

ESTUDIO MORFOMETRICO DE
Charmatometra bakery E
INFLUENCIA DE LA TENSION
SUPERFICIAL DEL AGUA

Federico Escobar S.
Departamento de Biología -Entomología,
Edgar Díaz Puentes
Departamento de Física
Universidad del Valle

Resumen

La *Charmatometra bakery*, insecto que habita en la superficie del agua, muestra una diferencia de tamaño desproporcionada entre el estado ninfal y el adulto. Un estudio morfométrico del insecto permitió obtener algoritmos que relacionan el peso del insecto y la longitud de cada uno de sus tres pares de patas. Igualmente mediciones de la tensión superficial del agua permitieron predecir la calidad del agua del hábitat y los efectos de la contaminación por detergentes.

Abstract

Charmatometra bakery, a water strider, shows remarkable differences between nymphal and adult stages. A morphometric study allowed to obtain algorithms for the relationship between body weight and length of each one of its pairs of legs. Measurements of water surface tension also permitted to predict water quality of its habitat and the effect of contamination by detergents.

Introducción

El tamaño óptimo de cada organismo depende de factores físico-químicos internos y externos que determinan la supervivencia de los individuos, iniciándose así el proceso evolutivo. Por ejemplo, animales pequeños pueden

absorber el alimento que necesitan a través de paredes de un tubo digestivo recto y corto, en cambio animales grandes para mantener una tasa de absorción óptima, proporcional a sus exigencias energéticas, han desarrollado un intestino circunvolucionado que aumenta esa superficie de absorción máxima. Morfológicamente debe existir un cambio entre la longitud, la superficie, el volumen y todos los parámetros biofísicos correspondientes cuando aparece una alteración de la forma del individuo. La medición y el análisis de las formas (morfometría) pueden ayudar a entender los cambios evolutivos de cada especie (incluyendo su habitat) y son los insectos los sujetos ideales para este tipo de estudios morfométricos.

La marcada diferencia en tamaño entre los estados ninfales y el adulto de un insecto que pertenece al género *Charmatometra* bf (HEMIPTERA: Gerridae), que habitan en la superficie de los ríos, quebradas, lagos y pantanos, alimentándose de otros insectos que caen al agua, son el objeto de estudio de este trabajo de investigación. Se consideró que la relación de escala superficie/volumen quedaría implícita al establecerse el peso corporal del insecto y la longitud de sus patas a medida que aumenta el tamaño, en función de la condiciones ambientales específicas del medio que habita. Investigaciones recientes en el campo de la morfometría le dan importancia a este tipo de estudios sistemáticos y evolutivos, por su relación con la forma y distribución ecográfica de los organismos (Daly, 1985; Hynes, 1970; Nieser, 1984).

Por otra parte la contaminación de las aguas por desechos, independientemente de su procedencia, es una preocupación diaria de biólogos, ecólogos, ingenieros sanitarios, etc. Entre los contaminantes que con mayor frecuencia se encuentran en las fuentes de agua están los detergentes, los cuales debido a su composición química alteran la superficie del agua y por consiguiente su capacidad de oxigenación. Pueden además causar fenómenos de eutroficación debido a la presencia de fosfatos. En estas condiciones las fuentes de agua se convierten en trampas mortales para la fauna acuática ya sea por toxicidad o por cambio en la tensión superficial. En Colombia la contaminación mayor viene dada por Alquil Benceno Sulfonato (ABS) de poca biodegradabilidad (Perez et al, 1978). Un segundo objetivo de este trabajo es determinar el efecto de la tensión superficial del agua sobre el insecto propuesto.

Materiales y Métodos

El trabajo de recolección de los insectos se realizó en las cabeceras del río

Bitaco a una altura aproximada de 2000 m de elevación, en la Vereda de Chicoral Alto, Corregimiento de Bitaco, Municipio de La Cumbre, Departamento del Valle del Cauca.

Con la ayuda de una jama se realizaron dos muestreos en el transcurso del mes de noviembre 1989 en diferentes partes del río. Los individuos colectados se colocaron en tarros plásticos y se transportaron al laboratorio. Una vez allí se determinó el peso corporal de los insectos utilizando una balanza electrónica con una sensibilidad de 0.1 mg (Ainsworth, Denver, Colorado).

