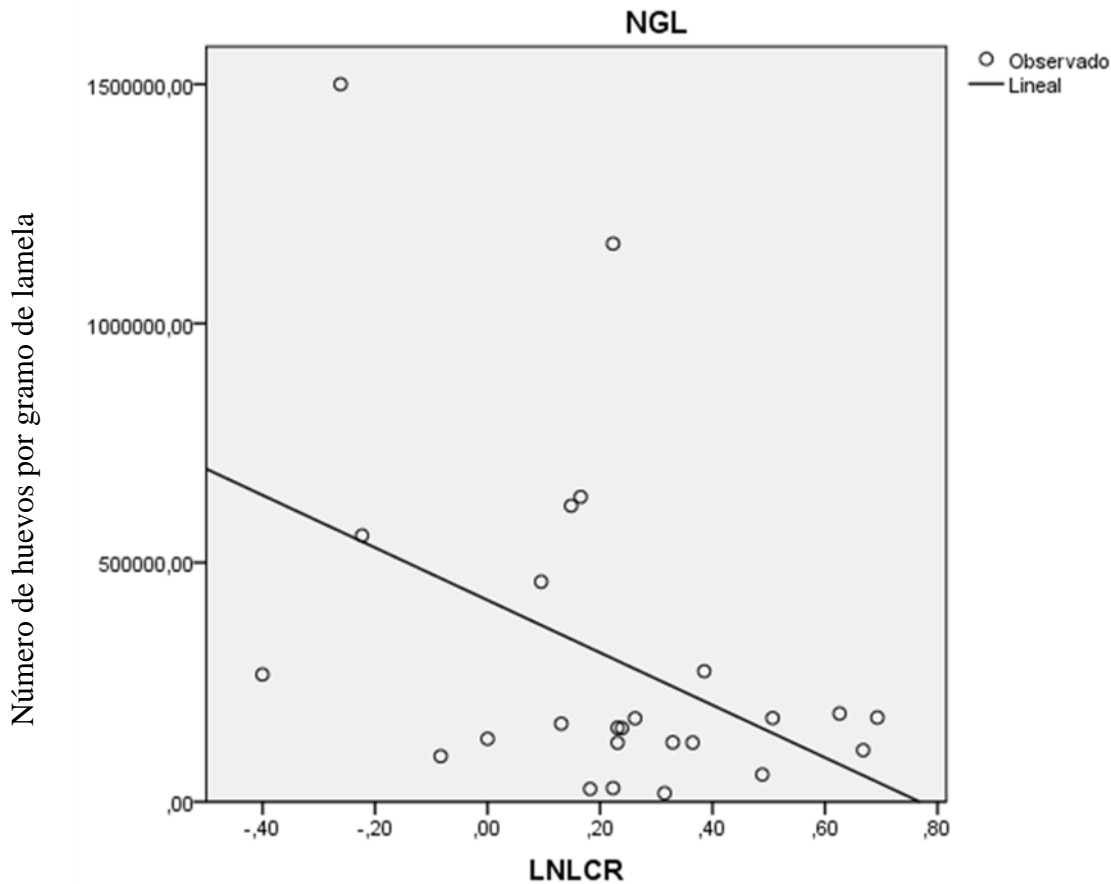


Figura 28: Variación mensual de la fecundidad media de *A. psittacus* medido en el número de huevos por gramo de lamela ovígera (NGL). Las barras verticales representan una desviación estándar.

Relación entre tamaño y fecundidad realizada

Para el parámetro Número de huevos por gramo de lamela (NGL), la relación entre la fecundidad y la talla fue negativa ($p < 0,05$). Las más altas fecundidades fueron encontradas en individuos de pequeño tamaño o tamaños medios, y ésta fue decreciendo con el aumento de la talla. El 17 % de la variabilidad encontrada en la fecundidad expresada como Número de huevos por gramo de lamela ovígera está explicada por la variación en el logaritmo natural del largo carino-rostral (Fig. 29).



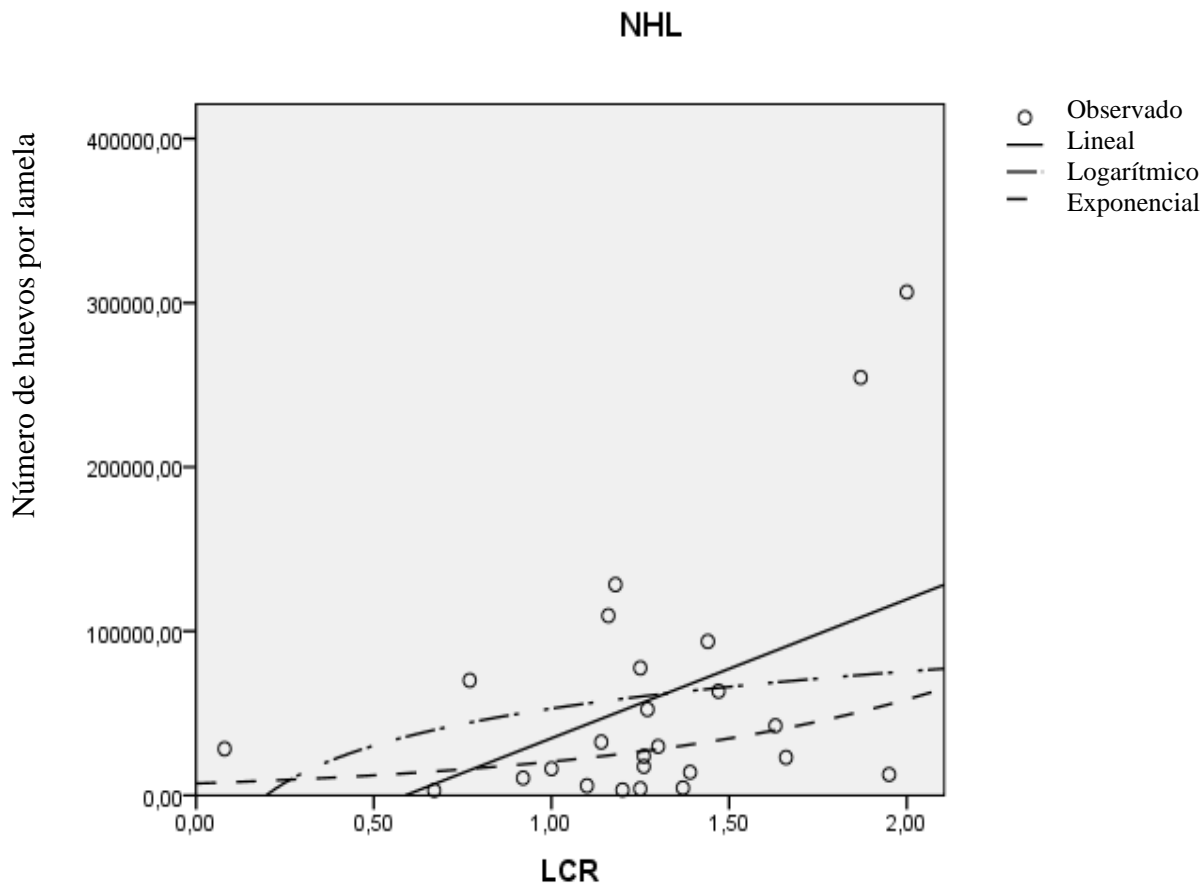
$R^2=0,174$, $F=4,859$ $p< 0,05$

Figura 29: Relación entre el logaritmo natural del largo carino-rostral y la fecundidad (número de huevos por gramo de lamela ovígera) en individuos de *A. psitaccus*.

La ecuación que describe la relación entre la fecundidad expresada como el número de huevos por gramo de lamela (NGL), y la talla expresada en el largo carino-rostral (LCR) es:

$$\text{NGL} = 421485 - 548546,9 \ln \text{LCR}$$

La relación entre el número de huevos por lamela (NHL) y el largo carino-rostral fue significativa ($p<0,05$), pero al contrario de lo ocurrido con el NGL, esta relación fue positiva. El 17 % de la variabilidad encontrada en la fecundidad expresada como NHL está explicada por el LCR (Fig. 30).



$R^2= 0,173$; $F: 6,018$ $p<0,05$

Figura 30: Relación entre el largo carino rostral y el número de huevos por lamela ovígera en *A. psittacus*.

Frecuencia de ejemplares con lamelas ovígeras

La Frecuencia de ocurrencia de las lamelas (FOL) no fue homogénea durante el período de estudio ($X^2=83,57$, $gl=11$, $p<0,01$) (Tabla 9).

Se observó un máximo de individuos incubando durante los meses de enero y febrero (50%), cayendo abruptamente en los meses de marzo y abril (entre 0,5 y 1%). Durante los meses de mayo, junio y julio no se observaron individuos incubando, y los ejemplares con lamelas ovígeras reaparecieron en agosto,

septiembre y noviembre con valores bajos (7%), y picos intermedios en octubre y diciembre (25%). La FOL se correlacionó positivamente con la temperatura media mensual de la superficie del mar ($r= 0,58$; $p < 0,05$) (Fig. 31). El Índice Gonadosomático (IGS) promedio mensual fue superior al 20% desde noviembre a febrero, se mantuvo bajo desde marzo a julio (entre el 11 y 15 %), aumentando a partir de agosto a valores superiores al 20% (Fig. 32).

Tabla 9: Frecuencia de Ocurrencia de lamelas ovíferas (FOL), Frecuencia porcentual (FNL), y Frecuencia absoluta (NA) en los meses de año.

| Mes | FOL | FNL | NA |
|---------------|-------|-------|----|
| Noviembre/09 | 6,89 | 0,6 | 2 |
| Diciembre/09 | 24,13 | 23,33 | 6 |
| Enero/10 | 53,33 | 53,33 | 16 |
| Febrero/10 | 50,33 | 50,33 | 15 |
| Marzo/10 | 0,6 | 0,6 | 1 |
| Abril/10 | 0,86 | 0,3 | 1 |
| Mayo/10 | 0 | 0 | 0 |
| Junio/10 | 0 | 0 | 0 |
| Julio/10 | 0 | 0 | 0 |
| Agosto/10 | 7,14 | 6,66 | 2 |
| Septiembre/10 | 7,4 | 5,22 | 2 |
| Octubre/2010 | 25 | 20 | 5 |

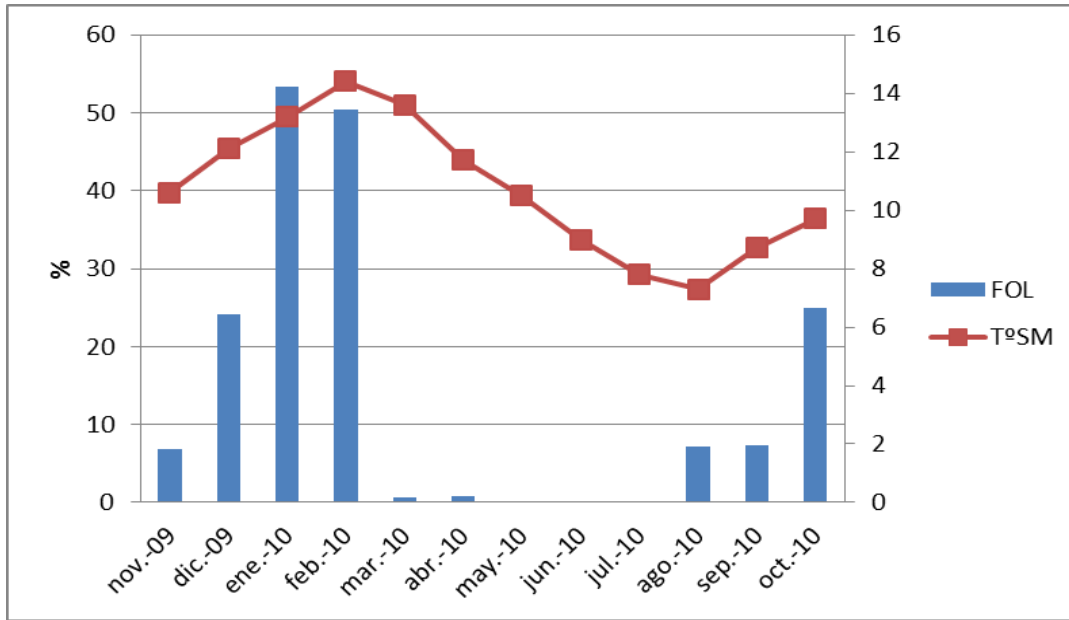


Figura 31: Variación mensual de las frecuencias de ocurrencia (%) de las lamelas ovígeras (FOL), en individuos de *A. psittacus* y su relación con la temperatura media mensual de la superficie del mar en °C. (T°SM). Datos ambientales obtenidos desde PODAAC-ESIP (<http://podaac-esip.jpl.nasa.gov>).

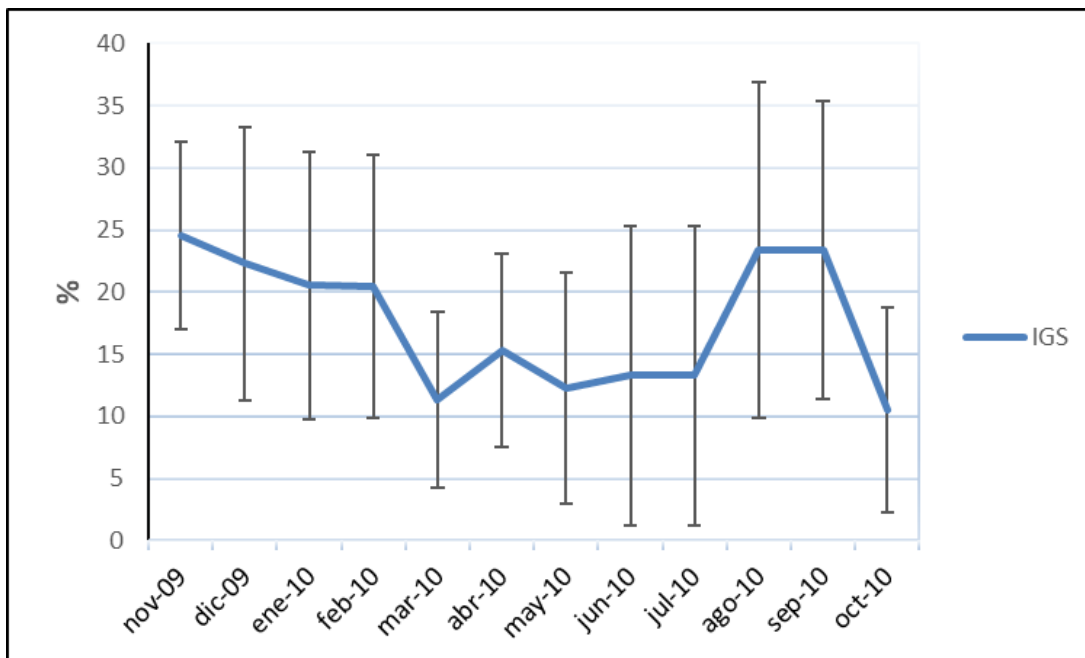


Figura 32: Índice gonadosomático promedio mensual, en individuos de *A. psittacus*. Las barras verticales representan un desvío estándar.

El Índice de Condición promedio presentó valores entre el 22 y el 36% durante la mayor parte del año, registrándose dos máximos: el mayor en agosto, con valores del 76%, y en los meses de enero y febrero con valores del 46% ambos (Fig. 33). El test de Kruskal Wallis, mostró que estas diferencias fueron estadísticamente significativas: $H(11; N=358)=70,89; p<0,01$. El test de comparaciones múltiples mostró que el mes de agosto tuvo valores significativamente superiores a diciembre, marzo, abril, junio, julio y octubre. Mientras que los IC de enero y febrero fueron superiores a los valores de los mismos meses y también al IC de diciembre.

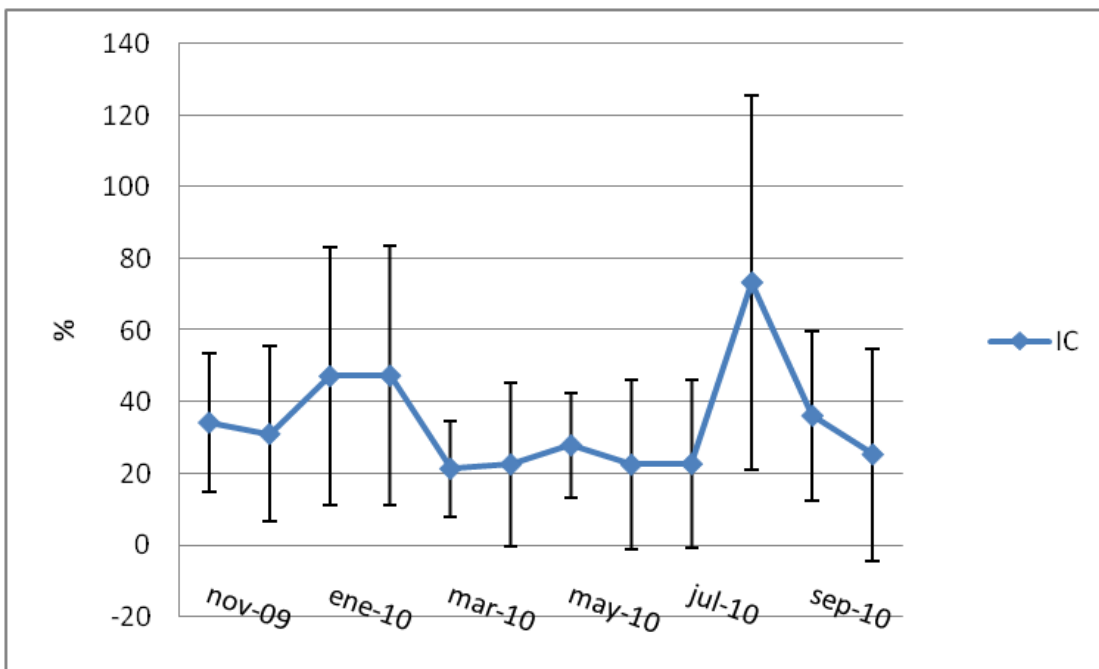


Figura 33: Variación mensual del índice de condición promedio en los individuos de *A. psittacus*. Las barras verticales representan una desviación estándar.

Reclutamiento

El reclutamiento fue marcadamente estacional y ocurrió durante los meses de verano: $H(3; N=48) = 43,34; p<0,01$. Durante la primavera, se observó un pequeño evento de reclutamiento a los 4 metros de profundidad (Fig. 34). La

densidad media de reclutas durante el verano en los colectores tubulares con tela media sombra fue siempre algo superior a los 2 metros de profundidad, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas: $H(1; N=48)=0,17$; $p>0,05$.

Durante el verano, los tipos de colectores utilizados presentaron reclutamientos diferentes, siendo superior en los bidones plásticos. Siempre la cara interna de cada colector presentó valores más bajos de reclutamiento respecto de la cara externa (Fig. 35). Los colectores de malla plástica con tela media sombra presentaron comparativamente las densidades más bajas de reclutas en su cara externa, pero las más altas en su cara interna (Tabla 11).

Tabla 11: ANOVA: Análisis de la densidad de reclutamiento ocurrido durante el verano, a 2 metros de profundidad, en tres tipos diferentes de colectores.

| Efecto | Suma de Cuadrados | G.l. | Cuadrados medios | F | p |
|----------------------------------|-------------------|------|------------------|-------|-------|
| Colector | 0,04 | 2 | 0,02 | 31,74 | <0,01 |
| Cara | 0,15 | 1 | 0,15 | 233,8 | <0,01 |
| Interacción Colectorxcara | 0,04 | 2 | 0,02 | 31,56 | <0,01 |
| Error | 0,005 | 8 | 0,0006 | | |

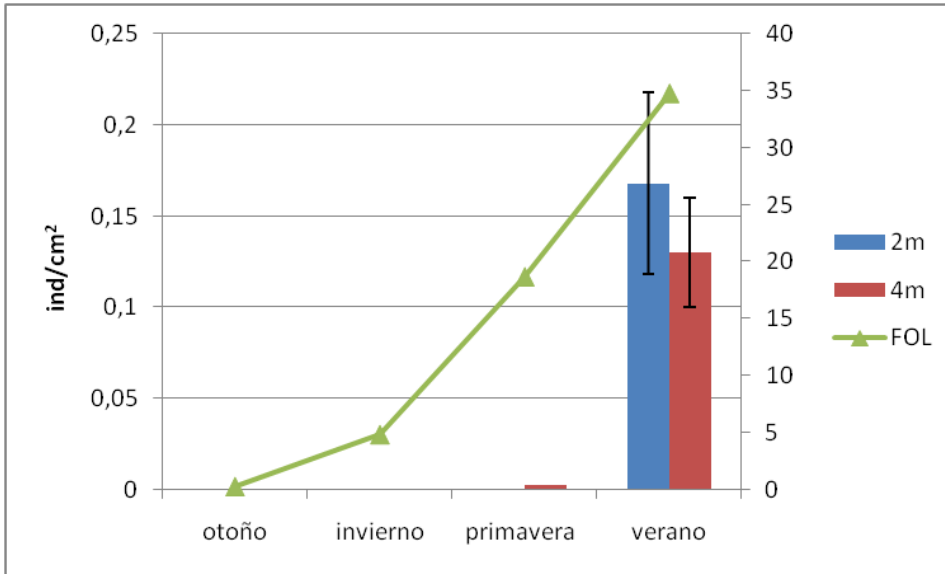


Figura 34: Relación entre la densidad promedio de reclutas y la frecuencia de ocurrencia de lamelas ovígeras promedio (FOL) por estación del año, medida en porcentaje, de *A. psittacus*. Se compara el reclutamiento en colectores artificiales tubulares con tela media sombra, a dos profundidades. Las barras verticales representan una desviación estándar, no visible en primavera debido a la escala.

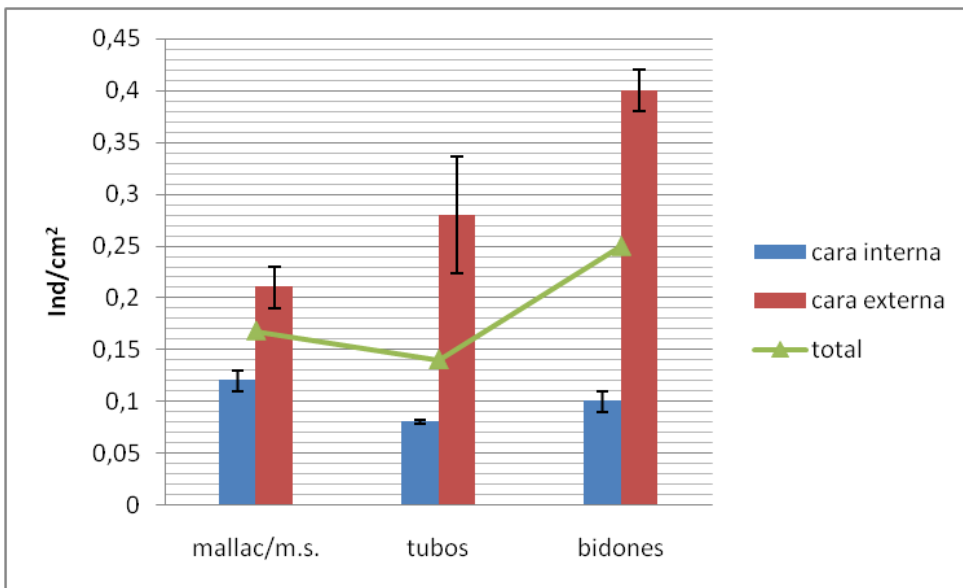


Figura 35: Reclutamiento medio de *A. psittacus* ocurrido durante el verano a dos metros de profundidad, para tres tipos diferentes de colectores. Total: reclutamiento medio total. Las barras verticales representan una desviación estándar.

Cronología estimada del ciclo reproductivo

Según los indicadores arbitrariamente elegidos indicados en la Tabla 11, la ovogénesis en la mayoría de la población de la especie comenzaría a fines de otoño, durando aproximadamente seis meses, seguida de la fecundación en enero. El pulso de mayor asentamiento larval ocurriría a fines de marzo, y considerando que las larvas nauplii permanecen entre 15 y 23 días en el mar, la embriogénesis queda estimada, para esta primera aproximación, en 75 días (Tabla 10).

Tabla 10: Cronología estimada del ciclo reproductivo de *A. psittacus* para el área central del golfo San Jorge. (*), extraídos de López D. (1976) y Egan & Anderson. (1987, 1988).

| Evento reproductivo | Indicador | Época del año | Duración en días |
|----------------------------------|--|------------------------------------|------------------|
| Comienzo de la Ovogénesis | 1. Período medio con nula ocurrencia de lamelas ovígeras en la población y alto porcentaje de gónadas en reposo. | Mayo <u>Junio</u> Julio | 180 |
| | 2. Período del máximo porcentaje observado de ovogénesis inicial. | Julio Agosto <u>Septiembre</u> | |
| Fin de la Ovogénesis | 3. Período del máximo porcentaje observado de atresia gonadal | Octubre <u>Noviembre</u> Diciembre | |
| Fecundación | Período de la máxima frecuencia de ocurrencia de lamelas ovígeras | Diciembre <u>Enero</u> Febrero | — |
| Embriogénesis | Observación de huevos fecundados en distintos grados de desarrollo | Enero- <u>Febrero</u> Marzo | 75 |
| Eclosión de nauplii | | Febrero | ----- |
| Desarrollo larval* | | Febrero-Marzo | 15-23* |
| Asentamiento larval | Período con máxima densidad de reclutas en colectores artificiales | Marzo | |
| Período total | | | 270-278 |

Discusión:

Austromegabalanus psittacus es una especie iterópara, hermafrodita, con fecundación interna y desarrollo embrionario en la cavidad corporal. La anatomía

del sistema reproductor de *Austromegabalanus psittacus* en el golfo San Jorge coincide con las descripciones previas (López D., 1976; Cancino *et al.*, 1998; Hernández, 1999) en Chile, aunque difiere en parte a lo descrito por Contreras *et al.* (2015). En términos generales las estructuras reproductivas del picoroco resultaron morfológicamente similares a las de otras especies de balánidos, tales como *Chthamalus dalli* (Korn & Kolotukhina, 1984), *Chthamalus malayensis* (Yan *et al.*, 2006) y *Megabalanus azoricus* (Dionisio *et al.*, 2007). Sin embargo, Pappalardo *et al.* (2016), encontró que existe variación genética entre las poblaciones pacíficas asociada a los tipos de ambiente, siendo además conocida la plasticidad fenotípica de los balanomorfos (Marchinko & Palmer, 2003; Berger & Emler, 2007; López B. *et al.*, 2007, 2010). Por lo que resulta de importancia comparar la biología reproductiva de la especie también en sus aspectos anatómicos.

Cancino *et al.* (1998), en el estudio histológico de la gónada femenina plantearon dos estadios de desarrollo gonadal, un primer estadio con ovocitos previtelogénicos, y un segundo estadio con ovocitos en distintas etapas de la vitelogénesis. Estas descripciones coinciden con lo informado por Contreras *et al.* (2015), para los meses de septiembre y octubre. En los cortes histológicos de los animales analizados en este trabajo, pudieron establecerse 4 estadios, y al igual que lo informado por Cancino *et al.* (1998) y Contreras *et al.* (2015) para *A. psittacus*, y por Dionisio *et al.* (2007) para *Megabalanus azoricus*, se observó asincronía en la ovogénesis, apareciendo en un mismo ovario e incluso en la misma ovariola hasta dos estadios de maduración. La ovogénesis comenzaría en la pared del ovario que está constituido por el epitelio germinal donde se encuentran las ovogonias y los ovocitos previtelogénicos. A medida que sobreviene la maduración, estos ovocitos se agrupan en ovariolas delimitadas, al interior de las cuales culmina el proceso hasta la vitelogénesis secundaria. Posteriormente, se formarían mediante un proceso de oviposición las lamelas ovígeras, en donde ocurre la fecundación. Si esto no ocurre, los ovocitos se desintegran y desaparecen las ovariolas, observándose al interior del estroma del ovario, los gránulos de vitelo y de lípidos remanentes. Este proceso podría

llamarse atresia o senescencia del ovario, dado que no se ha encontrado un estadio que pueda homologarse al desove.

Los resultados estadísticos sobre la frecuencia de estos estadios gonadales indican que el proceso de ovogénesis es un proceso continuo a lo largo del año. Sin embargo, la interacción encontrada entre los diferentes estadios y su asociación a determinada estación del año pueden dar cuenta de la cronología del proceso. La gónada en reposo fue más frecuente de encontrar en el otoño, lo que es esperable luego de ocurrida la eclosión de los huevos y liberación de las nauplii en el verano. La vitelogénesis inicial fue más frecuente en el invierno, indicando la continuidad del proceso con la anterior estación. El mismo sentido tienen las mayores frecuencias de gónada en atresia observadas en primavera, especialmente en diciembre.

En síntesis, luego de ocurrida la eclosión de las larvas en verano en gran parte de los individuos de la población, la gónada femenina pasa por un período de reposo en el otoño, y se prepara para la ovogénesis, que ocurre principalmente en el invierno. Terminada la ovogénesis en primavera, las gónadas no fecundadas entran en atresia y aquellas fecundadas forman las lamelas ovígeras que eclosionarán a fines de primavera y en el verano.

La sincronía observada en las variaciones en las frecuencias de lamelas ovígeras de la población (FOL), el análisis histológico del desarrollo gonadal, la duración estimada de la fase planctónica (López D ,1976; Egan & Anderson 1987, 1988) y el reclutamiento en los colectores estarían evidenciando que un ciclo reproductivo aproximado es de 270 días, estimándose para una primera aproximación que el desarrollo embrionario ocurriría en un período de tiempo aproximado de 75 a 85 días.

