

ANÁLISIS DEL DIMORFISMO SEXUAL EN DATOS MORFOMÉTRICOS EN UNA VARIEDAD DE CRUSTÁCEOS

RAMÓN ÁLVAREZ¹, ANA VERDI² Y MAGELA NEGRO¹

¹ Universidad de la República, Instituto de Estadística, Facultad de Ciencias Económicas, Uruguay ² Universidad de la República, Sección Entomología, Facultad de Ciencias, Uruguay

Palabra Claves: modelo reproductivo, intersexos, ANOVAS no paramétricos, Análisis en Componentes Principales, Análisis Discriminante. Correo electrónico de contacto ramon@iesta.edu.uy

RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los resultados para la determinación del modelo reproductivo en las especies uruguayas de crustáceos *Parastacus varicosus*; *Parastacus brasiliensis* y *Parastacus pilimanus*.

Las aguas dulces de nuestro país se encuentran habitadas por cinco especies de cangrejos pertenecientes al género *Parastacus*, las que despiertan gran interés no solo por su potencial para la acuicultura, sino por presentar gonoporos de machos y hembras en un mismo individuo, lo que impide la diferenciación sexual externa de los sexos, teniendo así lo que se conoce como intersexos. A partir de diferentes medidas morfométricas de 3 especies de crustáceos, como ser longitud, y ancho de diferentes partes del cuerpo, se evalúan si existen diferencias por especie, tipo de intersexo, mediante la aplicación de ANOVAS no paramétricos; se verifica por otro lado si cumple la hipótesis de proporción sexual fisheriana.

Para lograr establecer un modelo reproductivo, previa transformación logarítmica de los datos, se determinan las relaciones biométricas mediante Análisis de Regresión Lineal, que se comparan con las que surgen de el modelo obtenido mediante Análisis en Componentes Principales y Análisis Discriminante sobre las medidas morfométricas y las especies. Existen algunas observaciones atípicas, cuya influencia en el Análisis Discriminante Cuadrático se analiza mediante medidas diagnósticas.

INTRODUCCIÓN

• La intersexualidad es un modelo reproductor definido por la presencia de caracteres sexuales primarios o secundarios de un sexo en individuos del sexo opuesto (Ginsburger-Vogel, 1975; Khalaila & Sagi, 1997; Weeks et al., 2006).

• Estos caracteres pueden estar limitados solamente a la morfología externa o extenderse a la diferenciación gonadal.

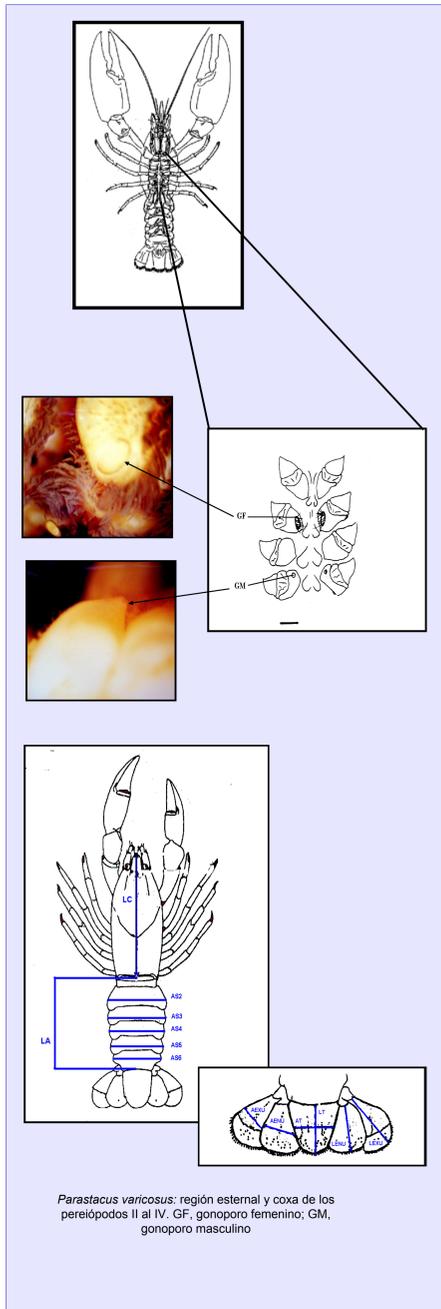
• La intersexualidad se manifiesta en la mayoría de las especies animales incluyendo al hombre (Diamond, 1976; Stratton, 1995; Cohen-Kettenis, 2001).

• Tiene importancia en relación a la evolución y mecanismos de determinación del sexo.