La longitud de cada uno de los tres pares de patas fue medida según el tamaño del animal: En los más pequeños se midieron a través de un estereoscopio en cajas de petri con un disco de papel milimetrado en el fondo. Para los más grandes se utilizó un calibrador. Se establecieron intervalos de peso corporal y se promediaron los valores obtenidos en longitud de las patas en cada uno de los intervalos. El tratamiento estadístico utilizando el método de correlación y coeficiente de determinación permitieron el análisis de la información.

Para la medición de la tensión superficial del agua se adaptó una balanza de triple brazo (Welch, Skokie, Illinois) a la cual se le colgaba un anillo de nitrilo (o ring) por medio de tres hilos que formaban una pirámide regular cuya base era un triángulo equilátero. El anillo se colocaba horizontalmente sobre la superficie del agua contenida en un recipiente de vidrio. Si simultáneamente se movía el recipiente hacia abajo y las pesas sobre el brazo de la balanza, era posible mantener a esta equilibrada hasta cuando el menisco que se formaba entre el anillo correspondía a la fuerza de tensión superficial del agua.

A las muestras de agua traídas al laboratorio se les midió la fuerza de tensión superficial. A una de las muestras escogidas al azar se agregó detergente en diferentes proporciones (de 0.1 a 1.0 g) y se observó el comportamiento del insecto.

Resultados

Se colectaron un total de 40 individuos entre machos y hembras en diferentes partes del río.

El registro de la medición del peso corporal y de la longitud de las patas en cada uno de los individuos consignada en la tabla 1, permite ver que a medida que aumenta el peso del insecto el crecimiento de cada uno

de los tres pares de patas es diferente. El crecimiento es alométrico y no proporcional.

La construcción de intervalos (tabla 2) para el peso corporal definidos entre:
 $0 < \text{peso} \leq 0.01$; $0.01 < \text{peso} \leq 0.02$; ...; $0.11 < \text{peso} \leq 0.12$

permitió promediar el peso corporal de los individuos y la longitud de sus patas en cada uno de los intervalos y construir la figura 1 que muestra el comportamiento de las dos variables.

Tabla 1. Relación entre el peso de *Charmalometra bakery* la longitud de cada uno de los tres pares de patas a medida que aumenta de tamaño.

No. individuo	peso(g)	Longitud de patas (cm)		
		anterior	media	posterior
1	0.0014	0.25	0.70	0.50
2	0.0017	0.25	0.70	0.50
3	0.0026	0.25	0.70	0.50
4	0.0030	0.25	0.80	0.50
5	0.0042	0.40	1.10	0.70
6	0.0065	0.30	1.10	0.70
7	0.0072	0.40	1.10	0.70
8	0.0115	0.50	1.40	1.10
9	0.0131	0.60	1.60	1.10
10	0.0143	0.50	1.50	1.10
11	0.0173	0.40	1.50	1.00
12	0.0201	0.80	2.20	1.50
13	0.0203	0.80	2.20	1.70
14	0.0213	0.90	2.30	1.70
15	0.0236	0.70	2.00	1.50
16	0.0315	0.60	2.00	1.40
17	0.0338	0.90	2.30	1.70
18	0.0389	1.10	2.80	2.10
19	0.0412	1.20	3.10	2.50
20	0.0445	1.10	2.80	2.25
21	0.0478	1.00	2.60	2.00
22	0.0728	1.30	3.50	3.00
23	0.0736	1.30	3.50	3.00
24	0.0755	1.50	3.50	3.00

(Sigue)

No. individuo (Continuación)	peso(g)	Longitud de patas (cm)		
		anterior	media	posterior
25	0.0767	1.50	3.50	3.00
26	0.0791	1.45	3.60	3.00
27	0.0854	1.40	3.50	2.90
28	0.0861	1.70	4.00	3.50
29	0.0899	1.70	4.00	3.50
30	0.1045	1.80	4.60	3.80
31	0.1063	1.90	4.48	4.10
32	0.1064	1.40	3.50	3.20
33	0.1069	1.80	4.90	4.20
34	0.1095	1.70	4.70	4.10
35	0.1104	1.80	4.80	4.20
36	0.1111	1.80	4.80	4.20
37	0.1118	1.80	4.80	4.20
38	0.1125	1.70	4.80	4.10
39	0.1126	1.70	4.80	4.10
40	0.1154	1.80	4.70	4.00

Tabla 2. Promedio del peso corporal y la longitud de cada uno de los tres pares de patas de *Charmatometra bakery*.

