

BIOLOGIA POBLACIONAL DE
Aegla platensis SCHMITT
1942 (DECAPODA, ANOMURA)
EN EL ARROYO SAN FRANCISCO, LAVALLEJA.



PAULA SÁNCHEZ
ORIENTADORA: DRA. ANA VERDI
TESIS DE MAESTRÍA EN BIOLOGÍA, OPCIÓN ZOOLOGÍA
PROGRAMA DE DESARROLLO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS
(PEDECIBA)

FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
MONTEVIDEO
2020

Índice

1. Dedicatoria	5
2. Agradecimientos	5
3. Resumen	6
4. Abstract	7
5. Introducción	9
5.1. Generalidades	9
5.2. Características del género <i>Aegla</i> :	11
5.3. Importancia del género	13
5.4. <i>Aegla platensis</i> Schmitt, 1942	14
5.5. Antecedentes	17
5.6. Hipótesis	18
5.7. Objetivo general	18
5.8. Objetivos específicos	18
6. MATERIALES Y MÉTODOS	20
6.1. Área de estudio.	20
6.2. Metodología de campo y de laboratorio	22
6.3. Análisis estadísticos	27
7. Resultados	29
7.1. Estructura poblacional	29
7.2. Crecimiento relativo	35
7.3. Proporción sexual	36
7.4. Madurez sexual morfológica	37
7.5. Análisis histológico	38
7.6. Período reproductivo y fecundidad	39
7.7. Parámetros físico-químicos	40
8. Discusión	42
9. Conclusiones:	50
10. Bibliografía	52
11. Anexo:	60
11.1. Protocolo de procesamiento para histología	60

Índice de tablas

7.1. Estadística descriptiva de las medidas morfométricas separadas por sexo y los resultados del test de Mann Whitney y Y Student. N, número de ejemplares; U (test de Mann-Whitney) y t (Student); p, probabilidad; * resultado significativo con una $p < 0,05$. AC= ancho del cefalotórax (mm); LC= largo del cefalotórax (mm); LQ= largo quela izquierda (mm); P= peso (g); AA= ancho del abdomen (mm).	31
7.2. Análisis de regresión: relaciones entre las diferentes partes corporales de machos y hembras de <i>A. platensis</i> . M, macho; H, hembra N, número de individuos; a, intercepto; b, pendiente; r: coeficiente de correlación; r ² , coeficiente de determinación; sb: error estándar de b; p, valor para la pendiente; AC, ancho del cefalotórax; LC, largo del cefalotórax; LQ, largo quela; AA, ancho del abdomen; P, peso.	35
7.3. Promedio calculado de los parámetros físico-químicos obtenidos en las diferentes estaciones del año.	40
7.4. Autovectores de los componentes 1, 2 y 3 para las variables consideradas.	41
8.1. Comparación de la talla de madurez sexual para varias especies de <i>Aegla</i> obtenidas por diferentes autores, tanto para machos (M) como para hembras (H)	45

Índice de figuras

5.1. Mapa de la distribución mundial de la Familia Aeglidae que permite mostrar las locaciones aproximadas de los fósiles marinos de los géneros Haumuriaegla y Protaegla en la región indo-pacífica. Todos los aeglidos existentes del género <i>Aegla</i> , son endémicos para regiones continentales templadas y subtropicales de Sudamérica (Siqueira et al., 2016).	9
5.2. Distribución del género <i>Aegla</i> en Uruguay (Tomado de Santos et al., 2014)	11
5.3. Morfología externa del género <i>Aegla</i> , (Modificado de Matin & Abele 1988)	12
5.4. Distribución de <i>Aegla platensis</i> (Tomado de Bond & Bond-Buckup, 2004)	15
5.5. Distribución de <i>Aegla platensis</i> en Uruguay.	16
5.6. <i>Aegla platensis</i> : a, vista dorsal; b, base-isquio del quelípedo (vista lateral); c, tercer y cuarto esternitos torácicos (vista ventral); d, epímero 2 (vista lateral); e, porción anterior del caparazón (vista lateral). (Tomado de Bond-Buckup & Buckup, 1994)	17
6.1. Imagen satelital de la zona de estudio	21
6.2. Zona de estudio, Arroyo San Francisco, (Latitude: $-34^{\circ}23'3,12''$. Longitude: $-55^{\circ}13'50,52''$).	22
6.3. Técnica de muestreo en el Arroyo San Francisco, Minas.	23
6.4. Sexado de los organismos: A-Macho, B-Hembra, C- Detalle del poro genital en hembra.	24
6.5. Medidas morfométricas obtenidas para <i>Aegla platensis</i> . A) AA: ancho del abdomen; B) AC: ancho del cefalotórax; LC: largo del cefalotórax; C) AQ: ancho del quelípedo; LQ: largo del quelípedo.	25
6.6. Procedimiento para el análisis de fecundidad A: submuestras de 2 ml para el conteo de huevos; B: observación de huevos bajo lupa binocular.	27
7.1. Estructura poblacional de <i>Aegla platensis</i> en el arroyo San Francisco. A: por estación del año. B: mensual. JM: juveniles machos; M: machos adultos; JH: juveniles hembras; H: Hembras; OV: Hembras ovígeras.	30
7.2. Distribución general de los individuos en clases de tamaño según el largo del cefalotórax (mm).	32
7.3. Distribución mensual de los individuos en clases de tamaño según LC (mm) de machos (M), hembras (H) y hembras ovígeras (HO) de <i>Aegla platensis</i> . A) Frecuencias absolutas; B) Frecuencia de tamaños de los individuos machos (M) y hembras (H); C) Frecuencia de tamaños para hembras ovígeras (HO)	34
7.4. Proporción sexual para las diferentes clases de tamaño de <i>A platensis</i>	36
7.5. Proporción de sexos de <i>A. platensis</i> para los diferentes meses de muestreo.	37

7.6. Talla de la madurez sexual morfológica de <i>A. platensis</i> obtenida para hembras(A) y machos (B).	38
7.7. Histología del ovario de <i>Aegla platensis</i> para diferentes tallas. A) Ovario de hembra con LC menor al punto de quiebre (inmaduro) Se observan abundantes oogonias (OG). B) Ovario de hembra ovígera, con LC cercano al punto de quiebre (madurez gonadal). OP: oocitos primarios; OS: oocitos secundarios; CF: células foliculares. C) Ovario de hembra con LC cercano al punto de quiebre (remaduración). D) Ovario de hembra con un LC mayor al punto de quiebre (maduro).	39
7.8. Distribución de las hembras ovígeras de <i>Aegla platensis</i> en las diferentes estaciones del año, durante el período de muestreo	40
7.9. Análisis de los componentes principales de las variables físico-químicas estudiadas en las diferentes estaciones del año de muestreo. OV (ovígeras); MJ (machos juveniles); HJ (hembras juveniles); M (machos); H (hembras).	42

1. Dedicatoria

Dedicado a Ana, Enrique, Analisa, Gabriela y Mónica. . . guías y amigos.

2. Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias y al PEDECIBA en particular por darme la posibilidad de cursar esta maestría para involucrarme así en la investigación y continuar mi formación y perfeccionamiento como profesional de la educación. A todos quienes forman parte del Laboratorio de Entomología porque siempre me han recibido como a una más, desde el primer día. En especial a Ana Verdi, mi tutora y guía, que con su paciencia y siempre buena voluntad, me enseñó, me acompañó, me apoyó e hizo posible que hoy yo pueda presentar éste trabajo. Gracias Ana por tu confianza! A Enrique, por hacer tan amenas, divertidas y musicales las estadías en el laboratorio. Gracias por tus palabras de aliento siempre tan bienvenidas. A Analisa, que desde el primer momento creyó en mí, colega y amiga a quién siempre estaré agradecida por su generosidad. A Mónica y Gabriela, que siempre estuvieron para escucharme y ayudarme en lo que necesité, recibíendome como a una compañera más. Al Laboratorio de Biología Celular que me recibieron con los brazos abiertos y muy buena energía para realizar mi pasantía. Muy especialmente a María José Arezo, que me acompañó con la paciencia de una madre, me compartió su experiencia y me alentó siempre a seguir adelante, gracias por las charlas! Finalmente a mi familia, que sin ellos nada hubiera sido posible. En particular a mi hermano Diego que siempre está ahí para colaborar conmigo en estas aventuras. A mi compañero de vida, Jorge, que hoy casi que se recibe conmigo, gracias por los traslados, por las lecturas, las traducciones, gracias por creer en mí. Y si me permiten un agradecimiento y una disculpa, a cada uno de los animales que sacrifiqué para hacer posible esta investigación. . .

3. Resumen

Aegla platensis Shmitt, 1942 es una especie endémica de la región Neotropical enteramente restringida a hábitats dulceacuícolas, encontrándose presente en el norte de Argentina, sur de Brasil, sureste de Paraguay y Uruguay. Representa un elemento clave en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, jugando un papel importante en las cadenas tróficas, remoción de la materia orgánica y en la conexión de los sistemas acuáticos y terrestres. Debido a su grado de endemismo y a las exigencias medioambientales de los cuerpos de agua que habita, es una especie catalogada como vulnerable respecto a su estado de conservación. El objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar la biología poblacional de *Aegla platensis* en el Arroyo San Francisco de la ciudad de Minas (Latitud: $-34^{\circ}23'3,12''$. Longitud: $-55^{\circ}13'50,52''$), departamento de Lavalleja, Uruguay. Los muestreos fueron realizados mensualmente desde agosto del 2016 a septiembre del 2017, mediante colecta manual. Los ejemplares fueron anestesiados y luego conservados en formol para ser analizados en laboratorio. Los resultados del presente estudio mostraron una mayor abundancia de individuos durante la primavera y el verano, siendo octubre y diciembre los meses con mayor número de individuos recolectados. La menor abundancia se correspondió con el otoño. Los machos presentaron tallas mayores que las hembras con tamaños promedios de LC de $21,1 \pm 7,01$ y $18,08 \pm 5,33$ mm respectivamente. El mismo patrón fue observado con el peso y el tamaño de los quelípedos, lo cual evidencia un marcado dimorfismo sexual. El crecimiento del abdomen en las hembras presentó alometría positiva. La proporción sexual siguió una relación de 1:1 sin diferencias significativas a lo largo del año. El análisis mensual mostró que las hembras dominan la mayor parte del año, mientras que los machos lo hacen solamente en meses de verano. Los machos alcanzaron su talla de inicio de la madurez sexual morfológica a los 15,29 mm mientras que las hembras lo hicieron a los 18,9 mm, lo cual fue corroborada por el análisis histológico de los ovarios. El período reproductivo coincidió con un patrón estacional y comprendió los meses de agosto, octubre y marzo, con un pico reproductivo en octubre, mes que registra en promedio el menor valor de precipitaciones. El período de recluta-

miento se observó principalmente en los meses cálidos y con mayor abundancia de precipitaciones. La fecundidad promedio fue de $383,3 \pm 44,1$ huevos por hembra. Esto coincide con el patrón latitudinal registrado para aeglidos. Estos resultados señalan que la población uruguaya presenta características propias que la diferencian de poblaciones de la misma especie en Argentina y Brasil. El trabajo aportó datos importantes sobre aspectos poblacionales, morfométricos y de biología reproductiva de *Aegla platensis* para Uruguay y permitió realizar comparaciones con poblaciones presentes en Argentina y Brasil. La información recabada podrá ser de gran utilidad para estudios posteriores de los cursos de agua dulce del Uruguay así como para el manejo y conservación de esta especie.

4. Abstract

Aegla platensis Shmitt, 1942 is an endemic species of the Neotropical region entirely restricted to freshwater habitats, being present in northern Argentina, southern Brazil, southeastern Paraguay and Uruguay. It represents a key element in the dynamics of aquatic ecosystems, playing an important role in food chains, removal of organic matter and in the connection of aquatic and terrestrial systems. Due to its degree of endemism and the environmental demands of the water bodies it inhabits, it is a species classified as vulnerable with respect to its state of conservation. The aim of this research was to characterize the population biology of *Aegla platensis* in the Arroyo San Francisco (Latitude: $-34^{\circ}23'3,12''$. Longitude: $-55^{\circ}13'50,52''$), Minas City, department of Lavalleja, Uruguay. The samplings were carried out monthly from August 2016 to September 2017, using the manual collection method. The examples were anesthetized and then preserved in formalin for laboratory analysis. The results of the present study showed a greater abundance of individuals during spring and summer, with October and December being the months with the highest number of individuals collected. The lowest abundance corresponded to autumn. Males presented larger sizes than females with mean sizes of LC of $21,1 \pm 7,01$ and $18,08 \pm 5,33$ mm respectively. The same pattern was observed with the weight and size of the chelipeds, which evidences a marked sexual dimorphism. The growth of the abdomen in the females presented positive

allometry. The sex ratio not differ from 1: 1, without significant differences throughout the year. Monthly analysis showed that females dominates most of the year, while males dominates only in the summer months. The size at onset of sexual maturity was 15.29 mm in males and 18.9 mm in females, which was corroborated by histological analysis of the ovaries. The reproductive period coincided with a seasonal pattern and comprised the months of August, October, and March, with a reproductive peak in October, the month with the lowest rainfall value on average. The recruitment period was observed mainly in the warmest months and with the highest abundance of rainfall. The average fertility was $383,3 \pm 44,1$ eggs per female, which coincides with the recorded latitudinal pattern for aeglids. These results indicate that the Uruguayan population has its own characteristics that differentiate it from populations of the same species in Argentina and Brazil. The work provided important data on population, morphometric, and reproductive biology aspects of *Aegla platensis* for Uruguay and allowed comparisons to be made with populations present mainly in Argentina and Brazil. The information collected may be very useful for subsequent studies of Uruguay's freshwater courses as well as for the management and conservation of this species.

5. Introducción

5.1. Generalidades

Los cangrejos de la Familia Aeglidae Dana, 1952 (Superfamilia Galattheoidea) presentan características, que los convierten en un fascinante grupo de estudio, son únicos ecológicamente, por ser la única familia del Infraorden Anomura enteramente restringida a hábitats dulceacuícolas, biogeográficamente, por ser endémicos de sitios templados de Sudamérica y, morfológicamente, porque poseen caracteres particulares en el cefalotórax y las branquias (Martin & Abele, 1988). Está compuesta por tres géneros, dos de los cuales están extintos y se han encontrado en registro fósil: *Haumuriaegla* (Feldmann, 1984), halladas en rocas marinas del norte de Canterbury, Nueva Zelanda y *Protaegla* (Feldmann, et al., 1998), del sur del Estado de Puebla, México; siendo *Aegla* Leach, 1820 el único género existente en la actualidad (Bueno et al., 2016) (Fig. 5.1).

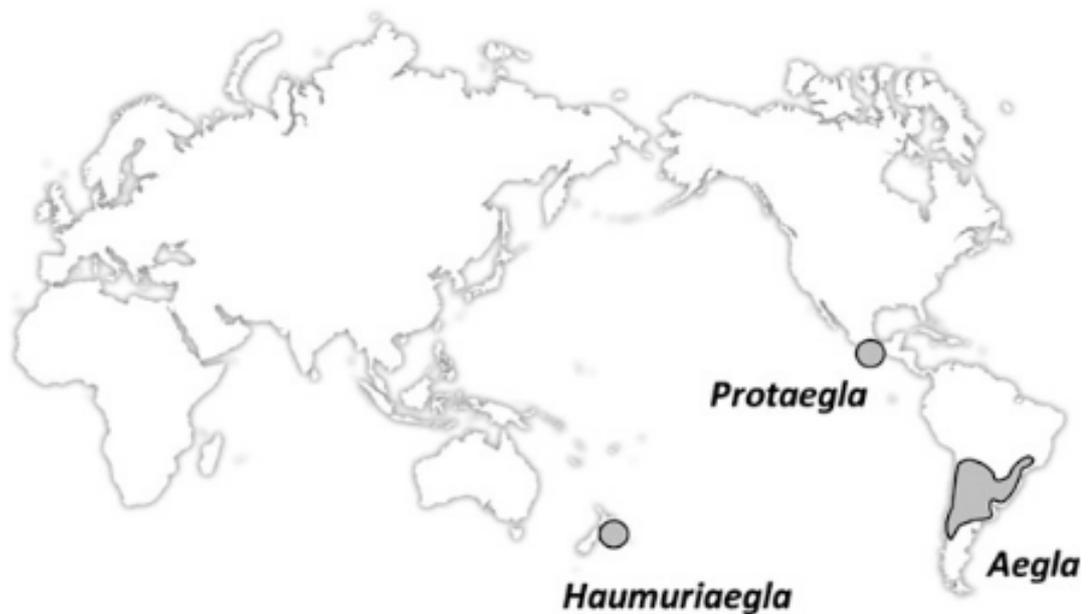


Figura 5.1: Mapa de la distribución mundial de la Familia Aeglidae que permite mostrar las locaciones aproximadas de los fósiles marinos de los géneros *Haumuriaegla* y *Protaegla* en la región indo-pacífica. Todos los aeglidos existentes del género *Aegla*, son endémicos para regiones continentales templadas y subtropicales de Sudamérica (Siqueira et al., 2016).

Estos hallazgos sugieren que los aeglidos habrían llegado al agua dulce desde

ambientes marinos y la hipótesis más aceptada es que lo hayan hecho por vía Indo-Pacífica hace unos 90-60 millones de años durante el período Cretácico. La formación de los Andes habría permitido la dispersión hacia Atlántico, debido a corrientes de agua generadas durante la elevación de la cordillera. Una vez en ambientes dulceacuícolas cerrados, los aeglidos habrían adquirido adaptaciones fisiológicas y de historias de vida a ambientes cada vez menos salinos (Siqueira et al., 2016). El género *Aegla* Leach, 1820, es endémico de la región Neotropical y se lo encuentra en aguas continentales de Brasil, Uruguay, Argentina, Paraguay, Bolivia y Chile, (Bond-Buckup & Buckup, 1994), siendo sus límites septentrional y meridional de distribución, el Municipio de Claraval (Lat. 20°S), en Minas Gerais, Brasil y la Isla de Duque de York (Lat. 50°S), en Chile, respectivamente. (Bueno et al., 2007; Oyandea et al., 2011). Hasta el presente se han descrito 74 especies, de las cuales 44 se encuentran representadas en Brasil, 21 en Chile, 14 en Argentina, 1 en Paraguay, 1 en Bolivia. Para Uruguay hay citadas 4 especies, *Aegla prado* Schmitt, 1942; *Aegla uruguayana* Schmitt, 1942; *Aegla platensis* Schmitt, 1942 y *Aegla carinata* Bond-Buckup & Loureiro, 2014 (Santos et al., 2014) (Fig. 5.2). De las especies citadas para Brasil, 89 % son endémicas de este país, mientras que en Uruguay solamente *Aegla carinata* se presenta como la única especie endémica (Siqueira et al., 2016).

