

“ESTIMACIONES DE BIOMASA A PARTIR DE MEDIDAS CORPORALES EN
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA RESERVA NATURAL IBERÁ
(PROVINCIA DE CORRIENTES)”



AUTORA: LAURA ANAHÍ BARRIENTOS

DIRECTOR: DR. JUAN MANUEL CORONEL

CO-DIRECTORA: DRA. LUCIANA IRENE GALLARDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y AGRIMENSURA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
NORDESTE



FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES Y AGRIMENSURA

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

***"ESTIMACIONES DE BIOMASA A PARTIR DE MEDIDAS CORPORALES
EN MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA RESERVA NATURAL
IBERÁ (PROVINCIA DE CORRIENTES)"***

AUTOR: LAURA ANAHÍ BARRIENTOS

DIRECTOR: DR. JUAN MANUEL CORONEL

CO-DIRECTOR: DRA. LUCIANA IRENE GALLARDO

LABORATORIO: BIOLOGÍA DE LOS INVERTEBRADOS

AÑO: 2019

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi director Manuchi, él fue el primer profesor con el que me tope en la carrera y nunca más me despegué, gracias por ser mi amigo y aguantarme todos estos años, especialmente estos últimos dos. Gracias por tu apoyo incondicional y no rendirte conmigo.

A los chicos de invertebrados, con los que en estos años sobraron risas, charlas, catarsis. En especial a Lu y Lara que estuvieron para guiarme y ayudarme con este trabajo en todo momento.

A mis amigas Marian, Iva, Eira, Ana y Mica, con las que recorrimos toda la carrera juntas. Ellas son de las mejores personas que me presentó y dejó la facultad.

A mis padres, hermanos, tíos, primos, sobrinos que me apoyaron desde el primer día y nunca me dejaron bajar los brazos. Por sobre todo mis padres con los que las palabras de agradecimiento no alcanzan, sin ustedes esto no sería posible.

Y por último a todas las personas que me ayudaron directa o indirectamente en la realización de esta tesina.

ÍNDICE

| | |
|--------------------------|----|
| RESUMEN | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| Objetivos | 7 |
| Hipótesis | 7 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 8 |
| Área de estudio | 8 |
| Metodología del muestreo | 9 |
| Análisis de datos | 13 |
| RESULTADOS | 13 |
| DISCUSIÓN | 17 |
| CONCLUSIONES | 18 |
| BIBLIOGRAFÍA | 19 |

Exposición sintética de la labor desarrollada:

Durante la realización del Trabajo Final de Graduación, en el que se buscó obtener modelos de regresión lineal para estimar la biomasa, de manera indirecta, de los macroinvertebrados asociados a la vegetación acuática de la Reserva Natural Iberá (Corrientes, Argentina), se llevaron a cabo las siguientes actividades:

En primer lugar se realizó una profunda búsqueda de material bibliográfico, se recurrió a distintas publicaciones científicas, libros y tesis, debido a que los trabajos publicados referidos a este tema, en especial los realizados en esta región, son muy escasos; por lo que se utilizó todo el material disponible para la formulación de la hipótesis, la predicción y diseño experimental.

Luego se procedió a la obtención del material biológico y caracterización de los ambientes acuáticos estudiados. A continuación las muestras fueron depuradas, para la selección de los macroinvertebrados que luego fueron analizados.

Una vez seleccionados los individuos se obtuvieron distintas medidas corporales y posteriormente, se secaron los individuos para la obtención de su peso seco constante.

Con los datos obtenidos se realizaron pruebas estadísticas y se obtuvieron modelos de regresión lineal con las diferentes dimensiones corporales medidas, a fin de seleccionar aquel que presentó el mejor ajuste. Se evaluó la fiabilidad de los modelos obtenidos a través de la comparación entre los pesos secos reales y los estimados por dichos modelos. Asimismo, se analizó la influencia de la arquitectura de *Egeria najas* y *Eichhornia azurea* sobre la biomasa de los taxa seleccionados.

Finalmente se procedió a la redacción del Trabajo Final de Graduación.

Obstáculos y dificultades en el desarrollo del plan:

Las dificultades se mostraron a la hora de realizar las distintas mediciones debido a la demanda de tiempo que requerían. Otro obstáculo fue la dependencia de las condiciones atmosféricas para realizar el pesaje, debido a que un aumento en la humedad relativa ambiente puede provocar importantes variaciones por la sensibilidad de la balanza.

RESUMEN:

Las estimaciones de biomasa de las especies que integran un ecosistema resultan fundamentales para la comprensión de procesos claves que explican el funcionamiento de los mismos, tales como las transferencias de energía en las mallas o redes tróficas o la productividad secundaria del sistema, entre otros aspectos. Esas estimaciones pueden realizarse de manera directa, mediante la captura y pesaje de los individuos, o de manera indirecta a partir de dimensiones lineales de diferentes partes del cuerpo de macroinvertebrados usando técnicas de regresión. Estas últimas, requieren una inversión de tiempo menor, son menos costosas y permiten conservar el material biológico para futuros estudios. En este trabajo se presentan modelos de regresión lineal para la estimación de la biomasa de diferentes taxones, asociados a dos especies de macrófitas con diferente arquitectura, *Egeria najas* y *Eychhornia azurea* en la Reserva Natural Iberá. Se tomaron medidas corporales de gasterópodos de la familia Ancyliidae, anfípodos (*Hyalella curvispina*), hirudíneos, pulgones de la familia Aphididae y larvas de *Asthenopus* sp. Posteriormente, los individuos medidos fueron secados en estufa a 60°C durante 48 horas y pesados en balanza analítica de precisión. Con las medidas y los pesos secos obtenidos se calcularon las regresiones según el modelo utilizado habitualmente en este tipo de estudios: $\log P = \log a + b \log L$, donde P es el peso seco estimado, L es la medida de longitud lineal, y a y b las constantes del modelo. No se encontraron diferencias significativas entre los pesos estimados y los obtenidos de manera directa, en todos los taxones. La longitud del cuerpo fue la medida corporal que permitió realizar estimaciones de biomasa más precisas. Al comparar la biomasa de los individuos recolectados en cada especie de macrófita se encontraron diferencias significativas en ancílicos e hirudíneos, no así en los restantes grupos taxonómicos. Este estudio representa el primer aporte referido a la estimación de la biomasa de los macroinvertebrados a partir de medidas de dimensión lineal realizado en el área de estudio. Las ecuaciones de regresión obtenidas facilitarán los cálculos de la biomasa total de los taxones estudiados en ambientes lénticos y lóticos del área de estudio. Además, los resultados obtenidos sirven como línea de base para futuros trabajos que ayuden a comprender el rol de los invertebrados en el proceso de transferencia de energía en las mallas tróficas de los humedales de esta importante reserva natural.

INTRODUCCIÓN:

Los ecosistemas de humedales adquieren importancia ya que cumplen un rol fundamental en los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, albergan gran parte de la diversidad biológica del planeta y proveen múltiples servicios a la humanidad (Junk *et al.*, 2013), tales como fuentes de agua potable y de riego, recreación, caza y pesca, dilución de contaminantes, control de inundaciones, entre otros. Estos ecosistemas se encuentran habitados por una gran diversidad de organismos, entre los cuales los macroinvertebrados representan uno de los grupos más abundantes y diversos, siendo componentes claves en el funcionamiento de estos ambientes (Batzer *et al.*, 1999). Por otra parte constituyen el nexo entre los productores (plantas acuáticas y algas), los peces, y las aves (Neiff *et al.*, 2009).