Intervalo	Prom.peso(g)	Prom. longitud de patas (cm)		
		anterior	media	posterior
0.00-0.01	0.0038	0.30	0.88	0.58
0.01-0.02	0.0140	0.50	1.50	1.05
0.02-0.03	0.0213	0.80	2.17	1.60
0.03-0.04	0.0347	0.86	2.34	1.74
0.04-0.05	0.0445	1.10	2.85	2.25
0.05-0.06				
0.06-0.07				
0.07-0.08	0.0755	1.42	3.50	3.00
0.08-0.09	0.0871	1.60	3.97	3.30
0.09-0.10				
0.10-0.11	0.1067	1.72	4.54	3.88
0.11-0.12	0.1106	1.76	4.80	4.10

En la Figura 1 se observan curvas típicas de crecimiento de las extremidades del insecto. Mediante una aproximación de mínimos cuadrados (Caballero, 1975) y la aplicación de un paquete estadístico (Grapher, Golden Software Inc., 1988) a los cálculos de la tabla 2 se obtienen las curvas de mejor ajuste que obedece a los siguientes algoritmos:

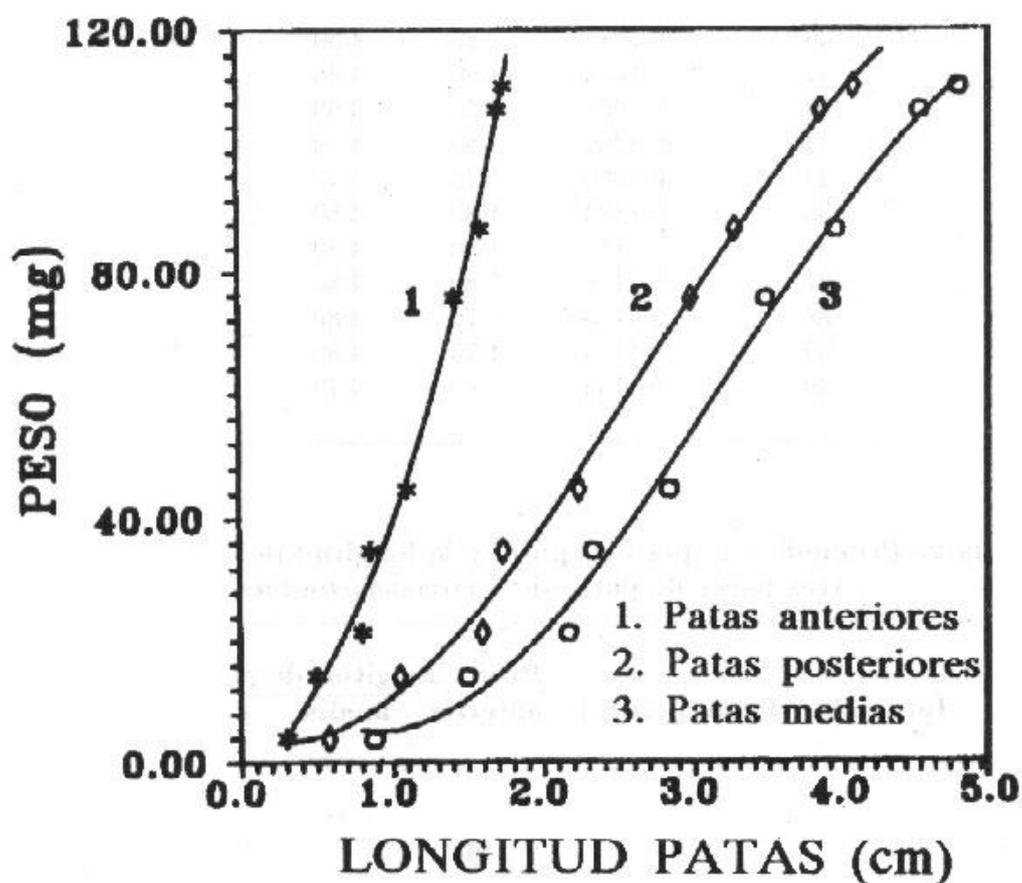


Figura 1 Relación entre el peso corporal de la charatoemetra bakery y la longitud de cada una de sus patas.

Patatas anteriores:

$$Y = 39X^{1.8} \quad R: 94\%$$

o

$$Y = 9.9X^3 + 0.6X^2 + 34.5X - 6.3 \quad R: 99\%$$

Patatas medias:

$$Y = 5.4X^2 \quad R: 80\%$$

o

$$Y = -2.19X^3 + 21.4X^2 - 33X + 19 \quad R: 99\%$$

Patatas posteriores:

$$Y = 0.1105X^{1.7} \quad R: 97\%$$

o

$$Y = -2.04X^3 + 16.8X^2 - 8.58X + 4.5 \quad R: 100\%$$

Donde:

Y = Peso corporal en mg.