• Dentro de los crustáceos, es poco conocida. En los decápodos se presenta solamente en la familia Astacidae, cangrejos de agua dulce del Hemisferio Sur de un alto potencial para la acuicultura, representados en nuestro país por el género *Parastacus* cuyos representantes poseen orificios genitales de machos y hembras en un mismo individuo.

• Esta morfología impide la diferenciación sexual externa de los sexos, lo que ha generado discusión con relación a la sexualidad de sus especies.

• En el presente trabajo se evalúa la existencia de caracteres sexuales secundarios que permitan la diferenciación entre machos y hembras a partir de datos morfométricos en las especies *Parastacus varicosus*, *Parastacus pilimanus* y *Parastacus brasiliensis*



METODOLOGÍA

Los ejemplares fueron recolectados entre agosto de 1996 a julio de 2006

Parastacus varicosus - ruta 9 en las proximidades de la ciudad de Castillos en el Departamento de Rocha (Lat. 34°10'S; Long. 53°49'60"W)

Parastacus brasiliensis - Gruta del Palacio, en el Departamento de Flores (Lat. 33° 31'60S; Long. 56° 53'60W)

Parastacus pilimanus - Campo del Abasto en las cercanías de la ciudad de Rivera, en el Departamento de Rivera (Lat. 30°53'60S; Long. 55°31'0W) entre agosto de 1996 a julio de 2006

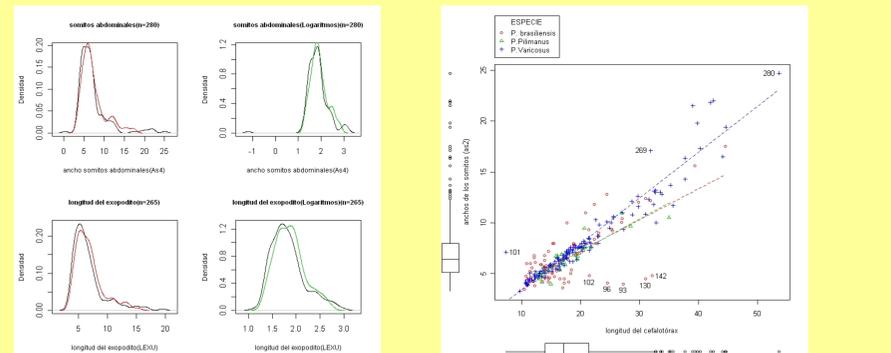
Los datos morfométricos considerados fueron:

- LC - longitud del cefalotórax
- LA - longitud de los somitos abdominales
- AS - anchos de los somitos abdominales 2 al 6
- ALPS - alto de las pleuras de los somitos abdominales 3 al 5
- LPS2 - longitud de la pleura del somito abdominal 2
- LT - largo del telson
- AT - alto del telson
- LENU - longitud del endopodito del urópodo
- AENU - ancho del endopodito del urópodo
- LEXU - longitud del exopodito del urópodo
- AEXU - ancho del exopodito del urópodo

RESULTADOS

Como se ve en las laminas de Gáficos (A) la distribución de las medidas son muy asimétricas. De las 280 observaciones originales se trabaja con 276 y solo para algunas de las medidas que son (LEC), (AS2), (AS6), (LSA), (LT), ya que para las restantes variables hay valores faltantes (casi 20%), los que no se consideran en este trabajo, pero si serán modelados para trabajos posteriores. Se realizan transformaciones en logaritmos buscando la simetría para trabajar mas comodamente en los Modelos de Regresión Lineal (RLn) y de Componentes Principales (ACP). En una primera instancia se trabaja en forma independiente para cada especie, donde se evalúa si existen diferencias por sexo y con los intersexos a través de la prueba de Wilcoxon y se aplican anovas no paramétricos a través del test de Kruskal Wallis para comparar las distribuciones de las medidas morfométricas entre las especies.

Originalmente el equipo de biólogos autores de la investigación, analizaron las relaciones biométricas mediante (RLn) usando como variable explicativa log(LEC) para explicar las restantes variables de medidas y viendo si existía dimorfismo sexual (diferencias por sexo) y también entre intersexos.