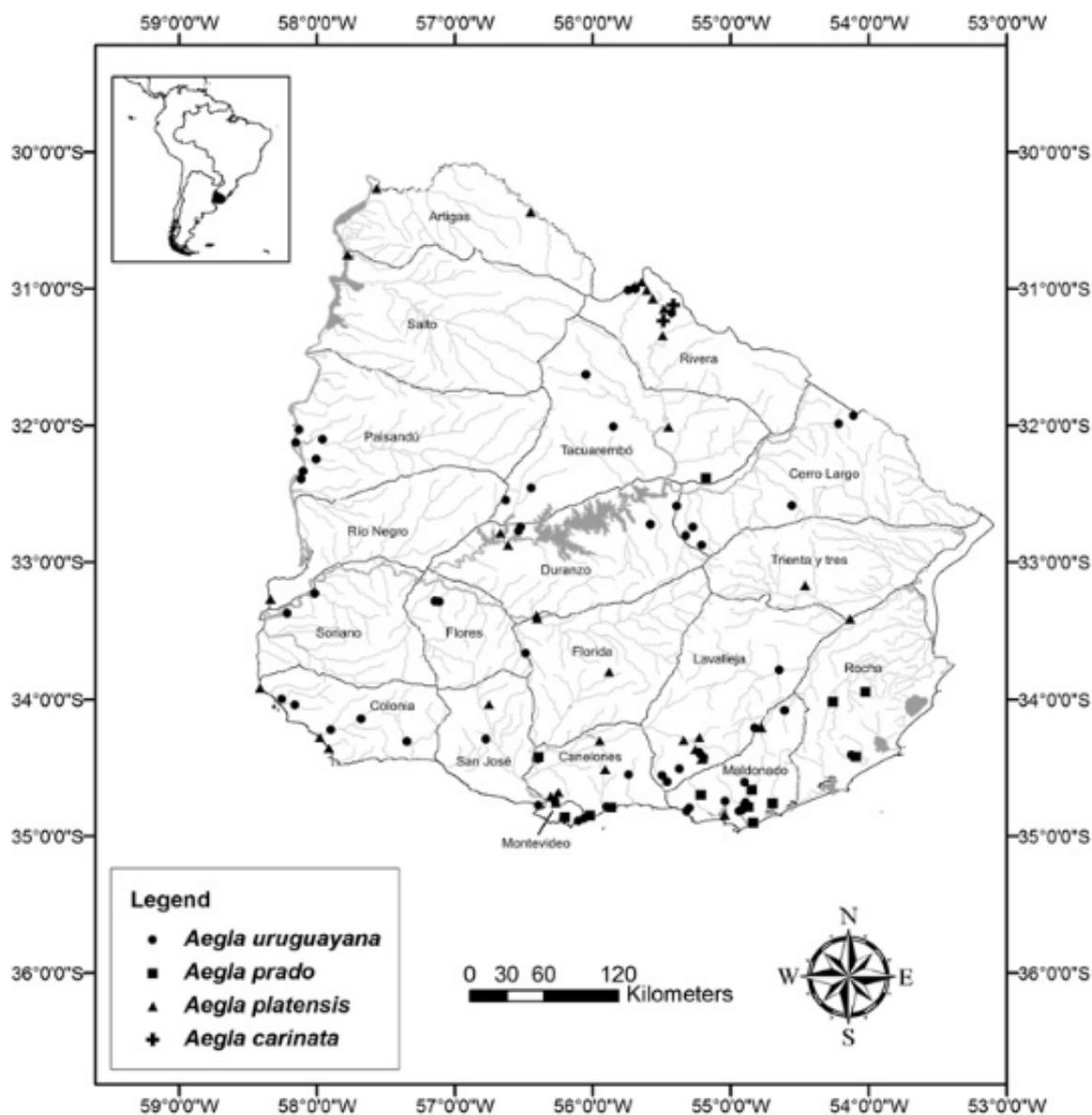


Figura 5.2: Distribución del género *Aegla* en Uruguay (Tomado de Santos et al., 2014)

5.2. Características del género *Aegla*:

Los aeglidos se caracterizan por presentar un caparazón comprimido dorso-ventralmente, más largo en la región posterior y hendida transversalmente por un marcado surco cervical. Presentan un rostro prominente, generalmente carenado, que se extiende más allá del nivel de las espinas antero-laterales. La región torácica está subdividida en una o más líneas transversales y/o longitudinales y presentan el margen interno del carpo del quelípodo ornamentado con espinas (Bond-Buckup

& Buckup, 1994) (Fig. 5.3).

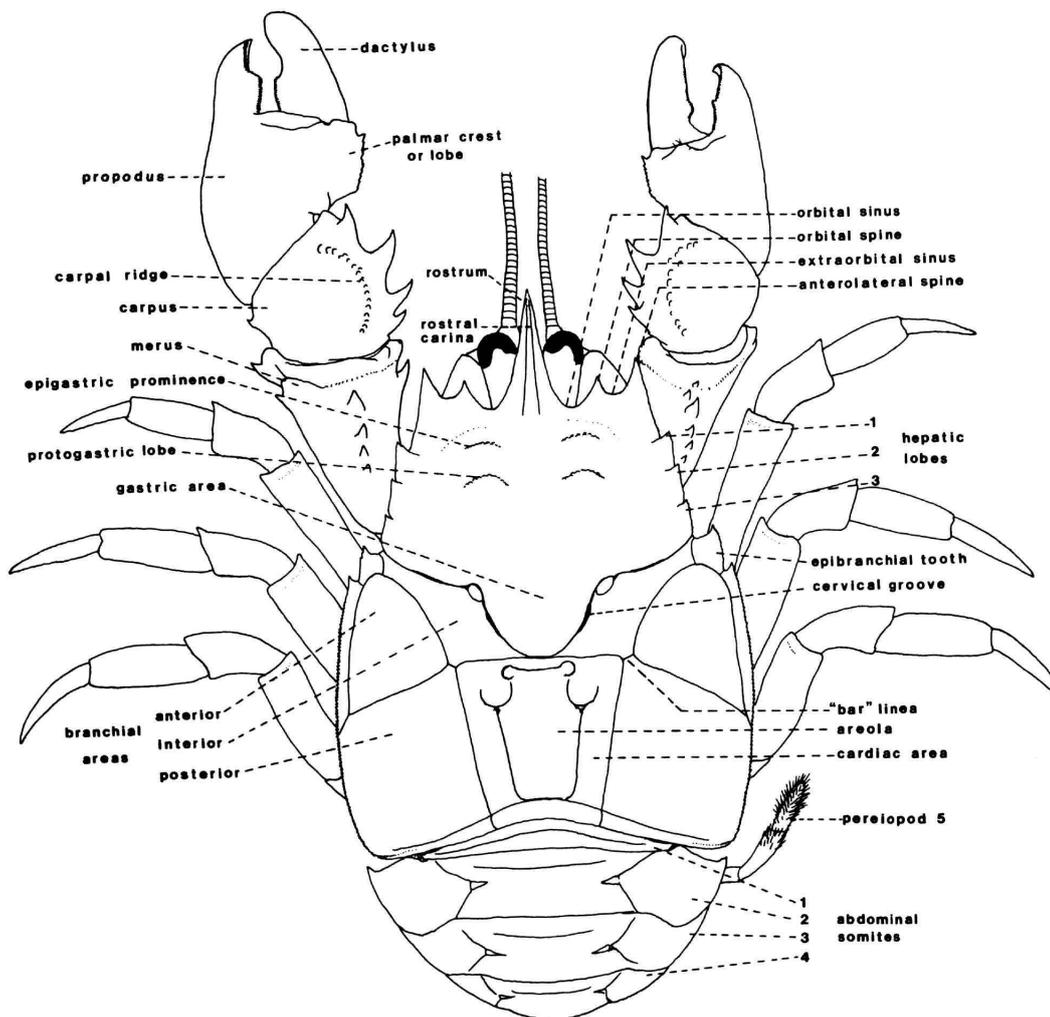


Figura 5.3: Morfología externa del género *Aegla*, (Modificado de Matin & Abele 1988)

La mayoría habita en ambientes lóticos (ríos, arroyos) y existen algunas especies troglobitas que presentan adaptaciones morfológicas relacionadas a su forma de vida (Siqueira et al., 2016). Se encuentran generalmente escondidos debajo de las piedras o de la hojarasca acumulada en el lecho de los ríos durante el día, y muestran una mayor actividad ambulatoria en la noche. Son omnívoros, se alimentan de desechos animales, algas y larvas acuáticas de insectos y otros invertebrados (Schwarz et al., 2010). Como integrantes de la fauna acuática continental, los aeglidos constituyen un componente importante de las redes tróficas de aquellos ambientes en el que se encuentran, ocupando una posición intermedia en las redes tróficas ya

que permiten transformar celulosa en proteínas al alimentarse de material vegetal, devolver materia y energía proveniente de organismos muertos y conectar los sistemas acuáticos y terrestres. Esto los convierte en un elemento clave en la dinámica de los ecosistemas acuáticos (Wiliner et al., 2009).

5.3. Importancia del género

Los aeglidos tienen estrictas exigencias medioambientales, habitando cuerpos de agua limpios y bien oxigenados, lo que está relacionado con sus altas tasas metabólicas. Correa–Araneda et al. (2010), demostraron la existencia de una correlación inversa entre el oxígeno disuelto y la densidad de *Aegla rostrata* así como la densidad de *Aegla platensis* se ve afectada negativamente por el desarrollo urbano y agrícola (Trevisan et al., 2009; Dalosto & Santos, 2011). Los aeglidos además viven en contacto directo con el sustrato, donde están completamente expuestos a las características ambientales. Como resultado, no solo su forma corporal sino también toda su dinámica poblacional puede variar según las diferentes condiciones locales (Losos, 2010; Hepp et al., 2012). Junto con su papel como depredadores los aeglidos son importantes enlaces en las cadenas alimenticias de los ambientes de agua dulce donde habitan, ya que constituyen una fuente importante de alimento para peces, anfibios, aves y mamíferos (Lopretto, 1978; de Oliveira & Santos, 2011)

Los crustáceos límnicos representan una fuente importante de información biológica y ecológica todavía incompletamente explorada. Desde una perspectiva ecológica, los aeglidos al estar restringidos enteramente a los hábitats de agua dulce, y desde una perspectiva de conservación, la elevada tasa de endemismo presentada por muchas especies de aeglidos, en asociación con la pérdida de hábitat / fragmentación o incluso eventos climáticos, ha llevado a muchas poblaciones a declinar, pudiendo considerar que *Aegla* es probablemente el grupo más amenazado de todos los Decápodos de América del Sur de agua dulce (Santos et al., 2017). Las principales amenazas para el grupo son la contaminación de las aguas, los efluentes urbanos, agrícolas e industriales, la modificación del hábitat y fragmentación, remoción de bosques ribereños, entre otros. La biodiversidad del género *Aegla* corre gran riesgo, con 36,5% de sus especies amenazadas o en peligro de

extinción (Bond-Buckup et al., 2008). Evidencia de ello fue presentada por Jara et al. (2006), quienes utilizando las categorías y criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Union for Conservation of Nature, 2012), calificaron a *A. concepcionensis* Schmitt, 1942 y *A. expansa* Jara, 1992 como "Extintas" y *A. papudo* Schmitt, 1942, *A. l. laevis* Latreille, 1818 y *A. spectabilis* Jara, 1986, como "Críticamente amenazadas" en Chile. Adicionalmente, Margis et al. (2010), evidenciaron que *Aegla* tiene el número más alto de especies de crustáceos amenazadas en Brasil, debido al pequeño rango geográfico que ocupan sus especies y a la fragmentación que presentan los hábitats donde se distribuyen. Dentro de estas *Aegla platensis*, fue considerada como especie vulnerable (VU) ya que sus poblaciones están fragmentadas y son de tamaño reducido en áreas de ocupación muy restringidas (Santos et al., 2017). Para poder tomar medidas de conservación y mitigar las principales amenazas a los ecosistemas de agua dulce, donde estas especies habitan, resultan y es imprescindible conocer la biología de las mismas.

5.4. *Aegla platensis* Schmitt, 1942

Aegla platensis Shmitt, 1942 cuenta con la distribución geográfica más amplia de todas las especies de aeglidos encontrándose presentes en el norte de Argentina, sur de Brasil, sureste de Paraguay y Uruguay (Tumini et al., 2019; Santos et al., 2017). Las localidades para las que ha sido citada comprenden: para Argentina, norte y centro de la provincia de Buenos Aires, Catamarca, Entre Ríos, Misiones, Santa Fe y Tucumán (Tumini et al., 2019); para Brasil, sudoeste del estado de Santa Catalina y estado de Rio Grande do Sul; para Paraguay, Colonia Independencia, mientras que para Uruguay se cita para 11 departamentos (Fig.5.4 y 5.5).

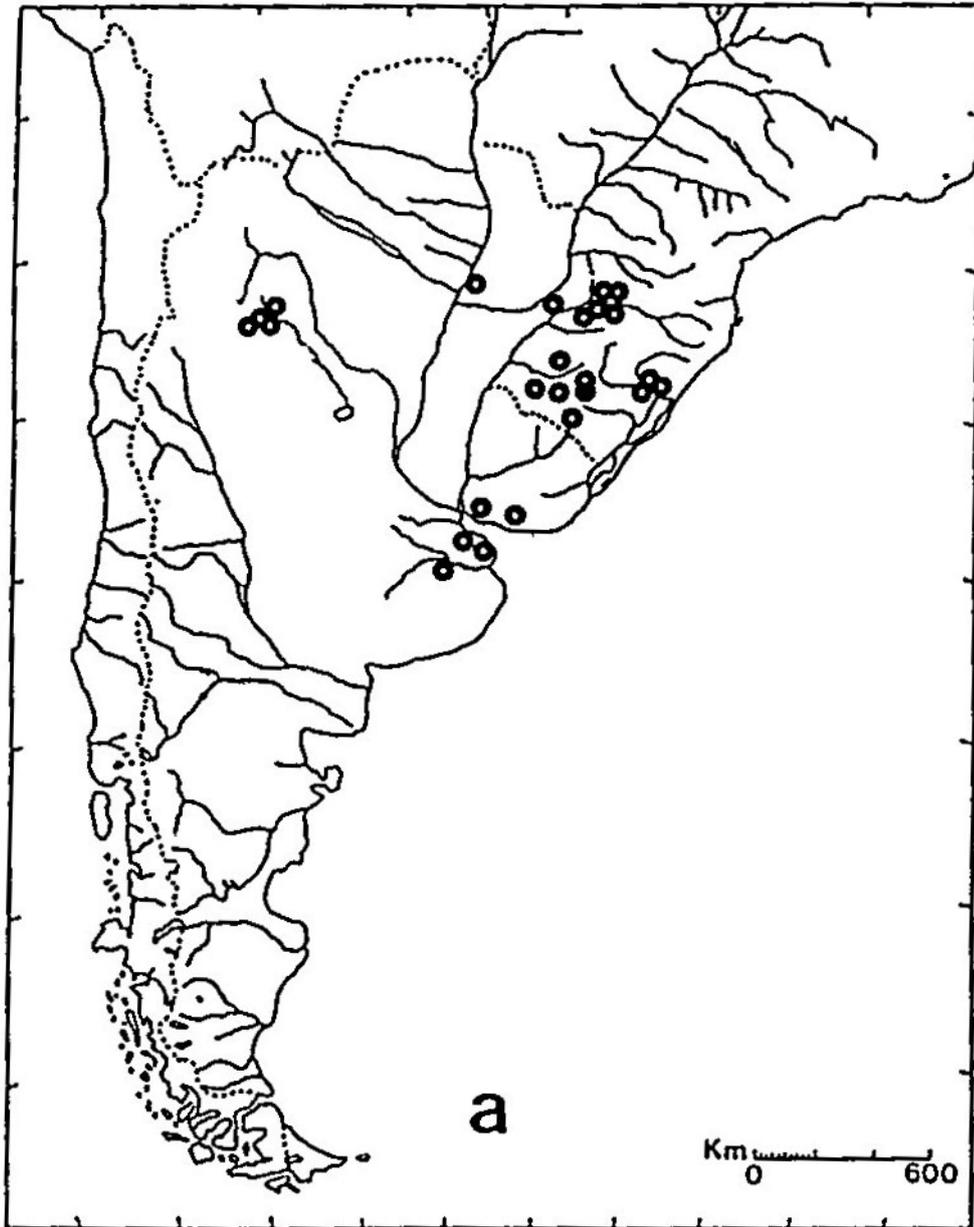


Figura 5.4: Distribución de *Aegla platensis* (Tomado de Bond & Bond-Buckup, 2004)



Figura 5.5: Distribución de *Aegla platensis* en Uruguay.

Características morfológicas.

Es una especie de tamaño pequeño de color marrón arena con diferentes tonalidades de clara a oscura, dependiendo del sustrato sobre el que se desarrolle. Se caracteriza por presentar la espina antero-lateral del caparazón alcanzando la mitad de la córnea, los lóbulos protogástricos moderadamente elevados, rostro muy largo en los adultos, carenado en toda su longitud, ángulo anterior del margen ventral del epimero dos con espina, el 4to esternito torácico elevado medianamente con escama, margen externo proximal del dedo móvil del quelipedo con lóbulo con tubérculo, cresta palmar rectangular poco desarrollada, y margen interno de la fas-

cia ventral del isquio del quelipedo inerme. Las hembras y los juveniles presentan la palma del quelipedo reducidas, solamente con algunos tubérculos (Bond-Buckup & Buckup, 1994) (Fig.5.6).