X = Longitud de las patas en cm.

La Tabla 3 muestra los valores de los coeficientes de la tensión superficial. En las cuatro muestras estos valores fueron mayores que aquel del agua destilada debiéndose quizás a una mayor fuerza de cohesión entre las moléculas de la superficie. Su composición química podría ser la responsable de esta diferencia.

Tres de las muestras de agua fueron contaminadas con detergente comercial doméstico observándose cambios de comportamiento de los insectos (Tabla 3). A medida que se agregó detergente a un litro de agua en diferentes cantidades: 0.1 g, 0.5 g y 1.0 g. Se observó que al aumentar la concentración de detergente en el agua, el insecto era incapaz de desplazarse en la superficie o de sostenerse en ella.

Tabla 3. Tensión del agua en condiciones naturales y experimentales.

Muestra	Coefficiente de Tensión Superficial (dinas/cm)	Observaciones
Agua destilada	76.44	
1	81.34	Se desplaza normalmente
2	85.26	Se desplaza normalmente
3	85.26	Se desplaza normalmente
4	90.16	Se desplaza normalmente
1 + 0.1 g D/1	65.66	Se sostiene, no se desplaza
1 + 0.5 g D/1	61.74	No se sostiene
1 + 1.0 g D/1	35.28	No se sostiene

D = Detergente.

Estos resultados permiten pensar que probablemente las condiciones físico-químicas del agua han hecho que estos insectos desarrollen considerablemente la longitud de sus patas (alteración morfológica) a medida que aumenta su tamaño corporal, con el fin de lograr un mejor aprovechamiento del fenómeno de tensión superficial.

Discusión

La evolución hacia la forma óptima de los seres vivos es un postulado sine qua non en biología. Es por esto que los métodos morfométricos son una herramienta importante para determinar el papel que juegan los diferentes parámetros biofísicos en los fenómenos biológicos.

Una de las principales relaciones que los organismos deben mantener es la proporción entre la superficie de todas sus estructuras y el volumen que ocupan a medida que aumentan de tamaño de acuerdo a las condiciones del medio que habitan. La expresión de esta relación da una idea del por qué han tenido que desarrollar tamaños y formas específicas.

El tamaño del cuerpo no es un mero accidente (Thompson, D.W., 1980), y así como la fuerza de gravedad no sólo limita la magnitud sino que controla la forma de los organismos que habitan en la superficie de la tierra, la tensión superficial se convierte en una fuerza comparable que limita el crecimiento de la fauna superficial acuática.

En el caso de los insectos acuáticos que se estudiaron en el presente tra-

bajo, la proporción superficie/volumen se mantiene gracias al crecimiento desproporcionado de sus patas, tamaño que a su vez permite que haya una mayor fuerza de tensión superficial por parte del agua sobre ellas: Esta fuerza es proporcional a la longitud de sus patas y al coeficiente de tensión superficial del agua.

El coeficiente de correlación (r), es una medida del grado de asociación de las dos variables consideradas; se acerca a uno (1), indicándonos una perfecta asociación entre el peso corporal y la longitud de cada uno de los tres pares de patas a medida que *Charmatometra bakery* aumenta de tamaño:

0.95 para la relación entre peso corporal y longitud de patas medias.

0.98 para la relación entre peso corporal y longitud de patas posteriores.

0.99 para la relación entre peso corporal y longitud de patas anteriores.

La interpretación del comportamiento de la gráfica, se puede realizar bajo dos puntos de vista: Uno matemático y el otro biológico. La solución matemática muestra un crecimiento infinito del insecto, pero bajo la interpretación biológica se deduce que esto es imposible, ya que estos organismos parecen crecer según un patrón sigmoideal o logístico, en donde se distinguen tres fases: Una de crecimiento lento, una intermedia de crecimiento acelerado y por último una de estabilización, como empieza a insinuarse al final de las curvas que se muestran en la figura 1.