En el estudio de las comunidades de invertebrados acuáticos, las estimaciones de biomasa de las especies que conforman los distintos grupos tróficos resultan fundamentales para comprender procesos claves del funcionamiento de los ecosistemas, tales como las relaciones en las redes o mallas tróficas, los procesos de transformación de la energía, tasa de crecimiento, productividad secundaria y la importancia que tienen los invertebrados en los procesos de descomposición y en el flujo de nutrientes (Cressa, 1999a; Gomes de Brito *et al.*, 2015). Además, en el marco del aumento de las perturbaciones de aguas en todo el mundo, en un escenario de calentamiento global, es esencial obtener información sobre dichas relaciones en sistemas relativamente inalterados para el desarrollo de estrategias de gestión y conservación (Zilli *et al.*, 2017).

Trabajos realizados en ríos de bajo orden han demostrado que conviene utilizar la biomasa como atributo estructural de las colectividades de macroinvertebrados en lugar de la abundancia (Miserendino, 2001). Permite realizar estimaciones de transferencia de energía entre los ecosistemas acuáticos y terrestres (Sabo *et al.*, 2002). En términos generales los grupos de menor biomasa individual son los más abundantes en número de individuos, es por ello que las estimaciones de biomasa aportan información más precisa que los valores de abundancia de especies, ya que permiten una mejor comprensión de los procesos que ocurren en el ecosistema del humedal (Gallardo, 2017).

Las estimaciones de biomasa pueden realizarse de manera directa a través del pesaje de individuos, lo cual conlleva a que los investigadores clasifiquen, sequen y pesen repetidamente organismos individuales o agrupados; un proceso lento y costoso que lleva a la posterior destrucción de los ejemplares y la imposibilidad de utilizarlos para futuros estudios. Otro método (indirecto) consiste en realizar estimaciones a partir de medidas lineales corporales (longitud del cuerpo, ancho de la cabeza, longitud de apéndices, etc.) usando análisis de regresión (Benke *et al.*, 1999). Este tipo de estimaciones de biomasa resultan menos costosas que las mediciones directas y permiten conservar el material biológico para estudios adicionales. La estimación de biomasa a partir de las mediciones corporales lineales es generalmente más simple y precisa que las técnicas de medición directa (Stoffels *et al.*, 2003).

Entre los métodos indirectos, las regresiones longitud-peso seco han sido muy utilizadas para estimar la biomasa de los invertebrados a partir de una medida de dimensión lineal, por ejemplo: longitud total del cuerpo (Hodar, 1996; Benke *et al.*, 1999), ancho de la cápsula cefálica (Benke, 1996; Cressa, 1999a, b; Miserendino, 2001; Sabo *et al.*, 2002; Becker *et al.*, 2009) y la distancia interocular (Becker *et*

al., 2009). A pesar de la importancia de las relaciones longitud-biomasa se han realizado pocos estudios la mayoría desarrollados para regiones templadas (Benke *et al.*, 1999). Para la región neotropical los estudios son aún más escasos destacándose los trabajos de Cressa (1999 a, b) en Venezuela, Becker *et al.* (2009) y Martins *et al.* (2014) en Brasil y Miserendino (2001) y Gallardo *et al.* (2015) para la Argentina.

De acuerdo a Wenzel *et al.* (1990) las diferencias entre los valores de biomasa observados y estimados rondan, en general, en torno al 20%, aunque Gallardo *et al.* (2015) no encuentran diferencias significativas entre los valores medidos y estimados a partir de la longitud del fémur posterior en *Cornops aquaticum* Brunner (Orthoptera, Acrididae). Entre los factores que influyen en las discrepancias entre los valores observados y los estimados inciden aquellos relacionados a la heterogeneidad espacial, ya que una misma especie en condiciones ambientales diferentes puede presentar diferencias significativas de biomasa (Benke *et al.*, 1999, Miserendino, 2001), pero también, y mucho más frecuente, al usar modelos desarrollados para otras especies en otras regiones (Méthot *et al.*, 2012). De allí la importancia de desarrollar modelos de regresión adaptados para cada ambiente, que permitirían la realización de estimaciones de biomasa más confiables, posibilitando una interpretación más realista de los procesos que ocurren en cada ecosistema.

La complejidad del hábitat es uno de los factores fundamentales que determinan la distribución de los organismos en todas las escalas espaciales y, la vegetación, es de suma importancia en el modelado de la estructura del ambiente para los invertebrados en una variedad de sistemas (McAbendroth *et al.*, 2005). Bajo las mismas condiciones limnológicas, las formas de crecimiento y el tipo de macrófitas influyeron sobre la abundancia (Walker *et al.*, 2013) y biomasa (Tessier *et al.*, 2004) de los macroinvertebrados. Una herramienta muy utilizada para medir la complejidad del hábitat es el índice fractal, el cual fue relacionado a la abundancia de los invertebrados (Ferreiro *et al.*, 2011), riqueza de especies (Thomaz *et al.*, 2008), a la relación biomasa-tamaño del cuerpo y a la biomasa total de invertebrados (McAbendroth *et al.*, 2005).

Los objetivos de este trabajo fueron:

- **Objetivo general:**
 - Obtener modelos de regresión lineal (o modelos predictivos) que permitan estimar de manera indirecta la biomasa de diferentes taxones de macroinvertebrados asociados a la vegetación acuática, a partir de medidas de dimensión lineal.
- **Objetivos particulares:**
 - Evaluar diferentes dimensiones corporales para estimar la biomasa de distintos taxa de macroinvertebrados acuáticos.
 - Evaluar la influencia de la arquitectura de dos especies de plantas acuáticas (*Egeria najas* y *Eichhornia azurea*) sobre la biomasa de taxones representativos de macroinvertebrados.
- **Hipótesis del trabajo:**

La biomasa de los macroinvertebrados asociados a la vegetación acuática varía según la complejidad de las especies de plantas a las que se encuentran asociados.

- **Predicción:** Los invertebrados asociados a plantas acuáticas con arquitectura más simple tendrán un tamaño mayor corporal que aquellos asociados a las plantas que presentan una arquitectura más complejas (McAbendroth *et al.*, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS:

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural Iberá (provincia de Corrientes), ubicado en la región mesopotámica, en el noreste argentino (Figura 1). En ella confluyen tres regiones fitogeográficas: hacia el oeste se extiende el Distrito Oriental de la Provincia Chaqueña, hacia el este se extienden sucesivamente de norte a sur, el Distrito de los Campos de la Provincia Paranaense y el Distrito del Espinillar de la Provincia del Espinal (Carnevali 2003). El clima es subtropical húmedo o termal, la temperatura media anual varía entre 19,8°C y 21,4°C, con valores medios estivales entre 26 y 27°C, e invernales entre 15 y 16°C (Lipori y Oto 2012). Durante el invierno las temperaturas pueden descender hasta los -2°C, con heladas son poco frecuentes, y en verano pueden llegar a los 44°C (Poi *et al.*, 2017). Las lluvias varían entre 1200 y 1700 mm anuales, decrecen de noreste a suroeste, se distribuyen casi uniformemente durante todo el año, siendo ligeramente mayores en la época estival (Carnevali, 1994)..