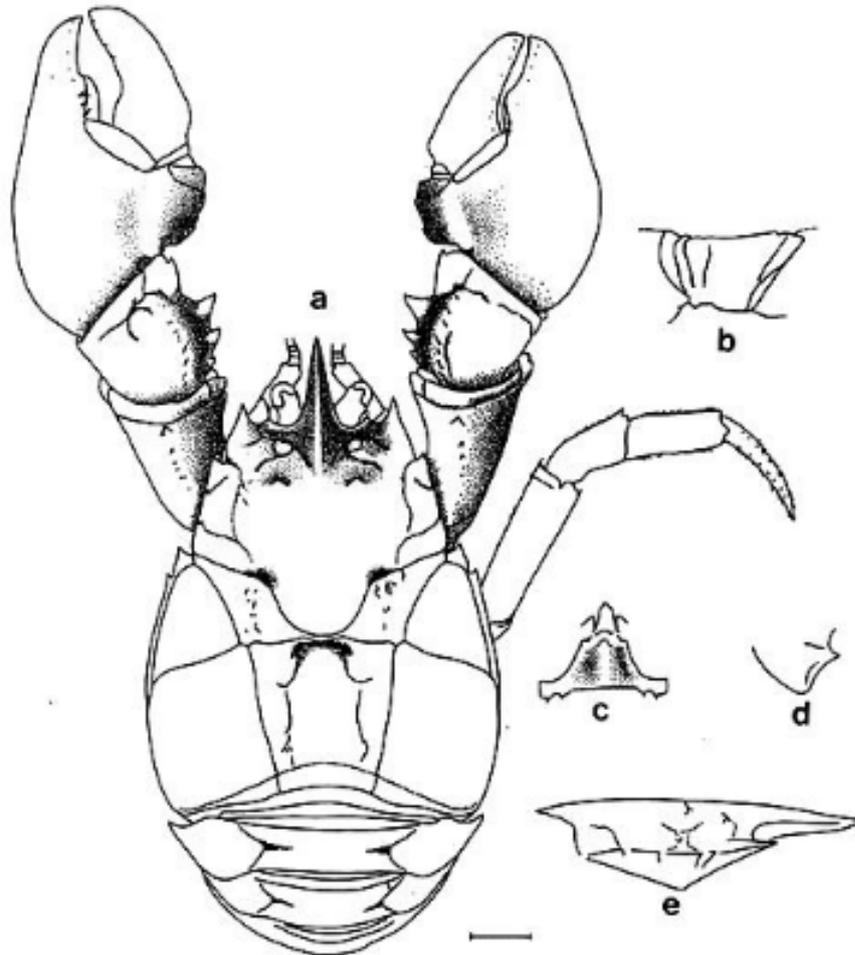


Figura 5.6: *Aegla platensis*: a, vista dorsal; b, base-isquio del quelípido (vista lateral); c, tercer y cuarto esternitos torácicos (vista ventral); d, epímero 2 (vista lateral); e, porción anterior del caparazón (vista lateral). (Tomado de Bond-Buckup & Buckup, 1994)

5.5. Antecedentes

Chile, Brasil y Argentina son los países donde más se ha trabajado sobre los aeglidos con una profusa bibliografía sobre sistemática y relaciones filogenéticas y biología (Martin & Abele, 1986; Pérez-Losada et. al., 2004; Bond-Buckup et al., 2008; Cohelo Faría et al., 2018). La estructura poblacional, su historia de vida, reproducción, características morfológicas, alimentación y roles ecosistémicos han

sido ampliamente estudiados en poblaciones brasileras y argentinas (Ringuelet, 1949; Lopretto, 1978, 1980; Bueno & Bond-Buckup, 2004; Almerao et al., 2010; Schwarz et al., 2010; Dalosto et al., 2014) Los únicos trabajos sobre aeglidos para Uruguay son el de Vaz Ferreira y colaboradores (1945) sobre morfometría de *A. uruguayana*, Verdi (1984, 1985) sobre etoecología y reproducción de *A. prado* y más recientemente el de Santos et al. (2014) sobre distribución de los aeglidos y descripción de una nueva especie. En cuanto a *Aegla platensis* se pueden mencionar trabajos relacionados a su biología poblacional (Bueno et al., 2000; Bueno & Bond-Buckup, 2004; Dalosto et al., 2014), conducta de apareamiento (Almerao et al., 2010), dieta (Bueno & Bond-Buckup. 2004; Delevati et al., 2012), madurez sexual morfológica (De Olivera & Santos, 2011) y dinámica del desarrollo gonadal (Sokolowicz et. al., 2006) en diferentes poblaciones brasileñas de la especie, con marcadas diferencias entre ellas. La ausencia de conocimiento sobre la biología, su importancia como especie clave y su presencia en la mayoría de los Departamentos del país, han sido motivo para la realización del presente estudio. El mismo aportará datos importantes sobre aspectos poblacionales, morfométricos y biología reproductiva de *A. platensis* para Uruguay los que serán de utilidad en la conservación y manejo de la especie.

5.6. Hipótesis

La población de *Aegla platensis* del arroyo San Francisco (Lavalleja) presentará características propias influenciada por las particularidades ambientales a las que se encuentran sometidas y que las diferenciarán de las poblaciones de la misma especie de Argentina y Brasil.

5.7. Objetivo general

Caracterizar la biología poblacional del cangrejo de agua dulce *Aegla platensis* en el arroyo San Francisco, Minas-Lavalleja.

5.8. Objetivos específicos

- Analizar la proporción de sexos de la población a lo largo del año y para las diferentes clases de tamaño.

- Determinar el crecimiento relativo de las diferentes partes corporales de machos y hembras de la especie.
- Describir la fenología de la población.
- Estimar la fecundidad y la madurez sexual morfológica de la especie.
- Describir el periodo reproductivo de la población.
- Evaluar que parámetros ambientales influyen en la población.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio.

El área de estudio corresponde al arroyo San Francisco (Latitud: $-34^{\circ}22'35''$: Longitud: $-55^{\circ}14'55''$), situado en la ciudad de Minas, Departamento de Lavalleja (Fig.6.1 y 6.2). Este arroyo tiene sus nacientes en la zona sur de la ciudad, recorre el lateral oeste del casco urbano y confluye en el Arroyo Campanero a escasos 6 kilómetros del vertido final en el río Santa Lucía. Presenta fondo rocoso y corriente rápida. El primer tercio del arroyo recibe los efluentes de actividades mineras (Mina Valencia) del Parque de Vacaciones UTE-ANTEL (complejo turístico). Además se encuentra allí la represa de OSE (Ing. Carlos Maggiolo) que abastece de agua potable a parte de la ciudad. El segundo tercio del arroyo bordea la ciudad recibiendo escorrentías superficiales pluviales y lo expone a las actividades antropogénicas normales de la ciudad (desechos plásticos, etc.). El último tercio, ya liberado del casco urbano, es receptor del arroyo La Plata y luego recibe al arroyo Campanero, el cual está influenciado por el vertedero municipal. (Intendencia de Lavalleja, 2014).

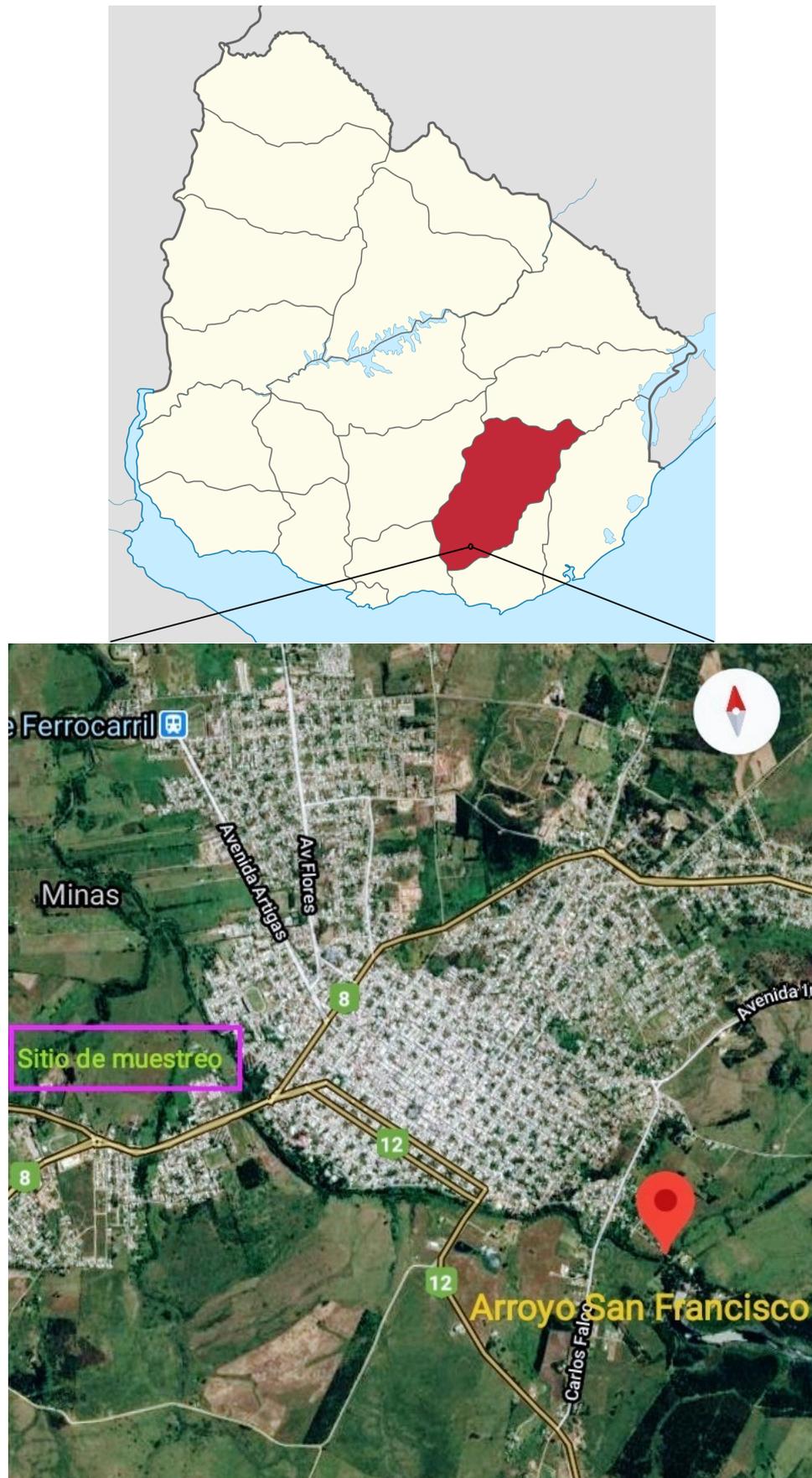


Figura 6.1: Imagen satelital de la zona de estudio



Figura 6.2: Zona de estudio, Arroyo San Francisco, (Latitude: $-34^{\circ}23'3,12''$. Longitud: $-55^{\circ}13'50,52''$).

6.2. Metodología de campo y de laboratorio

Los muestreos se realizaron mensualmente desde agosto de 2016 a setiembre de 2017. La recolección fue realizada manualmente, se revisaron las piedras y vegetación de un margen a otro del arroyo, durante 20 minutos con dos réplicas, a lo largo de una transecta de 18m (Fig.6.3). Los individuos fueron anestesiados con acetato de etilo, posteriormente fijados por 24 horas en formol al 10% y finalmente conservados en alcohol al 70%. Las hembras ovígeras fueron individualizadas hasta el momento de su análisis. En cada muestreo se midieron *in situ* las variables fisicoquímicas del agua: oxígeno disuelto, temperatura y conductividad con multiparametro YSI y el PH con un peachímetro Hanna. De acuerdo con Delevati Colpo y et al. (2012) se consideró la precipitación mensual de la zona, cuyos datos fueron obtenidos del Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET).



Figura 6.3: Técnica de muestreo en el Arroyo San Francisco, Minas.

Los ejemplares se trasladaron al laboratorio de la Sección Entomología, donde se identificaron de acuerdo a la clave de Bond-Buckup & Buckup, 1994 para el género. La identificación del sexo se realizó en base a la presencia de poro genital en la base del tercer par de pereiópodos y presencia de pleopodos en las hembras y ausencia de los mismos en los machos (Dalostro et al., 2014) (Fig.6.4).

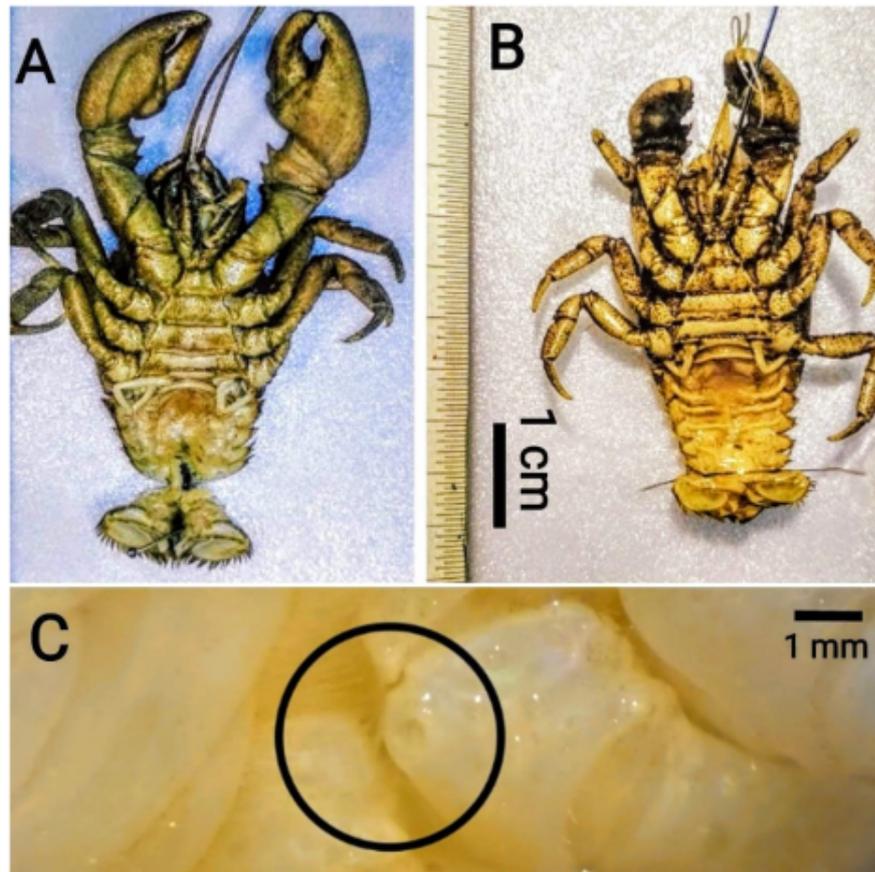


Figura 6.4: Sexado de los organismos: A-Macho, B-Hembra, C- Detalle del poro genital en hembra.

Para cada individuo se registraron las siguientes medidas morfométricas con calibre digital (0,01mm): ancho del cefalotórax (AC: distancia entre los márgenes del área branquial posterior izquierdo y derecho), largo del cefalotórax (LC: medido entre la punta del rostro y el punto medio del borde posterior del caparazón), largo y ancho del quelípodo derecho e izquierdo (LQ, AQ) y ancho del abdomen (AA) para las hembras (Bond-Buckup & Buckup, 1994) (Fig.11). Para la determinación de la relación peso/longitud, se registró el peso húmedo (P) con balanza digital de 0,001 gr de precisión.

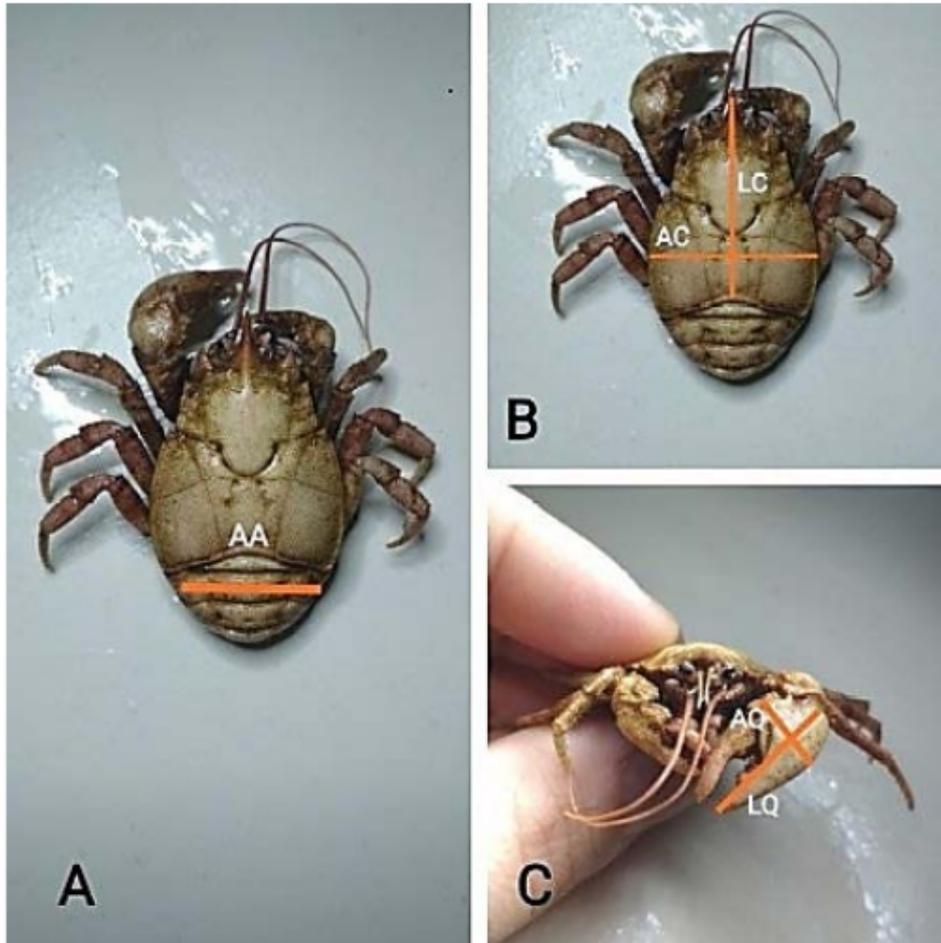


Figura 6.5: Medidas morfométricas obtenidas para *Aegla platensis*. A) AA: ancho del abdomen; B) AC: ancho del cefalotórax; LC: largo del cefalotórax; C) AQ: ancho del quelípedo; LQ: largo del quelípedo.