El desarrollo embrionario de *Austromegabalanus psittacus* parece ser el típico descrito para Thoracica por Crisp (1954) y posteriormente por Anderson (1969, 1973) para *Lepas anatifera*, *Semibalanus balanoides* y *Tesseropora rosea*. El huevo es centrolecito, el clivaje es una modificación de la segmentación en espiral y para los huevos con poca y moderada cantidad de vitelo, los patrones de

desarrollo presentan una marcada uniformidad. La modificación del clivaje consiste en una aparición temprana de la bilateralidad y una migración rápida del vitelo del huevo hacia células grandes, a partir de las cuales una serie de pequeñas células libres de vitelo crecen por fuera, rodeándolas. Sin embargo, los balanomorfos son considerados por Anderson (1993) junto a los escalpelidos y los acrotoracicos como taxas con huevos con gran masa de vitelo, en los que la larva nauplio eclosiona del huevo portando aún células con gran cantidad de ellas. Este es el caso de *Tetraclitella divisa* (Anderson, 1986), *Calantica spinosa* y *Tetraclita squamosa rufotincta* (Barnes & Achituv, 1981) que presentan una convergencia en el desarrollo embrionario hacia una larva nauplio lecitotrófica, que puede presentar vestigialización, un desarrollo más directo en la organización pos-larval o falta de eventos de desarrollo embrionario según los grupos. Este no parece ser el caso de *Austromegabalanus psittacus*, que presenta un desarrollo hasta la prenauplio en el huevo, con pigmentación ocular, intestino medio formado, cuerno frontal, apéndices formados, y comienzo de contractibilidad de los músculos en esta etapa.

Los individuos que presentaron lamelas con mayor frecuencia fueron aquellos de las tallas medias, las tallas pequeñas y grandes, presentaron un menor número de individuos incubando. Por debajo de esta talla, los menores valores de individuos incubando podrían ser debidos a restricciones anatomo-mecánicas en la fecundación, ya que la madurez sexual tanto del sistema reproductor femenino como del masculino ocurre tempranamente, en tallas de 0,70 y 0,22 cm de largo carino-rostral respectivamente. Por otro lado, los menores valores de incubación en las tallas mayores podrían deberse a restricciones fisiológicas y funcionales relacionadas a la edad de los individuos.

En cuanto a la relación entre la talla, la fecundidad y la época del año, los resultados indican, que la mayor parte de la población tiene mayor fecundidad en verano, y las diferencias encontradas por época del año podrían mostrar que las tallas medias y altas tienen un pulso de eclosión larval en verano. Mientras un número relativamente bajo, tiene un pulso en primavera. La fluctuación en la talla mínima de madurez sexual, entendida como la menor talla en que los organismos

fueron encontrados con los sistemas reproductores masculino y femenino maduros, puede explicarse en este mismo sentido. A pesar de las variaciones mensuales de la talla mínima, siempre el sistema reproductor masculino se mostró maduro a menores tallas que el sistema reproductor femenino, lo que indica que la especie es protándrica, como muchos balanomorfos en los que los grupos de apareamiento son relativamente grandes (Yusa, *et al.*, 2013).

La población de *Austromegabalanus psittacus* en el golfo San Jorge presentó un bajo número promedio de individuos incubando a lo largo del año, y la aparición de lamelas ovígeras en los individuos y por consiguiente la fecundidad varió anualmente respondiendo a fluctuaciones estacionales. Esta situación ha sido reportada para otras especies como *Chthamalus fissus* (Giese & Kanatani, 1987) *Tesseropora rosea*, *Austrobalanus imperatur*, *Tetraclitella purpurascens* (Egan & Anderson, 1988) y *Pollicipes pollicipes* (Cardoso & Yule, 1995), así como para el acrotorácico *Trypetesa lampas* (Nielsen *et al.*, 2016). Se sabe que la temperatura y la disponibilidad de alimentos juegan un rol importante en el ciclo de vida de los cirripedios (Southward & Crisp, 1956; O'riordan & Murphy, 2000), por lo que la correlación positiva entre la frecuencia de ocurrencia de las lamelas ovígeras (FOL) y la temperatura de la superficie del mar se explican en este sentido.

El patrón de variación de la fecundidad realizada medida en el número de huevos por gramo de lamela, indica, en este mismo sentido, no sólo que la aparición de individuos incubando ocurre diferencialmente, sino que el número de huevos en cada lamela también varía en paralelo, alcanzando un máximo en verano y otro en primavera. Como lo plantean Crisp (1954), Hines (1978), Barnes (1992) y Leslie *et al.* (2005), las fluctuaciones poblacionales de la fecundidad y las variaciones en las masas de huevos serían producto de un complejo de factores como la temperatura, el fotoperíodo y la disponibilidad de alimento que varían estacionalmente y que presionan ambientalmente sobre la fecundidad. En condiciones de cultivo, el aumento de las temperaturas de las aguas primaverales y estivales tuvo directa influencia sobre la aparición de lamelas ovígeras, sobre la maduración de estas lamelas y sobre los pulsos de eclosión larval para *Pollicipes pollicipes* (Franco *et al.*, 2015).

Las variaciones encontradas en el índice gonadosomático para el picoroco podrían explicarse en este mismo sentido, reportándose un máximo de madurez gonadal a fines de primavera, también explicado en el aumento del índice de condición poblacional.

La talla de los ejemplares no se relacionó fuertemente con la fecundidad realizada medida en el número de huevos por gramo de lamela (NGL), a diferencia de lo encontrado por Hernández (1999) para la especie en Chile, además, el tipo de relación indicaría que decrece con la edad. Esto coincide con la hipótesis de una talla media óptima de fecundidad. La relación encontrada entre el número de huevos por lamela (NHL) y la talla de los ejemplares estaría indicando que las tallas mayores poseen lamelas más grandes y por ello más huevos.

Los valores altos de reclutamiento encontrados en el verano coinciden con lo encontrado para todos los descriptores de fecundidad y madurez sexual informados en este trabajo. El patrón de reclutamiento y su relación con la profundidad fueron diferentes al hallado en Chile por López D. *et al.* (2012b). Según estos autores, los factores oceanográficos locales influyen en las variables que intervienen en el reclutamiento a mega y meso escala. El reclutamiento ocurrió principalmente en el verano, similar a lo reportado para *Megabalanus azoricus* en sustratos artificiales en el hemisferio norte (Pham *et al.*, 2011), pero a diferencia de este, para el picoroco en el resto del año fue prácticamente nulo. Según Rivera *et al.* (2013), el efecto mayor y menor de los *upwelling* sobre el reclutamiento de *Pollicipes pollicipes* en España, tiene influencia directa a pequeña y mediana escala espacial en la costa Cantábrica, con efectos finales importantes sobre la pesquería de esta especie. Se ha señalado que en la parte sur del golfo San Jorge, la batimetría diferente y menor determina comportamientos particulares de los campos térmicos y salinos, así como de las corrientes marinas que circulan en la región, presentando esta zona una caracterización de los sedimentos superficiales y del agua de fondo diferente al de la totalidad de la cuenca (Louge *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2007). Más recientemente Glembocki *et al.* (2015), caracterizaron los sistemas frontales del golfo San Jorge y su relación con el ciclo de vida del langostino (*Pleoticus muelleri*). Por lo que la

optimización de los reclutamientos del picoroco, y de crecimiento en condiciones de cultivo requerirán un estudio detallado de las condiciones locales.

El reclutamiento sobre los colectores artificiales muestra que la larva cypris presentaría fototaxia positiva, diferente a lo registrado en Chile (López D. *et al.*, 2012b), pero se conoce para otras especies de balánidos, que la fototaxia al momento de la fijación varía según el color del sustrato y de las condiciones de luz u oscuridad, y es el resultado de la interacción de otros factores como la orientación del colector y la textura (Kon-Ya *et al.*, 1994; Prendergast, 2010).

En resumen, la población de *Austromegabalanus psittacus* se encuentra reproductiva en un bajo porcentaje, la mayor parte del año, ya que es posible observar lamelas ovíferas fecundadas, excepto en el invierno. Sin embargo, si bien existe asincronía en la reproducción poblacional, es posible observar picos o momentos reproductivos en los que está incluida la mayor parte de la población, esto ocurre en el verano. Los resultados del estudio de la ovogénesis y de los descriptores de la madurez sexual y la fecundidad indican que la población comienza la maduración sexual en el otoño, alcanzando el máximo de madurez a fines del invierno. Las gónadas son fecundadas mayoritariamente en primavera, y el más importante pulso de eclosión de las nauplii ocurre en el verano. Los datos obtenidos en el reclutamiento confirman estos resultados. A partir de esta estación gran parte de la población comienza su preparación para el nuevo ciclo.

Capítulo 3: Alimentación

Introducción:

Los cirripedios torácicos son organismos filtradores que a través de un abanico de seis pares de cirros birrámeos y articulados, capturan organismos del fitoplancton, principalmente diatomeas y flagelados, así como zoopláncteres, particularmente larvas meroplanctónicas de invertebrados bentónicos (Anderson, 1993). Su rol en las cadenas tróficas marinas depende del grado de selectividad y de la proporción relativa de fitoplancton y zooplancton presentes en la dieta. Ello está determinado por la estructura de los cirros y por factores ambientales que generan complejos mecanismos de captura de las partículas (Riisgård & Larsen, 2010). Los distintos tipos de cirros cumplen por separado funciones de captura y selección (Crisp & Southward, 1961; Rainbow & Walker, 1977).

La velocidad del flujo de agua (Trager *et al.*, 1990; Arsenault *et al.*, 2001; Marchinko & Palmer, 2003) y la temperatura (Anderson & Southward, 1987) producen cambios en la conducta de alimentación. Los mecanismos de captura de partículas-microfiltración, captura pasiva y captura activa pueden ser modificados diferencialmente por estos factores (Anderson & Southward, 1987).

La selección de los ítems presentes en la oferta ambiental está determinada por la acción de los cirros más pequeños y setosos, en cambio los apéndices asociados al cono bucal como maxilas, maxílulas, mandíbulas y palpos bucales permiten la ingestión secuencial del alimento (Rainbow & Walker, 1977; Anderson, 1993). El resultado global de estos procesos, que establecen el grado de selectividad sobre la oferta ambiental, puede ser estimado comparando la composición del contenido del tubo digestivo y la oferta ambiental.

En condiciones de cultivo es indispensable conocer la dieta del picoroco, así como la relación entre ella y su sistema de alimentación. Esta información es

necesaria para el diseño y el uso eficiente de tecnologías para el engorde y posterior cosecha en sistemas de cultivo.

Objetivo General:

- Describir las estructuras anatomo-funcionales relacionadas a la alimentación y determinar la alimentación natural de *Austromegabalanus psittacus*.

Objetivos Específicos:

- Describir la anatomía del sistema de alimentación de la especie y sus variaciones asociadas al tamaño de los ejemplares.
- Analizar la alimentación de la especie en condiciones naturales y su grado de selectividad dietaria.

Metodología:

Descripción de la anatomía del sistema de alimentación

Para el estudio de los órganos involucrados en el sistema de alimentación se analizaron 32 ejemplares de un amplio rango de tallas obtenidos en la zona submareal somera de la Playa de Km3 (45°52'S; 67°28'O), durante agosto 2006 y abril del año 2007. Todos los ejemplares fueron identificados según los parámetros morfométricos de largo carino-rostral (LCR) y altura carinal (AC) mediante la utilización de calibre vernier manual con 0,1 cm de precisión. Los ejemplares fueron analizados frescos en el laboratorio o conservados en alcohol al 80% por no más de tres días (Tabla 12).

Se diseccionó el cono bucal, separando las piezas bucales y llevándolas a una solución de hipoclorito de sodio al 10% para desprender los restos de tejido vivo. Se analizaron las maxilas II, maxilas I, palpos, labro y mandíbulas; junto al tubo digestivo fueron fotografiados en un microscopio electrónico de barrido JEOL SLV 6510.

Mediante el uso de un microscopio óptico Zeiss y una lupa estereoscópica Zeiss Stemi 2000 se describieron los seis pares de cirros. Se procedió a la disección de los cirros captadores y manipuladores, los que fueron observados al microscopio óptico Leica y fotografiados con cámara digital Yashica.

A partir de las fotografías obtenidas se tomaron las siguientes medidas en la rama izquierda: largo del cirro, desde la base hasta el último artejo; ancho de la base del cirro y número de artejos por cirro. Todas las medidas fueron tomadas sobre las fotografías digitalizadas utilizando el software IM50 previamente calibrado. El número de artejos por cirro, para asociarlo al tamaño del ejemplar se relacionó a la AC y al LCR mediante sendos análisis de regresión simple. El mismo análisis se llevó a cabo con la longitud de los cirros y su relación con la AC y LCR, para los que se eligió el primer par de cirros manipuladores (Cirros I) y el primer par de cirros captadores (Cirros IV) . Se utilizó para ello el paquete estadístico SPSS 9.

Tabla 12: Rasgos morfométricos del largo carino-rostral (LCR) y altura carinal (AC) de los ejemplares diseccionados para el estudio de la anatomía de los órganos alimentarios de *A. psittacus*. n= número de ejemplares.

| Rango LCR (mm) | n | Rango AC (mm) | n |
|-----------------------|-----------|----------------------|-----------|
| >5≤7 | 8 | >10≤14 | 18 |
| >7≤9 | 10 | >14≤18 | 2 |
| >9≤11 | 11 | >18≤22 | 7 |
| >11 | 2 | >22 | 4 |

Análisis de la alimentación natural

Entre los meses de agosto y octubre del año 2008, se recolectaron ejemplares en pozas de mareas de la zona intermareal inferior y en la zona submareal somera entre los 0,5 y 1,8 m de profundidad en Playa Asina (46° 03'S 67° 37' O), provincia de Santa Cruz y Playa de Km 3 (45 ° 52' S; 67° 28' O), en Chubut, República Argentina. Como estimador de tamaño se midió el LCR y AC de los ejemplares.

Los contenidos gástricos de cada individuo fueron obtenidos a través de la disección del tubo digestivo (Fig. 36). Estos fueron homogeneizados en un volumen constante de 0,5 ml mediante una solución acuosa isotónica. Tres réplicas por estómago fueron realizadas en submuestras de 0,1 ml cada una, para el recuento de los ítems del contenido gástrico, utilizando una cámara de Neubauer. Para la identificación se utilizaron colecciones de referencia y literatura taxonómica especializada.

Se calculó la frecuencia de ocurrencia (FO) y la frecuencia numérica (FN) de cada ítem según la fórmula:

$$FO = \frac{N_i}{N} \times 100$$

donde N_i es el número total de estómagos donde se encontró un determinado ítem "i", y N fue el número total de estómagos con algún contenido.

Las FN se calcularon como el porcentaje que cada ítem de la dieta aportó al número total de organismos encontrados en los contenidos gástricos, según la expresión:

$$FN = \frac{N_i}{N_t} \times 100$$

donde N_i es el número de ítems "i" en los estómagos y N_t es el número total de organismos.

Paralelamente, se analizó la oferta ambiental, filtrando agua de mar de las pozas de marea donde se recolectaron los organismos, utilizando una red de 45 μm . El seston analizado se obtuvo de volúmenes superiores a los 2.000 litros de agua filtrada. Para ello se colectaron volúmenes iguales de agua de las pozas de marea, (100 litros por unidad muestral) que se filtraron in situ con un filtro manual (Fig. 37). El sedimento del filtro se capturó lavando con un volumen constante de agua a volúmenes regulares de agua filtrada. Las muestras se guardaron en frascos rotulados y se fijaron en formol al 4%. Luego se procedió a la separación e identificación de los organismos. Usando la misma metodología descrita para el análisis del contenido del tubo digestivo, se determinaron las frecuencias de los ítems para el total de organismos presentes en las muestras de agua.

Para analizar la selectividad de la dieta, las frecuencias de los distintos ítems, expresadas como porcentajes tanto del contenido gástrico como de las muestras de agua, fueron comparadas mediante una prueba de chi-cuadrado, usando el paquete estadístico STATISTICA 8.0. Igual procedimiento se siguió para comparar las frecuencias de algas típicamente planctónicas y algas asociadas al bentos. Las fracciones vegetal y animal promedio en los contenidos gástricos fueron comparadas mediante la prueba t, usando el mismo paquete estadístico.

Para analizar la oferta ambiental proveniente de los colectores artificiales, se estudió el microbentos asociado a los tubos de material plástico y tela media sombra, los que fueron sumergidos en un long-line en la zona submareal de la playa de Km3 durante los años 2009 y 2010. Los colectores se ubicaron a 2 y 4 metros de profundidad al comenzar cada estación del año y se retiraron al

finalizar ésta. Los colectores de invierno se perdieron debido a las tormentas por lo que esta estación no se incluyó en el análisis.

Se analizaron 30 submuestras, provenientes de 5 repeticiones para cada estación y profundidad (5 x 3 x 2). Las submuestras de 5 x 5 cm fueron homogeneizadas en una solución isotónica de volumen constante, de la que se extrajo una porción de 0,1 ml para conteo e identificación en una cámara Neubauer (Fig. 38). La comparación de las frecuencias de los ítems presentes en los estómagos y la oferta en los colectores se hizo mediante una prueba de chi cuadrado. Para analizar la composición y variación de la oferta ambiental en los colectores artificiales se realizó un análisis multivariado de ordenación, análisis de correspondencia utilizando el programa estadístico STATISTICA 8.0.

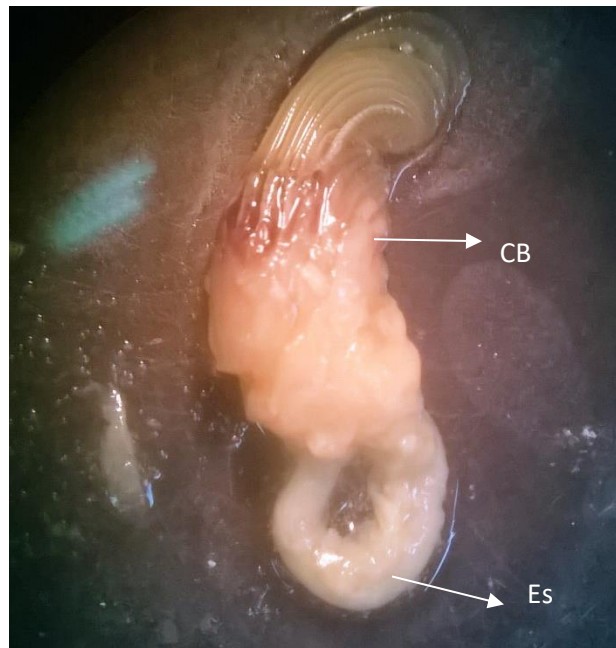


Figura 36: Tubo digestivo de *A. psittacus*. CB: Cono bucal. Es: Estómago. A: 7X.



Figura 37: Filtro manual de 45 μ m utilizado para el filtrado de agua de mar en el análisis de oferta alimentaria en pozas de marea.



Figura 38: Submuestra utilizada para el análisis de la oferta alimentaria en colectores artificiales de *A. psittacus*.

Resultados:

Anatomía del Sistema Digestivo

El tubo digestivo se dispone en forma de U, recorriendo todo el prosoma entre la boca y el ano. Se encuentra encerrado en un saco tegumentario, junto a las glándulas testiculares. Se inicia en una boca semicircular rodeada de pliegues membranosos. La boca se ubica en el centro de las piezas bucales, flanqueada por las mandíbulas y maxilas I y en dirección al rostro, por las maxilas II. En su primera porción más próxima a la boca, el tubo digestivo es corto y fino e inmediatamente se ensancha dando origen al esófago que recorre el prosoma en forma descendente. En la parte más baja se origina un asa, donde se ubica el estómago. El intestino constituye la porción ascendente del tubo y es algo más largo que la porción descendente. Al llegar a la base de los cirros se estrecha bruscamente, formando un tubo corto y rígido que desemboca en el ano. El ano es de forma circular y abre cercano a la base del par de cirros VI.

Anatomía del Cono Bucal

Maxila II o Maxila Externa

Se presentan como un par de cuerpos voluminosos, ubicados junto a la cara interna de la base de la corona de cirros. Son de bordes curvos. Las caras laterales son amplias y están provistas de largos pelos que las cubren completamente. La región basal posee pelos sólo en el borde interno (Fig.39). Al microscopio electrónico se evidencia un ensanchamiento en la zona media sostenido por una espina que actuaría como eje superior de la región basal. Este eje no es visible de la cara interna, la que es pilosa sólo en la zona anterior, y que en la zona media a basal presenta una zona baja circular (Fig.40).

Maxila I o Maxila interna

Se presentan como dos estructuras en forma de hacha, con el borde superior redondeado, provisto de largos pelos. El borde inferior es curvado, casi paralelo al borde superior, y con menor presencia de pelos. Todo el borde distal está

provisto de espinas cónicas, las dos primeras, en el borde distal superior, son más grandes que el resto (Fig. 41 y 42).

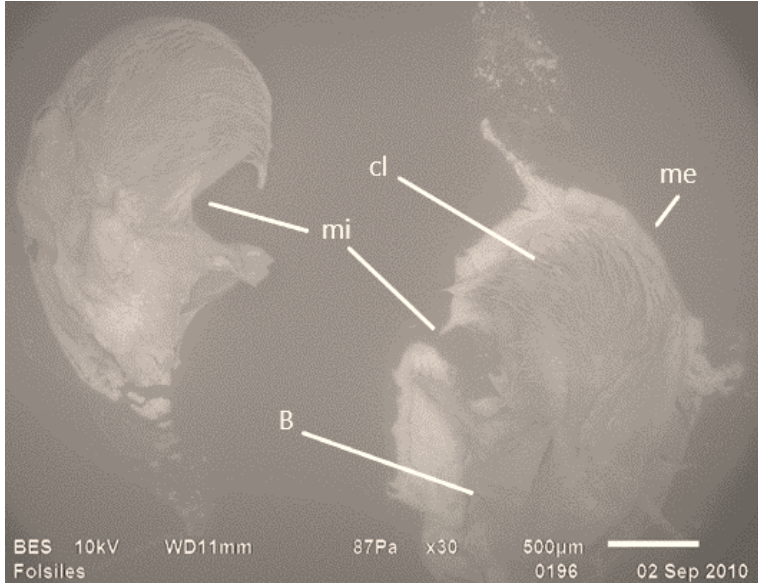


Figura 39: Vista de las caras externas de ambas maxilas externas en *A. psittacus*. mi: margen interno. me: margen externo. cl: cara lateral. B: base.

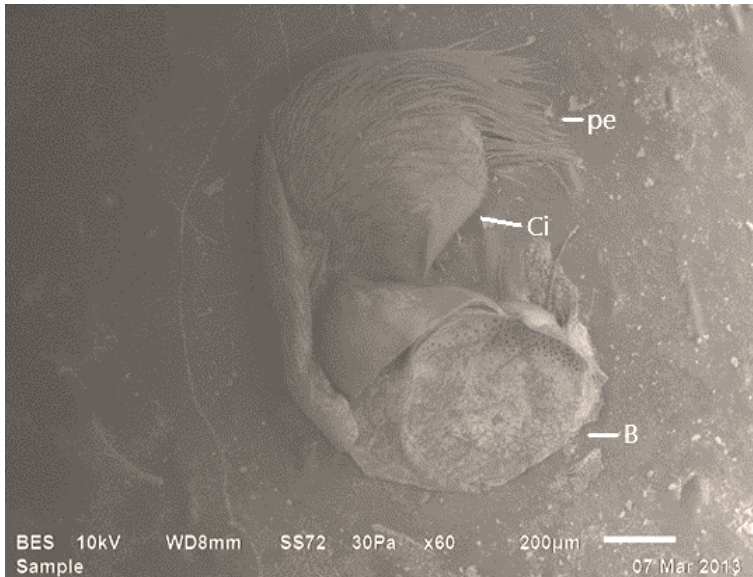


Figura 40: Vista de la cara interna de la maxila externa. Ci: cara interna. pe: pelos. B: base.

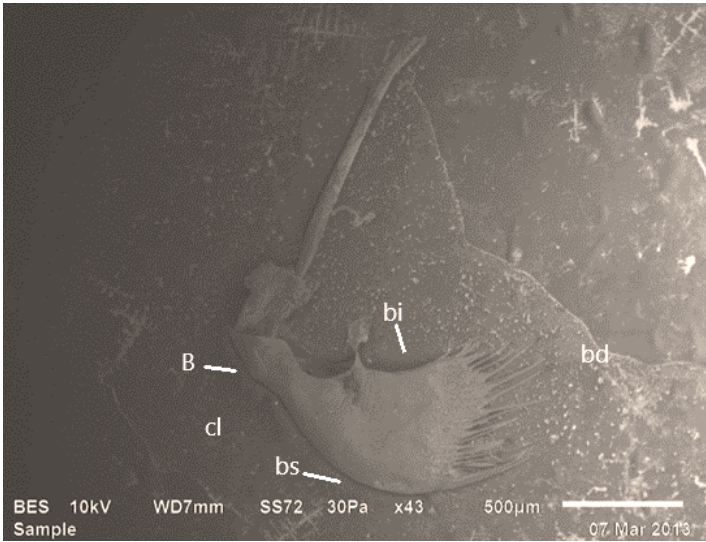


Figura 41: Maxila interna de *A. psittacus*. bd: borde distal. bs: borde superior. bi: borde inferior. cl: cara lateral. B: base.

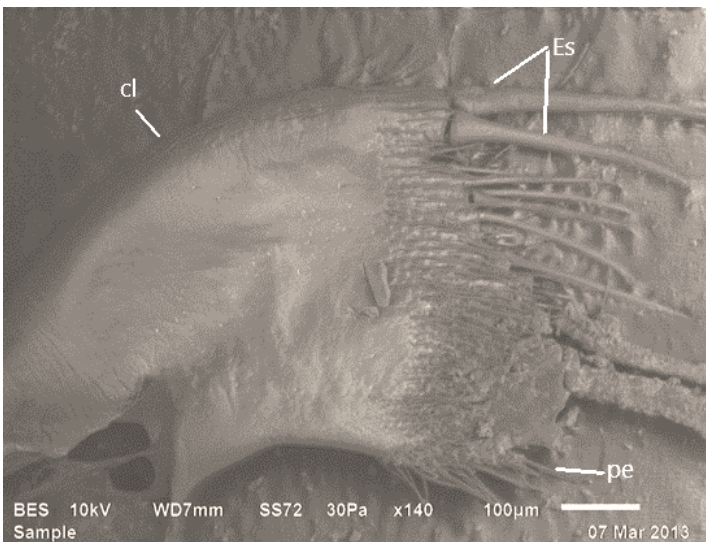


Figura 42: Detalle de los pelos y las espinas en la maxila interna en *A. psittacus*. Es: espinas. pe: pelos. cl: cara lateral

Palpos

Se ubican en el centro del aparato bucal sobre el labro, constituyendo la pieza bucal más voluminosa. Presentan 4 caras: rostral, carinal, carinal superior y carinal inferior. En la cara rostral presentan un mechón de largos pelos ubicados en el área superior externa de esta cara (Fig.43).

Tanto en la vista de la cara inferior como superior se observa en el centro de la pieza una depresión color marrón, que al microscopio electrónico se presenta como una zona abierta, desde la que se observa la inserción de los pelos (escotadura) (Fig.44).

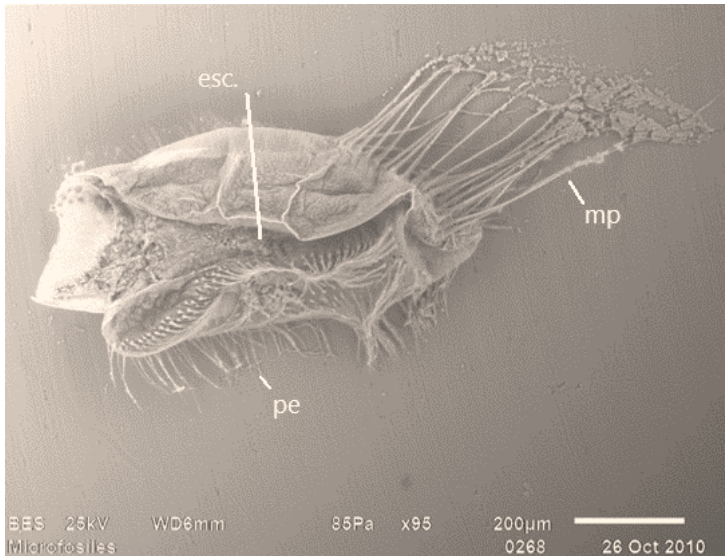


Figura 43: Palpo de *A. psittacus*. Vista de la cara inferior. esc: escotadura. mp: mechón de pelos. Pe: pelos

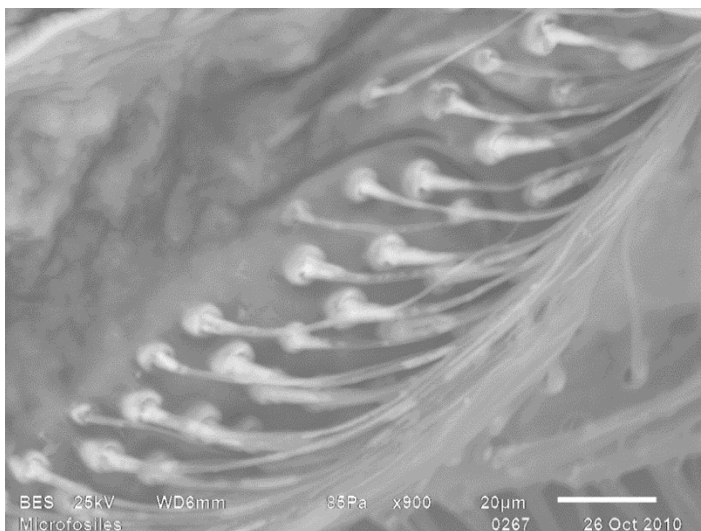


Figura 44: Detalle de la inserción de los pelos en la parte interna del palpo de *A. psittacus*.