Este macrosistema comprende un conjunto de ambientes entre los que se distinguen arroyos, canales, embalsados, lagunas, cañaverales, islas y lomadas (Fontana, 2017). Las lagunas poseen fondo arenoso con mantos margosos poco permeables. Los bañados tienen un fondo que no se distingue del suelo que los rodea. El agua que alimenta este sistema es de origen pluvial (Neiff, 2001) con escasa concentración de sales (menor a 33,7 mg.l⁻¹), baja conductividad eléctrica (menor a 49 mS.cm⁻¹) y pH ligeramente ácido (Lancelle, 2003), esto se debe a la acumulación de ácidos húmicos producto de la descomposición de la materia orgánica, lo que también provoca que presente un pH ácido (entre 5 y 6) y un color de castaño oscuro, aunque siga siendo transparente (Poi *et al.*, 2017). La concentración de oxígeno disuelto es alta en el área central de las grandes lagunas (entre 7 y 10 mg.l⁻¹) y decrece en los esteros y bañados (Poi y Galassi, 2013).

Los muestreos se realizaron en verano (marzo de 2016) e invierno (agosto de 2016) en dos cuerpos de agua, Laguna Datilcito (28° 25' 52.50" S – 57° 38' 20.22" O) y Arroyo Carambolita (28° 24' 20.04" S – 57° 39' 32.74" O), situados en el margen occidental de la Reserva, cercanos a la Localidad de Concepción (Figura 1). En ambos sitios, dominó *Egeria najas* Planch (sumergida), cubriendo el fondo de los cuerpos de agua casi en su totalidad. También hubieron otras especies frecuentes como *Cabomba caroliniana* Gray (sumergida), *Salvinia biloba* Raddi (flotante libre), *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth., *Hydrocleis nymphoides* (Humb. y Bonpl. ex Willd) y *Nymphoides indica* (L.) Kuntze (arraigadas de hojas flotantes) formando carpetas cerca de los márgenes de los embalsados y en el espejo de agua de las lagunas, además de telmatófitos como *Oxycarium cubense* (Poepp. y Kunth) y *Cyperus giganteus*, formando embalsados en los márgenes de la laguna y el arroyo, respectivamente.



Figura 1: Sitios de muestreo: Laguna Datilcito y Arroyo Carambolita

Metodología de muestreo

Para la realización de este trabajo, se utilizó tanto parte del material biológico obtenido para la realización del Trabajo Final de Graduación de la Lic. Lara Milena Sabater (Sabater, 2017), como también los datos correspondientes a las variables físico-químicas del agua, siguiendo la metodología que se detalla a continuación:

Medición de las variables físico-químicas del agua.

En cada fecha de muestreo se midieron las condiciones físicas y químicas de los cuerpos de agua. La transparencia del agua fue indicada por la medida del disco de Secchi, la profundidad fue medida utilizando una soga con un lastre en un extremo, el cual se introdujo en el cuerpo de agua, marcando la medida de la profundidad para luego ser determinada con una cinta métrica. Además, se tomaron muestras de agua para realizar determinaciones físico-químicas en el laboratorio (pH, conductividad, alcalinidad y cloruros).

Obtención del material biológico y actividades de laboratorio.

Para obtener los macroinvertebrados asociados a las plantas acuáticas se recolectaron, en cada sitio, tres muestras de cada especie de macrófita, *E. azurea* (arraigada de hojas flotantes) y *E. najas* (sumergida). Para ello se utilizó una red de 35 cm de diámetro y 500 μm de apertura de malla, que delimita un área de 962 cm^2 (Poi de Neiff y Carignan, 1997). La red se introdujo de manera vertical por

debajo de la vegetación y se extrajo horizontalmente para favorecer la captura de los organismos que viven asociados a las raíces. Para minimizar los errores de muestreo, se tuvo especial cuidado en verificar la distancia entre cada muestra recolectada (al menos 5 metros entre cada una de ellas). Las muestras se colocaron en bolsas plásticas rotuladas y se fijaron con formaldehído al 4%.

En el laboratorio, las plantas fueron agitadas repetidas veces en un recipiente con agua y su contenido filtrado por tamices de diferente tamaño de malla (1 mm y 500 μ m) para facilitar la separación de los invertebrados, la cual se realizó manualmente empleando pinzas y pipetas Pasteur. Los individuos fueron preservados en alcohol al 70%. La identificación taxonómica de los individuos se realizó siguiendo las claves de Merritt y Cummins (1996) y Thorp y Covich (2001), algunos insectos fueron clasificados a nivel de Género o Especie siguiendo a Angrisano (1992), Lopretto y Tell (1995), Trivinho-Strixino y Strixino (1995), Michat *et al.* (2008), Domínguez y Fernández (2009), Ramírez (2010) y Libonatti *et al.* (2011).

Medición de variables morfométricas y estimación de biomasa

Para la realización de este trabajo se seleccionaron, según su abundancia y rango de tamaños, aquellos macroinvertebrados (individuos mayores a 0,5 mm) comunes a las dos especies vegetales. Se escogieron gasterópodos de la familia Ancyliidae, larvas de efemerópteros del género *Asthenopus* sp., anfípodos (*Hyaella curvispina*), anélidos (Hirudinea) e insectos de la familia Aphididae.

Para las estimaciones de biomasa se tomaron las medidas morfométricas, que según el grupo, mejor expresarían la relación longitud – peso (Benke *et al.*, 1999, Cressa, 1999^a y Miserendino, 2001). En los individuos de la familia Ancyliidae se midió el ancho y largo de la valva en vista dorsal (Figura 2 a), en *Hyaella curvispina* (Figura 2 b y c) se midió la longitud del cuerpo en vista lateral y largo y ancho de la cabeza en vista frontal y *Asthenopus* sp (Figura 3 a y b) se registró tanto el largo del cuerpo (sin tener en cuenta los apéndices) como el ancho y largo de la cabeza, todos en vista dorsal.

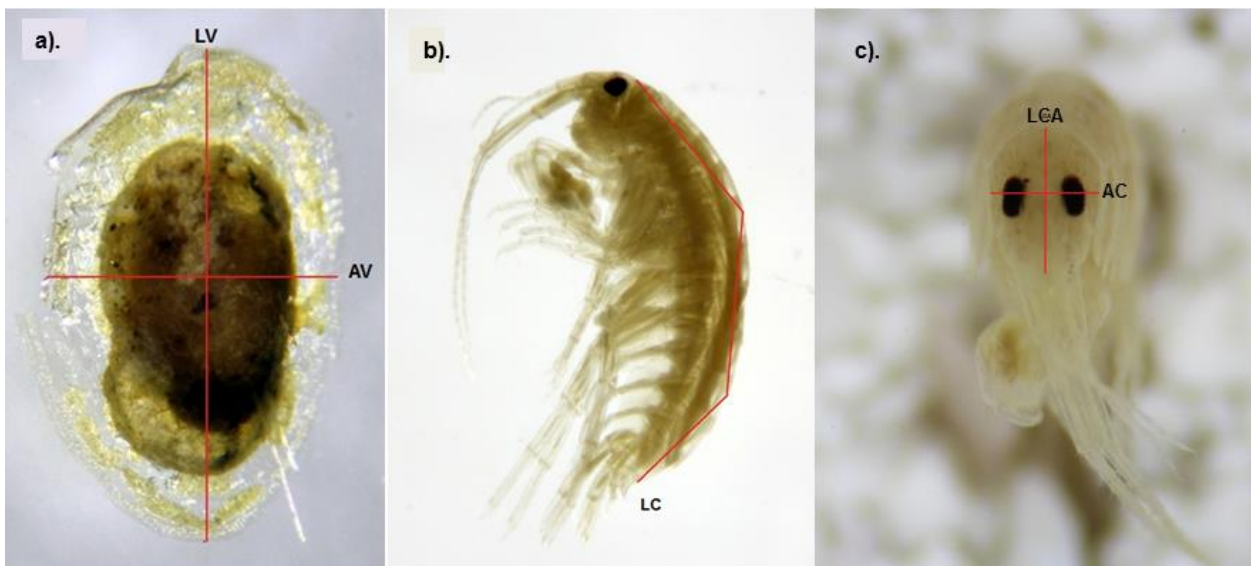


Figura 2: Mediciones de las variables corporales. a) Ancyliidae: LV: longitud de la valva; AV: ancho de la valva; b) *Hyaella curvispina*: LC longitud del cuerpo; c) LCA: Largo de la cabeza; AC: ancho de la cabeza.