La madurez sexual morfológica se determinó en función de la madurez morfométrica (punto de quiebre), resultante de los cambios alométricos en el crecimiento de los quelípedos en los machos y el abdomen en las hembras (Weber, 1994; de Oliveira & Santos, 2011). De acuerdo con González-Pisani y et al. (2017), para las hembras se consideró además la madurez gonadal. Para el análisis histológico del desarrollo gonadal, se procesaron ovarios de hembras con un largo de cefalotórax cercano al punto de quiebre indicado por el análisis estadístico para la talla de madurez sexual morfológica, así como también hembras con tallas menores y mayores a dicho punto. El tejido gonadal fue reseccionado, posteriormente deshidratado utilizando concentraciones ascendentes de etanol (70 %, 95 % y 100 %), luego diafanizados en xilol y finalmente incluidos en parafina a 60°, de acuerdo con

la técnica de histología convencional. El protocolo fue ajustado en el laboratorio para el procesamiento de este material (ver Anexo). Los cambios en la morfología interna del ovario y de las células reproductivas, fueron examinados por microscopía de luz en cortes de 6-9 μm teñidos con Hematoxilina-Eosina (H-E). Para la identificación de los tejidos y el grado de madurez se siguieron los trabajos de Sokolowicz et al. 2007 y de Viau et al. 2006. Las hembras ovígeras se separaron para el estudio de la fecundidad, para lo cual, las masas totales de huevos fueron removidas y fijadas en alcohol 70% y posteriormente sometidas a una solución de 1ml de hipoclorito de Sodio (NaClO) 5% en 100 ml de agua destilada y levemente agitada manualmente durante 10 minutos. Para la completa disociación de los huevos se procedió a peinar los pleopodos individualmente con ayuda de un pincel. Posteriormente se lavaron en agua corriente y fueron depositados en un vaso de bohemia de 100ml el cual se homogeneizó con agitador para tomar una submuestra de 2ml. Se realizó el conteo directo de cada submuestra bajo lupa estereoscópica (Díaz et al., 1983) (Fig.6.6).

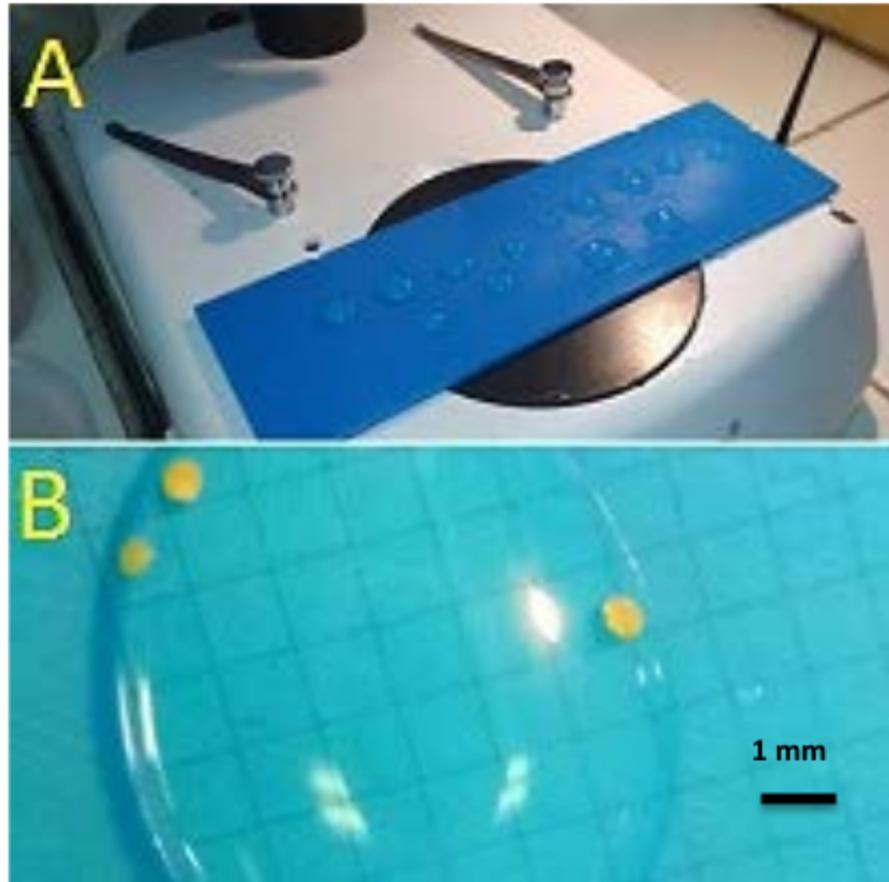


Figura 6.6: Procedimiento para el análisis de fecundidad A: submuestras de 2 ml para el conteo de huevos; B: observación de huevos bajo lupa binocular.

6.3. Análisis estadísticos

Para cada sexo se calcularon los estadísticos descriptivos sobre el total de individuos recolectados, se construyeron histogramas de distribución de tallas y diagrama de cajas (boxplot), para los diferentes meses de muestreo calculando intervalos de tamaño mediante la regla de Sturges (Daniel, 1993). Para verificar la existencia de diferencias en la estructura de tamaños comparando las diferentes medidas morfométricas de machos y hembras se usó el test de Student (Sokal & Rohlf, 1979). La normalidad de los datos se verificó utilizando el test de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas utilizando el test de Levene (Hammer et al., 2001). En caso de no cumplirse los supuestos (sobre todo el de homogeneidad de varianzas) se utilizó el test no paramétrico de Mann-Whitney. Se establecieron las proporciones sexuales con el fin de verificar si la razón sexual es comparable a la

relación hipotética de Fisher 1:1, a lo largo del período de muestreo y entre clases de tamaño mediante la relación entre el número de individuos por mes y el número total de individuos. Para ello se utilizó el test de Chi-cuadrado (95 % de confianza) (Sokal & Rohlf, 1979). En todos los casos se trabajó con un error $p=0,05$ (95 % de confianza).

El crecimiento relativo fue descrito a partir del ajuste de los datos a la ecuación alométrica linearizada ($\log(y) = \log(a) + b \log(x)$) (Huxley, 1950). El AC fue utilizado como variable independiente (x) y relacionada con las demás dimensiones corporales (variables dependientes y). La constante alométrica b expresa la relación existente entre las variables, su significancia fue analizada mediante el test t Student, con un nivel de significancia de 5 % (Sokal & Rohlf, 1979). El crecimiento fue considerado alométrico positivo o negativo cuando el valor de b era significativamente mayor o menor que 1 respectivamente, y considerado isométrico cuando no difería de 1 (Huxley, 1950). Para esto se utilizó el test de Student: $tc = \frac{(b-1)}{sb}$, siendo b = la pendiente estimada del modelo de regresión y sb = el error estándar de b. Para la relación entre el largo y el peso se analizó si la relación era isométrica ($b = 3$) o alométrica positiva ($b \geq 3$) o negativa ($b < 3$) (Noro & Buckup, 2003; Rodriguez et al., 2012), mediante el cálculo del test $tc = \frac{(b-3)}{sb}$, siendo b= coeficiente del modelo de regresión y sb= el error estándar de b. Para analizar si hay diferencias entre sexos para las relaciones estudiadas (regresiones), se utilizó el análisis de covarianza o ANCOVA. La fecundidad total fue calculada mediante el conteo del número total de huevos (HT) según la siguiente fórmula: $HT = (100xn)/2$; donde n = número de huevos contados por submuestra (Díaz et al., 1983). Se analizó la relación entre la fecundidad y el LC, AC y AA mediante el ajuste de un modelo de regresión lineal predictivo (Sokal & Rohlf, 1979).

Se realizó Análisis de Componentes Principales (ACP) para establecer de qué forma se relacionan las variables físico-químicas con la estructura poblacional a lo largo del año. Los análisis estadísticos fueron realizados con los programas PAST (Hammer et. al., 2001) y SegReg (Oosterban, 2005).

7. Resultados

7.1. Estructura poblacional

Durante el período de estudio se recolectaron un total de 93 individuos, 39 machos y 54 hembras, 6 de ellas ovígeras. La distribución de los mismos mostró una mayor abundancia durante la primavera y el verano, siendo octubre y diciembre los meses con mayor número de individuos (Fig. 7.1A). La menor abundancia se registró en otoño, y en mayo no se recolectaron individuos. Tanto machos como hembras adultos mostraron mayor abundancia en el mes de diciembre (Fig. 7.1B). Durante febrero se encontraron machos adultos pero no hembras, mientras que en el mes de julio ocurre lo contrario. Los juveniles estuvieron presentes desde el fin del invierno hasta el comienzo del otoño (agosto a abril), registrándose el mayor números en los meses de enero y febrero (Fig. 7.1AyB).

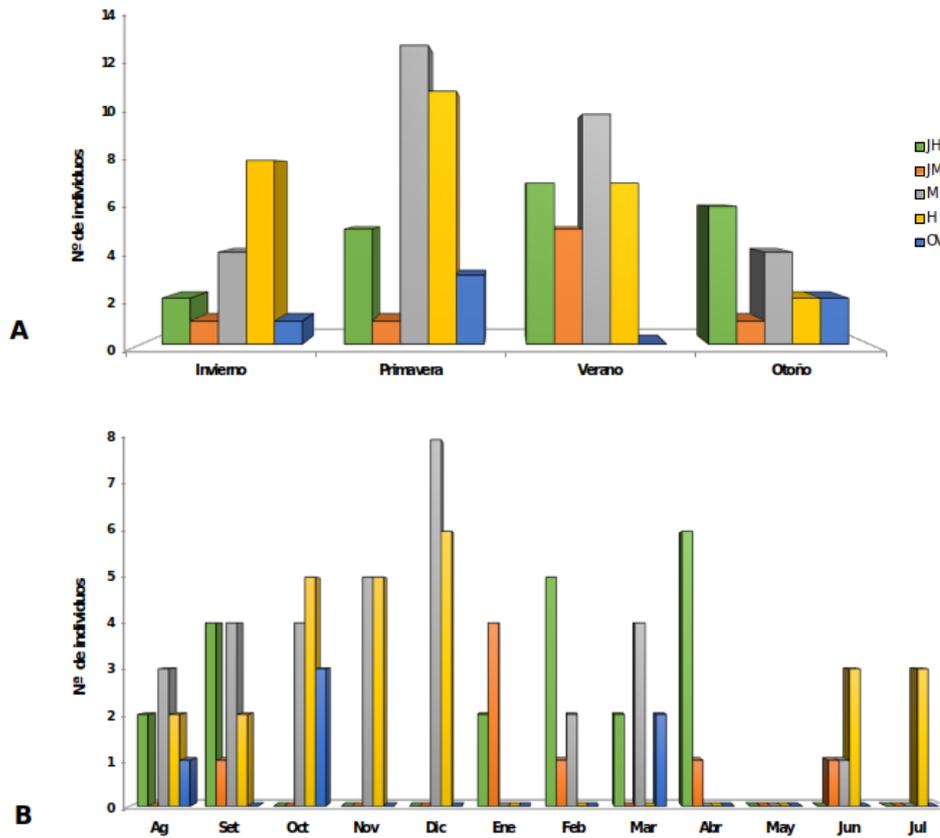


Figura 7.1: Estructura poblacional de *Aegla platensis* en el arroyo San Francisco. A: por estación del año. B: mensual. JM: juveniles machos; M: machos adultos; JH: juveniles hembras; H: Hembras; OV: Hembras ovígeras.

El LC de los machos varió entre 6,65 y 33,9 mm ($media \pm DE : 21,1 \pm 7,01$) mientras que en las hembras la variación fue entre 5,71 y 26,1 mm ($media \pm DE : 18,08 \pm 5,33$). El AC varió de 4,99 a 26,3 mm ($media \pm DE : 17,05 \pm 6,2$) en los machos y de 2,52 a 23,84 mm ($media \pm DE : 18,08 \pm 5,33$) en las hembras. El *LQ* de los machos presentó mayor rango de medidas variando de 2,44 a 24,75 mm ($11,45 \pm 5,72$) en comparación con las hembras que variaron de 3,01 a 15,88 mm ($9,23 \pm 3,10$). El test de *T – Student* mostró diferencias significativa entre sexos para las variables *LC* y *AC*. Mientras que el test de Mann-Whitney mostró diferencias entre sexos para las variables, *Peso* y *LQ* tanto derecho como izquierdo. El *AA* en las hembras varió de 3,5 a 20,1 mm ($12,71 \pm 4,30$) (Tabla 7.1). No se encontraron diferencias significativas entre el quelípodo derecho (*LQD*) e izquierdo (*LQI*) para machos ($U=239$; $p= 0,58$). Debido a ello, a lo largo del trabajo se

utilizará LQI como medida del LQ.

Tabla 7.1: Estadística descriptiva de las medidas morfométricas separadas por sexo y los resultados del test de Mann Whitney y Y Student. N, número de ejemplares; U (test de Mann-Whitney) y t (Student); p, probabilidad; * resultado significativo con una $p < 0,05$. AC= ancho del cefalotórax (mm); LC= largo del cefalotórax (mm); LQ= largo quela izquierda (mm); P= peso (g); AA= ancho del abdomen (mm).

Var.	Hembras				Machos				U	t	p
	N	$X \pm DE$	Mín	Máx	N	$X \pm DE$	Mín	Máx			
AC	54	14,45 ± 4,99	2,55	23,84	39	17,05 ± 6,02	4,99	26,3	-	2,26	0,03*
LC	54	18,08 ± 5,33	5,71	26,11	39	21,21 ± 7,01	6,65	33,94	-	2,44	0,02*
LQ	49	9,23 ± 3,10	3,01	15,88	31	11,45 ± 5,72	2,44	24,75	612		0,09
P	54	1,92 ± 1,38	0,03	5,47	39	3,32 ± 2,64	0,05	11,16	738		0,01*
AA	54	12,71 ± 4,30	3,5	21,1							

De acuerdo a la regla de Sturges, los individuos fueron agrupados en 8 clases de tamaños con una amplitud de 4 mm. La distribución general de los individuos recolectados fue unimodal y asimétrica, desplazada hacia la izquierda (Fig. 7.2). Los machos se observaron en todas las clases de tamaño, siendo más abundantes en la sexta (25,01–29,00 mm). Las hembras estuvieron presentes en las primeras cinco clases siendo más abundantes en la quinta (20,95–24,75 mm). Las hembras ovígeras estuvieron presentes en la cuarta y quinta clase de tamaño. Las clases de mayor tamaño solo estuvieron representadas por machos (Fig.7.2).

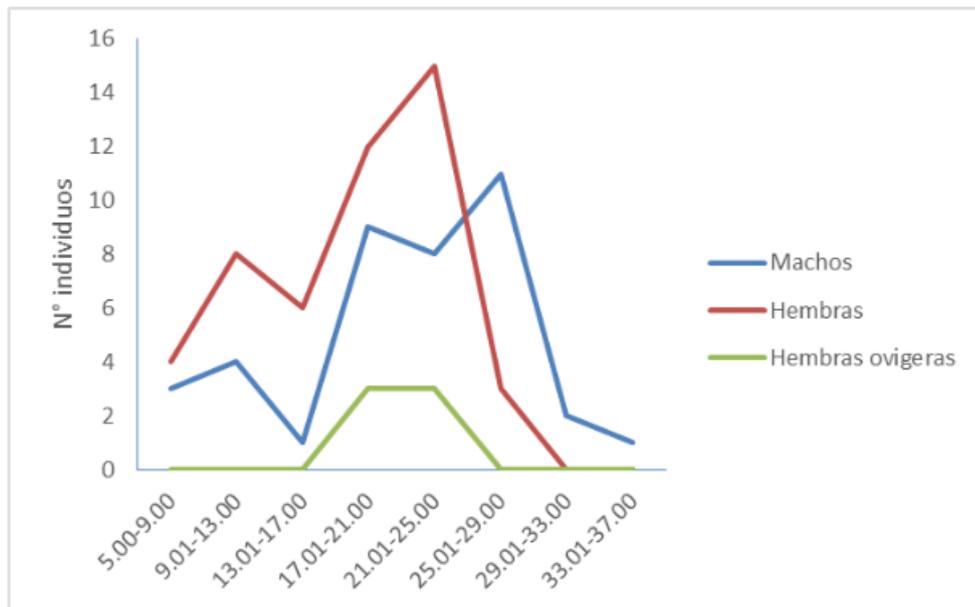
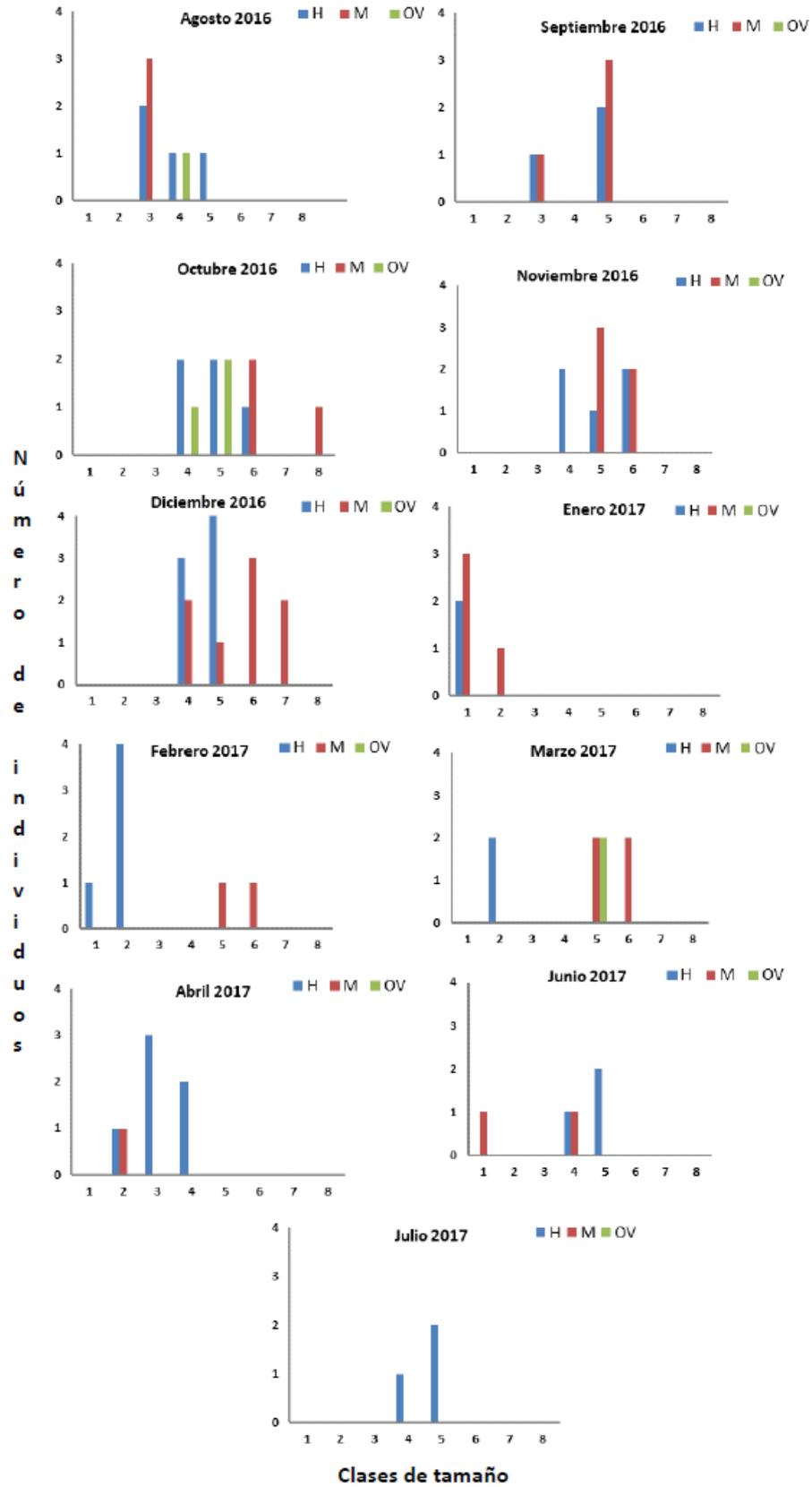


Figura 7.2: Distribución general de los individuos en clases de tamaño según el largo del cefalotórax (mm).