Labro

Es una pieza única, ancha, con el margen superior liso, amplio y redondeado, inclinado levemente hacia los márgenes laterales. Está provisto de una profunda escotadura o hendidura central que atraviesa un tercio de la pieza. Las caras laterales son más cortas y convexas.

La cara externa es amplia, sin pelos. Continuando la escotadura media, la base termina como dos semiesferas que se proyectan en su parte central hacia afuera. La cara interna enfrenta la superficie interna de los cirros, es cóncava, profunda y lisa. La hendidura es notablemente más profunda que en la cara externa. Bajo ella, existe un amplio surco que termina en un fondo ciego limitado internamente por delgadas membranas (Fig. 45 y 46).

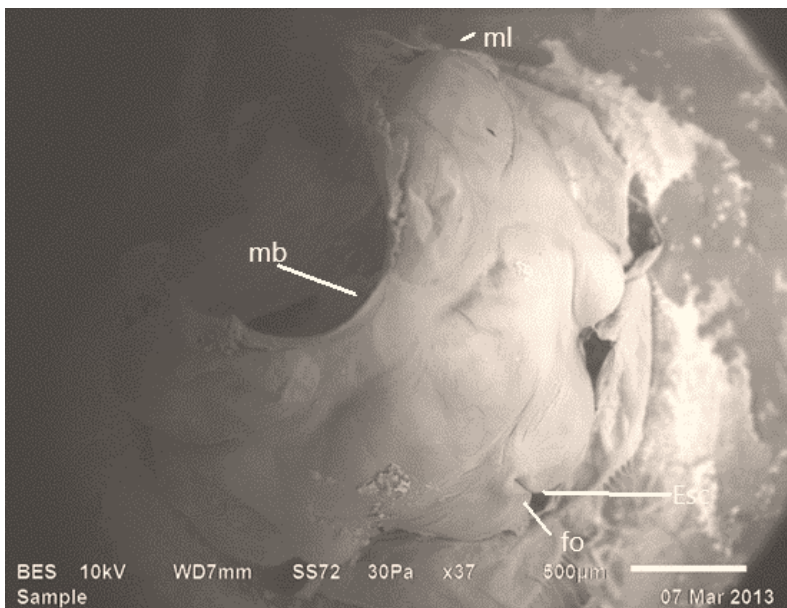


Figura 45: Vista en plano mediosagital del labro de *A. psittacus* por su cara externa. mb: margen basal. mi: margen lateral. Esc: escotadura. Fo: foseta.

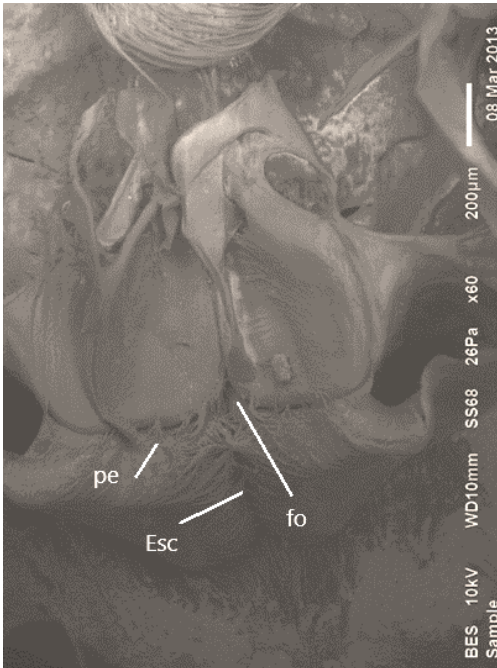


Figura 46: Vista de la cara interna del labro de *A. psittacus*. Se observan también parte de las maxilas externas. Esc: escotadura. Fo: foseta. Pe: pelos.

Mandíbula

Es quitinosa, con la cara externa e interna suavemente convexa. En algunos ejemplares, la cara externa se deprime levemente al llegar al borde. El borde superior es redondeado, liso, provisto de una ligera depresión en la región inmediatamente superior a la base. Algunos individuos presentan una especie de fosa poco profunda, amplia, cubierta de pelos.

El borde inferior es liso, angosto cerca de los dientes terminales, aumentando en grosor hacia el punto de inserción de la mandíbula, dando una forma de U. Con pelos en menos de su mitad distal. El borde distal es dentado y amplio, más largo que el borde inferior que no presenta pelos. Presenta tres dientes superiores notables, agudos y cónicos (Fig. 47).

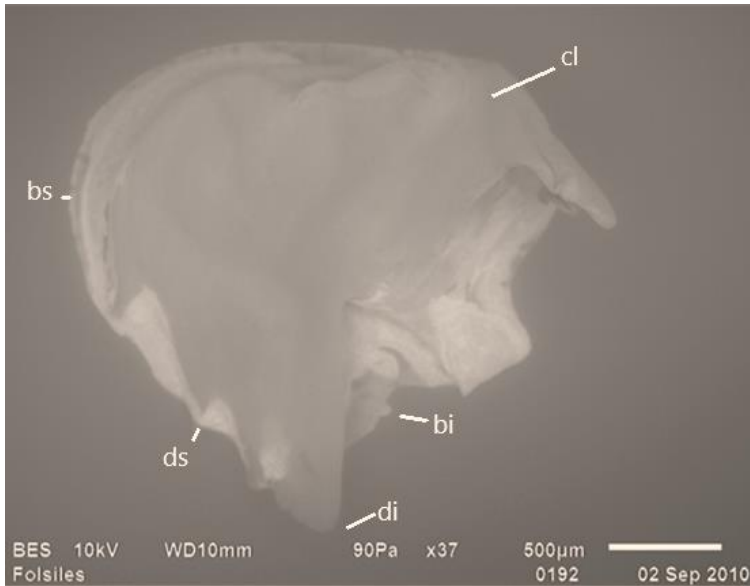


Figura 47: Mandíbula de *A. psittacus*. cl: cara lateral. Bs: borde superior. borde inferior. ds: diente superior. di: diente inferior.

Anatomía de los Cirros

Los seis pares de cirros se ubican a partir del cono bucal, a cada lado de este los primeros, y hacia atrás el resto de los pares, a lo largo del eje carino-rostral.

Par de Cirros 1: Manipuladores. Pequeños y robustos, de base casi tan larga como la rama y provista de pelos. El margen superior, donde se insertan las ramas, posee forma subtriangular. Las ramas son cortas. Los artejos están provistos de pelos a ambos lados. Los primeros artejos son más anchos que largos, adelgazando abruptamente hacia la parte distal (Fig.48:1).

Par de Cirros 2: Manipuladores. Están ubicados uno a cada lado del eje carino-rostral, siendo un poco más largos y menos anchos que el par de cirros 1. De base amplia y voluminosa, provista en su borde interno de pelos. Las ramas externas e interna son semicilíndricas, con los artejos más anchos que largos. Los primeros segmentos se encuentran fusionados, formando un largo artejo (Fig.48:2).

Par de Cirros 3: Manipuladores. La base es tan ancha como larga, y más larga que las bases de los cirros 1y 2 en proporción a las ramas. Las ramas están abundantemente provistas de pelos en sus caras externa e interna, los laterales están desprovistos de ellos. Los primeros artejos cercanos a la base se hallan fusionados, los siguientes artejos son más anchos que largos, y los últimos tienen forma acorazonada (Fig. 48:3).

Par de Cirros 4: Captadores. Son notablemente diferentes de los pares de cirros manipuladores. Son largos y delgados, formados por muchos más artejos, y con ambas ramas casi idénticas. La base es corta, formada por dos segmentos, con largo equivalente a la cuarta parte del largo de las ramas. Presenta abundantes pelos en la cara interna. Las ramas son cilíndricas, con número variable de segmentos, más anchos que largos los primeros y más cuboides los últimos, con setas en la cara externa (Fig. 48:4).

Par de Cirros 5: Captadores. Son muy similares a los cirros 4. La base está formada por dos segmentos, el inferior más largo que ancho, y el superior más angosto. Las ramas son cilíndricas con artejos de número variable, y se van afinando hacia el extremo distal. Los primeros segmentos de las ramas están unidos y la segmentación es apenas notoria. Los segmentos medios son más anchos que largos, con setas en su borde interno (Fig. 48:5).

Par de Cirros 6: Captadores. Se ubican próximos a la carina. La base está constituida por dos segmentos, siendo el inferior tres veces más largo que el superior. Ambos segmentos presentan pelos en el borde superior. Las ramas son cilíndricas, con los primeros segmentos fusionados, los medios son más anchos que largos, con el borde externo liso y el borde interno curvado y con setas (Fig. 48:6).



Figura 48: Cirros manipuladores (1, 2 y 3) y captadores (4, 5 y 6) de *A. psittacus*. A: 10X. B: base. Re: Rama externa. Ri: Rama interna. S: setas. A: artejo.

Variaciones morfométricas y merísticas de los cirros asociadas a la talla de los ejemplares

Todas las relaciones morfométricas y merísticas en relación con la medida estandarizada de talla (LCR) mostraron una gran variabilidad.

Variación de la longitud de los cirros manipuladores y captadores de partículas en relación a la talla

Tanto para la longitud del cirro 1 (manipulador) como para la longitud del cirro 4 (captador de partículas), la función potencial fue la que mejor ajustó a la talla (largo carino-rostral) (Figs.49 y 50). Para ambos tipos de cirros, casi el 50 % de la variación de la longitud, fue explicada por el valor del LCR.

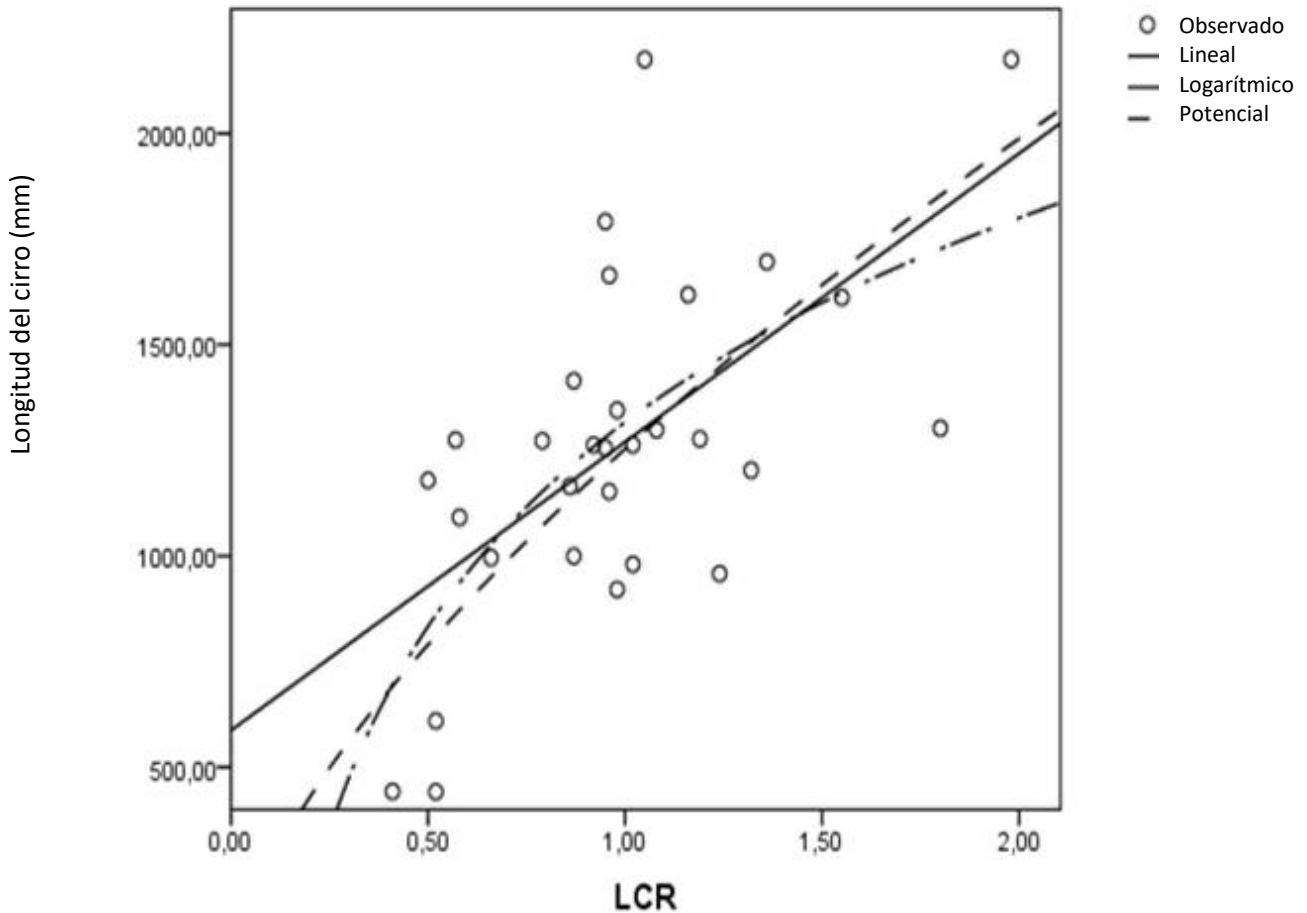


Figura 49: Relación entre el largo carino-rostral (LCR)(cm) y la longitud del cirro 1 (mm) en ejemplares de *Austromegabalanus psittacus*.

La relación entre la longitud del cirro manipulador 1 y el largo carino-rostral fue significativa (R^2 : 0,45, F: 23,37, $p < 0,01$) y la ecuación que relaciona ambas variables es:

$$\underline{\ln(L_{\text{cirro1}}) = 7,133 + 0,66 \times \ln(LCR)}$$

Donde $\ln(L_{\text{cirro1}})$ es el logaritmo natural de la longitud del cirro 1 y $\ln(LCR)$ es el logaritmo natural del largo carino-rostral.

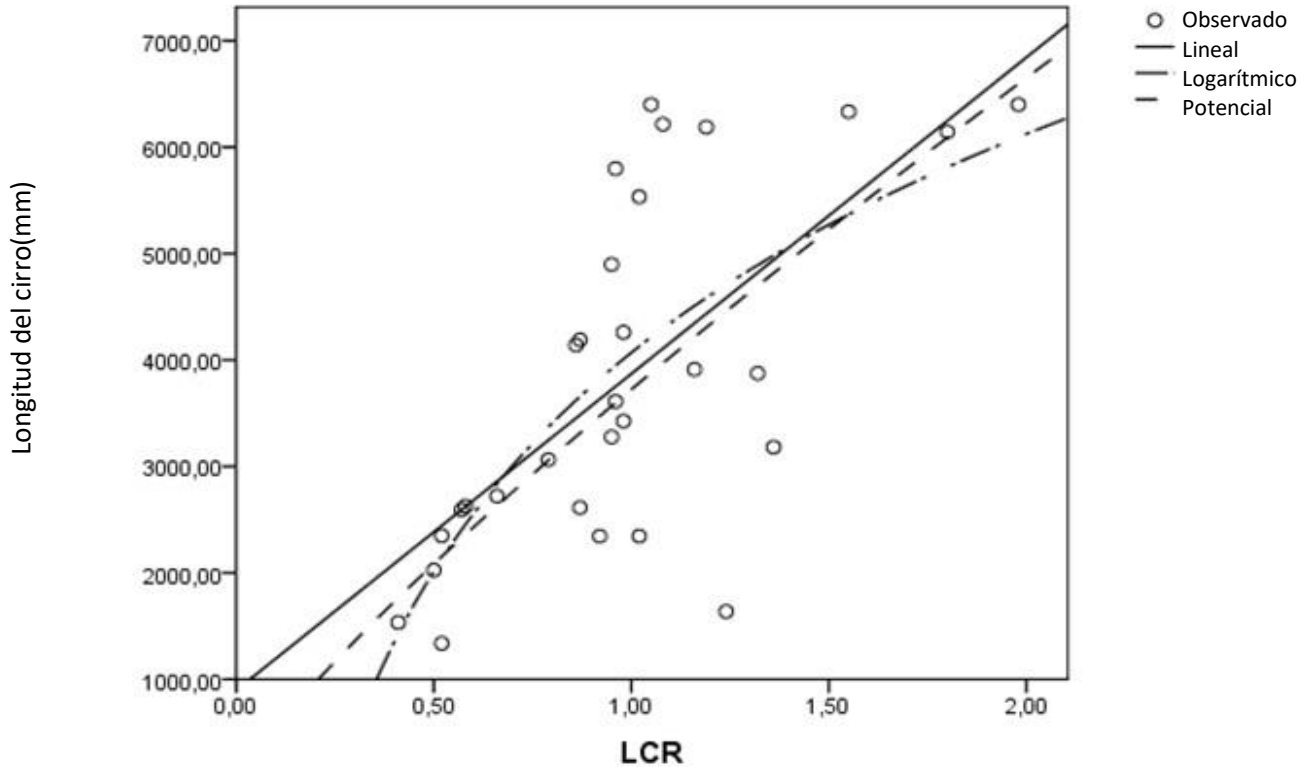


Figura 50: Relación entre el largo carino-rostral (LCR)(cm) y la longitud del cirro 4 (mm) en ejemplares de *Austromegabalanus psittacus*.

La relación entre la longitud del cirro 4 y la talla es significativa ($R^2: 0,47$, $F: 25,67$, $p < 0,01$), y la ecuación que relaciona ambas variables es:

$$\underline{\ln(L_{\text{cirro4}}) = 8,222 + 0,837 \times \ln(LCR)}$$

Donde: $\ln(L_{\text{cirro4}})$ es el logaritmo natural de la longitud del cirro 4 y LCR es el largo carino-rostral.

Variación del número de artejos de los cirros manipuladores y captadores de partículas en relación a la talla

Se encontró que para los cirros 2 y 3 (manipuladores), alrededor del 50% de la variabilidad encontrada en el número de artejos es explicada por la talla (LCR). Para el primer cirro manipulador esta relación fue menor (Tabla 13, Fig. 50).

La relación entre la talla y el número de artejos fue más débil para los cirros captadores de partículas (4, 5 y 6). Entre el 20% y el 30% de la variabilidad encontrada en el número de artejos es explicada por la talla, con los valores más bajos de asociación para el cirro VI (Tabla 14, Fig. 51).

Tabla 13: Relaciones entre el número de artejos de los cirros y tallas (LCR) en cirros manipuladores (1, 2 y 3) en ejemplares de *A. psittacus* (análisis de regresión simple).

| | Lineal | Potencial | Logarítmica |
|----------------|--|---|--|
| Cirro 1 | R ² :0,35 F: 16,43 p<0,01 | R ² :0,37 F:17,97 p<0,01 | R ² :0,36 F:17,185 p<0,01 |
| Cirro 2 | R ² :0,52 F: 31,477 p<0,01 | R ² : 0,55 F:41,249 p<0,01 | R ² :0,52 F:35,974 p<0,01 |
| Cirro 3 | R ² :0,58 F:43,976 p<0,01 | R ² :0,53: F: 37,160 p<0,01 | R ² :0,55 F: 36,626 p<0,01 |

Tabla 14: Relaciones entre el número de artejos de los cirros y tallas (LCR) en cirros captadores de partículas (4, 5 y 6) en ejemplares de *A. psittacus* (análisis de regresión simple).

| | Lineal | Potencial | Logarítmica |
|----------------|---|---|---|
| Cirro 4 | R ² :0,28 F:11,854p<0,01 | R ² :0,31 F:13,480 p<0,01 | R ² :0,28 F:11,673 p<0,01 |
| Cirro 5 | R ² :0,30 F:15,615 p<0,01 | R ² :0,30 F:16,378 p<0,01 | R ² :0,31 F:15,176 p<0,01 |
| Cirro 6 | R ² :0,25 F:11,603 p<0,01 | R ² :0,22 F:9,720 p<0,01 | R ² :0,23 F:10,655 p<0,01 |

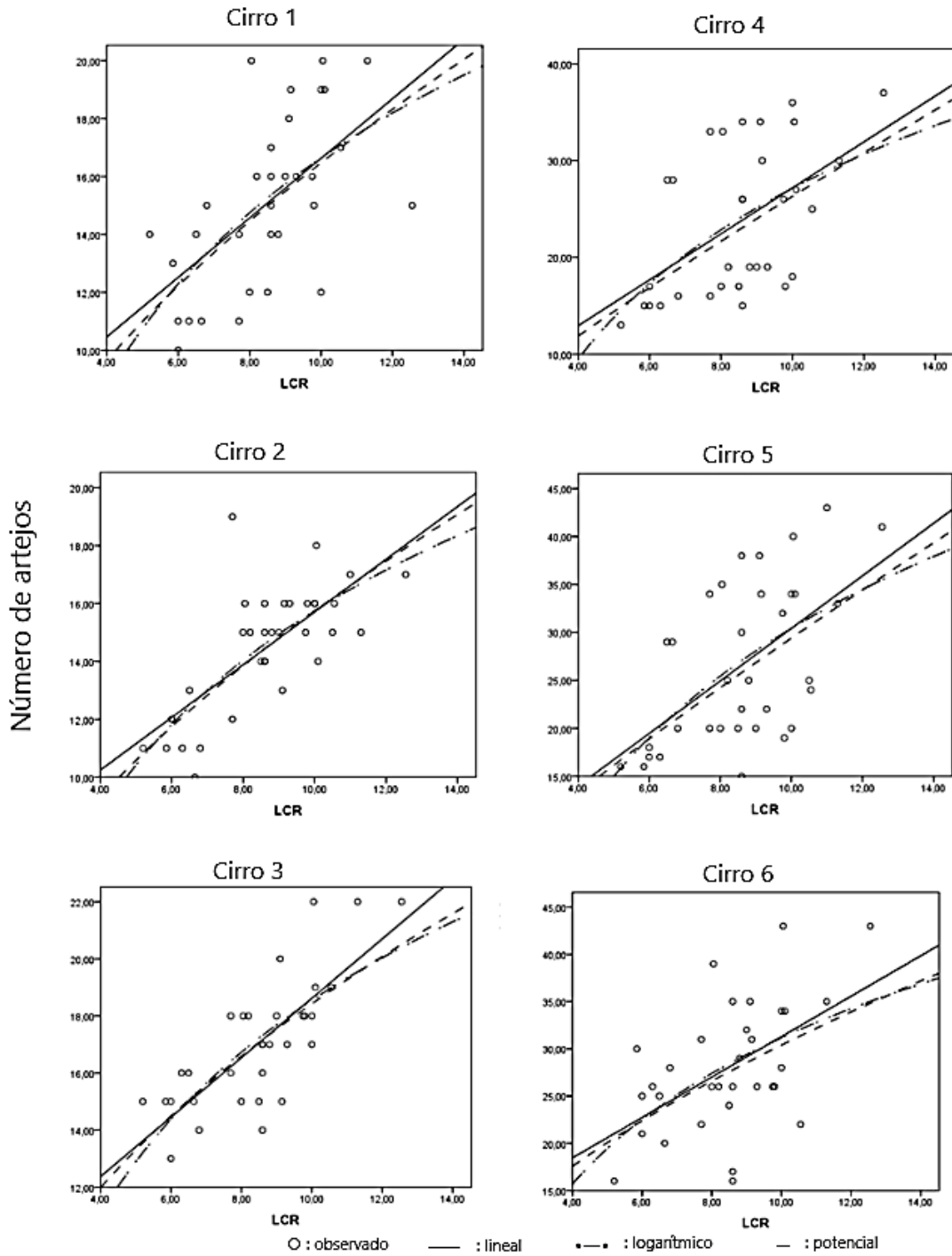


Figura 51: Regresiones lineal, potencial y logarítmica entre el número de artejos de los cirros manipuladores y captadores de *A. psittacus*, con relación a la talla (largo carino-rostral: LCR en cm).

Variación de la longitud de los cirros manipuladores y captadores de partículas en relación a la altura carinal.

Para los cirros captadores (cirro 4) alrededor del 40% de la variabilidad encontrada en la longitud se relacionó a la altura carinal. La relación entre los cirros manipuladores (cirro 1) y la altura carinal, no fue significativa (Tabla 15).

Tabla 15: Relaciones entre la longitud de los cirros manipuladores (cirro 1) y captadores de partículas (cirro 4) con relación a la altura carinal, de *A. psittacus* (análisis de regresión simple).

| | Lineal | Potencial | Logarítmica |
|----------------|--|---|--|
| Cirro 1 | R ² :0,2 F:8,405 p<0,01 | R ² 0,73: F:3,2 p>0,05 | R ² :0,08 F:3,27 p>0,05 |
| Cirro 4 | R ² :0,42 F:22,35 p<0,01 | R ² :0,46: F:24,65 p<0,01 | R ² :0,44 F:24,65 p<0,01 |

Variación del número de artejos en cirros manipuladores y captadores de partículas en relación a la altura carinal

El número de artejos en los cirros manipuladores se relacionó más débilmente con la AC que los cirros captadores. Alrededor del 30% de la variabilidad encontrada en el número de artejos por cirro manipulador se relacionó con la altura carinal (Tabla 16).

Para los cirros captadores (cirros 4 y 5), alrededor del 65% de la variabilidad encontrada en el número de artejos está explicada por la variación en la altura carinal. Esta relación es menor para el último par (cirro 6) (Tabla 17).

Tabla 16: Relaciones entre el número de artejos de los cirros manipuladores (1, 2 y 3) y la altura carinal en *A. psittacus* (análisis de regresión simple).

| | Lineal | Potencial | Logarítmica |
|----------------|---|---|--|
| Cirro 1 | R ² :0,41 F:23,228p<0,01 | R ² : 0,37F:19,42 p<0,01 | R ² :0,38 F:20,74 p<0,01 |
| Cirro 2 | R ² :0,22 F:10,402 p<0,01 | R ² :0,21 F:10,103 p<0,01 | R ² : 0,21F:9,97 p<0,01 |
| Cirro 3 | R ² :0,37F:19,740 p<0,01 | R ² :0,32: F15,99: p<0,01 | R ² 0,35: F:18,34 p<0,01 |

Tabla 17: Relaciones entre el número de artejos de los cirros captadores (4, 5 y 6) y la altura carinal en *A. psittacus* (análisis de regresión simple).

| | Lineal | Potencial | Logarítmica |
|----------------|--|--|--|
| Cirro 4 | R ² :0,67 F:65,97 p<0,01 | R ² :0,69 F:72,68 p<0,01 | R ² :0,67 F:64,71 p<0,01 |
| Cirro 5 | R ² :0,66 F:65.61 p<0,01 | R ² :0,66 F:65,61 p<0,01 | R ² :0,64 F:60,67 p<0,05 |
| Cirro 6 | R ² :0,19 F:8,74 p<0,01 | R ² :0,12 F:5,42 p<0,05 | R ² :0,12 F:5,42 p<0,05 |

Alimentación natural

Más de un 80% de los ejemplares analizados evidenciaron contenidos en el tubo digestivo. Las frecuencias de ocurrencia (FO) de los ítems más representados fueron: diatomeas céntricas (93,54%), diatomeas pennadas (54,83%), espículas de porífero (45,16%), cianofitas del Orden Chroococcales (32,25%), cianofitas filamentosas (22,58%), larvas nauplii (22,58%), nemátodos (19,35%), dinoflagelados (12,9%), tardígrados (6,45%); anfípodos y quinorrincos tuvieron frecuencias menores al 5% (Tabla 19 y 21). Otros grupos como poliquetos y foraminíferos tuvieron frecuencias menores al 0,5% (Fig. 54).

Las microalgas planctónicas tuvieron las mayores frecuencias de ocurrencia en la dieta de *A. psittacus* (Fig. 52). De los cuatro grandes taxa de microalgas encontrados pudieron identificarse al menos 16 géneros (Tabla 19, Fig. 53). Las algas típicamente planctónicas fueron más abundantes que aquellas asociadas al bentos ($\chi^2= 26,3$; gl = 1; $p<0,001$) (Tabla 18).

Tabla 18: Frecuencias numéricas (FN) y de ocurrencia (FO) de los ítems presa presentes en los contenidos estomacales de *Austromegabalanus psittacus*.

| Ítems presa | F.O. (%) | F.N. (%) |
|--|--------------|--------------|
| Diatomeas céntricas | 93,54 | 30,28 |
| Diatomeas pennadas | 54,83 | 16,6 |
| Espículas de porífero | 45,16 | 9,39 |
| Cianofitas Chroococcales | 32,25 | 36,25 |
| Cianofitas filamentosas | 22,58 | 1,1 |
| Larvas nauplio | 22,58 | 2,1 |
| Nemátodos | 19,35 | 2,24 |
| Dinoflagelados | 12,9 | 0,7 |
| Tardígrados, anfípodos y quinorrincos | 6,45 | 0,78 |

En azul se señalan las algas típicamente planctónicas y en rojo las bentónicas.