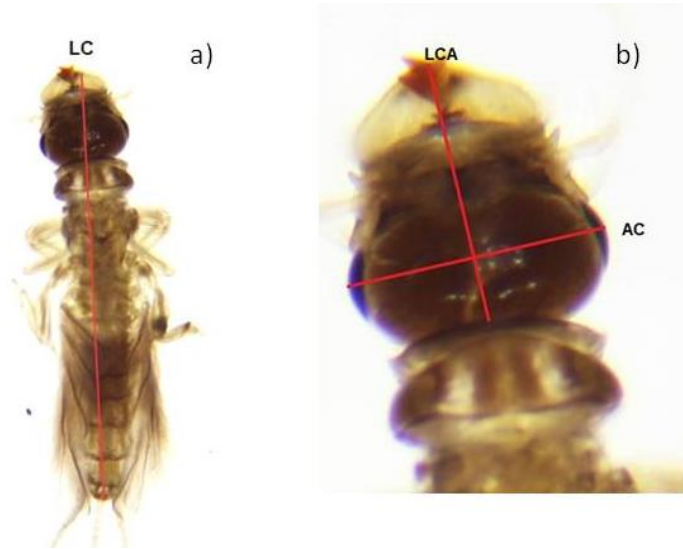


Figura 3: Mediciones de las variables corporales *Asthenopus* sp.: a) LC: longitud del cuerpo; b) LCA: largo de la cabeza; AC: ancho de la cabeza.

En Hirudinea se consideró el largo y ancho máximo del cuerpo en vista ventral y el diámetro transversal de la ventosa posterior en vista ventral (Figura 4 a) y en los ejemplares de Aphididae se midió la longitud del cuerpo desde la inserción de la antena hasta el final del abdomen y el ancho máximo del cuerpo en vista dorsal (Figura 4 b). Todas las medidas se tomaron utilizando un ocular micrométrico adosado a microscopio estereoscópico Olympus SZH10 a 10x y 40x.

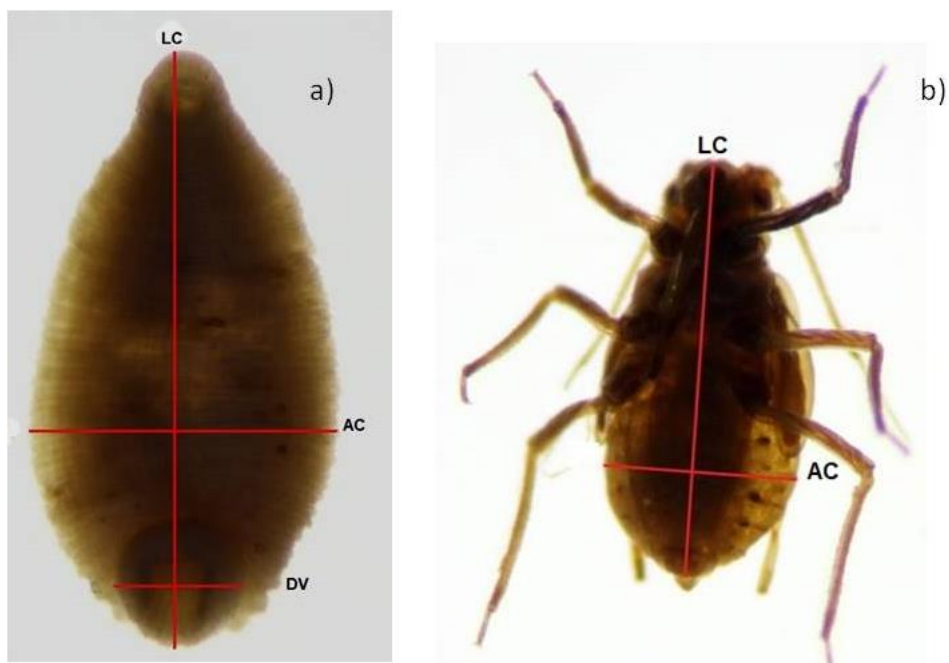


Figura 4: Mediciones de las variables corporales: a) Hirudinea: LC: longitud del cuerpo; AC: ancho del cuerpo; DV: diámetro de la ventosa. b) Aphididae: LC: longitud del cuerpo; AC: ancho del cuerpo.

El peso seco de los individuos se obtuvo mediante el secado en estufa a 60°C durante 48 hs. (Monzón *et al.*, 1991). Se colocó cada espécimen en una bandeja individual de aluminio para su secado y posterior pesaje (Figura 5). En la mayoría de los casos el pesaje se realizó de manera individual, exceptuando los individuos pertenecientes a los taxa de menor tamaño corporal que no llegaban a ser registrados por la balanza. Estos últimos fueron agrupados entre 2 y 5 individuos, por categoría de tamaño, para realizar los pesajes. En todos los casos, antes del pesaje, los individuos fueron mantenidos a temperatura ambiente en un desecador equipado con gel de sílice, a fin de evitar que absorban la humedad ambiente.

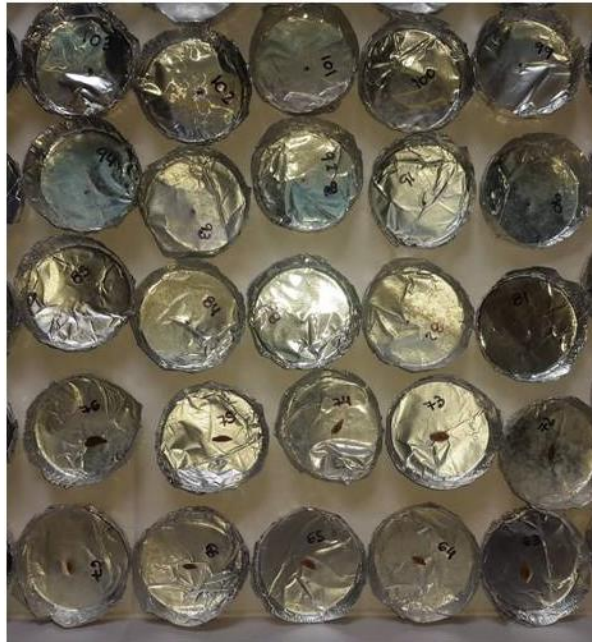


Figura 5: Acondicionamiento de los especímenes en bandejas individuales para su posterior secado.

El pesaje se llevó a cabo utilizando una balanza digital Shimadzu AUW 220D (Figura 6) cuya precisión es de 0,1mg/0,01mg bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura. Para la medición del pesaje, se consideró hasta 10^{-4} g., para luego convertirlo a mg.



Figura 6: Balanza digital Shimadzu AUW 220D utilizada para el pesaje.

Análisis de datos

Con las medidas de dimensión lineal y el peso seco registrado de cada individuo, se realizaron análisis de regresión lineal simple, según el modelo utilizado habitualmente en este tipo de estudios: $\log P = \log a + b \log L$, donde P es el peso seco estimado, L es la medida de longitud lineal, y a y b las constantes del modelo. Las diferencias entre los pesos reales y los estimados por el modelo obtenido fueron comparadas mediante prueba de diferencia de medias.