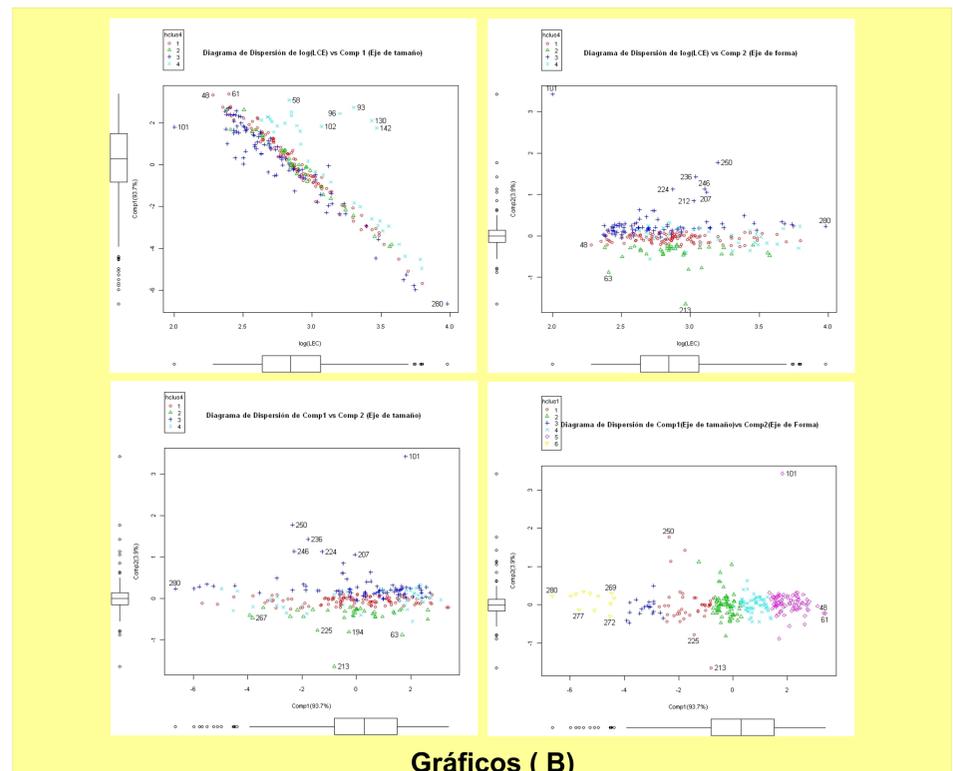


Gráficos (A)

Buscando un estrategia de considerar las variables en forma simultanea se optó por hacer (ACP) sobre las variables transformadas, dejando de lado log(LEC). Se presentan como quedan los componentes que resultan y el primero muestra valores altos en promedio del mismo signo, característico de variables morfométricas, siendo un eje factorial que da cuenta del tamaño de los crustáceos y donde en los ejes restantes queda reflejado las formas y relaciones entre medidas.

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4
log(AS2)	-0.506	0.3052	0.3251	0.73811
log(AS6)	-0.504	0.3586	0.4049	-0.67283
log(LSA)	-0.483	-0.8664	0.1203	-0.02648
log(LT)	-0.504	0.1657	-0.8460	-0.04214

Se elabora grupos mediante Análisis de Cluster (AC) (jerárquico, método de Ward) a partir del (ACP) teniendo 6 grupos diferenciados por tamaño; no considerando el componente 1 se forma grupos 4 bien diferenciados de acuerdo a las relaciones de armonía (alometría) de medidas que mantienen los crustáceos.



Gráficos (B)

Luego de Hecho el ACP vemos que existe una relación lineal muy grande entre log(LEC) y por ejemplo el Comp1 y vemos que eso se da para los 4 grupos (que se formaron sobre el Comp2). Sin embargo cuando vemos como es la dispersión entre el Comp 1 y el 2 las observaciones solo estan diferenciadas por el Comp2 que es un eje factorial de forma. Si observamos como queda cuando los clusters (6) se forman incluyendo el Comp1 quedan diferenciados esencialmente por este eje factorial, pudiendo ver que igual existen observaciones "raras" que luego serán analizadas como outliers..

Se busca un modelo de dimorfismo sexual o que discrimine por especie o intersexo, a través de las medidas. Los resultados univariados mostraron que no existían diferencias por sexo, especie e intersexo por lo que se propone un análisis discriminante lineal cuadrático sobre los categorías encontradas con las clasificaciones mediante (AC).

Grupos	log(LEC)	PClog21	PClog22
1	3.142	-1.6002	-0.05150
2	2.911	-0.2704	-0.01192
3	3.478	-3.2263	-0.09069
4	2.711	0.7827	-0.02436
5	2.589	2.0618	0.06025
6	3.721	-5.2379	0.12711

Grupos	log(LEC)	PClog21	PClog22	PClog23
1	2.883	-0.02028	-0.06254	0.00528
2	2.900	-0.15522	-0.45641	-0.01288
3	2.777	0.07524	0.30288	0.01500
4	3.131	0.05054	-0.03945	-0.03903

Observado	1	2	3	4	5	6
1	35	5	0	0	0	0
2	1	64	0	1	0	0
3	0	0	19	0	0	0
4	0	0	0	62	1	0
5	0	0	0	2	74	0
6	0	0	0	0	0	12