Tabla 19: Géneros y especies de los cuatro grupos de microalgas encontrados en el contenido estomacal de ejemplares de *Austromegabalanus psittacus*.

| | | | |
|----------------------|------------------------------|------------------------|--|
| Cyanobacteria | | Chroococcales | <i>Xenococcus sp.</i> <i>Croococcus turgidus</i> <i>Gloeocapsosis sp.</i> |
| | Oscillatoriophyceidae | Oscillatoriales | <i>Spirulina sp.</i> <i>Leptolyngbya sp.</i> <i>Oscillatoria sp.</i> |
| | Nostocophycideae | Nostocales | <i>Sin especificar</i> |
| Ochrophyta | Diatomeae | Pennatales | <i>Cocconeis sp.</i> <i>Odontella sp.</i> <i>Pleurosigma sp.</i> <i>Licmophora sp.</i> <i>Phaeodactylum tricornutum.</i> |
| | | Rhabdonematales | <i>Rhabdonema sp.</i> |
| | | Striatellales | <i>Grammatophora sp.</i> |
| | | Centrales | <i>Sin especificar</i> |
| Myzozoa | Dinoflagellata | Prorocentrales | <i>Prorocentrum sp.</i> <i>Dinophysis sp.</i> |

El componente algal ($8,75 \pm 28,75\%$) (Fig.49) fue significativamente mayor que el componente animal ($2,15 \pm 8,5\%$) ($t = 2,26$; $gl=198$; $p<0,01$) (Tabla 19 y 20) (Figs. 52 y 53).

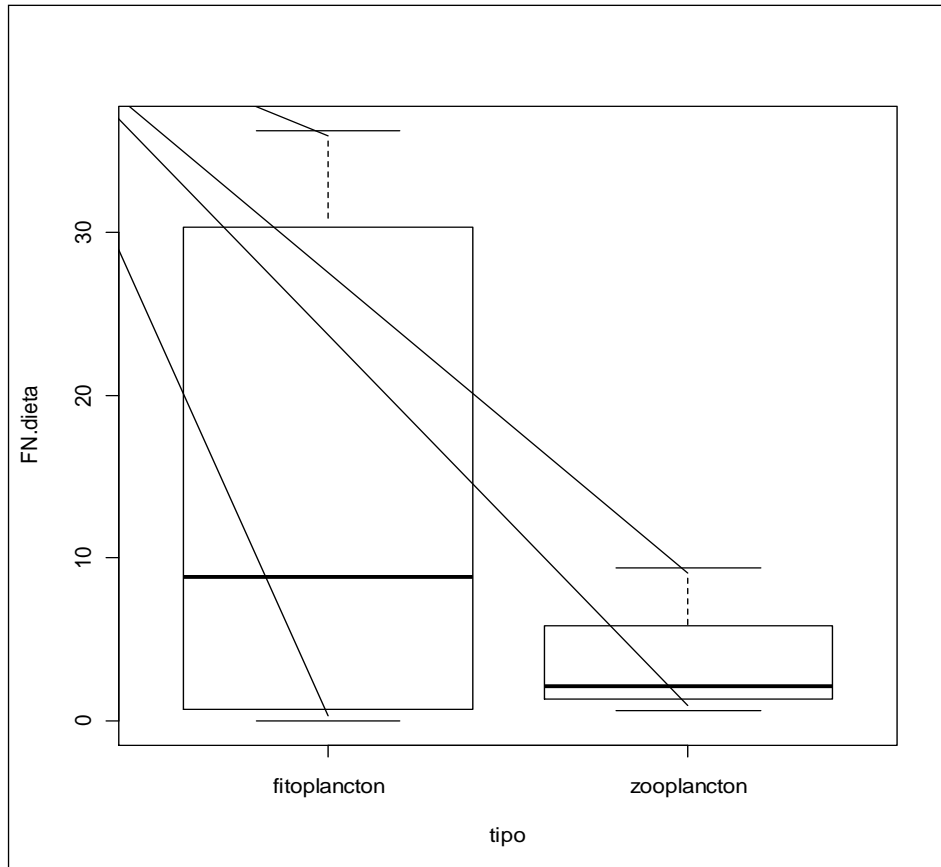


Figura 52: Frecuencias numéricas promedio de fitoplancton y zooplancton en el contenido estomacal de *Austromegabalanus psittacus* en pozas de marea del golfo San Jorge (Las líneas gruesas dentro de cada caja representan la mediana. Las líneas punteadas verticales representan el máximo y el mínimo valor).

Relación entre la alimentación natural y la oferta ambiental

El 82% de los taxa encontrados en el agua de mar se registraron también en los contenidos estomacales de los individuos. Sin embargo, las frecuencias de

los distintos ítems en la dieta y en la oferta ambiental fueron estadísticamente diferentes ($\chi^2 = 1136,31$; $gl=8$; $p < 0,0001$) (Tabla 20).

Tabla 20: Oferta ambiental (frecuencia numérica) en pozas de marea y en colectores artificiales de *A. psittacus*.

| | FN (%) | FN (%) |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| | Pozas de Marea | Colectores artificiales |
| Cianofitas filamentosas | 34,01 | 1,1 |
| Espícula de poríferos | 21 | 9,39 |
| Diatomeas céntricas. | 10,24 | 30,28 |
| Diatomeas pennadas | 9,83 | 16,6 |
| Crustáceos(*) | 6,94 | 0,61 |
| Dinoflagelados | 4,91 | 0,7 |
| Cianofit. chroococales | 3,27 | 36,25 |
| Foraminíferos | 1,63 | 0 |
| Larvas nauplii | 1,22 | 2,1 |
| Nemátodos | 1,22 | 2,24 |
| Rodofitas | 0,409 | 0 |

(*) Crustáceos: isópodos, anfípodos y copépodos



Figura 53: Microalgas del contenido estomacal de *A. psittacus*. 1: *Odontella sp.* 2: *Prorocentrum sp.* 3: *Diatomea céntrica*. 4: *Licmophora sp.* 5: *Cianofita nostocal*. 6: *Grammatophora sp.* A: 400X

Tabla 21: Principales taxa de invertebrados presentes en los contenidos estomacales de *A. psittacus*.

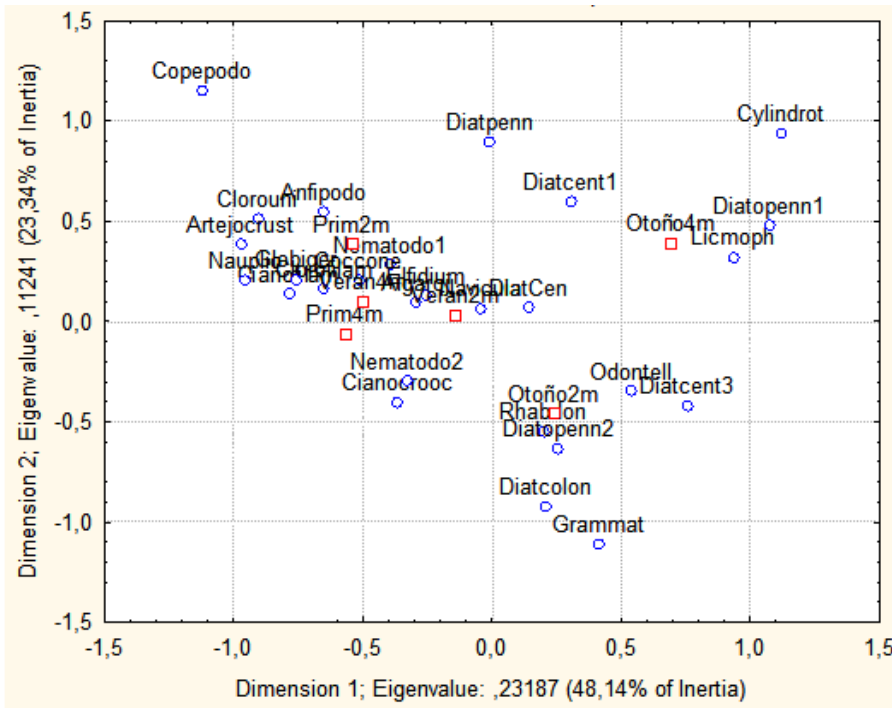
| | | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|
| Foraminifera | Rotaliida | Elphidiidae | <i>Elphidium sp</i> |
| | | Boliviniidae | <i>Bolivina sp</i> |
| Nematoda | Secernentea | Rhabditidae | <i>Rhabditis marina</i> |
| | Adenophorea | Chromadoridae | <i>Graphonema amokurae</i> |
| Tardigrada | | | <i>Sin especificar</i> |
| Kinorrincha | | | <i>Sin especificar</i> |
| Annelida | Polychaeta | | <i>Sin especificar</i> |
| Arthropoda | | | |
| Crustacea | Copepoda | | <i>Sin especificar</i> |
| | Malacostraca | Amphipoda | <i>Sin especificar</i> |
| | | Isopoda | <i>Sin especificar</i> |

Más del 90% de los ítems encontrados en los sustratos artificiales, formaron parte del contenido estomacal de los ejemplares. Al igual que en las pozas de mareas, las frecuencias de estos ítems en los contenidos estomacales y en la oferta ambiental fueron estadísticamente diferentes ($X^2=267,7$; $gl=10$; $p<0,01$) (Tabla 20).



Figura 54: Microfauna del contenido estomacal de *Austromegabalanus psitaccus*. 1: *Elphidium sp* (30X) 2: *Rhabditis marina*.3: *Bolivina sp*. 4: *Graphonema amokurae* .5: larva nauplio (A: 400X). 6: Anfípodo. (A: 100X).

El análisis multivariado de correspondencia, de la abundancia de especies y la distribución temporal y espacial permitió observar que la oferta ambiental en los colectores varió estacional y batimétricamente. Las diatomeas pennadas estuvieron presentes en ambas profundidades, asociadas al otoño, algunas especies más cercanas a los 2 metros y otras a los 4 metros de profundidad. Las muestras de primavera y verano aparecieron cercanas y se asociaron a ellas, la microfauna, las cianofitas y clorofitas (Fig. 55).



Especies presentes: Navícula. Licmophora. Odontella. Nematodo 1: Graphonema amokurae. Diatomea céntrica s/e. Rhabdonema. Grammatophora. DiatCent1: Diatomea céntrica 1 s/e. Diatpen: Diatomea pennada 1s/e. Cocconeis. Clorofilamentosa: Clorofita filamentosa s/e. Cylindroteca. Cianocrooc: cianofita croococal s/e. Cianofilamentosa: Cianofita filamentosa s/e. Diatopenn1: Diatomea pennada 1 s/e. Elphydium. Diatcolon: Diatomea colonial s/e. Diatopenn2: Diatomea pennada 2 s/e. Nematodo2: Rhabditis marina. Globigerina. Larva nauplio. Clorofita unicelular s/e. Artejo crust: crustáceo s/e. Anfípodo s/e. Alga roja s/e. Copépodo s/e. s/e: sin especificar.

Figura 55: Microinvertebrados y microalgas en paneles artificiales suspendidos estacionalmente en la zona submareal de la playa de KM3, a 2 y 4 metros de profundidad. Diagrama bidimensional de Filas y Columnas 27 X 6 Filas (en círculo): especies. Columnas (en cuadrados): estación del año y profundidad. Referencias: Prim2m y Prim4m: Primavera 2 y 4 metros de profundidad, respectivamente. Otoño2m y Otoño4m: Otoño a 2 y 4 metros de profundidad respectivamente. Verano2m y Verano4m: Verano a 2 y 4 metros de profundidad respectivamente. Estandarización: perfiles de filas y columnas. Eigenvalues: autovalores. Inertia: Inercia (varianza explicada en cada dimensión).

Relación entre la frecuencia y el tamaño de los ítems presa del contenido gástrico

Los ítems presa más representados en los contenidos estomacales de *Austromegabalanus psittacus* fueron los de menor tamaño, correspondiendo a las cianofitas planctónicas y a las diatomeas tanto céntricas como pennadas (Fig. 56).

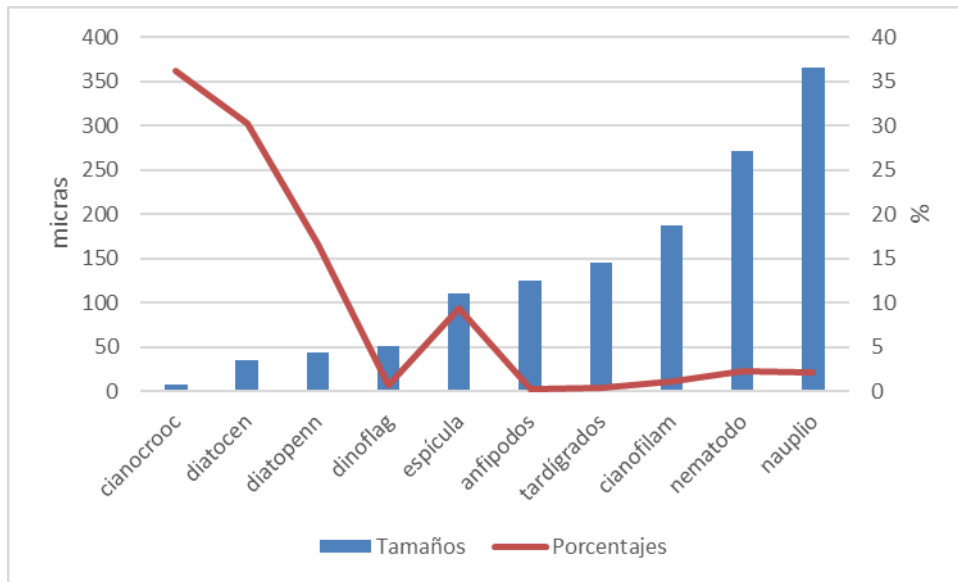


Figura 56: Relación entre el tamaño y la frecuencia numérica de los ítems presa presentes en el contenido estomacal de *Austromegabalanus psittacus*. Cianocrooc: cianofitas croococales; diatocen: diatomeas céntricas; diatopenn: diatomeas pennadas; dinoflag: dinoflagelados; espic: espículas; cianofilam: cianofitas filamentosas.

Discusión:

El sistema de alimentación de *A. psittacus* presentó la estructura típica de los balanomorfos en cuanto a las piezas bucales, la morfología y anatomía básica (Anderson, 1993). La anatomía de los cirros presentó variaciones asociadas al tamaño y esto fue más notorio en el caso de los cirros manipuladores. Sin embargo, las variaciones del aparato cirral debido a las condiciones ambientales deben ser tenidas en cuenta, ya que los balanomorfos presentan plasticidad

fenotípica estudiada para diferentes estructuras anatómicas (Arsenault *et al.*, 2001; Neufeld & Rankine, 2012; Murua *et al.*, 2014).

De los parámetros morfométricos utilizados para caracterizar a los ejemplares, el largo carino-rostral (LCR), es un carácter densoindependiente, por tanto, el más apropiado para relacionar talla y edad (López D., 1976; Cancino, 1998; Hernández, 1999), mientras que la altura carinal (AC) depende de la densidad de individuos y en condiciones de agrupamiento genera, junto al conjunto de las placas murales, conchillas de aspecto tubular o de cono invertido (López D. *et al.*, 2007). Si bien tanto los cirros captadores como manipuladores mostraron cambios de tamaño asociados a la talla de los individuos, es decir al LCR, los resultados de este trabajo indican que buena parte de la variación encontrada sobre los caracteres morfométricos y merísticos de los cirros pueden deberse a la plasticidad fenotípica de estos, asociada a condiciones ambientales tales como el grado de agrupamiento o "crowding", ya que se encontraron variaciones de los cirros asociados a la altura carinal. Los resultados parecen mostrar que son los cirros captadores los que responden más sensiblemente a las variaciones en la altura carinal, esto es, al grado de agrupamiento entre individuos, mientras que los cirros manipuladores parecerían ser de estructura más "conservada" y su variación más asociada al crecimiento de los ejemplares. En animales de cultivo, el efecto del "crowding" sobre la anatomía de los cirros deberá ser evaluado en función de la selectividad de la dieta y la eficiencia alimentaria de los ejemplares. La exposición al oleaje, temperatura, luz, entre otros, son factores que también se deberán tener en cuenta al evaluar la eficiencia en la alimentación en condiciones de cultivo (Crisp & Barnes, 1954; Crisp & Ritz, 1973).

Marchinko & Palmer (2003) evaluaron la alimentación en flujos extremos y la dependencia de la forma de los cirros a diferentes niveles de exposición en cuatro especies del intermareal: *Balanus glandula*, *Chthamalus dalli*, *Semibalanus cariosus* y *Pollicipes polymerus*, midiendo cuatro variables en el cirro: longitud, diámetro, longitud de la seta y espacio intersetal. Según estos autores, las diferencias de forma entre los cirros de organismos de áreas

expuestas y protegidas probablemente reflejan un compromiso entre la eficacia de la alimentación y la integridad estructural. López B. *et al.* (2010), por su parte trabajaron sobre las diferencias interespecíficas en la plasticidad fenotípica como respuesta al cambio de hábitat en dos especies de la zona intermareal: *Jehlius cirratus* y *Notobalanus scabrosus*. Observaron individuos solitarios y agrupados de costas expuestas y protegidas, evaluaron la variación morfológica de los cirros (largo, diámetro y número de artejos) y concluyeron que la densidad afecta la morfometría del sexto par de cirros. Los individuos que viven en forma agrupada presentaron cirros más largos y con mayor número de artejos que los solitarios. No ocurrió lo mismo con el tercer par de cirros. Los autores plantean que los individuos de áreas protegidas tienen cirros más finos y largos que los de zonas expuestas lo cual otorga mayor eficacia en la alimentación.

No existen antecedentes de que las condiciones ambientales generen cambios en la selectividad de la dieta, sino más bien modificaciones en su eficiencia (Marchinko, 2007). Sin embargo, Nishizaki & Carrington (2014) plantearon que en condiciones ambientales diferentes, como flujos altos y temperaturas bajas, versus flujos bajos y temperaturas elevadas, el comportamiento en la actividad cirral varía, verificándose diferencias en la transferencia de masa y en la reacción cinética de los organismos. Estos dos parámetros relacionados con el transporte de material disuelto desde la columna de agua a la superficie del organismo, el uno, y con la habilidad de asimilar este material a través de la pared del cuerpo, el otro, afectan dos procesos esenciales: la respiración y la calcificación. Ambas relacionadas con la eficiencia en la alimentación y con el crecimiento, y por lo tanto, tenidas en cuenta en condiciones de cultivo.

Si bien se ha descrito que los cirripedios balanomorfo tienen selectividad en el consumo de alimento (Riisgård & Larsen, 2010) en la dieta natural del picoroco se verifica un amplio rango de tamaños entre los distintos ítems; las diferencias observadas son de órdenes de magnitud. Lo anterior sugiere que la selectividad es limitada, a pesar de que se generan cambios estructurales en los cirros (López B. *et al.*, 2007).

El picoroco es una especie oportunista debido a que consume una amplia diversidad de organismos presentes en el ambiente, pero con algún grado de selectividad, ya que se verificaron diferencias estadísticas entre las frecuencias de los contenidos del tubo digestivo y la oferta ambiental. Es también una especie omnívora pero preferentemente herbívora, dado que en este estudio se determinó una mayor proporción de contenido algal que animal en la dieta.

Las altas frecuencias numéricas de diatomeas céntricas y cianofitas chroococales en los contenidos del tubo digestivo indican una alimentación planctófaga. Comparativamente, las especies de diatomeas pennadas y cianofitas filamentosas asociadas al bentos se presentaron en una menor proporción. Sin embargo, la fracción animal está constituida principalmente por meiofauna de origen bentónico que persiste por poco tiempo como meroplancton en la columna de agua, como nematodos y anfípodos, y por meroplancton relacionado a eventos reproductivos locales, principalmente larvas nauplii. Esto se explica por la condición sésil de la especie, así como por las perturbaciones locales que aumentan la cantidad de este tipo de flora y microfauna en el agua.

Los resultados de este trabajo mostraron que alrededor del 80 % de la oferta ambiental tanto bentónica como plantónica formó parte del contenido estomacal del picoroco. Esto deberá ser tenido en cuenta en condiciones de cultivo, ya que otras especies comerciales como *Pollicipes pollicipes* dependen de la exposición al oleaje y la disponibilidad de alimento que esto genera por disturbios del sustrato, para su alimentación, siendo un recurso abundante en las regiones expuestas y escaso o limitado en las zonas costeras protegidas (Borja *et al*, 2006). Algo similar ocurre con *Pollicipes polymerus* cuya distribución en las rocas está relacionada con la orientación de las olas, que modula el tiempo de alimentación, por los mismos motivos (Barnes, 1996; Lauzier, 1999). En áreas donde hay una escorrentía distinta, después de la ruptura de la ola, la orientación dominante de los animales es la posición donde la cara anterior del capítulo se enfrenta al agua de escorrentía de las olas en retirada, permitiendo la alimentación (Barnes & Reese, 1960). Por lo que la disponibilidad de alimento

de origen bentónico en condiciones de cultivo, y los factores físicos que promuevan esa disponibilidad deberán ser estudiadas para *A. psittacus*.

El conocimiento sobre el tipo de dieta consumida puede tener otros efectos prácticos. Aunque no existen reportes de intoxicaciones humanas por consumo de *A. psittacus* u otros crustáceos, los dinoflagelados encontrados como alimento son causantes de floraciones algales nocivas. De los dos géneros encontrados, existen antecedentes de toxicidad, ya que *Dinophysis* sp. ha sido asociada con la presencia de toxinas diarreicas en moluscos y a intoxicaciones humanas en el litoral argentino (Sar *et al.*, 2010) y una especie de *Prorocentrum* se vinculó a episodios de intoxicación diarreica por consumo de moluscos en el Golfo Nuevo, Chubut, Argentina (Gayoso & Ciocco, 2001; Gayoso *et al.*, 2002). Contar con información sobre el tipo de dieta de esta especie podría ser favorable para eventuales cultivos intensivos, en los que los estanques deberían ser sistemas con moderada concentración de nutrientes, y predominio de diatomeas. Estos tipos de sistemas mesotróficos son deseables, por ser estables, y no necesitar el uso de fertilizantes comerciales caros (Romero López, 2011).

Las especies zooplanctónicas que se utilicen como alimento, deberían ser aquellas menos móviles disponibles en el mercado y estar en proporciones no superiores al 20% del plancton total. En mar abierto, deberían monitorearse las floraciones de microalgas que pudieran transferir toxinas al zooplancton alimento y sus posibles consecuencias sobre ejemplares en cultivo.

Proyección de los aspectos biológicos de *Austromegabalanus psittacus* al cultivo

Introducción:

Los capítulos anteriores aportan conocimientos biológicos básicos de la especie que permiten preguntarse: ¿Cómo efectuar el escalamiento de este conocimiento para poder desarrollar actividades de Acuicultura? Las principales razones para lograrlo son las siguientes: 1) es una especie nativa y su distribución geográfica incluye el sur de Argentina, en particular el golfo San Jorge; 2) se dispone de conocimientos obtenidos en esta área geográfica respecto de: reproducción, alimentación natural, crecimiento inicial, procesos críticos del ciclo de vida como el reclutamiento (paso de vida planctónica móvil a bentónica sésil), presencia en distintos tipos de hábitat, relación partes blandas/peso total, aspectos anatómicos potencialmente importantes en actividades de cultivo; 3) existen antecedentes de cultivos experimentales en el sur de la costa chilena en el Océano Pacífico (latitud 41°- 42°S) que proveen información sobre tecnologías de captación y crecimiento que pueden ser aplicadas en el Océano Atlántico, sur de Argentina (45°- 46°S); 4) se dispone de antecedentes de mercados potenciales y de uso de varias especies de balanomorfos como recursos a nivel internacional; 5) el eventual cultivo de esta especie puede constituir un aporte al desarrollo de la región.

En función de estos antecedentes se desarrolla una propuesta de cultivo con proyecciones económicas, aprovechando experiencias internacionales, pero con base científica y técnica locales.

Objetivos:

- Discutir la aplicación de los conocimientos biológicos que permitan desarrollar la acuicultura del picoroco en el golfo San Jorge.
- Establecer las condiciones económicas para proyectar un eventual cultivo.
- Proponer el tipo y las tecnologías de cultivo del picoroco en el área central del golfo San Jorge.

Metodología:

Se utilizaron los resultados biológicos obtenidos en los capítulos 1, 2 y 3 de este trabajo, además de un análisis exhaustivo de la bibliografía especializada sobre aspectos biológicos y tecnológicos del picoroco y de otras especies de cirripedios balanomorfos a nivel internacional.

En función de los datos bio-ecológicos obtenidos en el área central del golfo San Jorge y de experiencia internacional existente en balanomorfos, se determinó: a) tipo de cultivo y sus fases; b) ajuste de tecnologías disponibles al ciclo de vida en el golfo San Jorge; c) determinación de talla de cosecha (comercial); d) diseño de sistemas y fases de cultivo; e) comparación con experiencias internacionales.

Resultados:

Tipo y condiciones de cultivo

El tipo de cultivo propuesto para *A. psittacus* es un sistema semiintensivo que aprovecha el ciclo de vida de la especie (Fig. 57).

En este tipo de cultivo, la captación de larvas se obtiene desde el ambiente natural, y se utilizan colectores artificiales para lograr la captación de semilla y el crecimiento de los ejemplares. Sin embargo, se monitorean sólo algunas de las variables que intervienen en los procesos críticos para el éxito del cultivo, tales como el reclutamiento, la mortalidad y el crecimiento. Existen por lo tanto eventos estocásticos, particularmente la provisión de juveniles, así como las condiciones ambientales que influyen en el crecimiento.

Este tipo de cultivo requiere de conocimientos detallados del ciclo de vida de los organismos, así como monitorear y hacer eficiente la captación de semilla, lo cual se logra a través de la sincronía entre la oferta de sustratos artificiales y los períodos de mayor abundancia de larvas competentes en el ambiente.

Según los resultados obtenidos, se sabe que las poblaciones naturales de esta especie presentaron un bajo número de individuos incubando durante todo el año, excepto durante los meses de mayo a julio, cuando no se observaron individuos incubando. En el verano (durante enero y febrero) una buena parte de los individuos están maduros, produciendo la eclosión masiva de las nauplii. La etapa crítica de captación de semilla para cultivo estaría entonces delimitada temporalmente a determinados meses de año.

Los costos de los colectores artificiales ofrecidos para el asentamiento larval son moderadamente bajos pero los costos operacionales de mantenimiento son importantes. La alimentación que utilizan los animales cultivados es natural; es decir, la existente en la columna de agua que generalmente es abundante, aunque no puede ser controlada.

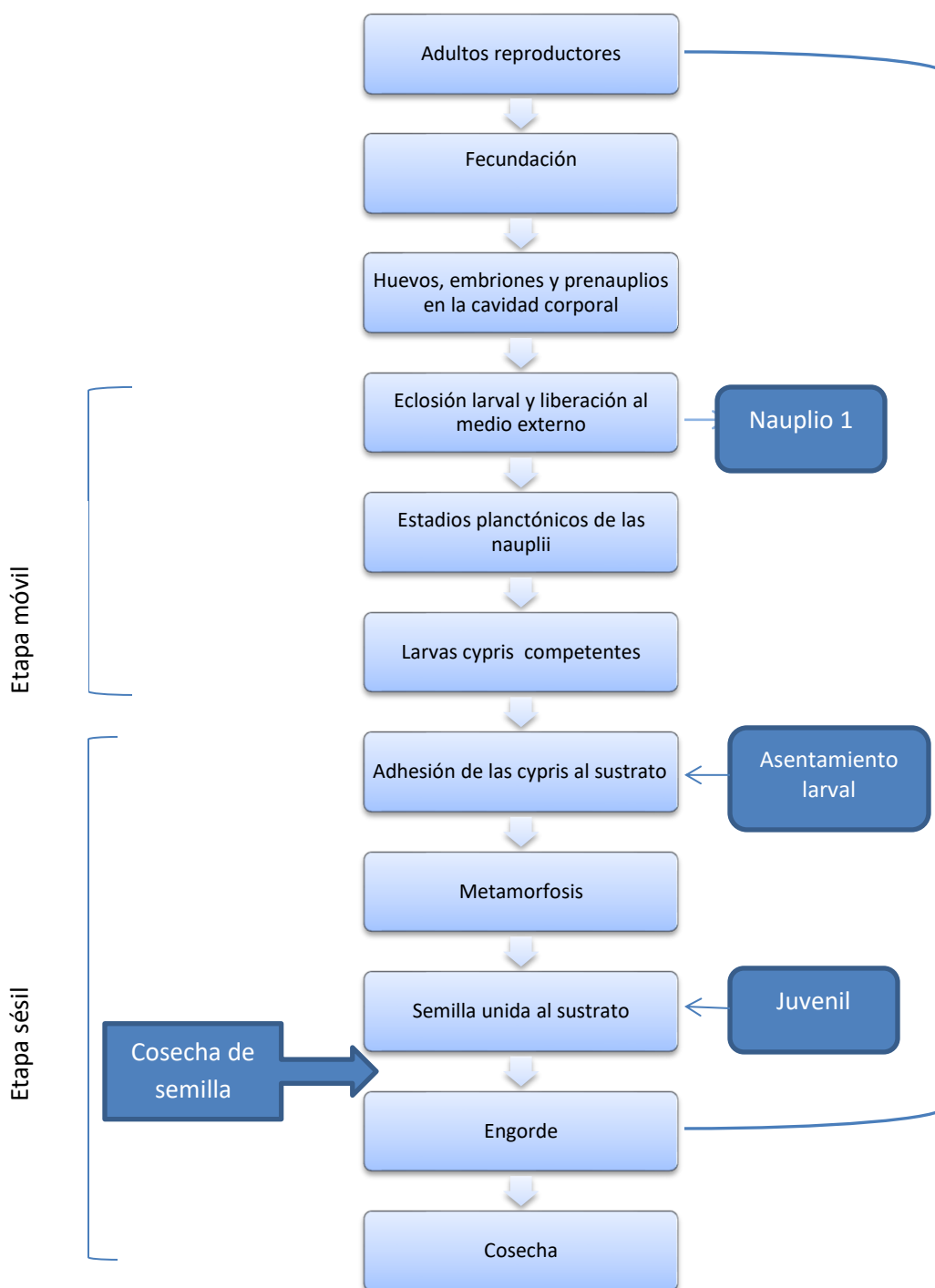


Figura 57: Ciclo de vida de *Austromegabalanus psittacus*, aplicado a su eventual cultivo en el área central del golfo San Jorge.