Para evaluar la influencia de la arquitectura de las plantas sobre el peso seco registrado de los taxa de macroinvertebrados se realizó una prueba de diferencia de medias. Para este análisis, se seleccionaron individuos de diferentes taxa con tamaños corporales similares que habitan ambas especies de macrófitas (*E. najas* y *E. azurea*). Los análisis estadísticos se realizaron con el software PAST 3.14 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS:

Durante el período de estudio, las características físico-químicas del agua fueron similares en ambos sitios de muestreo. El agua fue transparente, tanto en la laguna como en el arroyo, registrándose un valor de la profundidad del disco de Secchi de 1,74 m y de 2 m, respectivamente (Tabla 1). La conductividad eléctrica registrada fue baja en los dos sitios de estudio (20,65 y 20,34 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ en la laguna y en el arroyo). Los valores de pH fueron levemente inferiores al punto neutro (Tabla 1).

Tabla 1: Parámetros físico-químicos del agua registrados los sitios de muestreo.

| | Laguna Datilcito | Arroyo Carambolita |
|--|------------------|--------------------|
| pH | 6,63 | 6,48 |
| Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) | 20,65 | 20,34 |
| Alcalinidad (mg/l^{-1}) | 8 | 9 |
| Cloruros (mg/l^{-1}) | 3 | 4 |
| Profundidad (m) | 1,74 | 2 |
| Transparencia (cm) | 174 | 200 |

Se midieron y pesaron un total de 569 individuos. Los valores de peso seco variaron entre 0,01 mg (*Hyalella curvispina*) y 8,80 mg (Ancyliidae), Tabla 2. Puede observarse que en todos los grupos taxonómicos considerados, las mayores variaciones del peso seco se registraron principalmente en los moluscos, mientras que el peso seco de los áfidos presentó la menor variabilidad para todos los atributos medidos (Tabla 2).

Tabla 2: Estadística descriptiva del peso seco y de las variables morfométricas consideradas en los distintos taxa. (N= número de individuos; Std. Dev= Desvío Estandar; CV= Coeficiente de Variación).

| Grupo | N | Atributo medido | Mínimo | Máximo | Promedio | Std. Dev | CV |
|----------------------------|-----|------------------|--------|--------|----------|----------|--------|
| Ancyliidae | 170 | Peso mg. | 0,05 | 8,80 | 0,66 | 1,37 | 206,45 |
| | | Longitud Valva | 1,07 | 9,20 | 3,24 | 1,83 | 56,64 |
| | | Ancho Valva | 0,59 | 5,70 | 1,89 | 0,92 | 48,91 |
| Asthenopus sp. | 149 | Peso mg. | 0,03 | 5,90 | 1,15 | 1,42 | 123,34 |
| | | Longitud Cuerpo | 2,28 | 14,8 | 7,17 | 3,08 | 43,07 |
| | | Largo. Cabeza | 0,66 | 3,90 | 1,94 | 0,82 | 42,31 |
| | | Ancho Cabeza | 0,45 | 2,70 | 1,44 | 0,56 | 38,99 |
| Aphididae | 83 | Peso mg. | 0,02 | 0,30 | 0,08 | 0,06 | 74,00 |
| | | Longitud Cuerpo | 0,58 | 2,35 | 1,51 | 0,48 | 32,07 |
| | | Ancho máximo | 0,29 | 1,50 | 0,78 | 0,30 | 38,34 |
| Hyalella curvispina | 91 | Peso mg. | 0,01 | 1,20 | 0,22 | 0,20 | 91,32 |
| | | Longitud Cuerpo | 1,65 | 6,96 | 4,11 | 1,32 | 32,14 |
| | | Largo. Cabeza | 0,29 | 1,34 | 0,69 | 0,24 | 34,99 |
| | | Ancho Cabeza | 0,12 | 0,65 | 0,63 | 0,12 | 34,30 |
| Hirudinea | 76 | Peso mg. | 0,03 | 2,40 | 0,54 | 0,51 | 94,27 |
| | | Longitud Cuerpo | 1,41 | 6,90 | 4,04 | 1,42 | 35,17 |
| | | Ancho máximo | 0,49 | 3,61 | 1,89 | 0,73 | 39,01 |
| | | Diámetro ventosa | 0,22 | 1,47 | 0,75 | 0,31 | 41,93 |

Con respecto a las regresiones realizadas entre el peso seco y las dimensiones lineales consideradas en cada grupo, en la Tabla 3 se presentan los parámetros de cada modelo obtenido. Pudo comprobarse que en todos los casos, la longitud del cuerpo fue la variable que presentó el coeficiente de determinación (r^2) más alto, es decir que fue la variable que mejor se relacionó con el incremento en el peso seco de los individuos.

Tabla 3: Comparación de los parámetros de los modelos (a y b) y los coeficientes de determinación (r^2) entre los atributos considerados para cada taxa. (*) Indica los valores más alto de r^2 .

| Grupo | Atributo comparado | a | b | r^2 |
|----------------------------|---------------------------|--------|---------|---------|
| Ancylidae | Long de la valva - Peso | 2,3103 | -1,6582 | 0,8768* |
| | Ancho de la valva - Peso | 2,4967 | -1,1877 | 0,8198 |
| Asthenopus sp. | Long del cuerpo - Peso | 2,9509 | -2,6665 | 0,9505* |
| | Largo de la cabeza - Peso | 2,8820 | -0,9759 | 0,9030 |
| | Ancho de la cabeza - Peso | 3,1054 | -0,6481 | 0,9153 |
| Aphididae | Long del cuerpo - Peso | 1,9278 | -1,4617 | 0,8505* |
| | Ancho del cuerpo - Peso | 1,4710 | -0,9451 | 0,7691 |
| Hyalella curvispina | Long del cuerpo - Peso | 2,6951 | -2,4153 | 0,9016* |
| | Largo de la cabeza - Peso | 2,3144 | -0,4013 | 0,7104 |
| | Ancho de la cabeza - Peso | 2,2558 | -0,2330 | 0,6933 |
| Hirudinea | Long del cuerpo - Peso | 2,5714 | -1,9461 | 0,9271* |
| | Ancho del cuerpo - Peso | 1,9730 | -0,9323 | 0,7453 |
| | Diametro de la ventosa | 1,9166 | -0,1476 | 0,8046 |

En la Figura 7 se representan las líneas de regresión obtenidas con las medidas corporales que presentaron el mayor coeficiente de determinación para cada taxón (Tabla 3).