La distribución mensual de los individuos en clases de tamaño, indicó mayor frecuencia de tallas pequeñas en los meses de enero, febrero y abril, con mayor número de hembras en estos dos últimos. Los machos más grandes fueron encontrados en los meses de octubre y diciembre, mientras que las hembras lo fueron en octubre y noviembre (Fig.7.3 A, B y C). Las hembras ovígeras presentaron tallas mayores en el mes de octubre



A

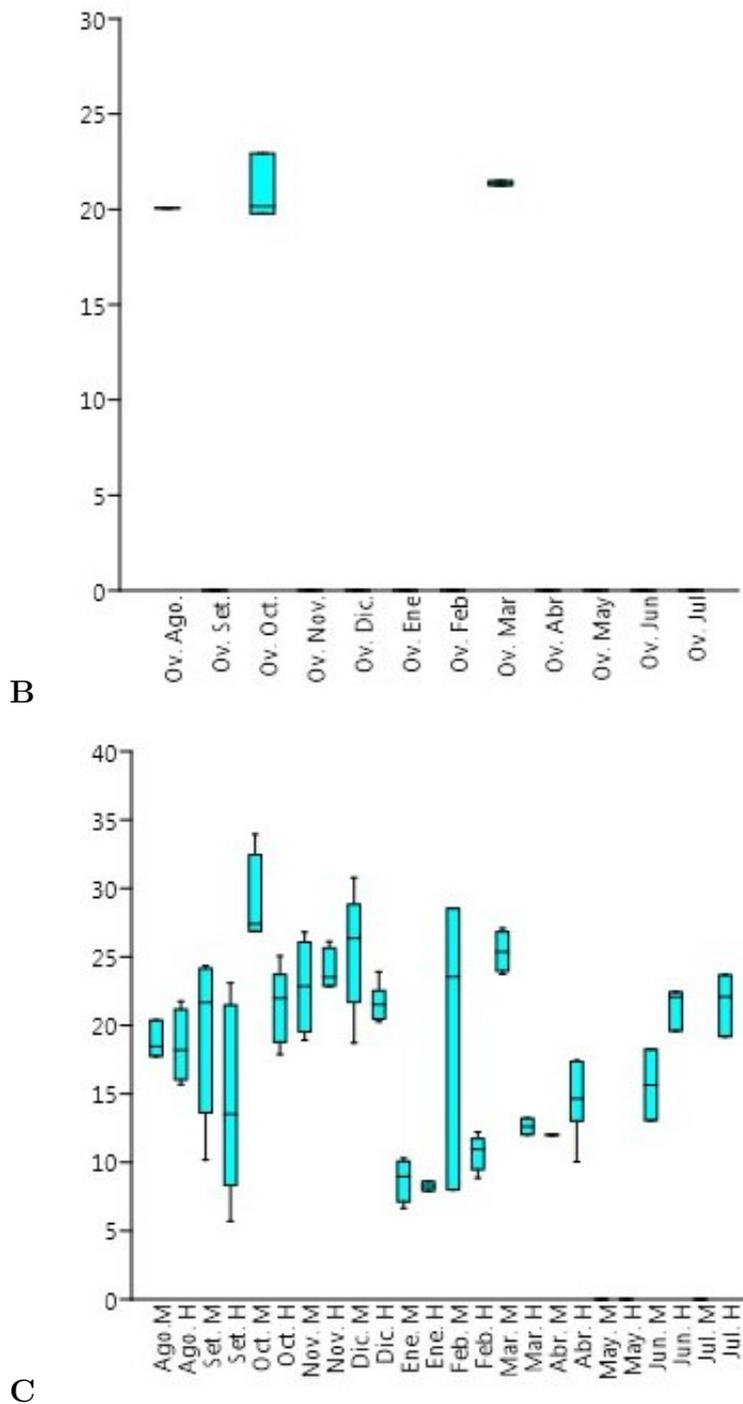


Figura 7.3: Distribución mensual de los individuos en clases de tamaño según LC (mm) de machos (M), hembras (H) y hembras ovígeras (HO) de *Aegla platensis*. A) Frecuencias absolutas; B) Frecuencia de tamaños de los individuos machos (M) y hembras (H); C) Frecuencia de tamaños para hembras ovígeras (HO)

7.2. Crecimiento relativo

Las regresiones para machos y hembras mostraron buen ajuste al modelo lineal y en la mayoría de los casos con valores de coeficiente de determinación y correlación superiores al 80 % y con b significativo (Tabla 7.2)

Tabla 7.2: Análisis de regresión: relaciones entre las diferentes partes corporales de machos y hembras de *A. platensis*. M, macho; H, hembra N, número de individuos; a, intercepto; b, pendiente; r: coeficiente de correlación; r², coeficiente de determinación; sb: error estándar de b; p, valor para la pendiente; AC, ancho del cefalotórax; LC, largo del cefalotórax; LQ, largo quela; AA, ancho del abdomen; P, peso.

Relación	Sexo	N	a	b	r	r ²	sb	p	Alometría
LC vs AC	H	54	0,40	0,73	0,92	0,85	0,04	$3,18 \times 10^{-24}$	neg
	M	39	0,20	0,91	0,99	0,99	0,013	$1,47 \times 10^{-40}$	neg
LQ vs AC	H	50	-0,29	1,07	0,96	0,93	0,043	$6,49 \times 10^{-29}$	pos
	M	31	-0,40	1,2	0,97	0,95	0,055	$1,62 \times 10^{-16}$	pos
P vs AC	H	54	-2,80	2,42	0,92	0,85	0,13	$8,93 \times 10^{-24}$	neg
	M	39	-3,27	3,00	0,99	0,98	0,05	$3,53 \times 10^{-36}$	isom
AA vs AC	H	54	-0,59	1,51	0,42	0,17	0,19	$1,43 \times 10^{-03}$	pos

El análisis de la relación LC vs AC evidenció alometría negativa para machos y hembras. Las relaciones LQ vs AC indicaron alometría positiva para machos y hembras. La relación P vs AC mostró alometría negativa para hembras e isometría para machos. Para las hembras, la relación AA vs AC comprobó la existencia de alometría positiva (Tabla 7.2). El análisis de covarianza (ANCOVA) no evidenció diferencias significativas entre sexos para las regresiones LC vs AC ($f = 0,66$; $p = 0,42$), LQ vs AC ($f = 0,073$; $p = 0,84$) y P vs AC ($f = 1,83$; $p = 0,17$). Sí se encontraron diferencias levemente significativas entre los b (pendiente) de machos y hembras para la relación LC vs AC ($f = 3,98$; $p = 0,04$) y muy significativas para la relación P vs AC ($f = 25,5$; $p = 2,24 \times 10^{-0,6}$).

7.3. Proporción sexual

La proporción sexual anual fue 1:1 sin diferencias significativas ($\chi^2 = 0,65$; $p > 0,05$). Analizando la proporción sexual por clases de tamaño se verificó que los machos son más abundantes en las clases mayores, sexta (3,6:1), séptima (1:0) y octava (1:0), mientras que las hembras lo fueron en el resto de las categorías (Fig.7.4). Mensualmente la proporción de machos fue mayor en los meses de diciembre (1:1,1) y enero (2:1), en cuanto a la proporción de hembras fue mayor en los meses de febrero (1:0,6), abril (1:0,6), junio (1:0,6), julio (1:0), agosto (1:0,6), septiembre (1:1,6) y octubre (1:0,5). En los meses de marzo y noviembre la relación machos-hembras fue de 1:1 (Fig.7.5).

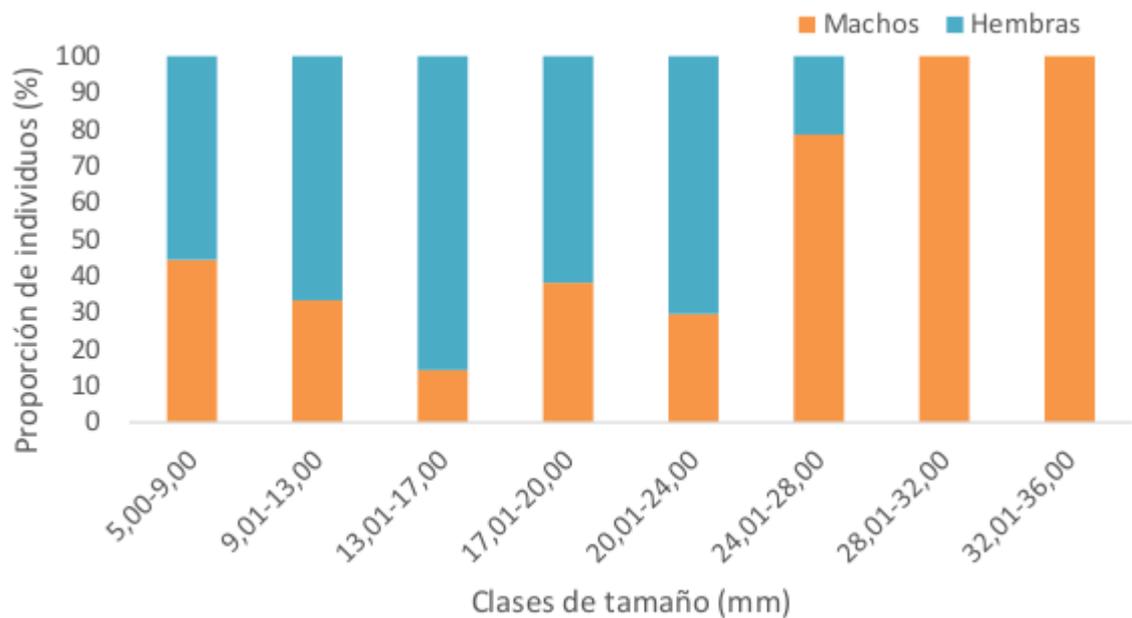


Figura 7.4: Proporción sexual para las diferentes clases de tamaño de *A. platensis*.

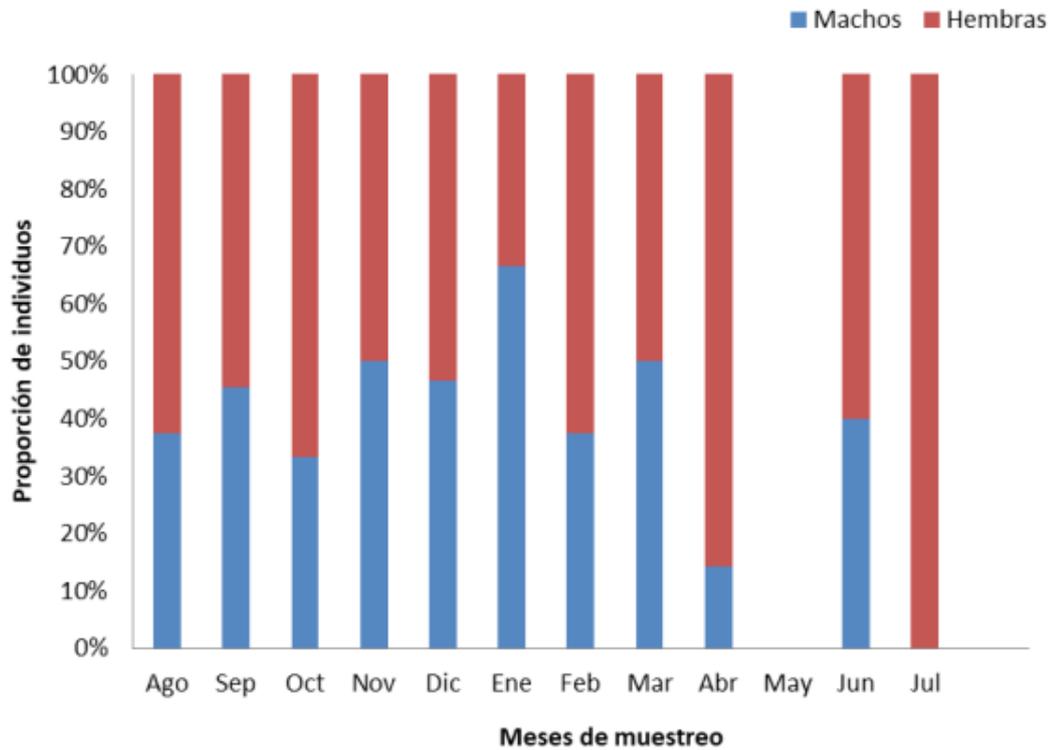


Figura 7.5: Proporción de sexos de *A. platensis* para los diferentes meses de muestreo.

7.4. Madurez sexual morfológica

Las dimensiones corporales que presentaron indicaciones de madurez sexual fueron para machos LQ vs LC y para hembras AA vs AC. La talla de inicio de la madurez sexual morfológica para los machos se estimó en 15,29 mm de LC (Fig. 7.6A), mientras que para las hembras fue de 18,9 mm de LC (Fig. 7.6B).

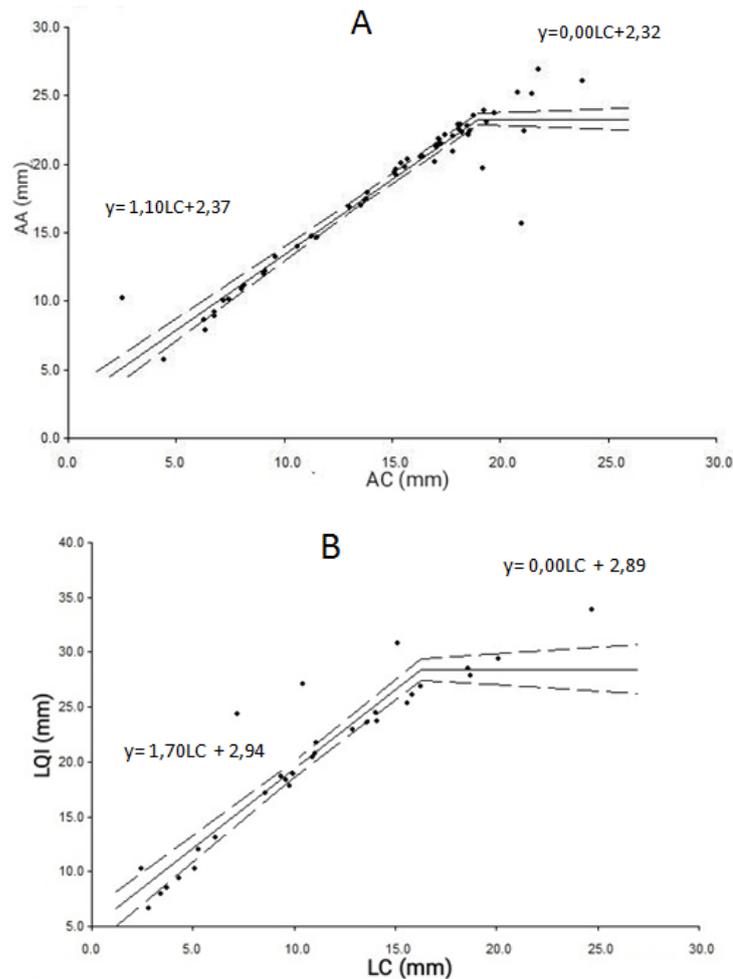


Figura 7.6: Talla de la madurez sexual morfológica de *A. platensis* obtenida para hembras(A) y machos (B).

7.5. Análisis histológico

El análisis histológico de los ovarios de hembras con tallas menores a la madurez morfológica (15,6 mm) permitió comprobar la presencia de abundantes oogonias periféricas y oocitos primarios con inicio de vitelogénesis endógena, con un núcleo central y grande en relación a la cantidad de citoplasma. También se observaron células foliculares distribuidas en forma azarosa y unos pocos oocitos secundarios (Fig. 7.7 A). En aquellas hembras cuyo LC era cercano al punto de madurez sexual morfológica (19,3mm y 19,7mm), se observaron grupos de oogonias, algunos oocitos primarios y mayor número de oocitos secundarios en vitelogénesis avanzada (endógena) (Fig.7.7 B y C). Las células foliculares en este ovario se encuentran rodeando los oocitos y su forma es más aplanada, lo que indica que se trata de

un ovario en inicio de madurez. Uno de los ovarios observados se correspondió con una hembra ovígera.

Los ovarios analizados que corresponden a un LC mayor al punto de quiebre (21,7mm), mostraron algunas pocas oogonias y oocitos primarios, oocitos secundarios muy desarrollados y folículos vacíos (Fig. 7.7 D).