En el sistema propuesto, las densidades de captación de semilla y posterior engorde y cosecha son más elevadas que las de los sistemas extensivos porque se encuentran minimizadas las pérdidas de reclutas y debieran conocerse la eficiencia de los colectores de semilla, así como el período de crecimiento de la especie.

Además, sería posible efectuar manejo de sustratos y algún control de competidores y depredadores. Considerando que el crecimiento y engorde de la especie, puede realizarse en los mismos colectores de semilla, el cultivo semiintensivo de *A. psittacus* en la Patagonia constaría de los siguientes pasos:

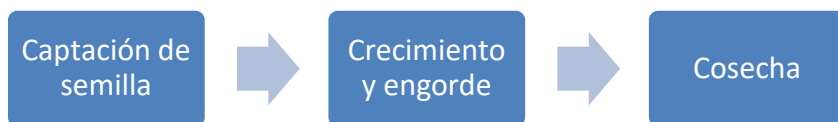


Figura 58: Etapas y procesos en el cultivo semiintensivo de *A. psittacus* en el área central del golfo San Jorge.

Captación de semilla

Reconocimiento de la semilla por parte del maricultor: Por tratarse de un recurso nuevo es indispensable poder diferenciar rápidamente la semilla de la especie, de las otras especies de cirripedios balanomorfos, tanto en el ambiente natural como en condiciones de cultivo.

La semilla del picoroco presenta prontamente los característicos picos de loro (espina tergal) en las placas tergaes del opérculo, con lo que es fácilmente distinguible de otras especies de balanomorfos, además de tener una menor relación ancho opercular y altura de las placas murales.

En el área central del golfo San Jorge, las especies que pueden fijarse a los sustratos ofrecidos para la obtención de semilla junto al picoroco, son: *Balanus*

laevis y *Balanus glandula*; esta última especie es un invasor presente en las zonas intermareal y submareal somero. *B. laevis* en cambio, recluta en la zona submareal. En cultivo, la competencia por el espacio en los colectores con estas especies podría ocasionar menores densidades de captación de semilla.

El reconocimiento de estas especies competidoras permite el mantenimiento eficiente de los colectores de semilla. Ambas especies son de menor tamaño que el picoroco, pero pueden confundirse con su semilla si no se tiene el adiestramiento necesario para su identificación (Fig. 59).

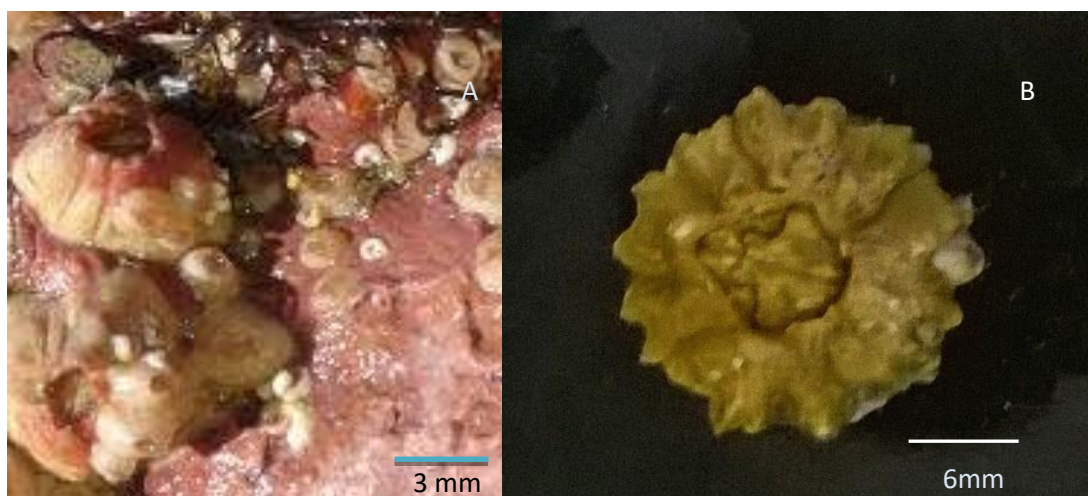


Figura 59: A: juveniles de *Balanus laevis*. B: adulto de *Balanus glandula*.

Sitios y procesos de captación de semilla

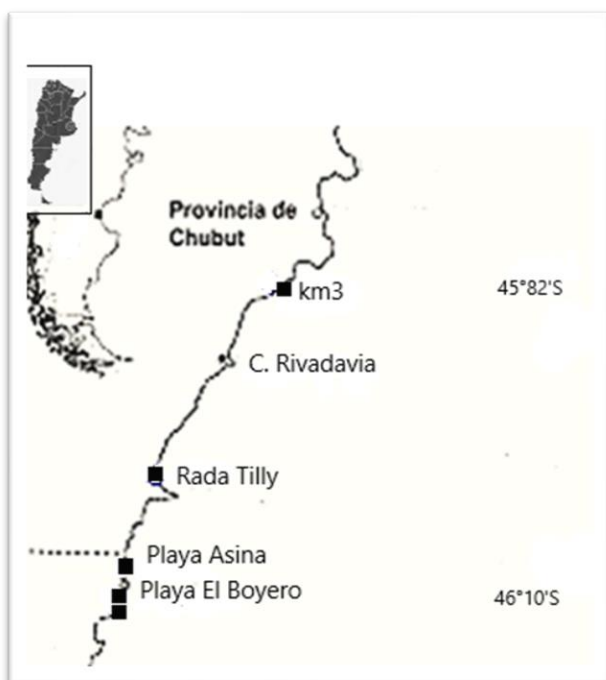
La cantidad de semilla que se pueda obtener dependerá de la cantidad de larvas competentes disponibles en la columna de agua y de la eficiencia de los colectores (superficies artificiales donde se produce el asentamiento larval). La oferta de larvas depende a su vez, de procesos reproductivos de las poblaciones naturales que actúen como banco de semilla y de los procesos oceanográficos que permiten el transporte de las larvas.

En el cultivo semiintensivo propuesto para la especie, la semilla se obtiene colocando los colectores, sustratos artificiales sumergidos, en los lugares y

momentos adecuados (Fig. 64). El asentamiento de las larvas competentes (cypris) presentes en la columna de agua, en cantidades suficientes permitirá desarrollar las siguientes fases de cultivo (engorde y cosecha). Las cypris se desplazan pasivamente en el agua, empleando una gota de aceite o de gas para facilitar la flotabilidad; al tomar contacto con el sustrato reconocen sus características físicas o químicas, seleccionando el sustrato donde se fijarán definitivamente.

En el área central del golfo San Jorge, se reconocieron 5 sitios (playas) con picorocos en pozas de marea y en arribazones; todas las playas poseen restinga submareal somera, lo que genera buenos lugares para colocar colectores en sistemas de cultivo, así como obtener semilla de bancos naturales (Fig.60).

La profundidad en que se debe ubicar el colector estará determinada por el tamaño de las tecnologías utilizadas para la captación de semilla y la profundidad del sitio.



| | |
|-------------------------|-----------------|
| Playa Km3 | 45°82'S 67°27'O |
| Rada Tilly | 45°93'S 67°53'O |
| Playa Asina | 46°03'S 67°37'O |
| Playa El Boyero | 46°07'S 67°37'O |
| Playa (junto al Boyero) | 46°10'S 67°37'O |

Figura 60: Sitios muestreados con bancos de *Austromegabalanus psittacus* en el área central del golfo San Jorge.

Entre los dos y cuatro metros de profundidad se obtuvieron buenas densidades de captación de semilla, aunque a los dos metros, se encontró también a *B. glandula* ocupando los colectores.

Tiempo de captación de semilla

Es necesario colocar los colectores en el agua justo en el momento en que existen más larvas competentes. Los colectores captan la fijación definitiva en el paso de la fase móvil a la fase sésil de la larva.

Deberían realizarse censos de larvas competentes en el agua periódicamente, y medición periódica de variables ambientales relacionadas a la supervivencia de la larva y su crecimiento temprano. El muestreo periódico de la abundancia de larvas puede hacerse a través de redes de zooplancton arrastradas desde un bote por un mínimo de veinte minutos o por la colocación en la estructura de cultivos de trampas para larvas cypris tipo "tuffy". Estas larvas son las competentes, es decir poseen las capacidades para el asentamiento.

La densidad de captación de semilla para cada tipo de colector puede estar sujeta a variaciones anuales, estacionales y locales. En el área central del golfo San Jorge, la captación de semilla en colectores artificiales ocurrió durante finales del verano, coincidiendo esto con los picos de abundancia de lamelas ovígeras de la población (Fig. 61).

Los colectores de semilla deben ser colocados en el agua durante los meses de noviembre y mediados de diciembre y deberían estar "marinizados" un tiempo antes de la mayor abundancia de larvas competentes en el agua. Este proceso significa que la superficie de los colectores pueda adquirir una película mínima de biofouling principalmente de diatomeas bentónicas, lo que facilita el asentamiento larval (Fitridge *et al.*, 2012; Maki & Mitchell, 2002; Ganesh Kumar & Anand, 1998).

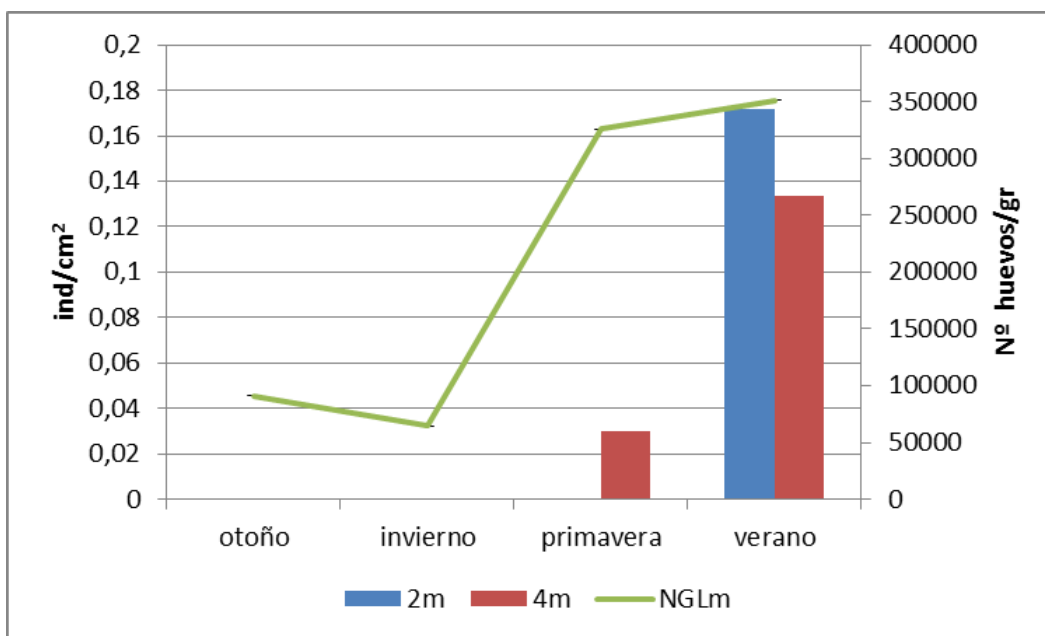


Figura 61: Relación entre la fecundidad media estacional (NGLm) y el reclutamiento medio de *A. psittacus* en colectores artificiales en el área central del golfo San Jorge.

Se debería lograr el mayor ajuste posible entre el período de colocación de los colectores, colonización por parte del microfouling y asentamiento larval, de manera de minimizar el asentamiento de otras especies que compitan por el sustrato.

Sistemas de Cultivo

Los sistemas de cultivo que se proponen para los cultivos comerciales según la experiencia internacional y las condiciones oceanográficas en el golfo San Jorge son: long-line a media agua (Fig.62 B), balsa o batea de cultivo (Fig.62 A) y sistema de fondeo individual con línea madre vertical (Fig.63).

Debido a las condiciones expuestas al oleaje del golfo San Jorge, el sistema que perduró a lo largo del ciclo anual fue el fondeo individual con línea madre vertical. Ubicado aproximadamente a un kilómetro de la costa, y sumergido a 7 metros de profundidad. Consta de un muerto de alrededor de 80 Kg que porta un

cáncamo al que se adosa un grillete. Mediante una gaza se sostiene en él, una línea madre vertical de polietileno de 25 mm que sube a la superficie por la acción de una boya doble cono terminal. Los colectores de semilla están unidos a un cabo de polietileno común y se adosan mediante precintos a la línea madre vertical.

La balsa de cultivo utilizada y el long-line son de estructura similar a los usados para captación y/o engorde en el cultivo de mejillón. En la experiencia realizada en esta área, la balsa fue traccionada durante las tormentas invernales, trasladándose a 1 km del sitio original de fondeo, con pérdida de colectores. El long-line, sufrió corte de línea madre, hundimiento y pérdida de colectores durante el mismo período del año. Por ello debe existir un ajuste fino entre las condiciones oceanográficas locales y la instalación de los sistemas de cultivo.

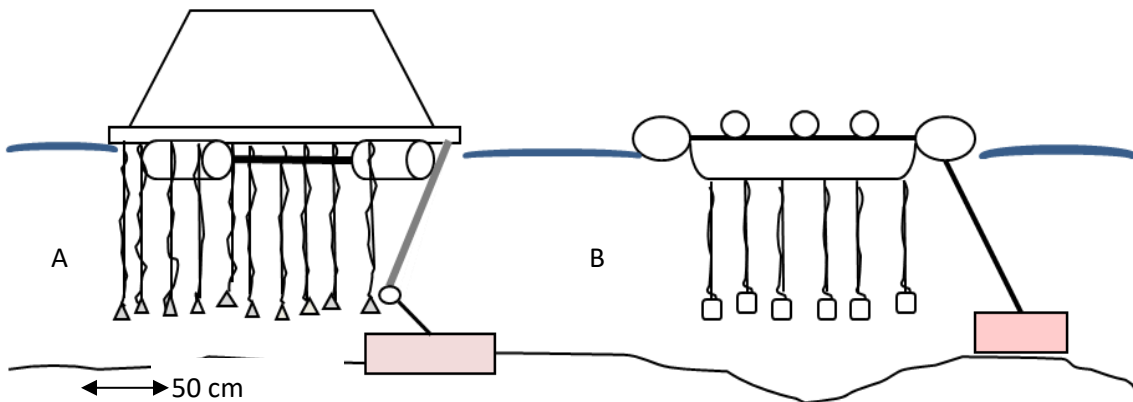


Figura 62: Sistemas de balsa o batea (A) y long line (B) utilizados durante este trabajo.

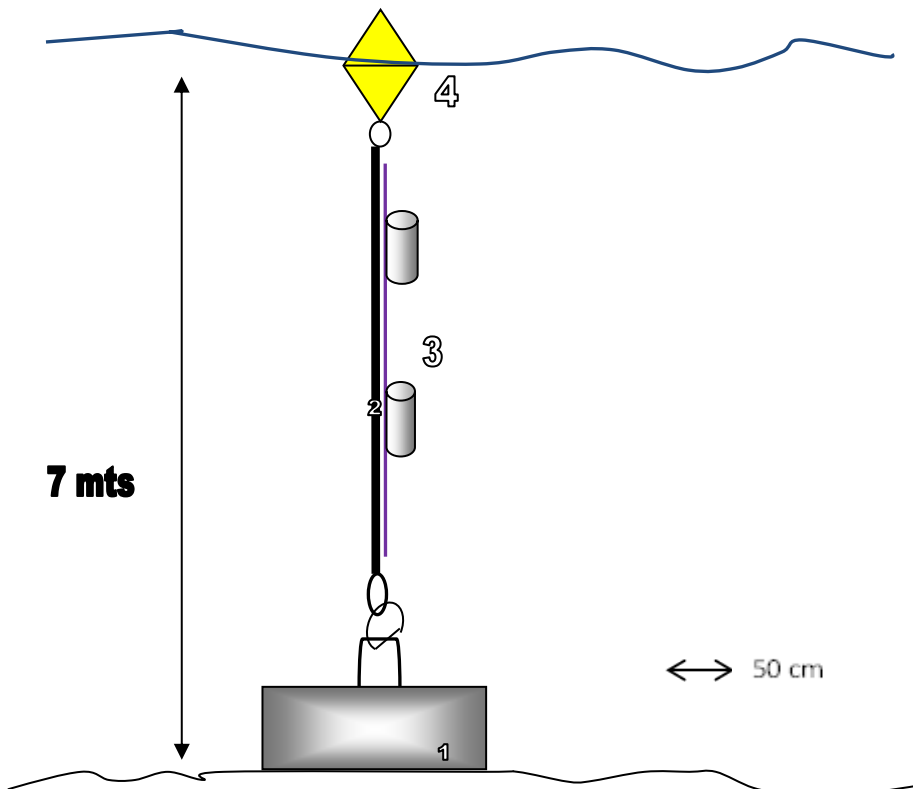


Figura 63: Sistema de fondeo individual. 1: muerto. 2: línea madre. 3: línea con colectores. 4: boya doble cono.

Tipos de colectores

Los colectores pueden construirse de manera modular, de forma que puedan adaptarse a las condiciones de cada sitio. Deben además ser sustratos adecuados para lograr la mayor fijación larval.

Las cypris prefieren superficies rugosas y curvas y presentarían fototaxia negativa, aunque esto último no está tan claro, según los resultados obtenidos en este trabajo.

Los diferentes tipos de colectores evidencian distintos grados de eficiencia. Esto está asociado a las características del sustrato utilizado, las que pueden interactuar con la profundidad a la que está colocado el colector. Los valores de

densidad de captación de semilla pueden variar espacio-temporalmente a distintas escalas. En el área central del golfo San Jorge, los tres tipos de colectores empleados tuvieron mayores densidades de captación a los dos metros de profundidad que a los cuatro metros.

La densidad de fijación larval dependerá también del área del colector utilizado y se correlacionará positivamente con ésta y negativamente con la mortalidad post asentamiento que es relativamente alta en la mayoría de los balanomorfos (Fig.63)(La forma de confección de los sistemas de captación de juveniles utilizados en este trabajo se entregan en el Anexo).

Las captaciones de semilla en los tres tipos de colectores utilizados fueron altas, con una mortalidad estimada del 50% se obtendrían valores comparables a las densidades de producción de semilla para Chile en fase tardía, esto es previo al paso de engorde o de cosecha de semilla (Tabla 22).

Tabla 22: Densidad media de captación de semilla para distintos tipos de colectores en Argentina y Chile. La densidad final esperada para Argentina corresponde a un valor teórico proyectado según resultados.

Chile

| Tipo de colector | Densidad final de captación (Ind/cm ²) |
|---------------------------|--|
| Tubular de polietileno | 0,06 |
| Horizontal de polietileno | 0,06 |
| Horizontal de Bidín | 0,04 |

Fuente: Producción de semilla de picoroco para su cultivo industrial. Proyecto Fondef D07I1042.Gobierno de Chile.

Argentina

| Tipo de colector | Densidad temprana de captación | final esperada. (Ind/cm ²) |
|-------------------|--------------------------------|--|
| Tubo PVC | 0,17 | 0,08 |
| Malla plástica/ms | 0,14 | 0,07 |
| Bidones 5lt | 0,25 | 0,125 |

Elementos e insumos para el crecimiento en cultivo

Para la fabricación de los sistemas de crecimiento debieran utilizarse materiales existentes en el mercado argentino a precios compatibles con una proyección comercial, que sean inocuos, y que faciliten la alimentación de los ejemplares durante el engorde. Asimismo, se debe contemplar el facilitar los procesos de mantenimiento de los sistemas de crecimiento y de la cosecha. Para el crecimiento pueden utilizarse sistemas que previamente se han utilizado para la captación de semilla o bien sistemas a los que son transferidos los ejemplares para realizar el engorde.

La eficiencia económica de los distintos sistemas de fondeo debe ser tenida en cuenta al momento de proyectar el cultivo (Tabla 23). Las materias primas utilizadas en los sistemas de cultivo se describen en el Anexo.

Tabla 23: Comparación de la eficiencia económica del sistema de fondeo individual con tres tipos de colectores.

| Tipo de colector | Malla y media sombra | PVC | Bidón 5l |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Costo | USD \$ 64 + mano de obra | USD \$ 70+ mano de obra | USD\$ 55 + mano de obra |
| Reutilización | Sí.1-2 veces | Sí. Muchas veces | No |
| Apto para continuar la engorde | Sí. en corto plazo | Sí | No |

USD: Dólar norteamericano

Capacitación

El cultivo del picoroco, por ser un tipo de cultivo nuevo, requiere de capacitación de los operarios. La capacitación debe ser entendida como una técnica formativa

que entregue a una persona los conocimientos y habilidades necesarias para el desempeño eficiente. Se trata de un proceso educativo de corto plazo, aplicado de manera sistemática y organizada para poder cumplir objetivos definidos. Un plan de capacitación propuesto para este tipo de cultivo se describe en el Anexo.

Crecimiento y engorde

Para el uso eficiente de las tecnologías para el engorde y cosecha es necesario contar con información básica sobre la estructura corporal. Ello condiciona los rendimientos de los componentes que tienen valor económico.

Descripción de las partes duras

El cuerpo de un ejemplar adulto de picoroco está formado por una concha externa que encierra completamente las partes blandas. Está constituida por seis placas calcáreas murales que forman la pared corporal y cuatro placas operculares, además de una base, con la que se une al sustrato. La pared corporal está formada por seis placas murales: rostro, carina, rostralateral derecha e izquierda y carinolateral derecha e izquierda (Fig. 65), estructuras típicas de los balanomorfos (Darwin,1854).

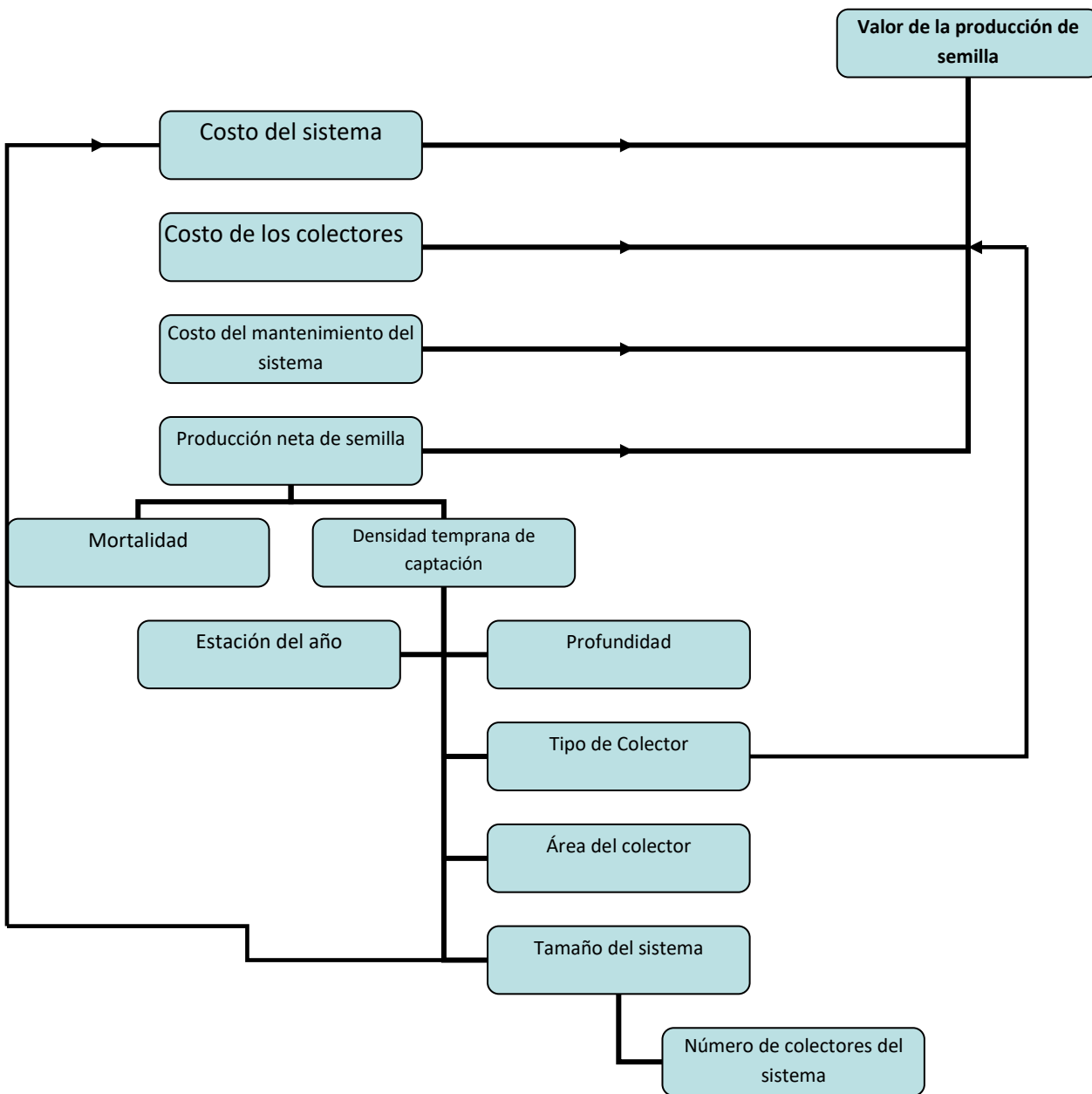


Figura 64: Resumen de las etapas y procesos que permiten definir un modelo bioeconómico para la fase de captación de semilla en el área central del golfo San Jorge.

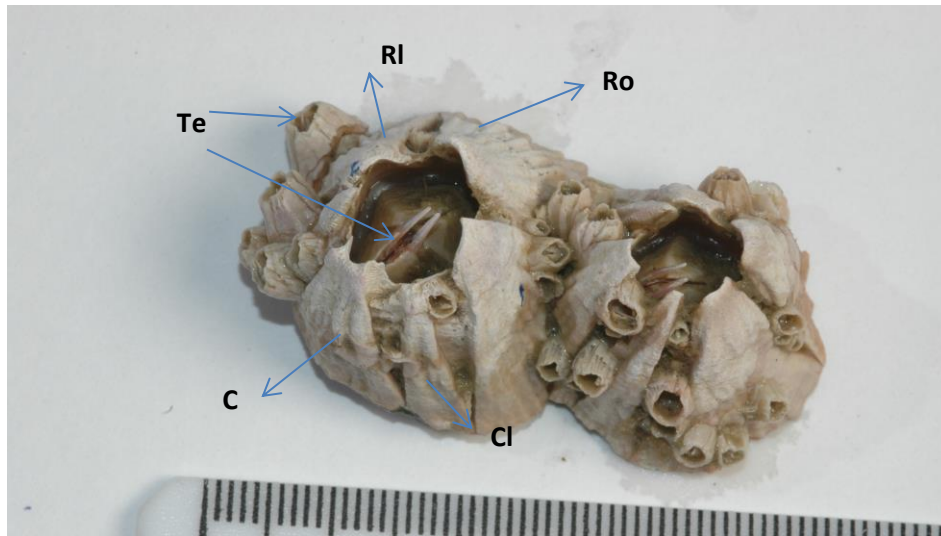


Figura 65: Ejemplares adultos y semilla de picoroco. Placas murales: Ca: carina; Cl: carina lateral; Ro: rostro; RI: rostro lateral. Te: tergos. Escala=1cm.

La unión con el sustrato ocurre a través de una base plana bilaminar de naturaleza calcárea, semejante en su estructura a las placas murales. La estructura normal de la base se observa en ejemplares que crecen aisladamente. En cambio, cuando los ejemplares crecen en forma agrupada, a altas densidades, modifican estructuralmente la base la cual puede alcanzar un gran desarrollo. Por ello los ejemplares que crecen aislados tienen forma cónica, mientras que los ejemplares agrupados tienen forma columnar o de cono invertido (Fig. 66).

Estructura de las partes blandas

Los principales componentes de las partes blandas en *A. psittacus* son: sistema de alimentación y digestivo; órganos reproductores; órganos respiratorios; musculatura asociada a la conchilla.