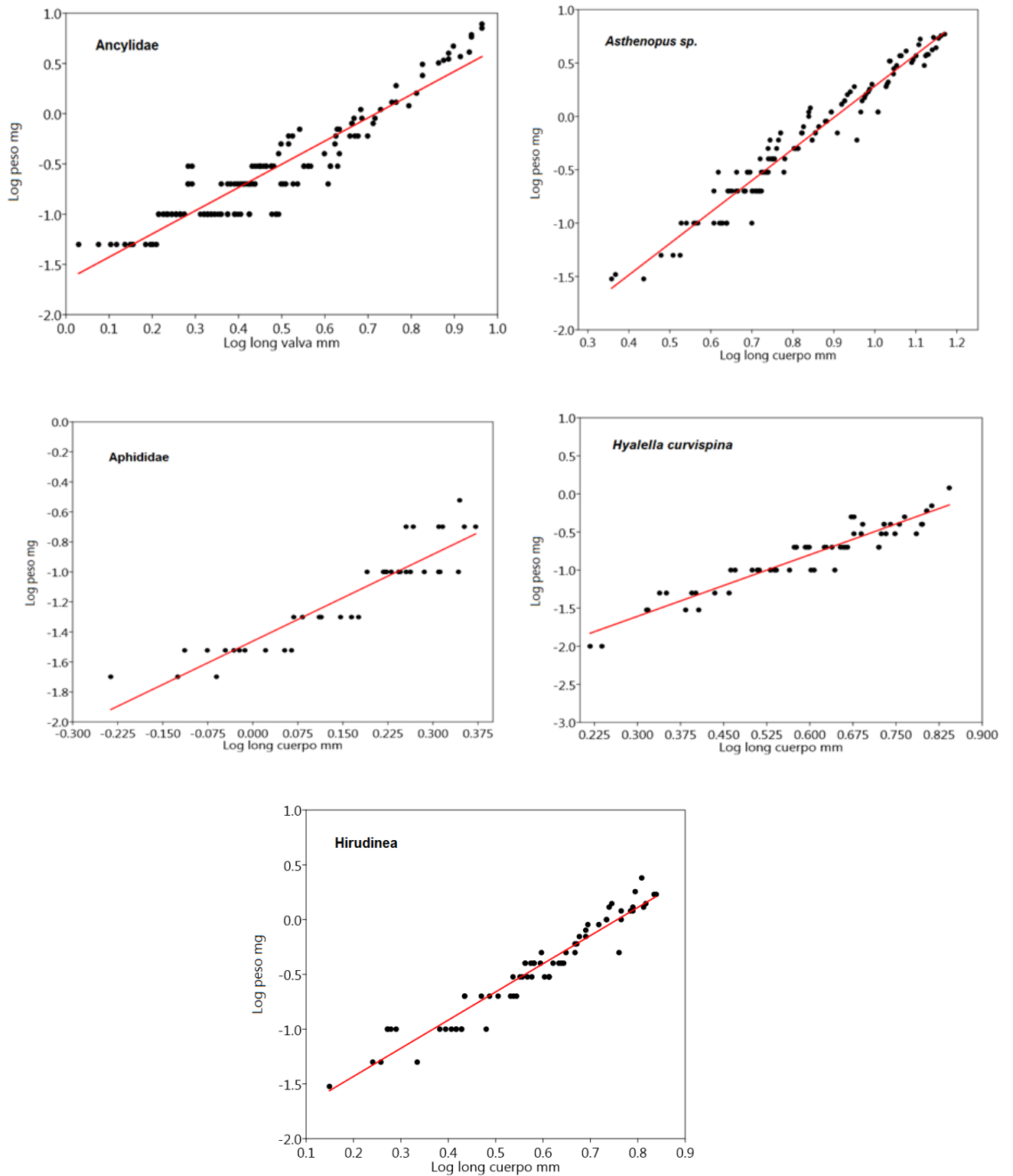


Figura 7: Representación gráfica de las regresiones obtenidas.

Al comparar los valores reales con los estimados por los modelos obtenidos no se hallaron diferencias significativas (Tabla 4), lo que demuestra la utilidad de los modelos desarrollados para las estimaciones de biomasa en los taxa seleccionados.

Tabla 4: Comparación entre pesos reales y estimados en los distintos taxa y valores de t y p

| Grupo | Peso real (mg) | a | b | Peso estimado (mg) | t | p |
|----------------------------|----------------|--------|---------|--------------------|--------|--------|
| Ancylidae | 0,6398 | 2,3103 | -1,6582 | 0,5022 | 1,1485 | 0,2517 |
| Asthenopus sp. | 1,1532 | 2,9509 | -2,6665 | 1,1478 | 0,0316 | 0,9748 |
| Aphididae | 0,0898 | 1,9278 | -1,4617 | 0,0840 | 0,4494 | 0,6544 |
| Hyalella curvispina | 0,2241 | 2,6951 | -2,4153 | 0,2150 | 0,2729 | 0,7854 |
| Hirudinea | 0,5454 | 2,5714 | -1,9461 | 0,5131 | 0,4061 | 0,6853 |

Al evaluar la influencia del tipo de hábitat (proporcionado por las diferentes formas de crecimiento y arquitecturas de las plantas acuáticas) sobre el peso seco de los individuos de tamaño comparable, pudo observarse que en general los diferentes taxa asociados a *E. najas* presentaron mayores valores de peso seco en comparación los asociados a *E. azurea*, con excepción de *H. curvispina*, cuyos valores de peso seco fueron mayores en *E. azurea*. Las diferencias en el peso seco de ancílicos e hirudíneos fueron significativas al comparar ambas especies de plantas acuáticas.

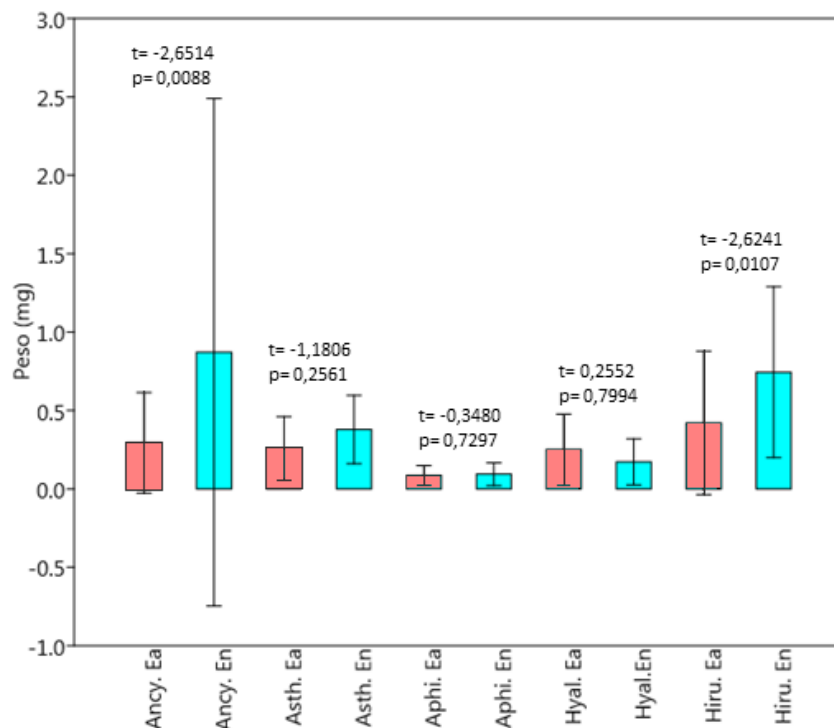


Figura 8: Comparación del Peso (mg) entre Ancylidae (= Ancy), Asthenopus sp. (= Asth), Áfidos (= Aphi), *Hyalellacurvispina*(= Hyal) e Hirudinea (Hiru) en Ea (*E. Azurea* en rosado) y En (*E. najas* en celeste). La altura de la barra indica la media y los bigotes el desvío estándar.

DISCUSIÓN:

La escasa variación observada en las variables físico-químicas del agua registradas en los sitios de muestreo y en las diferentes fechas, es una de las características particulares del sistema Iberá y ya ha sido destacada por otros autores (Poi *et al.*, 2003; Poi *et al.*, 2017).