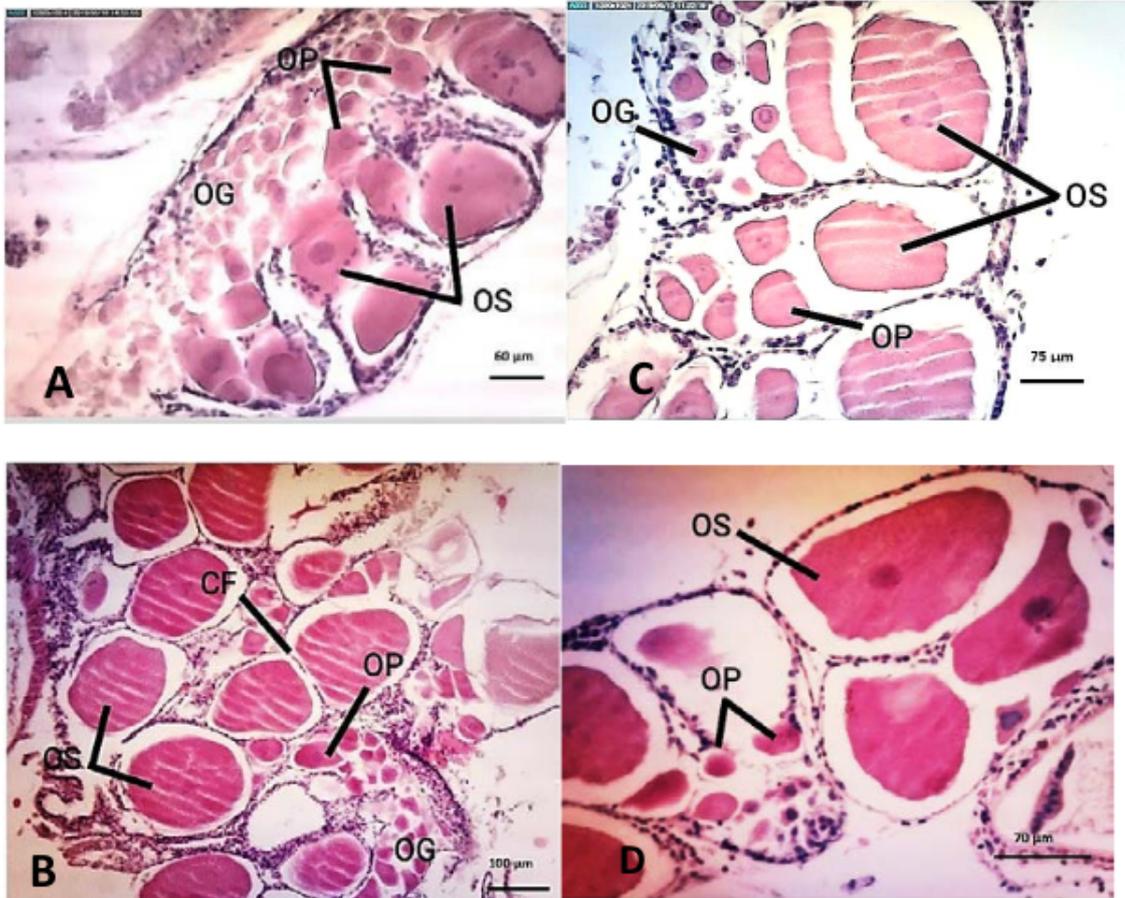


Figura 7.7: Histología del ovario de *Aegla platensis* para diferentes tallas. A) Ovario de hembra con LC menor al punto de quiebre (inmaduro) Se observan abundantes oogonias (OG). B) Ovario de hembra ovígera, con LC cercano al punto de quiebre (madurez gonadal). OP: oocitos primarios; OS: oocitos secundarios; CF: células foli-culares. C) Ovario de hembra con LC cercano al punto de quiebre (remaduración). D) Ovario de hembra con un LC mayor al punto de quiebre (maduro).

7.6. Período reproductivo y fecundidad

El período reproductivo comprendió los meses de agosto, octubre y marzo, con un pico reproductivo en octubre (Fig. 7.8). La fecundidad promedio fue de $383,3 \pm 44,1$ huevos por hembra, con un máximo de 550 y un mínimo de 250

huevos. La hembra ovígera más grande midió 22,93 mm de LC y portaba 450 huevos, mientras que la más pequeña midió 19,77 mm y portaba 350 huevos.

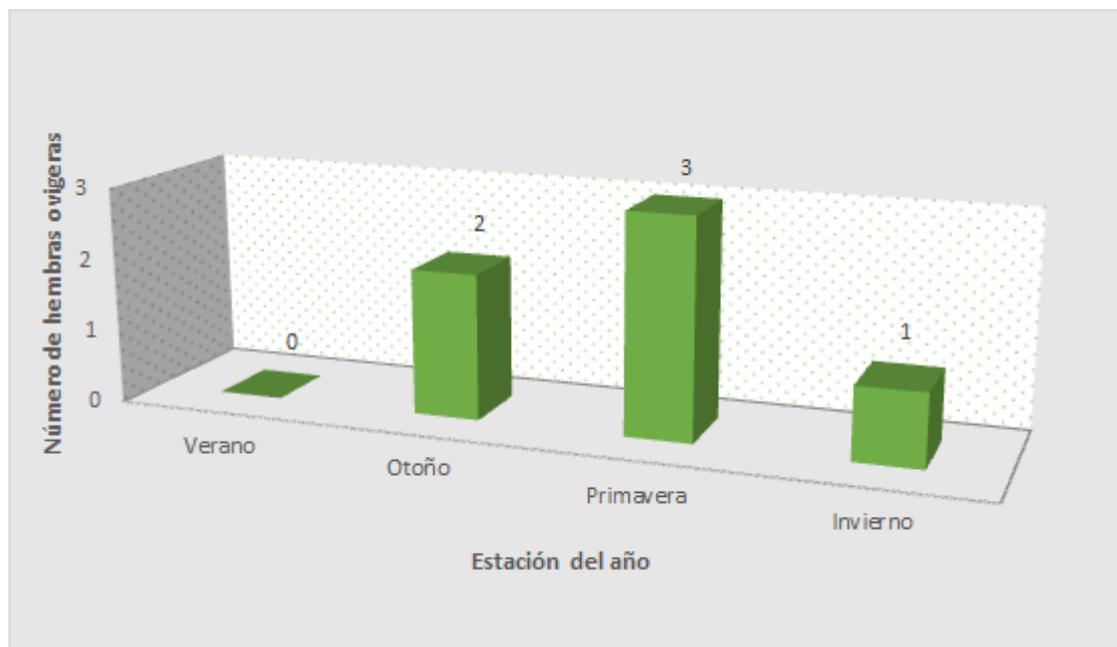


Figura 7.8: Distribución de las hembras ovígeras de *Aegla platensis* en las diferentes estaciones del año, durante el período de muestreo

No se encontró correlación positiva significativa de la fecundidad con las variables morfométricas LC ($r = 0,13$; $p = 0,80$), AC ($r = 0,44$; $p = 0,38$) y AA ($r = 0,38$; $p = 0,45$).

7.7. Parámetros físico-químicos

En la Tabla 7.3 se muestran los valores obtenidos de los parámetros ambientales promediados por estación del año.

Tabla 7.3: Promedio calculado de los parámetros físico-químicos obtenidos en las diferentes estaciones del año.

Estación del año	Temperatura ($^{\circ}C$)	Conductividad (US)	Oxígeno disuelto (mg/L^{-1})	Precipitaciones
Verano	27.9	288.8	4.16	101.2
Otoño	19.0	225.4	3.8	86.3
Invierno	11.8	180.9	6.2	128.6
Primavera	19.1	238.9	5.12	67.3

Los valores máximos de temperatura se registraron en verano siendo diciembre

el mes más caluroso con una temperatura de $30,6^{\circ}C$, mientras que los valores más bajos se registraron en invierno con un mínimo en junio de $8,5^{\circ}C$. La conductividad tuvo su máximo en verano ($319,6\mu s$ en enero) y su mínimo en invierno ($151,1\mu s$ en julio).

El oxígeno disuelto varió entre $2,97$ y $6,2\text{mm}/L^{-1}$ a lo largo del año, dichos valores mínimo y máximo fueron registrados en otoño (marzo) e invierno (julio) respectivamente. Las precipitaciones variaron a lo largo del año desde un mínimo de $9,3\text{mm}$ registrado en el mes de junio, hasta un máximo de $137,5\text{mm}$ para el mes de julio, siendo la estación de invierno la que registró un promedio mayor de lluvias y la primavera un promedio menor de las mismas.

El Análisis de los Componentes Principales indica que dos primeros componentes explicaron el 83% de la varianza total. El componente 1 explica el 48% de la varianza total y separó en sentido positivo los meses de verano correlacionados a los machos y hembras tanto adultos como juveniles con mayores condiciones de temperatura y conductividad, de los meses de primavera a los cuales se asocian las hembras ovígeras con mayores condiciones de oxígeno. El componente 2, explicó el 35% de la varianza total y mostró una correlación negativa con la precipitación (Fig.7.9, Tabla 7.4).

Tabla 7.4: Autovectores de los componentes 1, 2 y 3 para las variables consideradas.

	PC 1	PC 2	PC 3
Precipitaciones	0.33298	-0.93331	-0.13434
Temperatura	0.99001	0.11479	-0.081903
Conductividad	0.96312	0.2421	-0.11746
O_2 Disuelto	-0.75993	0.40948	0.50481
Hembras	0.57708	0.73577	-0.35444
Machos	0.032966	0.9242	8-0.38028
Hembras juv.	0.24097	0.59634	0.76571
Machos juv.	0.89001	0.10597	0.44345
Ovígeras	-0.76585	0.54572	-0.34009

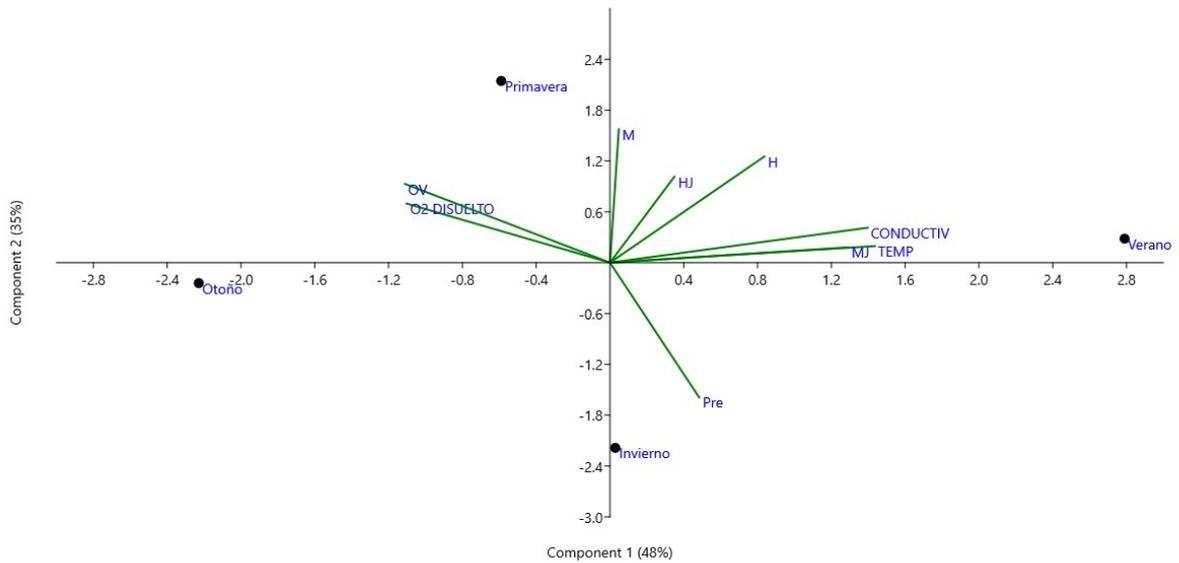


Figura 7.9: Análisis de los componentes principales de las variables físico-químicas estudiadas en las diferentes estaciones del año de muestreo. OV (ovígeras); MJ (machos juveniles); HJ (hembras juveniles); M (machos); H (hembras).

8. Discusión

El presente trabajo ha aportado los primeros datos que permitieron caracterizar la estructura poblacional, hallar la talla de madurez sexual, estimar la fecundidad y definir período reproductivo de *Aegla platensis*, proporcionando así información primordial para un mejor entendimiento de la biología de esta especie en nuestro país, lo que será de utilidad para su manejo y conservación, a la vez que servirá de base para futuras investigaciones.

El número de individuos colectado a lo largo del año fue menor que lo reportado para poblaciones de *A. platensis* de Brasil y Argentina (Bueno & Bond-Buckup, 2000; Sokolowicz et al., 2006; Dalosto et al., 2014) donde la colecta de individuos totales fue desde los 234 ejemplares por año a 2.522. También estas diferencias se han registrado para otras especies de aeglidos (Viau, V. et al., 2006; Bueno & Shimizu, 2008; Cohen et al., 2011). Estas diferencias en el número de individuos colectados podría deberse a las características y condiciones del sitio de muestreo, ya que como se indicó anteriormente el arroyo San Francisco recibe efluentes de actividades mineras, presenta una represa en su trayecto y , el lugar de colecta

comprende el tercio del arroyo que atraviesa la ciudad de Minas, sometido entonces al deterioro por escorrentías pluviales y actividades antropogénicas, todos factores que influyen negativamente en la distribución y conservación de los aeglidos (Trevisan, et al., 2009; Bueno et al., 2016; Santos et al., 2017). Consideramos también que el bajo número de individuos colectado pudo estar influenciado por el diseño de muestreo. Aumentar el número de sitios de muestreo e incorporar otras modalidades de colecta (como por ejemplo redes trampa) podría haber aumentado el número de individuos colectado.

Se encontraron diferencias significativas en las tallas entre sexos donde los machos alcanzaron mayores tamaños que las hembras. Esto se corresponde con un patrón estudiado para la mayoría de los aeglidos, donde es claro este dimorfismo sexual (Trevisan & Santos 2012; Bueno et al., 2016). La mayor talla alcanzada por los machos probablemente se deba, al hecho que estos invierten sus energías principalmente en el crecimiento somático, mientras que las hembras son más pequeñas porque invierten la mayor parte de su energía en la reproducción (maduración de las gónadas y producción de huevos) a expensas del crecimiento del cuerpo (Hartnoll, 2006; López-Greco & Rodríguez, 1999; Mantelatto et al., 1995; Conde & Díaz, 1989). También se han planteado como posibles causas de este dimorfismo, diferencias en la tasa de crecimiento, mortalidad, migraciones o respuestas a condiciones ambientales y uso de recursos entre machos y hembras y selección sexual (Cohen , et al., 2011). Las tallas tanto para machos y hembras estudiadas en el arroyo San Francisco mostraron ser mayores que las poblaciones de Brasil para la misma especie (Sokolowicz et al., 2006; Dalosto et al., 2014; Bueno & Shimizu, 2009; Colpo et al., 2005). La proporción sexual anual no varió estadísticamente de la proporción esperada de 1:1, por lo que la población de *A. platensis* estaría en equilibrio, lo que es frecuente de observar para las poblaciones de crustáceos (Wenner, 1972). Este resultado concuerda con lo observado por otros autores para la misma y otras especies de aeglidos (Bueno & Bond-Buckup, 2000; Colpo et al., 2005). El análisis mensual mostró que las hembras dominan en el sitio de muestreo la mayor parte del año, mientras que los machos lo hacen solamente en meses de verano. Una relación diferente fue reportada por Dalosto y col. (2014) para una

población de *A. platensis* en Brasil, donde es claro el predominio de machos en los meses de invierno. La frecuencia de juveniles varió a lo largo del año, siendo el período de más abundancia el verano, lo que difiere con lo reportado para poblaciones brasileras y argentinas de la misma especie (Bueno et al., 2000; Dalosto et al., 2014; Diagol, 2018) donde se observa el mayor periodo de reclutamiento durante la primavera. De todas formas, la frecuencia de juveniles sigue el mismo patrón observado por dichos autores quienes reportan una mayor abundancia de juveniles luego del pico reproductivo.

En la mayoría de los crustáceos decápodos, como también se observó en ae-glidos (Viau et al., 2006; Oliveira & Santos, 2011; Copatti et al, 2016), tanto los quelipedos en los machos como el abdomen en las hembras son considerados caracteres sexuales secundarios. Los machos usan los quelipedos durante el cortejo y la copula, mientras las hembras usan el abdomen para incubar los huevos (Hartnoll, 1978, 1985). La condición de heteroquelia ha sido reportada tanto para machos como para hembras en la gran mayoría de los trabajos realizados sobre este género (López 1965; Bueno & Shimizu 2009; Trevesian & Santos, 2011). Bueno y col. (2000), registran para *A. platensis*, que un 36,5% de los machos presentan el quelipedo izquierdo mayor mientras que un 51,7% de las hembras los presentan de igual tamaño. En el presente estudio los quelipedos tanto de machos como de hembras presentan isoquelia, concordando con lo observado por Noro & Buckup (2003) quienes registran esta condición en *A. leptodactyla*. De acuerdo con Almerao y col. (2010) los machos de *A. platensis*, utilizan los quelipodos en despliegues agonístico en la fase pre-copulatoria y durante la copula sujetando y manipulando a la hembra, lo que se relaciona con lo registrado aquí donde el crecimiento de los quelipedos es alométrico positivo, alcanzando mayores tamaños que en las hembras. El crecimiento del abdomen en las hembras presento alometría positiva lo que podría estar afín con la relación directa esperada entre el tamaño del abdomen y la fecundidad (Gonçalves et al., 2006; Bueno & Shimizu, 2008). Además, el tamaño del abdomen puede estar relacionado con el tamaño de la cámara de incubación que protege los embriones en desarrollo y los juveniles recién nacidos que permanecen en el abdomen femenino durante cierto tiempo (Verdi, 1985; López-Greco et al.,

2004). Las hembras invierten energía para aumentar el tamaño del abdomen, lo que puede mejorar su eficiencia reproductiva (Hartnoll, 1969; 2001).

Los machos alcanzan mayor peso que las hembras, resultados semejantes fueron observados en otros trabajos sobre aeglidos (Sokolowicz et al., 2006) tanto como para otros decápodos (Hernández & Arreola-Lizárraga, 2007; Ramos-Cruz, 2008; Merentiel, M., 2014). De acuerdo con Sastry (1983), podría deberse al hecho de que las hembras en algún momento de su ciclo de vida detienen el crecimiento para destinar energía a la reproducción, mientras que los machos pueden seguir creciendo aún después de alcanzada la madurez sexual. Swiech-Ayoub & Masunari (2001) atribuyen el mayor tamaño de los machos de *A. castro*, a la disminución del incremento de tamaño en la muda de las hembras durante el período reproductivo, causado por deficiencias nutricionales y el estrés sufrido por las hembras durante la puesta. Según Mauchline (1977), en los crustáceos decápodos, puede no haber crecimiento en la muda que precede a la puesta de huevos. De acuerdo a diferentes estudios, las hembras de los aeglidos adquieren la madurez sexual a tamaños menores que los machos (Colpo et al., 2005; Viau et al., 2006; Bueno & Shimizu, 2009, Bueno et al., 2016) (Tabla 8.1); lo que no se ve reflejado en el presente trabajo donde los valores obtenidos son mayores para hembras (18,9 mm LC) que para machos (16,27 cm LC). Esto difiere también con lo observado por Bueno & Bond Buckup (2000) y por De Oliveira & Santos (2011) para poblaciones brasileñas de la misma especie (Tabla 8.1).