Las placas operculares presentan los siguientes músculos que se relacionan al movimiento de tergos y escudos: músculo depresor tergal, músculo aductor

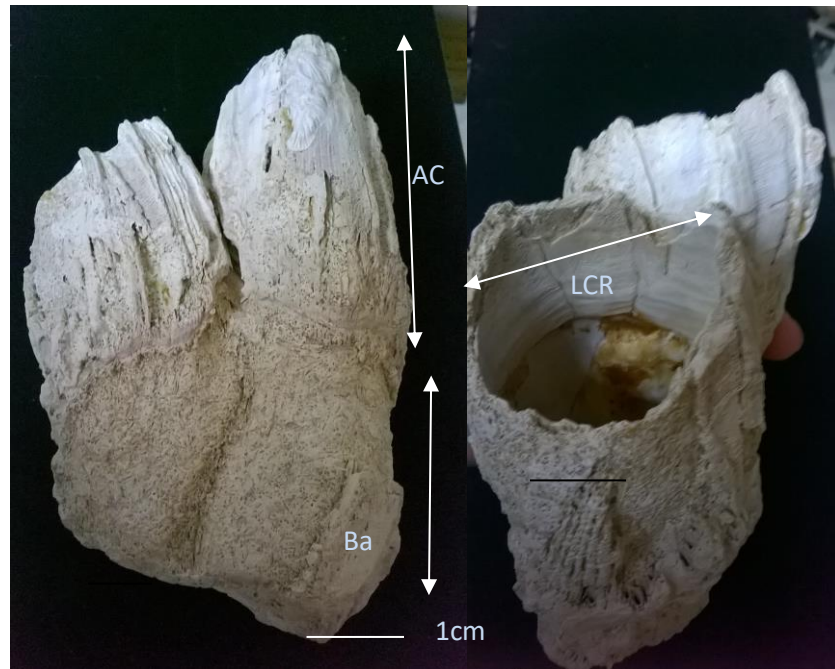


Figura 66: Ejemplares de *A. psittacus* con base modificada por crecimiento agrupado. Ba: base. Medidas morfométricas: LCR: largo carino-rostral. AC: altura carinal.

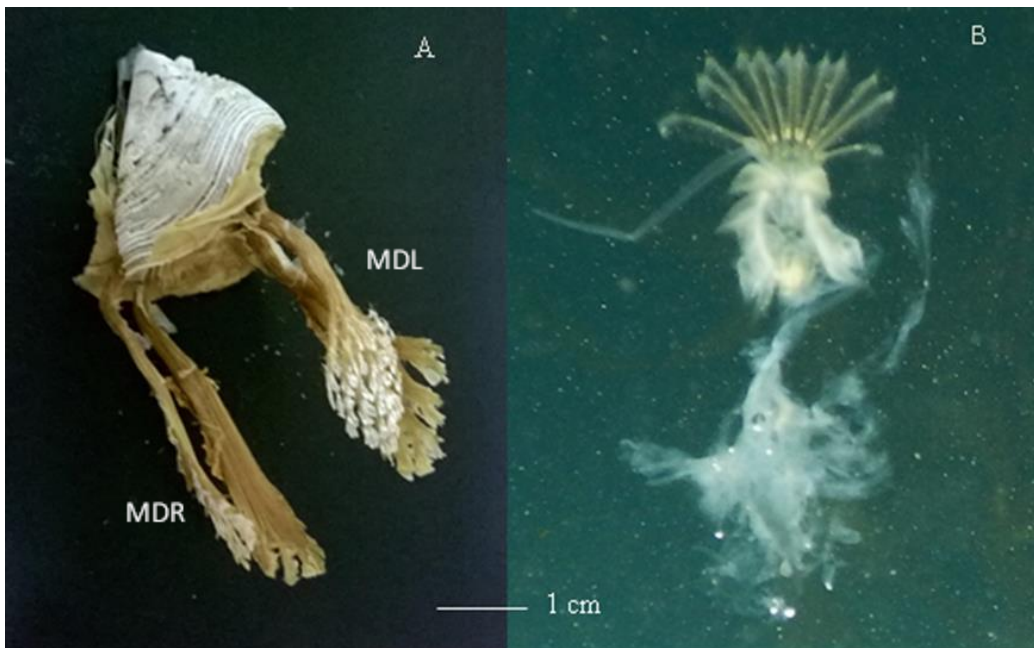


Figura 67: A: Músculos asociados a los escudos de picoroco. MDR: músculo depresor rostral. MDL: músculo depresor lateral. Los tejidos se encuentran disecados. B: muda de picoroco. Se distingue la exuvia del pene, cirros y prosoma.

del escudo; músculo depresor lateral y músculo depresor rostral (Fig. 66 A). Estos músculos, el prosoma y el sistema reproductor femenino, constituyen la parte utilizable para consumo como alimento.

Cambios y procesos durante el crecimiento

En el ciclo de vida, la metamorfosis es el factor crítico que ocurre después del asentamiento larval en el sustrato, en donde la larva competente (cypris) se transforma en un juvenil, el cual va tomando progresivamente el aspecto definitivo del adulto. A partir de ese momento la concha crece en altura por adición de material en los márgenes de radios y alas. Este material es generado por el epitelio y el manto subyacente a las placas murales y a la base. De este modo, se genera un esqueleto calcáreo que va aumentando con el crecimiento. Paralelamente, el incremento de las partes blandas genera la muda (ecdisis) periódica de las envolturas quitinosas (Fig. 67 B).

En el crecimiento de la concha ocurren dos procesos: la formación de tejido cuticular por el epitelio del margen basal de la concha y la secreción de calcio sobre la cutícula recién formada. La actividad secretora del epitelio está sincronizada por el período previo a la muda (premuda). El crecimiento de la concha está vinculada a diversos factores como: período de inmersión, velocidad de las corrientes, presencia de depredadores, que influirá sobre el cierre del opérculo y con esto la obtención de alimento. La temperatura y el fotoperíodo a su vez influyen sobre la muda, por lo que todos estos factores deben ser evaluados y controlados en condiciones de cultivo.

Talla comercial y viabilidad

La talla a la que se comercialice la especie dependerá del tamaño requerido en los posibles mercados de consumo (Tabla 24), del tiempo en que se tarda en obtener dicha talla, y los costos que se insuma alcanzarla. También deberá evaluarse la relación entre el tamaño y el ciclo de vida de la especie. En el caso de *A. psittacus* en Argentina es posible considerar como referencia los valores

determinados para la costa chilena, y compararlos con los obtenidos en el área central del golfo San Jorge.

Tabla 24: Tallas mínimas de comercialización de tres especies de balánidos para sus respectivos países. LCR: largo carino-rostral. AC: altura carinal. D: diámetro basal.

| | Talla comercial y/o de captura (cm) | | |
|--|-------------------------------------|--------|----|
| | LCR | AC | D |
| <i>Austromegabalanus psittacus</i> (Chile) | 3,6±0,6 | 10±1,7 | – |
| <i>Balanus rostratus</i> (Japón) | – | 5 | – |
| <i>Megabalanus azoricus</i> (Portugal -España) | 1±0,2 | – | ≥2 |

Fuentes: Azores: Decreto legislativo regional nº 15/2012 "A". López D. *et al.* (2010). Pham *et al.* (2011).

Dado que existen medidas morfométricas que varían en función de la densidad en que crecen los ejemplares, el tamaño comercial debería establecerse con una medida densoindependiente de la talla. Para estos efectos pueden utilizarse el LCR y la altura de la placa carinal AC (Fig. 66) siendo el LCR la medida más conservadora.

Estimación de parámetros de crecimiento

El modelo teórico elaborado para los ejemplares argentinos muestra que, a los 100 días los individuos alcanzarían la talla comercial para mercados como España y Portugal, y a los 200 días para Japón, lo que debería corroborarse empíricamente (Fig. 4, Capítulo 1). La talla comercial propuesta para el mercado local (2 cm de LCR), se alcanzaría entre los 18 y 24 meses.

El ajuste apropiado del modelo a los datos empíricos permitirá programar adecuadamente los tiempos de cosecha según el tipo de mercado, diagramando aspectos logísticos y costos.

Seguimiento del Engorde

Dada la naturaleza omnívora de la dieta y las tasas de crecimiento encontradas, se propone realizar el engorde en los mismos colectores de semilla, con mantenimientos periódicos para limpieza del macrofouling adherido, y para realizar los "raleos" que permitan el crecimiento apropiado de los conglomerados de ejemplares (peñascos).

Se deberán llevar registros periódicos "*in situ*" que evalúen el crecimiento a intervalos de tiempos mensuales o bimensuales a la vez de realizar el mantenimiento del sistema de cultivo y reparar pérdidas.

Los registros necesitarán que cada long-line se encuentre identificado, así como cada colector, lo que permitirá evaluar las diferencias en el crecimiento y en el reclutamiento, debidas a la profundidad, o ubicación del sistema respecto de las corrientes. La temperatura y la salinidad deben también ser medidas periódicamente.

La temperatura influye directamente en el crecimiento, de modo que teniendo registros estadísticos de esto, pueden establecerse asociaciones entre la tasa de crecimiento y la temperatura mensual o estacional. Eso permite conocer, para cada lugar donde se realiza el cultivo, el efecto de factores ambientales sobre el crecimiento y hacer predicciones del periodo de engorde para la planificación del cultivo.

La salinidad es otro factor que influye en el crecimiento, salinidades inferiores al 22‰ ocasionan el aumento del tiempo en el cierre opercular de los organismos, disminuyendo así la tasa de alimentación, en ejemplares chilenos, y con ello el rendimiento en biomasa y el crecimiento. Por debajo del 20 ‰, se observan efectos letales en pocas semanas. Por ello es clave la definición de los

emplazamientos de los centros de cultivos en zonas con salinidades por sobre 25 por mil.

Para evaluar el engorde pueden utilizarse:

- **Tasa de Crecimiento: $\Delta l/\Delta t$** donde Δl : Talla final-Talla Inicial y Δt es el tiempo transcurrido para alcanzar la talla final.
- **Rendimiento en Biomasa.**

Talla de Cosecha

En un modelo de cultivo sustentable, la talla de cosecha dependerá de la talla mínima de madurez sexual en condiciones de cultivo y de la talla comercial. Del modelo de crecimiento propuesto para la especie (Fig.4, Capítulo 1) y los datos obtenidos del estudio del ciclo de vida y el rendimiento (Tabla 25), se infiere que:

a) a los 100 días del asentamiento de la semilla en los colectores, los individuos alcanzaron la madurez sexual.

b) a los 400 días, los ejemplares alcanzan una talla de cosecha de 2 cm de LCR. En este período la población ha estado todo un año en reproducción en un bajo porcentaje poblacional y ha pasado por un pulso reproductivo anual, en un alto porcentaje. Lo que permite retroalimentar el banco de semillas de la población natural.

Tabla 25: Parámetros poblacionales aplicables al cultivo en fase de engorde del picoroco en la Patagonia argentina.

| | Talla mínima de madurez sexual(cm) | Rango de tallas con máximo n de organismos reproductivos(cm) | Rendimiento en carne(%) |
|----------------|------------------------------------|--|-------------------------|
| ♀rep.femenino | 0,69 | 1-1,4 | 14,66± 12,43 |
| ♂rep.masculino | 0,22 | | |

Valoración bioeconómica de las expectativas de cultivo de la especie *Austromegabalanus psittacus* en función de otras especies cultivables

Criterios para definir especies cultivables:

El Código de Conducta para la Pesca Responsable (CCPR) de la FAO, en su artículo 9.2, establece que: "la selección de especies destinadas a la acuicultura y a la pesca basada en el cultivo deberá inspirarse en criterios biológicos, ambientales y socioeconómicos, teniendo en cuenta los recursos, oportunidades y necesidades locales"

Criterios Biológicos: Dentro de los criterios biológicos se pueden incluir:

***Adaptación a las condiciones climáticas y fisicoquímicas de las aguas:**

La temperatura es uno de los principales factores que influyen sobre las especies en cultivo. En el caso del golfo San Jorge, las aguas presentan temperaturas medias fluctuando entre 9° C y 15°C a lo largo del año. Los rangos de pH, salinidad y concentración de oxígeno que deben controlarse para las especies en cultivo, se mantienen aquí constantes o con escasa variación. Por tratarse de una especie autóctona, la aclimatación no es necesaria.

****Que sean fáciles de cultivar:** las características biológicas más importantes a tener en cuenta son: que tengan alta fecundidad y/o que sean fáciles de reproducir en cautiverio. Es deseable que la cadena alimenticia de la especie sea corta, prefiriéndose herbívoros antes que carnívoros y que tengan buenos índices de conversión de alimentos. Se espera que las especies tengan crecimiento rápido, es decir, que alcancen las tallas comerciales en poco tiempo, y que toleren altas densidades de cultivo. Es importante que sean rústicas al manejo y resistentes a las enfermedades. Todas estas características se traducen también en bajos costos de producción (Tabla 26).

Criterios ambientales Es necesario disminuir al máximo los impactos ambientales para poder desarrollar sistemas de Acuicultura sustentable considerando dos grandes temas:

***Impacto ambiental de los cultivos:** que puede ser de grandes proporciones si no se regulan al menos tres aspectos:

- i. La sustitución de ecosistemas (como la utilización de humedales y praderas para construir estanques). Este aspecto no aplicaría a la especie en estudio para la actual hipótesis productiva, excepto que se desarrollen posteriormente modelos intensivos de producción.
- ii. Contaminación de las aguas con materia orgánica, antibióticos, u otros productos químicos, lo cual tampoco es aplicable.
- iii. Modificación antrópica del paisaje, lo que si debe tenerse en cuenta, pero solo para los sistemas de flotabilidad.

****Introducción de especies exóticas:** Son conocidos los efectos ambientales negativos de la introducción de especies para el cultivo. Las especies autóctonas como el picoroco presentan al menos dos características importantes para disminuir el impacto ambiental de los cultivos:

- i. Se adaptan al clima y a las características del agua.
- ii. No producen impacto a los ecosistemas naturales al escaparse de los sistemas de cultivo.

Tabla 26: Características biológicas comparadas entre *A. psittacus* y otros dos recursos tradicionales de cultivo.

| | Picoroco | Otros crustáceos cultivables (langosta, camarón) | “Mejillón” |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------|
| Alimentación | | | |
| Eficiencia Trófica | Micrófago | Predador | Filtrador |
| Dieta | Omnívora | Carnívora | Omnívora |
| Ciclo de Vida | | | |
| Reproducción | Hermafrodita | dioico | dioico |
| Madurez sexual | Temprana(meses) | Tardía | ≈ un año |
| Fecundidad | Alta | Media | Alta |
| Desarrollo embrionario | En la cavidad corporal (incubadores) | Incubadoras | En el medio externo |
| Desarrollo larval | Conocido, pocos estadios | Complejo, varios estadios | Conocido, pocos estadios |
| Condicionantes biológicos aplicados al cultivo | | | |
| Movilidad | Sésiles | Móviles | Sésiles |
| Densidad relativa al cultivo | Gregarios | Territoriales | Gregarios |
| Enfermedades | No se conocen | Si | Si |

Criterios Socioeconómicos: Teniendo en cuenta las características socioeconómicas del golfo San Jorge se postula que la acuicultura del picoroco se desarrollará sólo si es rentable con un modelo de producción industrial o con un modelo de producción artesanal vinculado a otras actividades de granja acuícola o policultivos.

Por tanto, para considerar al picoroco como especie de cultivo, se debe tener en cuenta:

- Socialmente: la generación de mano de obra directa e indirecta; la posibilidad de diversificar la producción de pequeños productores acuícolas y la posibilidad de conflictos sociales por el uso de la costa, teniendo en cuenta el uso recreativo y los proyectos económicos inmobiliarios como los de la Herradura y Playa Bonita.
- Económicamente: se debe considerar, si existe un mercado real o potencial, volúmenes de venta y precios, el acceso a ellos mediante canales de comercialización posibles y por último, la rentabilidad del cultivo que haga atractiva la inversión.

Considerando todos estos criterios pueden compararse las posibilidades de cultivo para el picoroco y para el mejillón, dos especies autóctonas, siendo el mejillón una especie cultivada en varios países del mundo (Tabla 27). Las variables contrastadas en condiciones de cultivo semiintensivo son similares en magnitud. Para el picoroco son, de acuerdo con los resultados obtenidos en el golfo San Jorge, aplicables los resultados obtenidos en Chile, los cuales son compatibles con cultivos comerciales.

Tabla 27: Variables productivas en el cultivo semiintensivo del picoroco y de "mejillón"

| Especie | Densidad de siembra (ind/cm ²) | Sobrevivencia (%) | Periodo de Crecimiento (meses) | Tamaño final (cm) | Productividad (Kg/m) | Rendimiento (%) | Precio (US\$/Kg) |
|-----------------|--|-------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| Mejillón | 0,1-0,2 | ----- | 14-24 | 7-10 | 8-12 | 20-30 | 0,70-5,86 |
| Picoroco | 0,14-0,25 | 80-50% | 20-24 | 3-4 (LCR) | 20-70 | 14-20 | 2-3,5 |

Fuente: Cultivo del mejillón. OESA (2017) Gobierno de España. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente. Producción de semilla de picoroco para su cultivo industrial. Proyecto Fondef D0711042.Gobierno de Chile.

La especie *Austromegabalanus psittacus* posee altas potencialidades de cultivo en el área central del golfo San Jorge. El análisis FODA (Tabla 28) establece que el desarrollo de la maricultura del picoroco, estará condicionada por la matriz socioeconómica de la región, que no se expresa aún más allá de la pesca extractiva de los recursos del mar.

Tabla 28: Análisis FODA para el cultivo del picoroco en el área central del golfo San Jorge.

| Fortalezas | Debilidades |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Especie autóctona. • Fácil de cultivar. • Buenos precios en los mercados internacionales. • Tecnologías de cultivo de bajo costo. | <ul style="list-style-type: none"> • Maricultura escasamente desarrollada en el golfo San Jorge. • No existen cadenas de producción, habilitación de procesos ni canales de comercialización para productos marinos cultivados o son incipientes. |
| Oportunidades | Amenazas |
| <ul style="list-style-type: none"> • Potencialidad de consumo en el mercado local e internacional. • Sin competidores locales. | <ul style="list-style-type: none"> • Falta de inversión estatal o privada para desarrollar el cultivo de la especie. |

Discusión:

La Acuicultura en fase experimental del picoroco, se está desarrollando en Chile con buenas expectativas de producción comercial (López D. *et al.*, 2010; 2012a), país en donde hace tiempo se explota comercialmente como un producto de la pesquería artesanal de buen valor en el mercado. En el resto del mundo, países como Portugal, están comenzando con un incipiente cultivo de "cracas", *Megabalanus azoricus*, (Pham, 2008; Pham *et al.*, 2011); Japón explota comercialmente varias especies de "fujit subo", principalmente *Balanus rostratus*, aunque ninguna de ellas se cultiva.

Los resultados de este trabajo indican que el cultivo de la especie en el área central del golfo San Jorge presenta altas potencialidades. Se propone para el picoroco un tipo de cultivo semiintensivo, y que por el momento, se desarrolle en tres etapas: captación de semilla, engorde y cosecha.

Existen en el área central del golfo San Jorge zonas aptas para la recolección de semillas en los bancos naturales. Los sistemas de captación debido a las condiciones energéticas, de playas expuestas, son más perdurables si se hacen en líneas madres verticales con fondeo individual, demostrando este sistema, soportar las tormentas invernales y resultar el más apropiado para el tipo de costa.

La captación de semilla debe realizarse una vez al año, entre los meses de diciembre a marzo, entre los 2 y 4 metros de profundidad. Puede utilizarse la columna de agua de manera conservada, ya que los resultados muestran que las densidades de captación son mayores a los dos metros, situación diferente a la de Chile, donde las mayores captaciones se dan a mayor profundidad (Andrade *et al.*, 2011).

Para la captación de la semilla, los colectores tubulares de pvc permiten que el engorde se lleve a cabo sin traslado a otro sistema de crecimiento, además permiten el mantenimiento del sistema, y son reutilizables. Los otros tipos de

colectores pueden usarse si se propone realizar el engorde en otro tipo de sistemas.

Las semillas son fácilmente reconocibles por el maricultor y distinguibles de otras especies que pueden estar acompañando los sistemas de cultivo. La estructura de las partes duras, y particularmente las placas operculares permiten la distinción clara para su identificación. Existe bibliografía actualizada para evaluar y distinguir las especies que compartan el hábitat (Young, 2000; Pappalardo *et al.*, 2016). *Balanus glandula* apareció en los colectores de tubo pvc a los 2 metros de profundidad, pero en un escaso número (observación personal) y esto puede deberse al desfasaje temporal en el reclutamiento de ambas especies. La especie invasora recluta en el golfo San Jorge en primavera y otoño en Rada Tilly (González, 2013) y en otoño en la playa de Km3 (Lanas & Rico, 2005), por lo que no competiría por el sustrato en los eventos de captación de semilla de picoroco en el área central del golfo.

La captación de semilla está sujeta a fluctuaciones espaciales y temporales, y el valor de la producción de semilla vendrá dada por la optimización de procesos tanto biológicos como económicos. En condiciones de cultivos, los modelos de captación utilizados en Chile, muestran que la desincronización entre el tiempo de inmersión de los colectores y la concentración máxima de larvas competentes en el agua, ocasiona bajas en el reclutamiento de hasta el 90 % del esperado, a los quince días de desfasaje, y de hasta el 70%, en una semana de desfasaje. Por otro lado, se expone, que las altas densidades de captación aumentan la mortalidad post asentamiento en los colectores (Andrade *et al.*, 2011). Por tanto, valorar adecuadamente cada una de las variables que intervienen en la captación, permitirá aumentar la eficiencia, generar modelos de producción de semilla locales, planificar y predecir.

Los crecimientos iniciales rápidos y similares en magnitud tanto en el ambiente natural como en los colectores de semilla estarían indicando que la especie es rústica al manejo en el momento crítico de la captación de larvas., por lo que se

esperarían en la fase de engorde buenos crecimientos en condiciones de cultivo, tal como ocurre con la especie en Chile (López D. *et al.*, 2010), y con otras especies cuyos crecimientos iniciales en cultivo y en el ambiente natural son similares (Diarte-Plata *et al.*, 2013)

El pase a la siguiente fase de crecimiento de engorde en los mismos colectores deberá incluir tareas de limpieza del fouling acompañante y "raleo" de individuos, a fin de lograr el adecuado crecimiento de los agrupamientos de individuos (peñascos). Este crecimiento grupal, no tiene efectos negativos sobre la fecundidad, ni sobre el crecimiento, y la modificación de la base de los individuos agrupados minimiza la competencia por el sustrato, con un costo energético muy bajo (López D. *et al.*, 2007; 2012b).

El tipo de crecimiento gregario, aumenta los rendimientos por colector, y debe calcularse empíricamente la producción neta por sistema suspendido para prever las modificaciones y adecuaciones que deban hacerse a los sistemas de cultivo en función de los pesos adquiridos en los colectores.

Como se ha señalado, el engorde puede hacerse a profundidades iguales o mayores de los 4 metros de profundidad, usando la línea madre de forma diferencial, reduciendo así las pérdidas de los colectores más pesados a causa de correntadas o disturbios climáticos. El uso diferencial de la línea vertical durante el engorde, podría además prevenir el asentamiento posterior de *B. glandula* sobre los colectores, ocurrido a los 2 metros de profundidad.

El seguimiento mensual del crecimiento debe estar sistematizado y se propone, el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy para la especie. En general las curvas de crecimiento de los crustáceos se ajustan a un modelo de pasos escalonados, donde cada escalón está reglado por los períodos de muda e intermuda (Jamieson & Burne, 1986; Caddy, 1987 en Cadima, FAO 2003). Sin embargo, la muda en cirripedios está restringida a las estructuras anatómicas de la alimentación y al prosoma, lo que requiere un costo mínimo energético para los individuos de la especie, y puede considerarse la conchilla de

crecimiento continuo y/o con leves variaciones estacionales. La elección definitiva del modelo de crecimiento más adecuado para la especie estará supeditada a la obtención sistemática de datos de crecimiento en colectores suspendidos por períodos de tiempo más prolongados a los presentados en este trabajo.

La talla comercial dependerá del mercado de destino, y se propone para el mercado local de 2 cm de LCR, considerando su ciclo de vida y su talla mínima de madurez sexual.

El ciclo de cultivo de la especie será anual, con cosechas realizables entre los 18 meses y 24 meses, y en menor tiempo para otros mercados.

Las razones para lograr el éxito comercial del cultivo de la especie se basan en sus favorables características biológicas tales como: ser una especie sésil, de alimentación omnívora y micrófaga, gregaria, pero sin efectos denso dependientes en el crecimiento ni en la reproducción, además de tener un rápido crecimiento (López D. *et al.*, 2007; 2010).

Por otro lado, Bedecarratz *et al.* (2011) determinaron en Chile la viabilidad económica del cultivo en dos productos: carne enlatada y carne congelada, teniendo en cuenta inversiones requeridas, costos de producción, rendimientos y precio potencial en el mercado. Los autores determinaron que el cultivo es económicamente viable, con indicadores de rentabilidad económica tales como el Valor Actual Neto (VAN), la tasa interna de retorno, el índice de rentabilidad económica y el tiempo de recuperación descontado, atractivos para ambos productos procesados. Plantean que la mayor inversión de capital ocurre en la etapa inicial, sobre los sistemas de cultivo tipo long-line y los colectores de semilla, y el costo operacional más significativo corresponde a la mano de obra utilizada en esta etapa de cultivo. Mientras que para ambos productos, tienen una menor incidencia sobre el VAN, el costo del procesamiento y el embalaje siendo las variables económicas más relevantes en esta etapa, el peso bruto obtenido y los precios de cosecha y venta.

La especie posee alta fecundidad, y su ciclo reproductivo se encuentra descrito para el área central del golfo San Jorge. Sus características fisiológicas le permiten sobrevivir en condiciones de hipoxia y anoxia, soportando largos períodos de emersión (López D. *et al.*, 2003), lo que la hace una especie muy rústica al manejo.

No se conocen enfermedades para la especie, y se ha demostrado que los extractos crudos de tejido gonadal, muscular y branquial presentan actividad antibacteriana para *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophila* e *Yersinia ruckeri* (Trujillo *et al.*, 2014).

Todas estas características se traducen en bajos costos de producción y facilidad para el cultivo. En su fase experimental, queda aún por evaluar el engorde en colectores suspendidos hasta la cosecha, y el efecto de la fauna acompañante en esa etapa. Así como analizar la variabilidad espacial en la captación de semilla y en el crecimiento. El escalonamiento a escala piloto deberá contemplar la producción por colector y por línea madre, y optimizar el reclutamiento, así como evaluar el valor nutricional de su carne. En esta etapa debería también evaluarse el impacto ambiental del cultivo (Jiménez López *et al.*, 1991) así como las medidas correctoras de la alteración de variables físico-químicas del ambiente, biológicas, socioeconómicas y paisajísticas (Aguilar-Manjarrez *et al.*, 2017). Por último, el salto al cultivo comercial necesitará del estudio de las inversiones de capital para concesiones marítimas, sistemas de cultivo, edificios y equipos, así como de las ganancias en un ciclo de comercialización.

La viabilidad del cultivo dependerá de las condiciones económicas locales y de la matriz productiva del golfo San Jorge.

Conclusiones

- ✓ *Austromegabalanus psittacus* puede encontrarse a lo largo de la costa del área central del golfo San Jorge, tanto en la zona submareal como en pozas de marea de la zona intermareal y en agrupamientos (peñascos) de arribazones.
- ✓ Posee un crecimiento inicial en ambiente natural rápido, similar al crecimiento inicial en condiciones de cultivo y su rendimiento medio en carne fluctúa entre el 13 y el 16%.
- ✓ Es un micrófago omnívoro, que consume gran parte de la oferta ambiental. No obstante, tiene algún grado de selectividad dado que se verificaron diferencias estadísticamente significativas entre la frecuencia de los ítems del contenido del tubo digestivo y aquellos presentes en la columna de agua
- ✓ La dieta es preferentemente fitoplanctónica ya que las microalgas típicamente planctónicas fueron más abundantes en la dieta que aquellas asociadas al bentos y la fracción algal fue mayor que la fracción animal.
- ✓ La especie es hermafrodita y protándrica, de maduración sexual temprana, siendo la talla mínima de madurez sexual de 0,69 cm de LCR para el sistema reproductor femenino y de 0,22 cm de LCR para el masculino.
- ✓ La población se encuentra reproductiva la mayor parte del año en un bajo porcentaje, excepto durante el invierno que no registró actividad reproductiva. Si bien existe asincronía en la reproducción poblacional, es posible observar picos o momentos reproductivos en los que está incluida la mayor parte de la población.

- ✓ Los resultados del estudio de la ovogénesis y de los descriptores de la madurez sexual y la fecundidad indican que la población comienza la maduración sexual en el otoño, alcanzando el máximo de madurez a fines del invierno. Las gónadas son fecundadas mayoritariamente en primavera, y el más importante pulso de eclosión larval ocurre en el verano.
- ✓ El reclutamiento en colectores artificiales fue marcadamente estacional y ocurrió en el verano, entre los dos y los cuatro metros de profundidad, registrándose diferencias entre la densidad media de reclutas para los distintos tipos de colectores.
- ✓ El cultivo de la especie en el área central del golfo San Jorge presenta altas potencialidades. Se propone para ello un tipo de cultivo semiintensivo y que se desarrolle en tres etapas: captación de semilla, engorde y cosecha.
- ✓ La captación de semilla debe hacerse una vez al año, entre los meses de diciembre a marzo, y los colectores que se proponen son los de línea madre vertical, con fondeo individual por ser los más adecuados para estas costas.
- ✓ La columna de agua puede utilizarse de manera conservada, haciendo la captación entre los dos y cuatro metros, y el engorde a profundidades mayores, pudiendo realizarse en los mismos colectores.
- ✓ El seguimiento del crecimiento debe estar sistematizado siendo el modelo de Von Bertalanffy, la propuesta que relaciona adecuadamente talla y edad, lo que permitiría planificar y predecir actividades.
- ✓ La talla comercial dependerá del mercado de destino, y se propone para el mercado local de 2 cm de LCR, considerando su ciclo de vida y su talla mínima de madurez sexual.