En este estudio la longitud corporal fue la medida lineal que permitió una mejor estimación de la biomasa en comparación con las otras medidas analizadas. Los mayores valores del coeficiente de determinación encontrados en las longitudes corporales en relación a las otras variables corporales ya fueron observados por otros autores en diferentes grupos de invertebrados (Benke *et al.*, 1999; Sabo *et al.*, 2002; Méthot *et al.*, 2012; Obaza y Ruehl., 2013; Rivera-Usme *et al.*, 2014; Zili *et al.*, 2017) y podrían deberse al crecimiento alométrico que tienen la mayoría de las taxa. De acuerdo a Benke *et al.*, 1999 en artrópodos las partes más esclerotizadas, como las partes cefálicas, incrementan sus dimensiones de manera escalonada en cada muda, mientras que las partes menos esclerotizadas, como el abdomen crecen de manera más continua. Esto provoca mayor dispersión en los datos en el primer caso con menores valores del coeficiente de determinación en las regresiones obtenidas. Por otra parte las proporciones del cuerpo varían durante el crecimiento en la mayoría de los organismos, la velocidad a la que crecen la cabeza o se incrementa el ancho corporal es diferente al incremento en la longitud corporal (Benke *et al.*, 1999). Otro factor que también incide es el efecto de errores en las mediciones, que tienen un mayor impacto cuando el rango de tamaño es menor, por ejemplo al medir la capsula cefálica en relación a la longitud total del cuerpo (Baumgärtner y Rothhaupt., 2003)

Existe menor variación del peso seco entre los estadios ninfales de los insectos hemimetábolos en comparación con los holometábolos (Benke *et al.*, 1999.) De acuerdo a los resultados obtenidos este trabajo el coeficiente de variación fue mayor en *Asthenopus sp* (holometábolo) que en aphididae (hemimetábolo).

Varios autores mencionan que las ecuaciones obtenidas a nivel específico poseen mejor capacidad predictiva que las obtenidas para niveles taxonómicos superiores (Benke *et al.*, 1999; Miserendino, 2001; Sabo *et al.*, 2002). Esto coincide en líneas generales con lo observado en este trabajo, ya que los taxa en las que se alcanzó una mayor resolución taxonómica, los valores del coeficiente de determinación fueron más elevados que aquellos identificados a nivel de familia, excepto en hirudíneos.

Las diferencias observadas al comparar la biomasa de individuos recolectados en macrófitas con diferente arquitectura puede deberse a que, según distintos autores (Cremona *et al.*, 2008; McAbendroth *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 2011), las plantas sumergidas albergan una mayor biomasa de invertebrados, en comparación con las macrófitas de hojas flotantes. Esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, donde los taxa de macroinvertebrados asociados a *E. najas* obtuvieron mayores valores de biomasa que aquellos asociados a *E. azurea*, con excepción de *H. curvispina*. Así mismo, diversos trabajos han expresado que las plantas con una arquitectura compleja tienden a albergar mayor cantidad de individuos de pequeño tamaño en comparación a las plantas con una arquitectura más simple, en la cual predominan los de mayor tamaño (McAbendroth *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 2011). *Eichhornia azurea* presenta un hábitat estructuralmente más complejo (hojas aéreas y raíces sumergidas) que *E.*

najas (se encuentra totalmente sumergida). Esto se ve reflejado en los valores de la dimensión fractal (herramienta que se utiliza para medir la complejidad del hábitat en diferentes escalas y ambientes), el cual es mayor en *E. azurea* (Thomaz *et al.*, 2007; Dibble y Thomaz 2009). Los resultados obtenidos para las biomásas registradas de Ancyliidae, Hirudinea y *Asthenopus* sp. concuerdan con lo mencionado por estos autores.

Este estudio representa el primer aporte referido a la estimación de la biomasa de los macroinvertebrados a partir de medidas de dimensión lineal realizado en el área de estudio. Las ecuaciones de regresión obtenidas facilitarán los cálculos de la biomasa total de los taxones estudiados en ambientes lénticos y lóticos del área de estudio. Además, los resultados obtenidos sirven como línea de base para futuros trabajos que ayuden a comprender el rol de los invertebrados en el proceso de transferencia de energía en las mallas tróficas de los humedales de esta importante reserva natural.

CONCLUSIONES:

- Consideramos que la hipótesis planteada en el trabajo fue comprobada debido a que según el tipo de planta al que se encuentran asociados los distintos taxa, estos mostraron variación tanto en la biomasa, como en el crecimiento y cantidad de individuos

- Los modelos de regresión lineal obtenidos para estimar la biomasa, de manera indirecta, en los diferentes taxones se ajustaron satisfactoriamente a los valores reales, siendo en algunos grupos como *Asthenopus* sp. y *Hyalella curvispina* más precisos que en los restantes.

- En todos los grupos se comprobó que la medida más precisa para realizar estimaciones de biomasa fue la longitud del cuerpo, lo cual concuerda con trabajos anteriores.

- Se espera que este trabajo sirva como base para nuevos informes y estudios ecológicos, ya que está ampliamente demostrada la importancia de los invertebrados acuáticos en evaluaciones de calidad del agua e impacto ambiental en el resto de las comunidades tróficas.

BIBLIOGRAFÍA:

- ANGRISANO, E. B. 1992. El orden Trichoptera en la Argentina y países limítrofes. *Physis*, 50: 118-119.
- BATZER, D. P.; R. B. RADER y S. A. WISSINGER. 1999. Invertebrates in freshwater wetlands of North America, ecology and management. Willey, New York.
- BAUMGÄRTNER, D. y K. O. ROTHHAUPT. 2003. Predictive Length–Dry Mass Regressions for Freshwater Invertebrates in a Pre-Alpine Lake Littoral. *Internat. Rev. Hydrobiol*, 88: 453-463.
- BECKER, B.; M. S. MORETTI y M. CASTILLO. 2009. Length-dry mass relationships for a typical shredder in Brazilian streams (Trichoptera: Calamoceratidae). *Aquatic Insects*, 31: 227-234
- BENKE, A. C. 1996. Secondary production of macroinvertebrates. En: Hauer, FR & GA Lamberti (eds.). *Methods in stream ecology* Academic Press, San Diego, CA.
- BENKE A. C.; A. D. HURYN.; L. A. SMOCK.y J. B. WALLACE. 1999. Length-mass relationships for fresh water macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. *Journal of the North American Benthological Society*, 18: 308-343.
- BRUNIARDI, E.D. 1999. Los regímenes hídricos de las formaciones vegetales. Aportes para un modelofitoclimático mundial. EUDENE. Resistencia, Chaco.
- CARVENALI, R.1994. Fitogeografía de la provincia de Corrientes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Corrientes.
- CARVENALI, R. 2003. El Iberá y su Entorno Fitogeográfico. EUDENE, Corrientes, Argentina.
- CREMONA, F.; D. PLANAS; M. LUCOTTE. 2008. Biomass and composition of macroinvertebrate communities associated with different types of macrophyte architectures and habitats in a large fluvial lake. *Fundamental and Applied limnology archiv fur hydrobiologie*, 171/2: 119-130.
- CRESSA, C. 1999 a. Dry mass estimates of some tropical aquatic insects. *Revista de Biología Tropical*, 47: 133-141.
- CRESSA, C. 1999 b. Dry mass estimation of tropical aquatic insects using different shortterm preservation methods. *Revista de Biología Tropical*, 47: 143-149
- DIBBLE, E. D., y THOMAZ, S. M. (2009). Use of fractal dimension to assess habitat complexity and its influence on dominant invertebrates inhabiting tropical and temperate macrophytes. *Journal of Freshwater Ecology*, 24(1): 93-102.
- DOMÍNGUEZ, E. y H. R. FERNÁNDEZ. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillio.
- FERRATI, R., G.; CANZIANI y D. RUIZ MORENO. 2003. Caracterización hidrometeorológica e hidrológica del sistema Iberá. En: Canziani, G., C. Rossi, S. Loisel y R. Ferrati (eds.): *Los Esteros del Iberá. Informe del Proyecto “El manejo sustentable de los recursos de humedales en el MERCOSUR”*. Fundación Vida Silvestre Argentina.
- FERREIRO, N.; C. FEIJOÓ; A. GIORGI y L. LEGGIERI. 2011. Effects of macrophyte heterogeneity and food availability on structural parameters of the macroinvertebrate community in a Pampean stream. *Hydrobiologia*, 664: 194-211.
- FONTANA, J. L. 2017. Guía de la vegetación de los Esteros del Iberá. Publicaciones didácticas de la cátedra de Ecología Vegetal. Editorial Vida Correntina. 1º edición. Corrientes, Argentina.