Tabla 8.1: Comparación de la talla de madurez sexual para varias especies de *Aegla* obtenidas por diferentes autores, tanto para machos (M) como para hembras (H)

Especie	Tamaño Madurez Sexual morfológica (mm)		Referencias
	M	H	
<i>Aegla longirostri</i>	13.7	10.7	Colpo et al. (2005)
<i>Aegla uruguayana</i>	17	15	Viau et al. (2006)
<i>Aegla franca</i>	14.4	11.8	Bueno & Shimizu (2009)
<i>Aegla Prado</i>	?	15	Verdi (1985)
<i>A. platensis</i>	?	14.4	Bueno & Bond-Buckup (2000)
<i>A. platensis</i>	19.15	16.5	Olivera & Santos (2011)
<i>A. platensis</i>	16.27	18.9	Presente estudio

Las características histológicas de ovario inmaduro fueron encontradas en hembras con tallas de 12,02 mm y 15,6 mm de LC , lo cual es coincidente con el estadio 1 planteado por Sokolovics y col. (2007) para la misma especie y con Viau y col. (2006), quienes reportan ovario inmaduro para hembras con tallas menores a 15mm para *A. uruguayana*. Lo mismo ocurre con las hembras analizadas con tallas mayores al punto de quiebre de madurez sexual morfológica establecido, quienes presentaron ovarios maduros coincidentes en el estadio IV de Sokolovics y col. (2007) y el maduro de Viau y col. (2006). Los mismos autores plantean que entre los ovarios que muestran haber iniciado la madurez sexual, se encuentran ovarios en remaduración; esto coincide con lo observado en el presente estudio en cortes histológicos realizados en hembras con talla mayor al punto de madurez gonadal. Las diferencias observadas para la misma especie en localidades diferentes, podrían estar indicando la existencia de variaciones en el desarrollo de las diferentes poblaciones, basadas quizá en factores ambientales propios de cada ambiente. Una hipótesis podría basarse en la existencia de contaminantes que podría estar afectando el patrón de diferenciación sexual, acelerándolo en las especies brasileras y enlenteciéndolo en las uruguayas. Las relaciones de los contaminantes con la determinación y diferenciación del sexo ha sido ampliamente investigado para peces (Devlin y Nagahama, 2002; Opsina-Alvarez y Piferrer, 2008), relaciones semejantes podrían suceder también para crustáceos. Dado que los aeglidos son indicadores de la calidad del agua, este trabajo podría entonces ser el puntapié inicial para generar una mayor información y aporte de datos en relación a este tema.

Cabe resaltar que para la obtención de los datos histológicos fueron utilizados los organismos fijados completos colectados durante el muestreo, a pesar de ello se pudieron obtener buenos preparados histológicos, cosa que suele no suceder y por lo tanto ante la duda se sacrifican nuevos individuos para tan solo fijar algunos tejidos. Esto resulta interesante ya que podrían utilizarse para futuros análisis los ejemplares de colección.

El período reproductivo en los aeglidos, varía de estacional (4 a 7 meses) a extendido (8 a 12 meses). Las especies con un patrón reproductivo extendido se pueden encontrar en su fase reproductiva durante la mayor parte del año, exhibiendo un

período de mayor intensidad, que coincide con el mismo período del año que el patrón estacional (Bueno et al., 2016). Bueno & Buckup (2000) y Dalosto y col. (2014), estudiando dos poblaciones de Rio Grande do Sul, clasifican a *A. platensis* dentro del patrón extendido con reproducción todo el año. Esto no ocurre con la población uruguaya estudiada, donde se registró la presencia de hembras ovigeras en los meses de agosto, octubre y marzo, con un pico reproductivo en octubre, coincidiendo con el patrón estacional. El pico reproductivo tampoco es coincidente con lo indicado por otros autores quienes afirman que en el hemisferio sur, este se da en el invierno (López, 1965; Bueno y Bond-Buckup, 2000; Noro y Buckup, 2002; Chiquetto-Machado et al., 2016). Una excepción a esto fue registrada para una población brasileña de *A. longirostri* (Colpo et al., 2005), la que presenta los picos reproductivos en meses cálidos (octubre y febrero). Los procesos de reproducción y maduración podrían estar influenciados o sincronizados con la disponibilidad de alimento (Sokolovics et al., 2006), pero *A. platensis* al ser una especie omnívora, generalista y oportunista, tendría alimento disponible la mayor parte del año, como lo reportan Bueno & Bond-Buckup (2004), donde demuestran la presencia de estómagos llenos casi todo el año. Es de esperarse entonces que otras presiones ambientales sean las que generan en la población estudiada una diferencia en el período reproductivo en comparación con otras poblaciones de la misma especie, Bueno & Shimizu (2008), han sugerido que el gradiente latitudinal y las características del clima regional pueden afectar el patrón del ciclo reproductivo en *Aegla*. Por lo que, especies de áreas templadas más frías que viven en latitudes altas tienen un período reproductivo extendido (Bueno y Bond-Buckup 2000; Colpo et al., 2005; Viau et al., 2006), mientras que los de regiones de baja latitud tienen una marcada reproducción estacional (López 1965; Rodrigues & Hebling 1978; Bueno & Shimizu 2008; Bueno et al., 2016). Las condiciones climáticas regionales contrastantes de temperatura y lluvia tienen una fuerte influencia en el patrón reproductivo en los aeglidos (Bueno y Shimizu 2008). El período reproductivo es más corto en localidades con una amplia variación en la precipitación (expresada como desviación estándar 60 mm) que en sitios con condiciones climáticas opuestas (Bueno y Shimizu, 2008). En este sentido Cohen y col. (2011) sugieren que

existe una correlación negativa entre las precipitaciones, su relación con la velocidad del agua, la ocurrencia de hembras ovígeras y la eclosión de la mayoría de los juveniles, ya que serían estos factores desfavorables para su supervivencia. Esto se corresponde con la mayor ocurrencia de hembras ovígeras obtenidas en primavera, estación que registró en promedio el menor valor de precipitaciones. En cuanto al periodo de reclutamiento la mayor cantidad de reclutas fue registrada en la estación más cálida y con intensa precipitación. De acuerdo con Diagol (2018) las temperaturas más cálidas y la mayor velocidad en el flujo de agua podrían interpretarse como las condiciones ambientales “más favorables” para los reclutas. La abundancia de juveniles en estas estaciones sería una estrategia que les permite utilizar los recursos más abundantes de primavera y verano (Teodosio & Masunari, 2009). A su vez, la mayor intensidad en las precipitaciones y en la velocidad del flujo del agua podría favorecer la dispersión de estos organismos (la cual es muy baja si debieran valerse por sus propios medios), alejándolos de los adultos. Lo que conllevaría a disminuir la probabilidad de canibalismo. De este modo, al mantenerse relativamente alejados de los adultos, los reclutas tendrían acceso a determinados recursos (tales como alimento y refugio), los cuales les serían muy difíciles de acceder si se encontraran compartiendo el espacio con los ejemplares de mayores tallas (Diawol, 2018). En cuanto a la fecundidad y el tamaño del huevo, se ha registrado un patrón latitudinal en el que las especies de *Aegla* de las latitudes más altas producen mayor cantidad de huevos que son pequeños, mientras que en latitudes más bajas producen menor cantidad de huevos, pero de mayor tamaño (Bueno et al., 2016). Según Da Silva y col.(2016), esta tendencia latitudinal podría estar relacionada con el origen del grupo, debido a que una de las posibilidades es que los aéglicos hayan colonizado las aguas continentales hace alrededor de 75 millones de años, originándose en el Océano Pacífico (Pérez-Losada et al., 2016). Según estos autores, las especies más cercanas al Pacífico que se distribuyen en el sur de América del Sur son más primitivas que las otras especies. Por lo tanto, la tendencia hacia mayor cantidad de huevos de menor tamaño para las especies que se encuentran en latitudes más altas podría ser un rasgo evolutivo de sus ancestros marinos, debido a que los decápodos marinos tienden a tener mayor número de

huevos que son de menor tamaño (Vogt, 2013). Los datos obtenidos en el presente estudio se ajustan a este patrón latitudinal general.

Si bien tomando en cuenta tanto el ancho como el largo del cefalotórax, se observa que la hembra más pequeña presentan menor número de huevos y la más grande mayor número, no se encontró correlación positiva entre el número de huevos y la talla de las hembras, lo cual no coincide con lo reportado para la mayoría de los aéglidos (Noro & Buckup, 2002; Bueno & Shimizu, 2008; Silva-Gonçalves et al., 2009). Esto podría deberse al bajo número de hembras ovígeras colectadas o a factores como el comportamiento de aseo o “grooming”, registrado para *A. platensis* y *A. uruguayana* por Martin & Felgenhauer (1986). Esta conducta es realizada por las hembras ovígeras, las cuales utilizan el quinto par de pereiópodos para limpiar y eliminar partículas y organismos de la masa ovígera, podría llevar a la pérdida de los huevos (Da Silva et al., 2016). Otros factores que podrían estar contribuyendo a la pérdida de huevos durante el desarrollo embrionario podrían ser como indican en su trabajo Schwarz da Rocha y col. (2010), los huevos no fertilizados, y la reacción de escape al flexionar violentamente el pleón.

9. Conclusiones:

- Las características y condiciones del sitio de muestreo así como el diseño del mismo, pudieron influenciar el bajo número de individuos colectado a lo largo del año.
- Se observó marcado dimorfismo sexual correspondiéndose con el patrón estudiado para la mayoría de las poblaciones de crustáceos y de la mayoría de los aeglidos en particular.
- Las tallas alcanzadas tanto de machos como de hembras en el arroyo San Francisco, son mayores que las reportadas para la misma especie en Brasil.
- La población estudiada se mantuvo en equilibrio debido a que se mantuvo la proporción 1:1 la mayor parte del año, patrón que coincide con estudios en crustáceos y poblaciones de aeglidos.
- La frecuencia de juveniles varió a lo largo del año, siendo el período de más abundancia el verano, lo que difiere con lo reportado para poblaciones brasileras y argentinas de la misma especie.
- El estudio de los quelipedos tanto de machos como de hembras mostró isoquelia, concordando con lo observado por Noro & Buckup (2003) para *Aegla deptodactyla* en una población de Brasil.
- El crecimiento del abdomen en las hembras presentó alometría positiva, lo que podría estar afín con la relación directa esperada entre el tamaño del abdomen y la fecundidad .
- Las hembras alcanzaron su madurez sexual morfológica a tallas mayores que los machos. Esto difiere con lo observado para poblaciones brasileñas de la misma especie.
- Los resultados morfológicos obtenidos para la madurez sexual morfológica de las hembras, se correspondieron con la histología gonadal analizada.

- Se registró la presencia de hembras ovígeras en los meses de agosto, octubre y marzo, con un pico reproductivo en octubre, coincidiendo con un patrón estacional. Esto no coincide con los trabajos realizados para la misma especie ni para la mayoría de las especies de *Aegla* de Brasil. Diferentes presiones ambientales como el gradiente latitudinal y las características del clima regional podrían estar generando esta diferencia en el período reproductivo de la población estudiada en comparación con otras poblaciones de la misma especie.
- La mayor ocurrencia de hembras ovígeras obtenidas en el presente trabajo ocurrió en primavera y se correlacionó con mayores precipitaciones.
- La mayor cantidad de reclutas fue registrada en la estación más cálidas y con intensa precipitación, condiciones que les permitirían utilizar los recursos más abundantes de primavera y verano y favorecer la dispersión de estos organismos.
- En cuanto a la fecundidad y el tamaño del huevo, los datos obtenidos en el presente estudio se ajustan al patrón latitudinal general obtenido para las especies de *Aegla*.
- La hembra más pequeña presentó menor número de huevos y la más grande mayor número, aún así no se encontró correlación positiva entre el número de huevos y la talla de las hembras, lo cual no coincide con lo reportado para la mayoría de los aéglicos.
- Los resultados obtenidos en el presente trabajo sobre la población de *Aegla platensis* del arroyo San Francisco-Minas, mostraron que la misma posee características propias que la diferencian de poblaciones brasileras y argentinas de la misma especie, indicando que las características del lugar influyen en los patrones de desarrollo, reproducción, crecimiento, dinámica poblacional, etc. de la especie.

10. Bibliografía

Referencias

- [1] **Almerao M., Bond-Buckup, & G., Mendrorca M. de S. 2010.** *Mating behavior of Aegla platensis (Crustácea, Anomura, Aeglidae) under laboratory contitions. J. Ethol (2010) 28:87-94*
- [2] **Bond-Buckup, G. y L. Buckup. 1994** *A Família Aeglidae (Crustacea, Decapoda, Anomura) Arquivos de Zoologia, 32: 159-347.*
- [3] **Bond-Buckup, G., Jara, C.G., Pérez-Losada, M.,Buckup, L. & Crandall, K.A. 2008.** *Avaliação dos Eglídeos diversity of crabs (Aeglidae: Anomura: Decapoda) in freshwater. Hydrobiologia, 595: 267-273*
- [4] **Bueno, A., Bond-Buckup, G., Buckup, L. 2000.** *Crescimento de Aegla platensis Schmitt em ambiente natural (Crustácea, Decápoda, Aeglidae). Revta bras. Zool. 17 (1): 51-60*
- [5] **Bueno & Bond-Buckup. 2004.** *Natural Diet of Aegla platensis Schmitt and Aegla lingulata Bond-Bucku & Buckup (Curstácea, Decápoda, Aeglidae) from Brazil. Acta limnol. Bras., 16(2): 115-127, 2004.*
- [6] **Bueno, A., Shimizu, R. 2008.** *Reproductive biology and functional maturity in females of Aegla franca (Decapoda: Anomura: Aeglidae). Journal of Crustacean Biology 28 (4): 652-662.*
- [7] **Bueno, A., Shimizu, R. 2009.** *Allometric growth, sexual maturity, and adult male chelae dimorphism in Aegla fracca (Decapoda: Anomura: Aeglidae). Journal of Crustacean Biology, 29, 317-328.*
- [8] **Bueno S., Santos, S., da Rocha, S., Gomes, K., Mossolin, E., & Mantelatto, F. 2016** *A Remarkable Anomuran: The Taxon Aegla Leach, 1820. Taxonomic Remarks, Distribution, Biology, Diversity and Conservation. In A Global Overview of the Conservation of Freshwater Decapod Crustaceans, Kawai, Tadashi, Cumberlidge, Neil (Eds.), Springer International Publishing, USA, 2: 35-63.*
- [9] **Chiquetto-Machado, P. I., Vieira, L. C. M., Shimizu, R. M., & Bueno, S. 2016.** *Life cycle of the freshwater anomuran Aegla schmitti Hobbs, 1978 (Decapoda: Anomura: Aeglidae) from southeastern Brazil. Journal of Crustacean Biology, 36(1), 39-45.*
- [10] **Conde, J.; Díaz, H. 1989.** *the mangrove crab Aratus pisonii in a tropical estuarine coastal lagoon. Estuarine Coast and Shelf Science, 28:639-650.*
- [11] **Colpo, K.; Olivera, L.; Santos, S. 2005.** *Population biology of the freshwater Anomuran Aegla longirostri (Aeglidae) from south brazilian streams. Journal of Crustacean Biology, 25(3): 495-499.*

- [12] Cohelo Faría, S., Klein, R., Gomes Costa, P., Schuler, M., Santos, S., de Siqueira, S., Bianchini, A. 2018. *Phylogenetic and environmental components of inter-specific variability in the antioxidant defense system in freshwater anomurans Aegla (Crustacea, Decapoda)*. *Scientific reports*. 8:2850 / DOI: 10.1038/s41598-018-21188-1
- [13] Cohen, F., Takano, B., Shimizu, R., Bueno, S. 2011. *Life Cycle and Population Structure of Aegla paulensis (Decápoda; Anomura; Aeglidae)*. *J Crustac Biol* 31 (3) 389-395
- [14] Copatti, C., Legramanti, R., Trevisan, A. & Santos, S. 2016a. *Growth, sexual maturity and sexual dimorphism of Aegla georginae (Decapoda: Anomura: Aeglidae) in a tributary of the Ibicuí River in southern Brazil*. *Zoologia*, 33:e20160010 [doi.10.1590/S1984-4689zool-20160010]. C
- [15] Correa-Araneda, F., Contreras, A., & De Los, Ríos P. 2010. *Amphipoda and Decapoda as potential bioindicators of water quality in an urban stream (38°S, Temuco, Chile)*. *Crustaceana*, 83, 897-902. doi:10.1163/001121610X502948. C
- [16] Dalosto, M., Santos S. 2011. *Differences in oxygen consumption and diel activity as adaptations related to microhabitat in Neotropical freshwater decapods (Crustacea)*. *Comp Biochem Phys A* 160:461-466
- [17] Dalosto, M., Paloro, A., de Olivera, D., Samuelsson, E., & Santos, S. 2014. *Population biology of Aegla platensis (Decápoda: Anomura: Aeglidae) in a tributary of the Uruguay River, state of Rio Grande do Sul, Brazil*. *Zoología* 31 (3): 215-222, June 2014
- [18] Daniel, W. 1993. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Ed. Limusa, México-D.F. 666pp
- [19] da Silva, AR., Wolf, MR., Castilho, AL. 2016. *Reproduction, growth and longevity of the endemic South American crab Aegla marginata (Decapoda: Anomura: Aeglidae)*. *Invertebr Reprod Dev* 60 (1):59-72.
- [20] de Siqueira, S., R., Shimizu & Schwarz da Rocha, S. 2007. *Estimating the population size of Aegla franca (Decapoda: Anomura: Aeglidae) by mark-recapture technique from an isolated section of Barro Preto stream, country of Claraval, state of Minas Gerais, southeastern Brazil*. *Journal of crustacean biology*. 27(4): 553-559.
- [21] De Olivera & Santos. 2011. *Maturidade sexual morfológica de Aegla platensis (Crustácea, Decápoda, Anomura) no Lajeado Bonito, norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil*. *Iheringia, Série Zoología, Porto Alegre*, 101 (1-2): 127-130.
- [22] de Siqueira, S., Bueno, R., Shimizu, M. & Bertacini Moraes, J. 2016. *A remarkable Anomuran: The Taxon Aegla Leach, 1820. Taxonomic Remarks, Distribution, Biology, Diversity and Conservation*. T. Kawai and