Observado	1	2	3	4
1	111	1	2	0
2	4	31	3	1
3	22	0	65	0
4	5	0	5	26

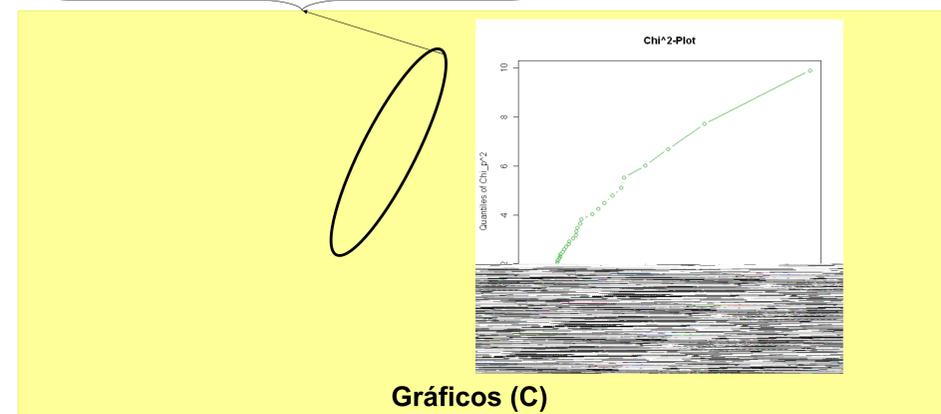
Búsqueda de Outliers

Viendo la distribución espacial en los gráficos (B) de las observaciones en los grupos se buscaron outliers y se analizó la homogeneidad de los grupos, viendo si se puede mejorar la clasificación que se logra con los modelos discriminantes estimados. Para eso a través del test de Cochran se evalúa posible "outlying variance" en los grupos (Se usa la librería outliers). Encontramos que para

Clasificación	Grupo con OV
Log(LEC)	hclus1 5
Log(LEC)	hclus4 3
Pclog21	hclus1 6
Pclog22	hclus4 3

Por otra parte siguiendo a Filmozer (2006) se trata de identificar outliers multivariados, que puedan estar alterando los resultados de los modelos discriminantes estimados, a través del `chisq.plottd()` de la librería `mvoutlier` de R que grafica la distancia cuadrática robusta de Mahalanobis (DCRM) vs los cuantiles de una chi-cuadrado con p grados de libertad.

Si tomamos por ejemplo las observaciones del cluster 3 que surge de la clasificación por método de Ward sobre Pclog22 y Pclog22 (Factor 2 y 3 respectivamente del ACP) los 15 outliers identificados son y que muestran como cambian la (DCRM) al tener una relación casi lineal **101,250,236,246,224,207,212,280,279,278,276,275,140,269,174,176**



Gráficos (C)

DISCUSION

- Se Verificó que no existe dimorfismo sexual para las medidas morfométricas de las 3 especies consideradas, ni existen tampoco diferencias por especie ni por tipo de intersexo. (en forma univariada)
- Se logró hacer un modelo mas sencillo buscando las relaciones entre el largo del cefalotórax y las restantes medidas morfométricas. En lugar de tener varias modelos de regresión lineal univariada para cada medida contra log(LEC) (datos transformados), por sexo y especie - de los cuales solo 7 dieron significativos de un total de 24- (4 variables, 2 categorías para sexo, 3 especies), se tiene un modelo alternativo, considerando las relaciones multivariadas entre medidas.
- Se aplica (ACP), dejando de lado el log(LEC), se generan 2 escenarios (E1,E2) de subpoblaciones sobre los ejes factoriales resultantes mediante (AC) (E1 grupos diferenciados por tamaño y E2 grupos diferenciados por relaciones alométricas)
- Sobre ambas clasificaciones se estiman modelos predictivos, a través de (ADC) que permiten corroborar la estructura de grupos.
- Se analizan la presencia de posible outliers (de grupos mediante el test de Cochran y de observaciones a través de (DCRM).
- Si bien no se pudo ajustar un (AD) para explicar el dimorfismo sexual en funciones de las variables morfométricas, un modelo logit incorporando el tipo de intersexo y las especies, mas las medidas logró ajustar para explicar el sexo, siendo significativo el intersexo y la especie *P.pilimanus* lo que sugiere que se podría dividir la población y replicar nuevamente el análisis.

• **BIBLIOGRAFIA**-Filmozer,P (2006) "Outlier detection with application to Geochemistry".Lukasz Komsta .R News Vol6-2(Mayo 2006) "Processing data for outliers"