GALLARDO, L.I. 2017. Colectividades de macroinvertebrados asociados a la vegetación acuática y grupos tróficos funcionales en lagunas de Corrientes (Argentina). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina.

GALLARDO, L. I.; M. C. FRANCESCHINI.; A. S. G. POI. y M. L. DE WYSIECKI. 2015. Biomasa de *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) en humedales del nordeste de Argentina. Revista de Biología Tropical, 63: 127-138.

GOMES DE BRITO, J.; R. TAVARES MARTINS.; K. MACIEL SOARES. y N. HAMADA. 2015. Biomass estimation of Triplectidesegleri Sattler (Trichoptera, Leptoceridae) in a stream at Ducke Reserve, Central Amazonia. Revista Brasileira de Entomologia, 59: 332-336.

HODAR, J. A. 1996. The use of regression equations for estimation of arthropod biomass in ecological studies. Acta Oecologica, 17: 421-433.

JUNK, W. J.; S. AN.; C. M. FINLAYSON.; B. GOPAL.; J. KVĚT.; S. A. MITCHELL.; W. J. MITSCH. y R. D. ROBARTS. 2013. Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis. AquaticSciences, 75: 151-167.

LANCELLE, H. 2003. Características físicas y químicas de las aguas del Iberá. En Poi de Neiff, A. (Ed.): Limnología del Iberá. EUDENE. Corrientes, Argentina.

LIPORI, M. y L. DE OTO. 2012. Características ambientales y áreas protegidas de la Ecorregión Esteros de Iberá. El ojo del Cóndor, issue 2: 14-20.

LOPRETTO, E. C. y G. TELL. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodología para su estudio. Ediciones Sur, La Plata, Argentina.

MARTINS, R.T.; S. A. MELO.; J. R., F. F GONCALVES. y N. HAMADA. 2014. Estimation of dry mass of caddisflies Phylloicuselektoros (Trichoptera: Calamoceratidae) in a Central Amazon stream. Zoologia, 31: 337-342.

MCABENDROTH, L.; P. M. RAMSAY; A. FOGGO; S. D. RUNDLE y D. T. BILTON. 2005. Does macrophyte fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions?. Oikos, 111: 279-290.

MERRITT, R. W. y W. CUMMINS. 1996. An introduction to the Aquatic Insects of North America. Third edition. Kendall/ Hunt, Dubuque, Iowa.

MÉTHOT, G.; C. HUDON.; P. GAGNON.; B. PINEL-ALLOUL.; A. ARMELLIN.y A.M. TOURVILLE POIRIER. 2012. Macroinvertebrate size–mass relationships: how specific should they be? Freshwater Science, 31(3): 750-764.

MISERENDINO, M. L. 2001. Length-mass relationships for macroinvertebrates in fresh water environments of Patagonia (Argentina). Ecología Austral, 11:3-8.

MISERENDINO, M. L. y L. A. PIZZOLÓN. 2000. Macroinvertebrates of fluvial system in Patagonia altitudinal zonation and functional structure. ArchivfurHydrobiologie, 150: 55-83.

MONZON, A., C. CASADO, C. MONTES y D. GARCIA DE JALON, 1991. Organización funcional de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de un sistema fluvial de montaña (Sistema Central, río Manzanares, España). Limnética, 7: 97-112.

NEIFF, J. J.2004. El Iberá ¿en peligro? Editorial Fundación Vida Silvestre.

NEIFF, J. J.; A. POI DE NEIFF. y M. B. CANÓN VERÓN. 2009. The role of vegetated areas on fish assemblage of the Paraná River floodplain: effects of different hydrological conditions. *Neotropical Ichthyology*, 7: 39-48.

OBAZA, A.; y C. B. RUEHL. 2013. Regressions for Estimating Gastropod Biomass with Multiple Shell Metrics. *Macologia*, 56(1-2): 243-349.

POI DE NEIFF, A. y R. CARIGNAN. 1997. Macroinvertebrates on *Eichhornia crassipes* roots in two lakes of the Paraná River floodplain. *Hydrobiología*, 345: 185-196.

POI, A. S. G. y M. E. GALASSI. 2013. Sistema 4c - Humedales de los grandes esteros de la provincia de Corrientes. En Benzaquen, L., Blanco, D., Bó, R., Kandus, P., Lingua, G., Minotti, P., Quintana, R., Sverlij, S., Vidal, L. (Eds.). *Inventario de los humedales de Argentina: sistemas de paisajes de humedales del corredor Fluvial Paraná Paraguay*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Proyecto GEF 4206 PNUD ARG 10/003. Buenos Aires.

POI, A. S. G.; J. J. NEIFF; S. L. CASCO; B. U. SANCHEZ; A. C. CABAÑA. 2017. El agua de los esteros, lagunas y ríos. En: Poi, A.S.G. (Comp). *Biodiversidad en las agua de Iberá*. Eudene. Corrientes, Argentina.

RIBERA-USME, J. J.; G. A. PINILLA-AGUDELO; D. L. CAMACHO-PINZON; M. I. CASTRO-REBOLLEDO y J. O. RANGEL-CHURIO. 2014. Length–mass relationships in the aquatic invertebrate genera *Helobdella* (Hirudinea: Glossiphoniidae) and *Asellus* (Crustacea: Asellidae) of an Andean wetland of Colombia. *Actu. Biol.*, Vol. 36 no. 100.

SABATER, L. M. 2017. Estructura de las colectividades de los macroinvertebrados asociados a macrófitas que habitan ambientes lénticos y lóticos de la Reserva Natural Iberá. Tesis de grado. Universidad de Ciencias exacys y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina.

SABO, J. L.; J.L. BASTOW; y M. E. POWER. 2002. Length-mass relationships for adult aquatic and terrestrial invertebrates in a California watershed. *Journal of the North American Benthological Society*, 21: 336-343.

STOFFELS, R. J.; S. KARBE; y R. A. PATERSSON. 2003. Length-mass models for some common New Zealand littoral-benthic macroinvertebrates, with a note on within-taxon variability in parameter values among published models. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 36: 449-460.

THOMAZ, S. M., DIBBLE, E. D., EVANGELISTA, L. R., HIGUTI, J., & BINI, L. M. (2007). Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology*, doi:10.1111/j.1365-2427.2007.01898.x

THORP, J. H. y A. P. COVICH. 2001. *Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*. Second edition. Academic Press, New York, NY, USA.

TRIVINHO-STRIXINO, S. y G. STRIXINO. 1995. *Larvas de Chironomidae (Diptera) do estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose dos géneros*. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, Brasil.

WENZEL, F.; E.MEYER; y J.SCHWOERBEL.1990. Morphology and biomass determination of dominant mayfly larvae (Ephemeroptera) in running waters. *Archiv. für Hydrobiologie*, 118: 31-46.

ZILLI, F.; J. BARCO; y A.VANZATTI. 2017. Biometry of neotropical invertebrates inhabiting floodplain rivers: unraveling bionomy. *Iheringia, Seriezoología*, 107: e2017014.