- N. Cumberlidge (eds.), A. Global Overview of the Conservation of Freshwater Decapod Crustaceans, DOI 10.1007/978-3-319-42527-6_2*
- [23] **Delevati, K., Colpo, L., Wezs, B. & Olivera, L. 2012.** *Feeding preference of the South American endemic anomuran Aegla platensis (Decápoda, Anomura, Aeglidae). Naturwissenschaften (2012) 99: 333-336*
- [24] **Devlin, R., Nagahama, Y. 2002.** *Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture 208 (2002) 191-364.*
- [25] **Diawol, V., 2018.** *Ajustes biológicos de crustáceos de la familia Aeglidae (Decapoda, Anomura) en distintos ambientes de la Argentina. Tesis para la obtención del Título de Doctora en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina, 211pp.*
- [26] **Díaz, H., Conde, J., & Beyliacqua, M. 1983.** *A volumetric method for estimating fecundity in Decapoda. Mar. Ecol. Prog. Ser., 10: 203-206*
- [27] **Feldmann, R., M. 1984.** *Haumuriaegla glaessneri n. gen. and sp. (Decapoda; Anomura; Aeglidae) from Haumarian (late Cretaceous) rocks and near Cheviot, New Zeland. New Zeland Journal of Geology and Geophysics , 27, 379-385.*
- [28] **Feldmann, R., M., Vega, F., J., Applegate, S., P., & Bishop, G., A. 1998.** *Early Cretaceous arthropods from the Tlayúa formation at Tepexi de Rodriguez, Puebla, México. Journal Paleontology, 72, 79-90.*
- [29] **Goncalves, R., Castiglioni, D., Bond-Buckup, G. 2006.** *Population ecology of Aegla franciscana (Crustacea, Decápoda, Anomura) form Sao Francisco de Paula, RS, Brazil. Iheringia Sér Zool 96(1): 109-114*
- [30] **González-Pisani, X., Barón, P., & López-Greco, L. 2017.** *Integrated analysis of the maturation through successive growth instars in the spider crab Leurocyclus tuberculatus (Decapoda: Majoidea). Canadian Journal of Zoology, 97 (7). DOI: 10.1139/cjz-2017-0034*
- [31] **Hammer, O., Harper, D & Ryan, P. 2001.** *Past. Paleontological Statistics software package for education and data analisis. Paleontologia Electrónica 4(1): 9pp.*
- [32] **Hartnoll, R.G. 1969.** *Mating in the Brachyura. Crustaceana, 16:161-181.*
- [33] **Hartnoll, R.G. 1978.** *The determination of relative growth in Crustacea. Crustacean, 34, 281-293.*
- [34] **Hartnoll, R.G. 1985.** *Growth, sexual maturity and reproductive output. In A. M. Wenner (Ed.), Factors in adult growth (Vol. 3, pp. 101-128). Crustacean Issues Rotterdam: A.A. Belkema.*

- [35] **Hartnoll, R.G. 2001.** *Growth in Crustacea – twenty years on Hydrobiologia*, 449: 111–122.
- [36] **Hartnoll, R. G. 2006.** *Reproductive investment in Brachyura. Hydrobiologia*, 557: 31–40.
- [37] **Hepp, L., Fornel, R., Restello, R., Trevisan, A., Santos, S. 2012.** *Intraespecific morphological variation in a freshwater crustacean Aegla plana in Southern Brazil: effects of geographical isolation on carapace shape. Journal of Crustacean Biology* 32: 511–518
- [38] **Hernández, L. & Arreola-Lizárraga, J. 2007.** *Estructura de tallas y crecimiento de los cangrejos Callinectes arcuatus y C. bellicosus (Decapoda: Portunidae) en la laguna costera Las Guásimas, México. Rev. biol. trop vol.55 n.1 San José Mar.*
- [39] **Huxley, J. 1950.** *Relative growth and form transformation. Proceedings of the Royal Society of London, London, 137 (B): 465–469.*
- [40] **Intendencia Municipal de Lavalleja. 2014.** *Documento Avance. Informe Ambiental Estratégico. Plan Local de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de la Ciudad de Minas.*
- [41] **IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2012.** *IUCN Red List Categories and Criteria, version 3.1, second edition. <https://www.iucn.org/es/content/iucn-red-list-categories-and-criteria-version-31-second-edition>, 18/3/2019*
- [42] **Jara, C., Rudolph, E. & González, E. 2006.** *Estado de conocimiento de los malacostráceos dulceacuícolas de Chile. Gayana* 70(1): 40–4.
- [43] **López, M. T. 1965.** *Estudios biológicos en Aegla odebrechtii paulensis, Schmitt (Curatácea, Decápoda, Anomura). Bol. Zool. Fac. Cien. Letras, Sao Paulo, 25:301–314*
- [44] **Lopez-Greco, L. S.; Rodríguez, E. 1999.** *Annual reproduction and growth of adult crabs Chasmagnathus granulata (Crustacea, Brachyura, Grapsidae). Cahiers de Biologie Marine* 40:155–164.
- [45] **López-Greco, L., Viau, V., Lavolpe, M., Bond-Buckup, G. & Rodríguez, E. 2004.** *Juvenile hatching and maternal care in Aegla uruguayana (Anomura, Aeglidae). Journal of Crustacean Biology*, 24: 309–313.
- [46] **Lopretto, E. 1978.** *Estructura exoesquelética y miológica del quinto par de pereiópodos del macho de la familia Aeglidae (Crustacea Anomura) Contribución científica N°105 del Instituto de Limnología, ILPLA (Museo de La Plata-CONICET)*
- [47] **Losos, J. 2010.** *Adaptive radiation, ecological opportunity, and evolutionary determinism. Am Nat* 175:623–639.

- [48] Magris, R. A., Bond-Buckup, G., Magalhães, C., Mantelatto, F. L., Reid, J., El-Moor Loureiro, L. M. A., et al., 2010. *Quantification of extinction risk for crustacean species: An overview of the National Red Listing process in Brazil. Nauplius, 18, 129–135.*
- [49] Mantelatto, F.; Franzoso, A.; Negreiros-Franzoso, M. L. 1995. *Population structure of Hepatus podibundus (Decapoda: Calappidae) in Fortaleza Bay, Brazil. Rev. Biol. Trop. 43 (1-3): 265-270.*
- [50] Martin, J. & Abele, L., 1986. *Phylogenetic relationships of the genus Aegla (Decapoda, Anomura, Aeglidae), with comments on anomuran phylogeny. Journal of Crustacean Biology 6: 576-616.*
- [51] Martin, J. W., & Abele, L. G. (1988). *External morphology of the genus Aegla (Crustacea: Anomura: Aeglidae). Smithsonian Contributions to Zoology, 453,1–46.*
- [52] Mauchkine, J. 1977. *Growth of shrimps, crabs and lobsters: an assessment. Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer 37:162-169.*
- [53] Merentiel, M. 2014. *Biología poblacional del cangrejo estuarino Neohélice granulata (Dana, 1851) (Curstácea: Brachiura: Varunidae) en los Humedales del Sta. Lucía, Montevideo. Tesis de maestría en Biología, opción zoológica. PEDECIBA. Udelar. Montevideo, Uruguay.*
- [54] Noro, C. & Buckup, L. 2002. *Biología reproductiva e ecología de Aegla leptodactyla Buckup & Rossi (Crustacea, Anomura, Aeglidae) Revta bras. Zool. 19 (4): 1063 -1074.*
- [55] Noro, C. & Buchup, L. 2003. *O crescimento de Aegla leptodactyla Buckup & Rossi (Crustacea, Anomura, Aeglidae). Revista Brasileira de Zoología, 20, 191-98.*
- [56] Ospina-Álvarez, N., Piferrer, F. 2008. *Temperature-Dependent Sex Determination in Fish Revisited: Prevalence, a Single Sex Ratio Response Pattern, and Possible Effects of Climate Change. PloS ONE. July 2008. Volume 3. Issue 7. e2837*
- [57] Oosterbaan, R. J., 2005. *SegReg. Statistical program for segmented regressions regression with breakpoint using variance analysis and F-tests. Disponible en: <http://www.waterlog.info/pdf/ANOVA.pdf>.*
- [58] Oyanedel, A., Valdovinos, C., Sandoval, N., Moya, C., Kiessling, G., Salvo, J., et al. 2011. *The southernmost freshwater anomurans of the world: Geographic distribution and new records of Patagonian aeglids (Decapoda: Aeglidae). Journal of Crustacean Biology, 31, 396–400.*

- [59] **Pérez-Losada, M., Bond-Buckup, G., Jara, C. & Crandall, K., 2004.** *Molecular systematics and biogeography of the Southern South American freshwater “crabs” Aegla (Decapoda: Anomura: Aeglidae) using multiple heuristic tree search approaches. Systematic Biology 53: 767-780.*
- [60] **Ramos-Cruz, S. 2008.** *Estructura y parámetros poblacionales de Callinectes arcuatus Ordway, 1863 (Decápoda: Portunidae), en el sistema lagunar La Joya-Buenavista, Chiapas, México. Julio a diciembre 2001. Pan-American Journal of Aquatic Sciences (2008) 3(3): 259-268.*
- [61] **Ringuelet, R., 1949.** *Consideraciones sobre las relaciones filogenéticas entre especies del género Aegla Leach (decápodos anomuros). Universidad Nacional de La Plata. Notas del Museo de La Plata. Tomo XIV. Zoología, N° 120.*
- [62] **Rodriguez, E., Ardila, G., & Paramo, J. 2012.** *Relaciones morfométricas de crustáceos de profundidad de importancia comercial en el Mar Caribe colombiano. ISSN 0123- 3068 bol.cient.mus.hist.nat. 16(2): 236-245.*
- [63] **Rodrigues, W., & Hebling, N. 1978.** *Estudos biológicos em Aegla perobae Hebling & Rodrigues, 1877 (Decapoda, Anomura). Revista Brasileira de Biología, 38, 338-390.*
- [64] **Santos, S., Bond-Buckup, G., Buckuo, L., Loureiro, T., Goncalves, A., Verdi, A., Scarabino, F., & Clavijo, C. 2014.** *The Aeglidae of Uruguay (Decapoda, Anomura), with the description of a new species of Aegla. En Advances in freshwater decapod systematics and biology: 195-205. Crustaceana Monographs, 19. Darren C.J. Yeo, Neil Cumberlidge & Sebastian Klaus. Brill, Boston, USA.*
- [65] **Santos, S., Bond-Buckup, G., Senra Goncalves, A., Bartholomei-Santos, M., Buckup L., & Jara, C. 2017.** *Diversity and conservation status of Aegla spp (Anomura, Aeglidae): an update. Nauplius, 25: e 20117011.*
- [66] **Sastry, N. 1983.** *Ecological aspects of reproduction. In: Vernberg WB, editor. The Biology of Crustacea: Environment adaptations. New York, NY: Academic Press; p. 179-270.*
- [67] **Schwarz, S., Shimizu, R., & Siqueira Bueno, S.L. 2010.** *Reproductive Biology in Females of Aegla strinatii (Decapoda: Anomura: Aeglidae). Source: Journal of Crustacean Biology, 30(4):589-596.*
- [68] **Silva-Gonçalves, R., Bond-Buckup, G., & Buckup, L. 2009.** *Crescimento de Aegla itacolomiensis (Crustacea, Decapoda) em um arroio da Mata Atlântica no sul do Brasil. Iheringia, Série Zoologia, 99, 397-402.*
- [69] **Sokal R., Rohlf, R. 1979.** *Biometria: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Madrid, H. Blume Ediciones. 832pp.*
- [70] **Sokolowicz, C., Bond-Buckup, G., & Buckup, L. 2006.** *Dynamics of gonadal development of Aegla platensis (Decapoda, Anomura, Aeglidae). Revista Brasileira de Zoología 23 (4): 1153-1158.*

- [71] Sokolowicz, C., López-Greco, L., Goncalves, R. & Bond-Buckup, G. 2007. *The gonads of Aegla platensis Schmitt (Decapoda, Anomura, Aeglidae): a macroscopic and histological perspective. Acta Zoologica (Stockholm) 88: 71-79.*
- [72] Swiech-Ayoub, B., & Masunari, S. 2001. *Biología reproductiva de Aegla castro Schmitt (Crustacea, Anomura, Aeglidae) no Buraco do Padre, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 18(3):1019-1030.*
- [73] Teodósio, E., & Masunari, S. 2009. *Estrutura populacional de Aegla schmitti (Crustacea: Anomura: Aeglidae) nos reservatórios dos mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, Brasil. Zoologia, 26, 19–24. doi:10.1590/S1984-46702009000100004.*
- [74] Trevisan A., Hepp. LU, Santos S. 2009. *Abundancia e distribuicao de Aeglidae (Crustacea: Anomura) em funcao do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Jacutinga, Rio Grande do Sul, Brasil. Zoologia, 26:419-426*
- [75] Trevisan, A., & Santos, S. 2011. *Crescimento de Aegla manuinflata (Decapoda, Anomura, Aeglidae) em ambiente natural. Iheringia, Série Zoologia, 101, 336–342.*
- [76] Trevisan A., & Santos, S. 2012. *Morphological sexual maturity, sexual dimorphism and heterochely in Aegla manuinflata (Anomura). Journal of Crustacean Biology 32 (4): 519-527. Doi:10.1163/193724012X635944.*
- [77] Tumini, G., Giri, F., Williner, V., Collins, P. & Morrone, J. 2019. *Selecting and ranking areas for conservation of Aegla (Crustacea: Decapoda: Anomura) in southern South America integrating biogeography, phylogeny and assessments of extinction risk. Aquatic Conservation: Marine and freshwater Ecosystems. Doi: 10.1002/aqc.3098.*
- [78] Vaz-Ferreira, R., Gary, R. & Vaz-Ferreira, M. 1945. *Notas biométricas sobre los crustáceos decápodos del género Aegla Leach, I. La variación de algunas magnitudes en Aegla uruguayana Schmitt. Commun. Zool. Mus. Historia nat. Montevideo 1 (24): 1-6.*
- [79] Verdi, A. 1984. *Algunas observaciones sobre etoecología en Aegla prado Schtt. (Galattheoidea, Aeglidae) en el Uruguay. Tesis para optar a la Licenciatura en Oceanografía Biológica, Facultad de humanidades y Ciencias, Uruguay, 97 pp.*
- [80] Verdi, A. 1985. *Estudio del desarrollo embrionario en Aegla prado Schtt. (Crustacea, Decapoda, Anomura). Actas de las Jornadas de Zoología del Uruguay, 36-37.*
- [81] Viau, V., López-Greco, L., Bond-Buckup, G. & Rodriguez, E. 2006. *Size at the onset of sexual maturity in the anomuran crab, Aegla uruguayana (Aeglidae). Acta Zoologica (Stockholm) 87: 253–264.*

-
- [82] **Vogt, G. 2013.** *Abbreviation of larval development and extension of brood care as key features of the evolution of freshwater Decapoda.* *Biol Rev* 88:81-116.
- [83] **Weber, L. 1994.** *Determinación de dimorfismo y talla de madurez sexual mediante la ecuación alométrica en una población de Cancer plebejus Poeping, 1836 (Decapoda, Brachyura) del sur de Chile.* *Cahiers du Biologie Marine* 35: 177-192.
- [84] **Wenner, A. 1972.** *Sex ratio as function of size in marine Crustacea.* *American Naturalist*, 106: 321-335.
- [85] **Williner V., Giri F., Collins P., 2009.** *Los crustáceos decápodos dulcícolas en Argentina.* *Fabrizi* 13 (1):147-165.

11. Anexo:

11.1. Protocolo de procesamiento para histología

Fijación:

- Los órganos no fueron fijados para su uso en histología directamente, estos fueron diseccionados de ejemplares que fueron fijados en formol 10 % durante 24 horas y pasados luego a alcohol 70 % para su conservación.

Deshidratación:

- Alcohol 70%: un lavado de 15 minutos (solo un lavado corto porque ya estaban conservados en esta graduación).
- Alcohol 95 %: un lavado de 30 minutos
- Alcohol 100 %: dos lavados, el primero de 15 minutos y el segundo de 30 minutos.

Diafanización:

- Cloroformo I : un lavado de 20 minutos
- Cloroformo II : un lavado de 20 minutos
- Cloroformo III : un lavado de 20 minutos

Impregnación:

- Parafina I : un lavado de 30 minutos
- Parafina II : un lavado de 30 minutos
- Parafina III : un lavado de 30 minutos

Retirar de parafina 3 y colocar la muestra en molde metálico para realizar el bloque. Este debe llenarse previamente con parafina derretida y una vez colocada la muestra sumergir en agua a temperatura ambiente unos 5 minutos. Importante: colocar la muestra en el molde con pinza entibiada y cuando la parafina endurece haciendo pared y piso en el mismo. Colocar etiquetas.

Microtomía:

- Lavar previamente los portaobjetos con alcohol al 95 %
- Cortes entre 5 y 10 micrómetros.
- Estirar los cortes en baño de agua caliente (60°C aprox.) y levantarlos con el portaobjetos cuando se vuelven casi transparentes.

Coloración:

Desparafinación

- Xilol I : 5 minutos
- Xilol II : 5 minutos

Siempre bajo campana de extracción de gases.

Rehidratación

- Alcohol 95 %: 5 minutos
- Alcohol 70 %: 5 minutos
- Agua desionizada: 5 minutos

Coloración nuclear

- Hematoxilina de Mayer: 6 a 10 minutos
- Agua desionizada: 1 enjuague
- Virado en agua de la canilla corriente: 10 minutos
- Agua desionizada: 2 enjuagues

Coloración citoplásmica

- Eosina amarillenta alcohólica al 0,5 %: 4 minutos

Deshidratación y montaje:

- Alcohol 95 %: 2 lavados de un minuto cada uno
- Alcohol 100 %: un minuto
- Xilol: 2 minutos e ir montando las muestras desde allí (bajo campana de extracción de gases).