- ✓ El ciclo de cultivo de la especie se propone como anual, con cosechas realizables entre los 18 meses y 24 meses, y en menor tiempo para otros mercados.
- ✓ Las razones para lograr el éxito comercial del cultivo de la especie se basan en sus favorables características biológicas que se traducen en bajos costos de producción y facilidad para el cultivo. La viabilidad dependerá de las condiciones económicas locales y de la matriz productiva del golfo San Jorge.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar-Manjarrez, J., Soto, D. y Brummett, R. (2017). Aquaculture zoning, site selection and area management under the ecosystem approach to aquaculture: a handbook. Roma, FAO y Banco Mundial.
- Anderson, D. (1973). Embryology and phylogeny in annelids and arthropods. In International Series of Pure and Applied Biology. Zoological Division. Oxford: Pergamon Press.
- Anderson, D. (1986). The circumtropical barnacle *Tetraclitella divisa* (Nilsson-Cantell) (Balanomorpha, Tetraclitidae): cirral activity and larval development. In Proceedings of the Linnean Society of New South Wales. 109, (2), 107-116.
- Anderson, D. (1993). Barnacles: structure, function, development and evolution. London: Chapman and Hall, 357 pp.
- Anderson, D. T. (1969). On the embryology of the cirripede crustaceans *Tetraclita rosea* (Krauss), *Tetraclita purpurascens* (Wood), *Chthamalus antennatus* (Darwin) and *Chamaesipho columna* (Spengler) and some considerations of crustacean phylogenetic relationships. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 256(806), 183-235.
- Anderson, D.T. & Southward A.J. (1987). Cirral activity of barnacles. In: Southward A.J. (ed) Barnacle biology. Crustacean issues 5. Balkema AA, Rotterdam.
- Andrade, L. I., López, D. A., & López, B. A. (2011). Dynamic models applied to giant barnacle culture. Aquaculture International, 19 :1047–1060.
- Arsenault, D., Marchinko, B., & Palmer, A. (2001). Precise tuning of barnacle leg length to coastal wave action. Proceedings of the Royal Society of London B, 268: 2149- 2154.
- Azores: Decreto legislativo regional nº 152012ª
<http://dre.pt/pdf1sdip/2012/04/06600/0162501713.pdf>
- Bald, J., Borja, A., & Muxika, I. (2006). A system dynamics model for the management of the gooseneck barnacle (*Pollicipes pollicipes*) in the marine reserve of Gaztelugatxe (Northern Spain). Ecological Modelling, 194: 306–315.
- Barnes, M. (1992). The reproductive periods and condition of the penis in several species of common cirripedes. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review. 30:483–525
- Barnes, M. (1996). Pedunculate cirripedes of the genus *Pollicipes*. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 34:303-394.
- Barnes, M., & Achituv, Y. (1981). The nauplius stages of the cirripede *Tetraclita squamosa rufotincta* Pilsbry. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 54(2), 149-165.
- Barnes, M., & Reese, E. S. (1960). The behaviour of the stalked intertidal barnacle *Pollicipes polymerus*, J. B. Sowerby, with special reference to its ecology and distribution. Journal of Animal Ecology, 29: 169-185.

- Bedecarratz, P. C., López, D. A., López, B. A., & Mora, O. A. (2011). Economic Feasibility of Aquaculture of the Giant Barnacle *Austromegabalanus psittacus* in Southern Chile. *Journal of Shellfish Research*, 30(1):147-157.
- Berger, M. S & Emllet, R. B. (2007). Heat-Shock Response of the Upper Intertidal Barnacle *Balanus glandula*: Thermal Stress and Acclimation. *Biol. Bull.* 212: 232-241.
- Bertness, M.D., S.D. Gaines & S.M. Yeh (1998). Making mountains out of barnacles: the dynamics of hummock formation. *Ecology* 79:1382-1394.
- Borja, A., Liria, P., Muxika, I., and Bald, J. (2006). Relationships between wave exposure and biomass of the goose barnacle (*Pollicipes pollicipes*, Gmelin, 1790) in the Gaztelugatxe Marine Reserve (Basque Country, northern Spain). *ICES Journal of Marine Science*, 63: 626-636.
- Braziller, G. (1976). *General System theory: Foundations, Development, Applications*, New York. Revised edition. 136 pp. ISBN 0-8076-0453-4.
- Caddy, J.F. (1987) Size-frequency analysis for crustacea: moult increment and frequency model for stock assessment. *Kuwait Bull. Marine Sciences*, 9, 43-61.
- Cadima, E.L. (2003). *Manual de evaluación de recursos pesqueros*. Documento Técnico de Pesca. No. 393. FAO, Roma, Italia. 158 pp.
- Cancino, M., Hernández, C., Chong, O., Iriarte, R., & Avilés, F. (1998). Estudio del ciclo vital del piure y picoroco en la VIII Región. Concepción: Proyecto FIP N°96-49: 165 pp.
- Cardoso, A. C., & Yule, A. B. (1995). Aspects of the reproductive biology of *Pollicipes pollicipes* (Cirripedia; Lepadomorpha) from the southwest coast of Portugal. *Aquatic Ecology*, 29(3), 391-396.
- Carnevia, D. (2008). Análisis de las oportunidades de cultivo de especies acuáticas en Uruguay (No. 639.3 CARa). FAO.
- Carver C. & Mallet A. (1990). Estimating carrying capacity of a coastal inlet for mussel culture. *Aquaculture* 88: 39-53.
- Contreras, C., Luna, N., & Dupré, E. (2015). Morfología del aparato reproductor del picoroco *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782) (Cirripedia, Balanidae). *Latin American J. of Aquatic Research*. 43(3): 607-615.
- Copp G. H., Godard M. J. & Russell I.C. (2016) A preliminary evaluation of the European non-native species in aquaculture risk assessment scheme applied to species listed on Annex IV of the EU Alien Species Regulation. *Fisheries Management and Ecology*, 23, 12–20.
- Crisp D. J. (1983). Extending Darwin’s investigations on the barnacle life-history. *Biological Journal of the Linnean Society*. 20(1):73-83.
- Crisp, D. J. (1954). The breeding of *Balanus porcatus* (Da Costa) in the Irish Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 33:473-496.

- Crisp D.J. & Barnes H. (1954). The orientation and distribution of barnacles at settlement with particular reference to surface contour. *The Journal of Animal Ecology*, 142-162.
- Crisp D.J. & Ritz A.D. (1973). Responses of cirripedes to light. Experiment with white light. *Marine Biology* 23, 327-335.
- Crisp, D.J. & Southward A.J. (1961). Different types of cirral activity of barnacles. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 243: 271-308.
- Crisp, D.J. (1960). Factors influencing growth-rate in *Balanus balanoides*. *Journal of Animal Ecology*. 29:95-116.
- Cuitiño J.I., Scasso R.A., Ventura Santos R., Mancini L.H. (2015). Sr ages for the Chenque Formation in the Comodoro Rivadavia region (Golfo San Jorge Basin, Argentina): stratigraphic implications. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 22 (1): 3-12.
- Darwin, C. (1854). A monograph on the Sub-class Cirripedia. London: Ray Society. 684 pp.
- Diarte-Plata G., R. Escamilla-Montes, G. De la Cruz-Agüero, S. Granados-Alcantar y P. Álvarez-Ruiz. (2013). Crecimiento y supervivencia del mejillón *Mytella strigata* (Bivalvia: Mytilidae) en cultivo suspendido en la Laguna Macapule, Sinaloa, México. *Hidrobiológica* 23(3):374-385.
- Dionisio, M., Rodríguez, A., & Costa, A. (2007). Reproductive biology of *Megabalanus azoricus* (Pilsbry), the azorean barnacle. *Invertebrate. Reproduction & Development.*, 50(3): 155-162.
- Duarte P, U Labarta & M Fernández-Reiriz. (2008). Modeling local food depletion effects in mussel raft of Galician Rias. *Aquaculture* 274: 300-312.
- Duarte P., R. Meneses, A.J.S. Hawkins, M. Zhu, J. Fang & J. Grant. (2003). Mathematical modelling to assess the carrying capacity for multi-species culture within coastal waters. *Ecological Modelling* 168: 109-143.
- Egan, E. A. & Anderson, D. T. (1987). Larval development of the magabalaninae balanomorph *Austromegabalanus nigrescens* (Lamarck) (Cirripedia, Balanidae). *Australian Journal of marine and freshwater Research*, 38, 511-522.
- Egan, E. A. & Anderson, D. T. (1988). Larval development of the coronuloid barnacles *Austrobalanus imperator* (Darwin), *Tetraclitella purpurascens* (Wood) and *Tesseropora rosea* (Krauss) (Cirripedia, Tetraclitidae). *Journal of Natural History*, 22(5), 1379-1405.
- Fernández, M., CucchiColleoni, D., Roux, A., Marcos, Á., & Fernández, E. (2007). Caracterización físico-química del sistema bentónico en el sector sur del Golfo San Jorge, Argentina. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(2): 177 – 192.
- Fitridge, I., Dempster T., Guenther J. & De Nys R. (2012) The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review, *Biofouling*, 28:7, 649-669.
- Fondef (2012). Producción de semilla de picoroco para su cultivo industrial. (López. D.A.) Proyecto Fondef DO711042. Repositorio Conicyt. Gobierno de Chile.
- Foster, B. A., & Buckeridge, J. S. (1987). Barnacle palaeontology. *Crustacean issues*, 5, 43-62.

- Franco, S. C., Aldred, N., Sykes, A. V., Cruz, T., & Clare, A. S. (2015) The effects of rearing temperature on reproductive conditioning of stalked barnacles (*Pollicipes pollicipes*). *Aquaculture*, 448:410–417.
- Ganesh Kumar C. & Anand S.K. (1998). Significance of microbial biofilms in food industry: a review. *International Journal of Food Microbiology* (42) 9–27.
- Gayoso, A., & Ciocco, N. (2001). Observations on *Prorocentrum lima* of North-Patagonian coastal waters (Argentina) associated with a diarrheic disease episode. *Harmful Algal News* , 22:4 .
- Gayoso, A., Dover, S., Morton, S., Busman, M., Moeller, P., Fulco, V., & Maranda, L. (2002). Diarrhetic shellfish poisoning associated with *Prorocentrum lima* (Dinophyceae) in Patagonian Gulfs (Argentina). *Journal of Shellfish Research*, 21 (2): 461-463.
- Giese, A. C., & Kanatani, H. (1987). Maturation and spawning. *Reproduction of marine invertebrates*, 9, 251-329.
- Glembocki N.G., Williams G.N., Góngora M.V., Gagliardini D.A., Orensanz J.M. (Lobo) (2015). Synoptic oceanography of San Jorge Gulf (Argentina): A template for Patagonian red shrimp (*Pleoticus muelleri*) spatial dynamics. *Journal of Sea Research* (95) 22–35.
- González, M. L. (1989). Presupuesto energético y aporte de materia orgánica en *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782) (Cirripedia: Balanidae). Tesis de Magister. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. XX + 104 pp.
- González, M.A.(2013). Dinámica poblacional de *Balanus glandula* en Punta Marqués, Chubut. *Rev. Naturalia Patagónica*. FCN.UNPSJB.6:84-86.
- Grant J., K. Curran, T. Guyondet, G. Tita, C. Bacher, V. Koutitonsky & M. Dowd (2007). A box model of carrying capacity for suspended mussel aquaculture in Lagune de la Grande-Entrée, Iles-de-la-Madeleine, Québec. *Ecological Modelling* 200: 193-206.
- Guiler, E. (1959). Intertidal belt-forming species on the rocky coast of northern Chile. *Papers and Pro. Roy. Soc. Tasmania*, 93: 33–60.
- Guisande González C., Vaamonde Liste A., Barreiro Felpeto A.(2011). Tratamiento de datos con R, Estadística y SPSS. Ediciones Diaz de Santos, España. 977 pp.
- Hambrey, J. (2017). The 2030 Agenda and the sustainable development goals: the challenge for aquaculture development and management. *Circular de pesca y acuicultura de la FAO nº 1141*. Roma, FAO.
- Hernández-, H. (1999). Fecundidad y ciclo de madurez sexual de *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782) en la VIII Región. Concepción: Universidad Católica de la Santísima Concepción. Tesis para optar al título de grado. 79pp.
- Hills, J.M. & J.C. Thomason (2003). Recruitment density can determine adult morphology and fecundity in the barnacle, *Semibalanus balanoides*. *Biofouling*.19(3): 205-213.
- Hines, A. H. (1978). Reproduction in three species of intertidal barnacles from central California. *The Biological Bulletin*, 154(2), 262-281.

- Jamieson G.S., Bourne N. (1986). North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates. Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Sciences., 92, 430 pp.
- Jiménez López J., Zorrilla J., Areito Toledo P., Ferradas García M., García Rodríguez M., Alonso Noval M, Goutayer García D. (1991). Guía Metodológica para la elaboración de estudios de Impacto Ambiental. Cultivos Marinos. Consellería de Ordenación do territorio y Obras Públicas (Xunta de Galicia).185 pp.
- Klinger D. & Naylor R. (2012) Searching for Solutions in Aquaculture: Charting a Sustainable Course. Annual. Review of Environment and Resources. 37:247–76.
- Klinger D., Eikesetb A., Davíðsdóttir B., Winterb A., Watson J. (2018) The mechanics of blue growth: Management of oceanic natural resource use with multiple, interacting sectors. Marine Policy, 87.356-362.
- Kolosvary, G. V. (1942). Studien an cirripedien. Zoologischer Anzeiger , 1(3):138-150.
- Kon-Ya, K., Shimidzu, N., Miki, W., & Endo, M. (1994). Indole derivatives as potent inhibitors of larval settlement by the barnacle, *Balanus amphitrite*. Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 58(12), 2178-2181.
- Korn, O., & Kolotukhina, N. (1984). Reproduction of the barnacle *Chthamalus dalli* in the Sea of Japan. Sov. Journal of Marine Biology, (9), 84-91.
- Lanas, P., & Rico, A. (2005). Distribución y aspectos ecológicos de *Balanus glandula* en una costa abierta de Comodoro Rivadavia. Naturalia patagónica. 2(1):15-31.
- Lara, O., Gómez, J. & Romer, C. (2009). Cultivo piloto experimental de los bivalvos (*Pinctada imbricata*, *Pteria colymbus* y *Argopecten nucleus*) en bahía Portete, departamento de la Güajira, Caribe colombiano. Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui., II: 437-445.
- Lauzier, R. B. (1999). A review of the biology and fisheries of the goose barnacle (*Pollicipes polymerus* Sowerby, 1833). Fisheries and Oceans Canada, Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document, 99/111. 30 pp.
- Leslie, H. M., Breck, E. N., Chan, F., Lubchenco, J., & Menge, B. A. (2005). Barnacle reproductive hotspots linked to near shore ocean conditions. PNAS, 102(30):10535-10539.
- Lyster, T. (2004). What are the economic prospects of developing aquaculture in Queensland to supply the low price white fillet market? Lessons from the US channel catfish industry (No. 1741-2016-140636).
- Little D. C, Newton R. W. & Beveridge M. C. M. (2016). Aquaculture: a rapidly growing and significant source of sustainable food? Status, transitions and potential. Proceedings of the Nutrition Society. 75, 274-286.
- Lodeiros, C. & Freites Valbuena, L. (2008). Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela. In: Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Lovatelli, A., Farías, A. & Uriarte, I (dirs.). Taller Técnico Regional de la FAO. FAO Actas de Pesca y Acuicultura, 12: 135-150.

- López, B., Guitro, S., & López, D. (2007). Density-dependent effects in the cirral structure of barnacle *Jehlius cirratus* (Darwin, 1854). *Crustaceana*, 80 (7): 793-801. .
- López, B., Ramírez, R., Guitro, S., & López, D. (2010). Interspecific differences in the phenotypic plasticity of intertidal barnacles in responses to habitat changes. *Journal of Crustacean Biology*, 30 (3): 357-365.
- López, B. (2020). Marginal Marine Crustacean Fisheries In: Fisheries and Aquaculture. Edited by: Gustavo Lovrich and Martin Thiel, Oxford University Press . © Oxford University Press. DOI: 10.1093/oso/9780190865627.003.0007
- López, D. (1976). Contribución al conocimiento de la anatomía y desarrollo ontogenético de *Balanus* (Megabalanus) *psittacus* (Molina, 1782) (Crustacea, Cirripedia, Balanidae) en Isla Puluqui, Llanquihue. (260 pp.). Tesis de grado. Universidad de Concepción.
- López, D. A., López, B. A., & Pham, C. K. (2012a). Potency of Barnacle in Aquaculture Industry. INTECH Open Access Publisher, 295-316.
- López, D. A., López, B. A., Arriagada, S. E., Mora, O. A., Bedecarratz, P. C., Pineda, M. O. & Uribe, J. M. (2012b). Diversification of Chilean aquaculture: the case of the giant barnacle *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(3): 596-607.
- López, D. A.; López, B. A.; Pham, Cr K.; Isidro, J. & De Girolamo, M. (2010). Barnacle culture: background, potential and challenges. *Aquaculture Research*, 41, e367-e375.
- López, D., Castro, J., González, M., & Simpfendorfer, R. (2003). Physiological responses to hypoxia and anoxia in the giant barnacle, *Austromegabalanus psittacus* (Molina 1782). *Crustaceana*, 76(5):533-545.
- López, D., López, B., Burgos, I., & Arriagada S.E. & González, M. (2007). Consequences of base modification in hummocks of the barnacle *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 41(3): 291-298.
- López, D., López, B., González, M., & Arriagada, S. (2005). Aquaculture diversification in Chile: potential culture of giant barnacles. *Global Aquaculture Advocate*, 8, 73–74.
- Louge, E., Reta, R., Santos, B., & Hernández, D. (2004). Variaciones interanuales de la temperatura y salinidad, en el Golfo San Jorge y aguas adyacentes (43-47 S) durante los meses de enero entre 1995-2000., *Revista de. Investigacion y. Desarrollo Pesquero*, 16: 27-42.
- Maki J.C. & Mitchell R. (2002). Biofouling in the marine environment. In: Bitton G, editor. *Encyclopedia of environmental microbiology*. New York (NY): John Wiley and Sons., 610–619.
- Marambio J. & Maturana S. y Campos B. (2012). Dynamic biomass growth model for *Mytilus chilensis* in longline culture systems. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol. 47, Nº1: 51-64.
- Marchinko, K. (2007). Feeding behavior reveals the adaptive nature of plasticity in barnacle feeding limbs. *The Biological Bulletin*, 213: 12–15.

- Marchinko, K., & Palmer, A. (2003). Feeding in flow extremes: dependence of cirrus form on wave-exposure in four barnacle species. *Zoology*, 106: 127– 141.
- Martin, J. P., Garese, A., Sar, A., & Acuña, F. H. (2015). Fouling community dominated by *Metridium senile* (Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria) in Bahía San Julián (southern Patagonia, Argentina). *Scientia Marina*, 79(2), 211-221.
- Martínez, S., & del Rio, C. (2002). Las provincias malacológicas miocenas y recientes del Atlántico sudoccidental. *Anales de Biología*, 24: 121-130.
- McKindsey CW, H. Thetmeyer, T. Landry & W. Silvert. (2006). Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. *Aquaculture* 261: 451-462.
- Molina, G. (1782). *Saggio sulla storia naturale del Chilei*. Bologna: Stamperia di S. Tommaso d’Aquino.
- Murua, J., Burrows, M. T., Hughes, R. N., Hawkins, S. J., Thompson, R. C., & Jenkins, S. R. (2014). Phenotypic variation in shell form in the intertidal acorn barnacle *Chthamalus montagui*: distribution, response to predators and life history trade-offs. *Marine Biology*, 161(11), 2609-2619.
- Neufeld, C. J., & Rankine, C. (2012). Cuticle and muscle variation underlying phenotypic plasticity in barnacle feeding leg and penis form. *Invertebrate Biology* 1, 31(2): 96–109.
- Nielsen, S., Høeg, J., & Yusa, Y. (2016). Host Relation, Size and Reproduction in the Burrowing Barnacle *Trypetesa lampas* (Hancock) (Crustacea Cirripedia Acrothoracica). *Zoological Studies*, 55: 14.
- Nillson-Cantell, C. A. (1957). Thoracica cirripeds from Chile. Reports of the Lund University Exp.1948–9 N° 31. Lund. Univ. Arssk N. F., 53(9):1–3.
- Nillsson-Cantell, C. (1929). Cirripeds from the Juan Fernández Islands. Uppsala: Ed. Or. C. Skottsberg III. 146-147.
- Nishizaki, M. T., & Carrington, E. (2014). The effect of water temperature and flow on respiration in barnacles: patterns of mass transfer versus kinetic limitation. *The Journal of Experimental Biology*, 217, 2101-2109.
- O’Riordan, R. & Murphy, O. (2000) Variation in the reproductive cycle of *Elminius modestus* in southern Ireland. *Journal of Marine Biology. Ass. U.K.*, 80 607–616.
- OESA - Fundación Biodiversidad (2017). Cultivo del mejillón (*Mytilus galloprovincialis*). Madrid, España. 104 pp.
- Pappalardo, P., Pitombo, F. B., & Haye, P. A. (2016). A rose by any other name: systematics and diversity in the chilean giant barnacle *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782) (Cirripedia). *Journal of crustacean biology*.36(2):180-188
- Perreault, R. T. (2016). On the authorship of *Austromegabalanus psittacus* (Molina). *Zootaxa*, 4169(2), 375-375.

- Pham, C. (2008) Proceedings of the international workshop: developing a sustainable aquaculture industry in the Azores Arquipélago. Life Mar. Sci., Supplement <http://www.horta.uac.pt/intradop/index.php/pt/supplement-7-2008-arquipgo-257> (xiii + 81 pp)
- Pham, C., De Girolamo, M., & Isidro, E. (2011). Recruitment and growth of *Megabalanus azoricus* (Pilsbry, 1916) on artificial substrates: first steps towards commercial culture in the Azores. Life and Marine Sciences, 28: 47-56.
- Pilsbry, H. (1909). Reports on the barnacles of Perú. Proa. U. S. Natural Museum. 37: 63-74.
- Pilsbry, H. (1916). The sessile barnacles (cirripedia) contained in the collection of the U.S. National Museum including a monograph of the American species. U.S. Natural. Museum, 93: 366 pp.
- Prendergast, G. S. (2010). Settlement and behaviour of marine fouling organisms. Wiley-Blackwell: Chichester, UK.: S. Dürr, & J. C. Thomason (Eds.). En Biofouling, Oxford (UK) (2010), 30-51.
- Rainbow, P.S. & Walker G. (1977). The functional morphology and development of the alimentary tract of larval and juvenile barnacles (Cirripedia: Thoracica). Marine Biology, 42 (4): 337-349.
- Regala, J. (1999). Contribuição para o estudo da biologia da craca dos Açores, *Megabalanus azoricus* (Pilsbry 1916). DOP, Universidade do Algarve, Faro.: Relatório de Estágio do Curso de Licenciatura em Biologia Marinha.
- Rico, A. (2009). Ecología de las comunidades bentónicas submareales del puerto de Comodoro Rivadavia (Chubut, Argentina). Tesis para optar al grado académico de Doctor en Ciencias Naturales. Universidad Nacional de La Plata. 144pp.
- Rico, A., Lanas, P., & López Gappa, J. (2001). Temporal and spatial patterns in the recruitment of *Balanus glandula* and *Balanus laevis* (Crustacea, Cirripedia) in Comodoro Rivadavia harbor (Chubut, Argentina). Rev. Mus. Argentino de Ciencias Naturales, 3(2):175-179.
- Riisgård, H., & Larsen, P. (2010). Particle capture mechanisms in suspension feeding invertebrates. Marine Ecology Progress Series, 418: 255–293.
- Rivera, A., Weidberg, N., Pardiñas, A. F., González-Gil, R., García Flórez, L. & Acuña, J. (2013). Role of Upwelling on Larval Dispersal and Productivity of Gooseneck Barnacle Populations in the Cantabrian Sea: Management Implications. PLOS ONE, 8(11) 10 pp.
- Romero López, T. (2011). Fitoplancton y Acuicultura. Informe del centro de Investigaciones pesqueras. Cuba. 76pp.
- Rowland, SJ & Barlow, CG (1991). Fish biology, the correct prerequisites, a case study with *Bidyanus bidyanus* silver perch. Austasia Aquaculture , 5 (5), 27-30.
- Rozbaczylo, N., & Castilla, J. C. (1987). Invertebrados marinos del Archipiélago de Juan Fernández. En J. C. Castilla, Islas oceánicas chilenas: conocimiento científico y necesidades de investigaciones (págs. 167-189). Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.

- Santelices, B. (1991). Littoral and sublittoral communities of continental Chile. In A. C. Mathieson, & P. H. Nienhuis, Ecosystems of the world 24. Intertidal and littoral ecosystems. C.O. USA: Elsevier Scientific Publishing. 347-365.
- Sar, E., Suneson, I., Lavigno, A., & Goya, A. (2010). *Dinophysis* sp. asociado a detección de toxinas diarreicas (DSTs) en moluscos y a intoxicación diarreica en humanos (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45 (3) 451-460.
- Savini D., Occhipinti–Ambrogi A., Marchini A., Tricarico E., Gherardi F., Olenin S. & Gollasch S. (2010) The top 27 animal alien species introduced into Europe for aquaculture and related activities. *Journal of Applied Ichthyology*. 26 (Suppl. 2), 1–7.
- Sokal RR & Rohlf FJ (1979). *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H Blume Ediciones. Madrid. 832 pp.
- Southward, A. J. (1987). *Barnacle biology*. CRC Press. Ed., AA Balkema, Rotterdam. 405 pp.
- Southward, A.J. & Crisp, D.J. (1956) Fluctuations in the distribution and abundance of intertidal barnacles. *Journal of Marine Biology. Ass. U.K.*, 35, 211–229.
- Stechey D. & Somers K. (1995). Potential, realized, and actual fecundity in the crayfish *Orconectes immunis* from southwestern Ontario. *Can. J. Zool.* 73: 672 -677.
- Stigebrandt A. (2011). Carrying capacity: general principles of model construction. *Aquaculture Research* 42: 41-50.
- Stotz, W. B., Aburto, J., Caillaux, L. M., & González, S. A. (2016). Vertical distribution of rocky subtidal assemblages along the exposed coast of north-central Chile. *Journal of Sea Research*, 34-47.
- Stuardo, J. (1962). Informe de los estudios sobre mitilicultura realizados hasta septiembre de 1961. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura.
- Sykes, A. V., Domingues, P. M., Correia, M., & Andrade, J. P. (2006). Cuttlefish culture: state of art and future trends. *Vie et milieu/Life & Environment*, 56(2), 129-137.
- Trager G.C., Hwang J.S. & Strickler J.R. (1990). Barnacle suspension-feeding in variable flow. *Marine Biology* 105: 117–127.
- Trujillo, L. E., Uribe, J. M., López, B. A., & López, D. A. (2014). Actividad antibacteriana de extractos crudos del crustáceo *Austromegabalanus psittacus* (Cirripedia: Balanidae). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 385-392.
- Urban, J. (2000). Culture potential of the pearl oyster *Pinctada imbricata* from the Caribbean. I. Gametogenic activity, growth, mortality and production of a natural population. *Aquaculture*, 189: 361-373.
- Valentine, J. (1973). *Evolutionary Paleocology of the Marine Biosphere*. Prentice Hall, NJ. XV. 511pp.
- Velasco, L., Barros, J., Trujillo, C., Gómez, J., Arias, L., Hernández, R. & Rojas, J. (2008). State of shellfish aquaculture on the Caribbean coast of Colombia and potential site for a regional

- hatchery facility. pp. 119-132. In: Lovatelli, A. & S. Sarkis (dirs.). A regional shellfish hatchery for the Wider Caribbean: assessing its feasibility and sustainability. FAO Regional Technical Workshop. 18-21 October, Kingston, Jamaica. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings, No. 19. Rome, FAO. 2011. pp. 119-132.
- Weltner, W. (1898). Cirripeden Ergebn. Der Hamburger Magelhaensischen Sammelreise. Berlín: Naturgesch. (4):1-115
- Wurmann, G. (2005). Acuicultura en América Latina y el Caribe: Radiografía de una industria que progresa y promete. *Aquanoticias*. 95, 14-20.
- Yan, Y., Benny, K., & Williams, A. (2006). Reproductive development of the barnacle *Chthamalus malayensis* in Hong Kong: implications for the life-history patterns of barnacles on seasonal, tropical shores. *Marine Biology*, 148: 875-887.
- Young, P. S. (2000). Cirripedia Thoracica (Crustacea) collected during the “Campagne de La Calypso (1961-1962)” from the Atlantic shelf of South America. *Zoosystema*, 22 (1): 85-100.
- Yusa, Y., Takemura, M., Sawada, K., & Yamaguchi, S. (2013). Diverse, continuous, and plastic sexual systems in barnacles. *Integrative and comparative biology*, 53(4), 701-712.
- Zullo, V. (1966a). Thoracic Cirripedia From the Continental Shelf Off South Carolina, USA 1. *Crustaceana*, 11(3), 229-244.
- Zullo, V. A. (1966b). Zoogeographic affinities of the Balanomorpha (Cirripedia: Thoracica) of the eastern Pacifico En: R. I. Bowman (ed.). *The Galapagos*. University of California Press, 139-144.

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

3) Anova de la variación mensual de la fecundidad. Análisis a posteriori de la menor diferencia significativa.

STATISTICA - anovafec* - [LSD test; variable Var4 (datosfecundidad)] - [anovafec* - LSD test; variable Var4 (datosfecundidad)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

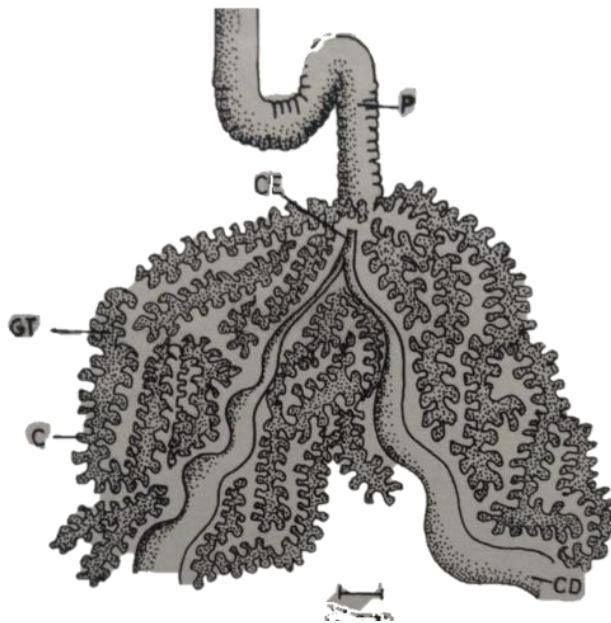
Arial 10 B I U

anovafec* ANOV AN

LSD test; variable Var4 (datosfecundidad)
 Probabilities for Post Hoc Tests
 Error: Between MS = 48868., df = 18,000

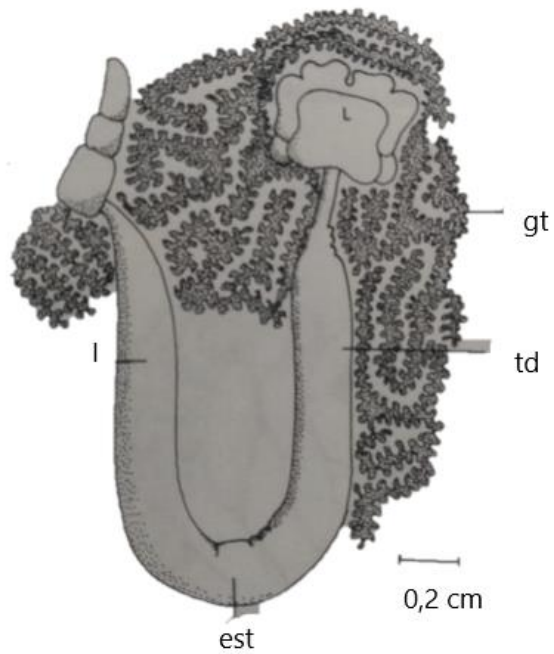
| Cell No. | mes | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} |
|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | noviembre | 392,23 | 790,31 | 416,43 | 673,13 | 581,11 | 522,49 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 330,37 | 264,90 | 318,03 |
| 2 | diciembre | 0,124655 | 0,124655 | 0,919593 | 0,270646 | 0,553270 | 0,681849 | 0,226796 | 0,226796 | 0,226796 | 0,821839 | 0,612697 | 0,774608 |
| 3 | enero | 0,919593 | 0,014702 | | 0,080399 | 0,494787 | 0,658914 | 0,095763 | 0,095763 | 0,095763 | 0,633162 | 0,288565 | 0,527052 |
| 4 | febrero | 0,270646 | 0,463150 | 0,080399 | | 0,714021 | 0,549830 | 0,014058 | 0,014058 | 0,014058 | 0,090229 | 0,017665 | 0,049780 |
| 5 | marzo | 0,553270 | 0,408433 | 0,494787 | 0,714021 | | 0,853363 | 0,079960 | 0,079960 | 0,079960 | 0,366631 | 0,217003 | 0,316356 |
| 6 | abril | 0,681849 | 0,292848 | 0,658914 | 0,549830 | 0,853363 | | 0,112598 | 0,112598 | 0,112598 | 0,487033 | 0,311104 | 0,433576 |
| 7 | mayo | 0,226796 | 0,005033 | 0,095763 | 0,014058 | 0,079960 | 0,112598 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,239491 | 0,299734 | 0,230178 |
| 8 | junio | 0,226796 | 0,005033 | 0,095763 | 0,014058 | 0,079960 | 0,112598 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,239491 | 0,299734 | 0,230178 |
| 9 | julio | 0,226796 | 0,005033 | 0,095763 | 0,014058 | 0,079960 | 0,112598 | 1,000000 | 1,000000 | | 0,239491 | 0,299734 | 0,230178 |
| 10 | agosto | 0,821839 | 0,027289 | 0,633162 | 0,090229 | 0,366631 | 0,487033 | 0,239491 | 0,239491 | 0,239491 | | 0,736344 | 0,951915 |
| 11 | septiembre | 0,612697 | 0,003478 | 0,288565 | 0,017665 | 0,217003 | 0,311104 | 0,299734 | 0,299734 | 0,299734 | 0,736344 | | 0,756640 |
| 12 | octubre | 0,774608 | 0,011907 | 0,527052 | 0,049780 | 0,316356 | 0,433576 | 0,230178 | 0,230178 | 0,230178 | 0,951915 | 0,756640 | |

4) Sistema Reproductor masculino, tomado de López (1976)



Disposición de las glándulas testiculares y conductos deferentes dentro del prosoma. P: pene. CE: conducto eferente. GT: glándulas testiculares. C: ciego. CD: conducto deferente

Bases biológicas para el cultivo del picoroco



Disposición de las glándulas testiculares en el interior del prosoma, rodeando al tubo digestivo. L. labro. gt: glándulas testiculares. td: tubo digestivo. est: estómago. I: intestino

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

Anexo B: Capítulo III. Alimentación

Tabla 14
Cirro1. N° de artejos vs LCR
Lineal

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,595 | ,374 | ,352 | 2,411 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| LCR | 1,028 | ,254 | ,595 | 4,054 | ,000 |
| (Constant) | 6,344 | 2,192 | | 2,894 | ,007 |

Logarítmico

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,603 | ,364 | ,343 | 2,392 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(LCR) | 8,507 | 2,052 | ,603 | 4,146 | ,000 |
| (Constant) | -2,946 | 4,365 | | -,675 | ,505 |

Potencial

Model Summary

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,612 | ,375 | ,354 | ,161 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(LCR) | ,584 | ,138 | ,612 | 4,240 | ,000 |
| (Constant) | 4,291 | 1,257 | | 3,412 | ,002 |

The dependent variable is ln(Cirro1).

Cirro 2. N° de artejos vs LCR**Lineal****Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,614 | ,576 | ,524 | 28,297 |

La variable independiente es LCR.

Coefficientes

| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|-------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|-------|------|
| | B | Error típico | Beta | | |
| LCR | 642,726 | 166,074 | ,614 | 4,111 | ,000 |
| (Constante) | 517,099 | 124,582 | | 3,363 | ,002 |

Logaritmico**Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,645 | ,541 | ,526 | 7,570 |

*Bases biológicas para el cultivo del picoroco***Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,645 | ,541 | ,526 | 7,570 |

La variable independiente es LCR.

Coeficientes

| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|-------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------|------|
| | B | Error típico | Beta | | |
| ln(LCR) | 627,531 | 146,033 | ,631 | 4,170 | ,000 |
| (Constante) | 1116,762 | 58,299 | | 22,216 | ,000 |

Potencial**Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,675 | ,575 | ,556 | ,280 |

La variable independiente es LCR.

Coeficientes

| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|-------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------|------|
| | B | Error típico | Beta | | |
| ln(LCR) | ,666 | ,138 | ,675 | 4,835 | ,000 |
| (Constante) | 1253,117 | 65,575 | | 19,110 | ,000 |

Cirro 3. N° de artejos vs LCR**Lineal****Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,771 | ,594 | ,581 | 1,493 |

The independent variable is LCR.

*Bases biológicas para el cultivo del picoroco***Coefficients**

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| LCR | 1,042 | ,157 | ,771 | 6,631 | ,000 |
| (Constant) | 8,198 | 1,358 | | 6,037 | ,000 |

Logarítmico**Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,741 | ,550 | ,535 | 1,574 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(LCR) | 8,171 | 1,350 | ,741 | 6,052 | ,000 |
| (Constant) | -,267 | 2,872 | | -,093 | ,927 |

Potencial**Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,744 | ,553 | ,538 | ,090 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(LCR) | ,471 | ,077 | ,744 | 6,096 | ,000 |
| (Constant) | 6,235 | 1,024 | | 6,090 | ,000 |

The dependent variable is ln(Cirro3).

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

Tabla 15:
Cirro 4. N° de artejos vs LCR
Lineal

| Resumen del modelo | | | |
|--------------------|------------|----------------------|-------------------------------|
| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
| ,566 | ,310 | ,284 | 1243,148 |

La variable independiente es LCR.

| Coeficientes | | | | | |
|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|-------|------|
| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
| | B | Error típico | Beta | | |
| LCR | 2973,573 | 628,865 | ,665 | 4,728 | ,000 |
| (Constante) | 896,528 | 661,083 | | 1,356 | ,186 |

Logarítmico

| Resumen del modelo | | | |
|--------------------|------------|----------------------|-------------------------------|
| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
| ,584 | ,302 | ,289 | 1215,788 |

La variable independiente es LCR.

| Coeficientes | | | | | |
|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------|------|
| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
| | B | Error típico | Beta | | |
| ln(LCR) | 2965,833 | 597,357 | ,684 | 4,965 | ,000 |
| (Constante) | 4068,808 | 227,020 | | 17,923 | ,000 |

Potencial

| Resumen del modelo | | | |
|--------------------|------------|----------------------|-------------------------------|
| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

| | | | |
|------|------|------|------|
| ,492 | ,378 | ,316 | ,336 |
|------|------|------|------|

La variable independiente es LCR.

Coefficientes

| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|-------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------|------|
| | B | Error típico | Beta | | |
| ln(LCR) | ,836 | ,165 | ,692 | 5,167 | ,000 |
| (Constante) | 3703,173 | 203,770 | | 14,921 | ,000 |

La variable dependiente es ln(Cirro4).

Cirro 5. N° de artejos vs LCR

Lineal

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,573 | ,328 | ,307 | 6,938 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| LCR | 2,739 | ,693 | ,573 | 3,952 | ,000 |
| (Constant) | 3,028 | 6,087 | | ,497 | ,622 |

Logarítmico

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,567 | ,322 | ,300 | 6,970 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|--|-----------------------------|---------------------------|---|------|
|--|-----------------------------|---------------------------|---|------|

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

| | B | Std. Error | Beta | | |
|------------|---------|------------|------|--------|------|
| ln(LCR) | 22,288 | 5,721 | ,567 | 3,896 | ,000 |
| (Constant) | -20,901 | 12,256 | | -1,705 | ,098 |

Potencial

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,582 | ,339 | ,318 | ,260 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(LCR) | ,865 | ,214 | ,582 | 4,047 | ,000 |
| (Constant) | 4,010 | 1,837 | | 2,183 | ,036 |

The dependent variable is ln(Cirro5).

Cirro 6: N° de artejos Vs LCR

Lineal

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,528 | ,279 | ,255 | 5,974 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| LCR | 2,141 | ,629 | ,528 | 3,406 | ,002 |
| (Constant) | 9,878 | 5,433 | | 1,818 | ,079 |

Logarítmico

Model Summary

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,512 | ,262 | ,237 | 6,044 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(LCR) | 16,928 | 5,186 | ,512 | 3,264 | ,003 |
| (Constant) | -7,803 | 11,030 | | -,707 | ,485 |

Potencial**Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,495 | ,245 | ,220 | ,224 |

The independent variable is LCR.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(LCR) | ,600 | ,192 | ,495 | 3,118 | ,004 |
| (Constant) | 7,642 | 3,126 | | 2,445 | ,021 |

The dependent variable is ln(Cirro6).

Tabla 16:
Cirro 1 Longitud vs AC

Lineal**Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,481 | ,231 | ,203 | 364,593 |

La variable independiente es AC.

Coefficientes

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|-------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------|------|
| | B | Error típico | Beta | | |
| (AC) | 205,353 | 105,341 | ,346 | 1,949 | ,061 |
| (Constante) | 1216,752 | 74,779 | | 16,271 | ,000 |

Logarítmica**Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,346 | ,120 | ,088 | 390,100 |

La variable independiente es AC.

Coeficientes

| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|-------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------|------|
| | B | Error típico | Beta | | |
| ln(AC) | 205,353 | 105,341 | ,346 | 1,949 | ,061 |
| (Constante) | 1216,752 | 74,779 | | 16,271 | ,000 |

Potencial**Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,324 | ,105 | ,073 | ,359 |

La variable independiente es AC.

Coeficientes

| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|-------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------|------|
| | B | Error típico | Beta | | |
| ln(AC) | ,176 | ,097 | ,324 | 1,810 | ,081 |
| (Constante) | 1144,081 | 78,771 | | 14,524 | ,000 |

La variable dependiente es ln(Lcirro1).

Cirro 4. Longitud vs AC.**Lineal**

*Bases biológicas para el cultivo del picoroco***Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,667 | ,520 | ,426 | 4,346 |

La variable independiente es AC.

Coeficientes

| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|-------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|-------|------|
| | B | Error típico | Beta | | |
| AC | 1149,869 | 316,458 | ,566 | 3,634 | ,001 |
| (Constante) | 2121,047 | 533,664 | | 3,975 | ,000 |

Logarítmica**Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,734 | ,643 | ,446 | 1501,680 |

La variable independiente es AC.

Coeficientes

| | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|-------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------|------|
| | B | Error típico | Beta | | |
| ln(AC) | 1034,759 | 405,507 | ,434 | 2,552 | ,016 |
| (Constante) | 3608,585 | 287,860 | | 12,536 | ,000 |

Potencial**Resumen del modelo**

| R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típico de la estimación |
|------|------------|----------------------|-------------------------------|
| ,645 | ,564 | ,465 | ,426 |

La variable independiente es AC.

Coeficientes

| | Coeficientes no estandarizados | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|--|--------------------------------|-----------------------------|---|------|
|--|--------------------------------|-----------------------------|---|------|

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

| | B | Error típico | Beta | | |
|-------------|----------|--------------|------|--------|------|
| ln(AC) | ,270 | ,115 | ,405 | 2,347 | ,026 |
| (Constante) | 3285,429 | 268,042 | | 12,257 | ,000 |

La variable dependiente es ln(Lcirro4).

Tabla 17
Cirro 1. N° de artejos vs AC

Lineal

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,515 | ,245 | ,411 | 1,713 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,282 | ,066 | ,630 | 4,441 | ,000 |
| (Constant) | 12,114 | 1,028 | | 11,009 | ,000 |

Potencial

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,590 | ,384 | ,376 | ,109 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(AC) | ,225 | ,064 | ,590 | 3,922 | ,000 |
| (Constant) | 8,406 | 1,472 | | 5,713 | ,000 |

The dependent variable is ln(Cirro1).

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

Exponencial

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,616 | ,399 | ,389 | ,106 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,015 | ,004 | ,615 | 4,213 | ,000 |
| (Constant) | 13,020 | ,826 | | 15,244 | ,000 |

The dependent variable is ln(Cirro1).

Cirro 2. N° de artejos vs AC

Lineal

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,495 | ,245 | ,222 | 1,933 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,220 | ,068 | ,495 | 3,225 | ,003 |
| (Constant) | 10,945 | 1,133 | | 9,657 | ,000 |

Potencial

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,490 | ,240 | ,216 | ,140 |

*Bases biológicas para el cultivo del picoroco***Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,490 | ,240 | ,216 | ,140 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(AC) | ,256 | ,081 | ,490 | 3,179 | ,003 |
| (Constant) | 7,112 | 1,568 | | 4,536 | ,000 |

The dependent variable is ln(Cirro2).

Exponencial**Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,488 | ,238 | ,214 | ,140 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,016 | ,005 | ,488 | 3,159 | ,003 |
| (Constant) | 11,128 | ,917 | | 12,140 | ,000 |

The dependent variable is ln(Cirro2).

Cirro 3. N° de artejos vs AC**Lineal****Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,630 | ,397 | ,377 | 1,821 |

The independent variable is AC.

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,292 | ,066 | ,630 | 4,443 | ,000 |
| (Constant) | 12,414 | 1,088 | | 11,409 | ,000 |

Potencial

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,590 | ,348 | ,326 | ,109 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(AC) | ,255 | ,064 | ,590 | 3,999 | ,000 |
| (Constant) | 8,446 | 1,472 | | 5,738 | ,000 |

The dependent variable is ln(Cirro3).

Exponencial

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,616 | ,379 | ,359 | ,106 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,016 | ,004 | ,616 | 4,283 | ,000 |
| (Constant) | 13,030 | ,826 | | 15,784 | ,000 |

The dependent variable is ln(Cirro3).

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

Tabla 18
Cirro 4. N° artejos vs AC
Lineal

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,829 | ,687 | ,677 | 4,331 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | 1,268 | ,156 | ,829 | 8,122 | ,000 |
| (Constant) | 3,489 | 2,587 | | 1,349 | ,188 |

Potencial**Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,841 | ,708 | ,698 | ,180 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(AC) | ,898 | ,105 | ,841 | 8,525 | ,000 |
| (Constant) | 1,954 | ,562 | | 3,475 | ,002 |

The dependent variable is ln(Cirro4).

Exponencial**Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|----------|-------------------|----------------------------|
|---|----------|-------------------|----------------------------|

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

| | | | |
|------|------|------|------|
| ,827 | ,683 | ,673 | ,187 |
|------|------|------|------|

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,054 | ,007 | ,827 | 8,045 | ,000 |
| (Constant) | 9,489 | 1,060 | | 8,954 | ,000 |

The dependent variable is ln(Cirro4).

Cirro 5. N° de artejos Vs AC

Lineal

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,820 | ,672 | ,662 | 4,846 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | 1,387 | ,171 | ,820 | 8,099 | ,000 |
| (Constant) | 4,606 | 2,842 | | 1,621 | ,115 |

Potencial

Model Summary

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,820 | ,672 | ,662 | ,183 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|--|-----------------------------|------------|---------------------------|---|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

| | | | | | |
|------------|-------|------|------|-------|------|
| In(AC) | ,854 | ,105 | ,820 | 8,100 | ,000 |
| (Constant) | 2,490 | ,718 | | 3,469 | ,002 |

The dependent variable is In(Cirro5).

Exponencial**Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,809 | ,655 | ,644 | ,188 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,052 | ,007 | ,809 | 7,789 | ,000 |
| (Constant) | 11,150 | 1,231 | | 9,060 | ,000 |

The dependent variable is In(Cirro5).

Cirro 6- N° artejos vs AC**Lineal****Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,469 | ,220 | ,194 | 6,213 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,652 | ,224 | ,469 | 2,911 | ,007 |
| (Constant) | 17,710 | 3,712 | | 4,772 | ,000 |

Potencial

*Bases biológicas para el cultivo del picoroco***Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,385 | ,148 | ,120 | ,238 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| ln(AC) | ,319 | ,140 | ,385 | 2,286 | ,030 |
| (Constant) | 11,430 | 4,361 | | 2,621 | ,014 |

The dependent variable is ln(Cirro6).

Exponencial**Model Summary**

| R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|------|----------|-------------------|----------------------------|
| ,391 | ,153 | ,125 | ,237 |

The independent variable is AC.

Coefficients

| | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| AC | ,020 | ,009 | ,391 | 2,329 | ,027 |
| (Constant) | 19,836 | 2,813 | | 7,053 | ,000 |

The dependent variable is ln(Cirro6).

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

Alimentación natural: Análisis multivariado de correspondencias sobre la oferta ambiental en colectores artificiales. Matriz de filas y columnas. Coordenadas para cada dimensión

STATISTICA - [Workbookmicrobendef* - Row Coordinates and Contributions to Inertia (multimicben3)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

Arial 10 B I U

Workbookmicrobendef* - Row Coordinates and Contributions to Inertia (multimicben3)

Row Coordinates and Contributions to Inertia (multimicben3)
Input Table (Rows x Columns): 27 x 6
Standardization: Row and column profiles

| Row Name | Row Number | Coordin. Dim. 1 | Coordin. Dim. 2 | Mass | Quality | Relative Inertia | Inertia Dim. 1 | Cosine ² Dim. 1 | Inertia Dim. 2 | Cosine ² Dim. 2 |
|-------------------|------------|-----------------|-----------------|----------|----------|------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| Nematodo1 | 4 | -0,39127 | 0,28493 | 0,013912 | 0,704165 | 0,009610 | 0,009185 | 0,460154 | 0,010047 | 0,244011 |
| DiatCen | 5 | 0,14447 | 0,07057 | 0,015548 | 0,229037 | 0,003644 | 0,001400 | 0,184915 | 0,000689 | 0,044123 |
| af.Fragiliaropsis | 6 | 0,20140 | -0,54784 | 0,002046 | 0,648239 | 0,002233 | 0,000358 | 0,077180 | 0,005462 | 0,571058 |
| af.Tabellaria | 7 | 0,41411 | -1,11012 | 0,005319 | 0,933089 | 0,016617 | 0,003934 | 0,113980 | 0,058315 | 0,819109 |
| Diatcent1 | 8 | 0,30507 | 0,59982 | 0,002660 | 0,712971 | 0,003508 | 0,001068 | 0,146528 | 0,008512 | 0,566443 |
| Diatpenn | 9 | -0,00793 | 0,89522 | 0,020867 | 0,768957 | 0,045162 | 0,000006 | 0,000060 | 0,148776 | 0,768897 |
| Coccone | 10 | -0,51479 | 0,20555 | 0,078560 | 0,600459 | 0,083471 | 0,089789 | 0,517888 | 0,029529 | 0,082570 |
| Diatcent3 | 11 | 0,75942 | -0,41668 | 0,008592 | 0,974210 | 0,013741 | 0,021372 | 0,748783 | 0,013272 | 0,225428 |
| Clorofilam | 12 | -0,64995 | 0,16643 | 0,008797 | 0,271472 | 0,030287 | 0,016027 | 0,254767 | 0,002168 | 0,016705 |
| Cylindrot | 13 | 1,12313 | 0,94417 | 0,011252 | 0,924284 | 0,054419 | 0,061215 | 0,541563 | 0,089234 | 0,382721 |
| Cianocrooc | 14 | -0,36543 | -0,40178 | 0,119067 | 0,665083 | 0,109646 | 0,068574 | 0,301103 | 0,170987 | 0,363979 |
| Cianofilam | 15 | -0,78718 | 0,13764 | 0,035597 | 0,587473 | 0,080346 | 0,095132 | 0,570046 | 0,005999 | 0,017427 |
| Diatopenn1 | 16 | 1,07334 | 0,48256 | 0,011047 | 0,972797 | 0,032657 | 0,054891 | 0,809230 | 0,022886 | 0,163567 |
| Elfidium | 17 | -0,25617 | 0,12869 | 0,004501 | 0,109289 | 0,007028 | 0,001274 | 0,087267 | 0,000663 | 0,022022 |
| Diatcolon | 18 | 0,20996 | -0,92028 | 0,005115 | 0,783076 | 0,012083 | 0,000972 | 0,038742 | 0,038535 | 0,744334 |
| Diatopenn2 | 19 | 0,25776 | -0,63092 | 0,036007 | 0,749200 | 0,046353 | 0,010317 | 0,107163 | 0,127506 | 0,642037 |
| Nematodo2 | 20 | -0,32709 | -0,29344 | 0,016367 | 0,405751 | 0,016172 | 0,007552 | 0,224816 | 0,012537 | 0,180936 |
| Globiger | 21 | -0,75548 | 0,21226 | 0,008388 | 0,480285 | 0,022331 | 0,020647 | 0,445146 | 0,003362 | 0,035139 |
| Nauplio | 22 | -0,95392 | 0,20916 | 0,005728 | 0,614789 | 0,018451 | 0,022481 | 0,586587 | 0,002229 | 0,028202 |
| Clorouni | 23 | -0,90407 | 0,51592 | 0,009411 | 0,689949 | 0,030687 | 0,033173 | 0,520454 | 0,022284 | 0,169494 |
| Artejo crust | 24 | -0,97107 | 0,38745 | 0,010025 | 0,866019 | 0,026273 | 0,040769 | 0,747089 | 0,013387 | 0,118930 |
| Anfipodo | 25 | -0,64972 | 0,55098 | 0,001432 | 0,194091 | 0,011118 | 0,002607 | 0,112900 | 0,003868 | 0,081191 |
| Copepodo | 26 | -1,12259 | 1,15322 | 0,000614 | 0,307023 | 0,010751 | 0,003336 | 0,149380 | 0,007261 | 0,157642 |
| Algaroj | 27 | -0,29506 | 0,09929 | 0,000614 | 0,011812 | 0,010457 | 0,000230 | 0,010610 | 0,000054 | 0,001202 |

Af Fragiliaropsis corresponde a *Rhabdonema sp.*. Af. Tabellaria corresponde a *Grammatophora sp.*

*Bases biológicas para el cultivo del picoroco***Anexo C: Capítulo IV. Proyección de los aspectos biológicos de *Austromegabalanus psittacus* al cultivo****a) Confección de los colectores**

De acuerdo a la experiencia recogida con ensayos de reclutamiento en el área central del golfo de San Jorge se plantean los siguientes sistemas para la captación de juveniles:

Colectores tubulares de polivinilcloruro (PVC): se fabrican con secciones de tubos de PVC unidos a cabos de polietileno que se adosan a la línea madre vertical mediante precintos plásticos. Las secciones tubulares son lijadas o escobilladas con acero de manera de obtener una estructura superficial rugosa, adecuada para el asentamiento de las cypris. El largo de la sección tubular deberá integrar el área máxima de sustrato disponible para la fijación versus la superficie de máxima resistencia a la tracción del oleaje en una costa expuesta.

Colectores de tela media sombra y malla jardinera: se fabrican con rectángulos de malla que se unen formando un tubo, del lado de la cara interna del tubo se encuentra cosida la tela media sombra con tanza de pescador. Tanto la malla como la tela media sombra están confeccionadas de polietileno, de diferente densidad. Ambas proveen una superficie rugosa, y la última permite despegar la semilla adherida en el caso que se plantee realizar el engorde en otro sistema. Este tipo de colector presenta menos resistencia al oleaje que el tubular de PVC.

Colectores de medio bidón 5L: se confeccionan seccionando longitudinalmente bidones de 5 litros de capacidad, quedando el colector compuesto por una cara convexa y una cara cóncava, ambas aptas para la fijación larval. No requiere tratamiento para obtener rugosidad. La calidad del material no lo hace apto para sostener en el tiempo el crecimiento y el engorde de los organismos.

b) Materias primas de los sistemas de cultivo

Se describen los materiales utilizados en la confección del sistema de fondeo individual:

Muertos: Se utilizan moldes de cemento a los que se adosa a un cáncamo revestido de manguera de PVC para evitar el desgaste de la gasa de la línea madre.

Línea madre vertical: cabo de polietileno de 25 mm, la longitud del cabo dependerá de la profundidad de fondeo.

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

Grilletes para eslingas: Son de acero, a los que se adosa la gaza de la línea madre vertical. El grillete permite retirar la línea madre del fondeo de manera de realizar los mantenimientos de limpieza de fauna acompañante o raleos si la densidad de semillas es muy alta.

Boya doble cono: sistema de flotación de material plástico (polietileno). El tamaño de la boya se calcula empíricamente en función del peso que sostenga en el período de captación y/o de engorde.

Cabos de polietileno de 10 mm: se utilizan para unir los colectores mediante precintos en línea vertical. Permiten regular la profundidad del colector en el fondeo y optimizar la cantidad de colectores en cada línea madre. Una misma línea admite la fijación de 2 cabos con colectores.

Polietileno: es un polímero obtenido del etileno en cadenas con moléculas bastantes juntas. Es un plástico incoloro, inodoro, no tóxico, fuerte y resistente a golpes y productos químicos. Resiste hasta 20°C.

PVC: es una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro. Sus componentes provienen del petróleo bruto (43%) y de la sal (57%) que son inocuos para la fijación (asentamiento larval) de organismos.

c) Plan de Capacitación de operarios en el cultivo de picoroco

El plan de capacitación debería contener como actividades:

La capacitación en puestos, charlas, uso de técnicas audiovisuales; aprendizaje programado a través de un manual de capacitación. La formación podría ser integrada a todos los procesos en el cultivo y/o por fases.

Los contenidos principales deberían ser los siguientes:

- Construcción y operación de tecnología de cultivo.
- Optimización de procesos.
- Normas y control de calidad
- Seguridad laboral.
- Aspectos ambientales

Bases biológicas para el cultivo del picoroco

Debido a que el sistema de cultivo propuesto, utiliza fondeos individuales, se debe contar con la asistencia técnica de buzos calificados. Casi todas las tareas de logística, como la ubicación de los sistemas de cultivo en el mar, mantenimiento mensual de las líneas y de los colectores deben hacerse en la parte sumergida del sistema, similar a lo que requiere un long-line a media agua.

Todos los procesos de optimización en las etapas de captación de semilla, seguimiento del engorde y cosecha necesitarán de personal técnico entrenado.

d)Seguimiento del Engorde en sistemas de cultivo.

Un registro donde se vuelque información periódica y detallada sobre el crecimiento, podrá llevarse en planillas que contengan al menos las siguientes variables:

Fecha - Hora – Nombre del Operario Registrador – Temperatura del agua de mar - Salinidad- Identificación del Long Line- Identificación del Colector- Profundidad del colector-Número de individuos por colector o por long line –Tamaño individual medido en el LCR (cm)