Durante las primeras etapas de crecimiento, parece que la relación superficie-volumen se ve favorecida, ya que existe poca variabilidad en la longitud de cada una de sus patas (desviación standar = 0.070, 0.20, 0.10 para las patas anteriores, medias y posteriores respectivamente) con relación a su peso corporal. En el momento en que los mecanismos de crecimiento se disparan, el tamaño aumenta rápidamente para alcanzar las formas y medidas óptimas, presentándose entonces una mayor variabilidad en la longitud de sus patas (desviación standard = 0.34, 0.84, 0.81 para las patas anteriores, medias y posteriores respectivamente).

Finalmente, cuando se estabiliza nuevamente existe poca variabilidad en la longitud de sus patas (desviación standard = 0.051, 0.040, 0.081 para las patas anteriores, medias y posteriores respectivamente), con relación al peso corporal.

Aunque la literatura no hace referencia a la relación entre el tamaño y la forma de los insectos ni a las condiciones físico-químicas del agua, este

factor resulta importante en el estudio de esta especie. Los resultados obtenidos para la tensión superficial indican una mayor fuerza de cohesión en el agua donde habita *Charmatometra bakery*, lo cual puede ser atribuido a la presencia de sustancias disueltas en ella y a la temperatura. En el primer caso, sustancias tales como los peróxidos y algunas otras estarían aumentando la fuerza de tensión superficial; en el segundo caso es claro que la temperatura y la tensión superficial varían inversamente.

En la colección de chinches de la Sección de Entomología de la Universidad del Valle, se encuentran especímenes pertenecientes a la misma familia, capturados en regiones con condiciones ambientales diferentes, presentando otro tipo de variaciones en la longitud de sus patas. Estas variaciones de tamaño se deben, como sugieren otros autores (Butler, 1984; Peckarsky, 1984) a la competencia intra e interespecífica por el alimento. Esta razón es quizás por la cual algunas especies han aumentado su tamaño para capturar presas de mayor envergadura. Esta hipótesis podría convertirse en un problema nuevo de investigación.

En general, los insectos que habitan en la superficie del agua han desarrollado entre otras adaptaciones morfológicas una gran cantidad de vellosidades en sus patas impregnadas con sustancias hidrófobas las cuales le permiten aprovechar mejor los efectos de la tensión superficial.

La longitud de las patas de la *Charmatometra bakery* la habilitan para moverse sobre el agua con eficiencia utilizando sus patas medias como remos, mientras que las posteriores las usa como un medio de estabilización.

Si contaminantes que disminuyen la tensión superficial son arrojados indiscriminadamente a ríos y lagos esta especie no podría sobrevivir. La desaparición de estos insectos en estas fuentes de agua de nuestra región puede ser una muestra de que existe, muy seguramente, un alto grado de contaminación por detergentes. Infortunadamente, aún para contaminaciones moderadas, las adaptaciones morfológicas, que conducirían a cambios drásticos en la forma y tamaño del insecto dependen de una escala de tiempo demasiado grande como para esperar adaptaciones evolutivas específicas de supervivencia a corto plazo.

Conclusiones

La *Charmatometra bakery*, ha desarrollado patas relativamente largas en proporción a su cuerpo, que le permiten desplazarse en la superficie.

A medida que la *Charmatometra bakery* aumenta de tamaño, la relación

superficie/volumen se ve favorecida por el aumento desproporcionado de la longitud de sus patas.

El valor de la tensión superficial del agua donde habita esta especie es grande, por lo tanto las condiciones físico-químicas y ambientales son factores que pueden limitar el crecimiento de este insecto.

Los contaminantes que disminuyen la tensión superficial del medio donde habita la *Charmatometra bakery* atentan contra su supervivencia.

Agradecimientos

A la doctora Martha Rojas de Hernández, por permitirnos consultar su biblioteca. Al doctor Jorge Angel Escobar de la Universidad Nacional de Palmira por su asesoría en el tratamiento estadístico. A la Sección de Procesos Industriales por permitir la utilización de instrumental necesario para llevar a cabo este trabajo. Al señor Alvaro Espinosa por facilitar nuestra estadía en su cabaña de Chicoral Alto.

Bibliografía

- Butler, M. G.** 1984. *Life Histories of Aquatic Insects. In: The Ecology of Aquatic Insects.* Eds. V. R. Resh and D. M. Rosenberg. Praeger Publishers. New York.
- Caballero, A. W.** 1975. *Introducción a la Estadística.* San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Daly, Howell V.** 1985 *Insect Morphometrics Annual Review of Entomology.* (EEUU). V. 30, p. 415-438.
- Hynes, H. B. N.** 1970. *The Ecology of Running Waters.* University of Liverpool Press. Liverpool. England.
- Nieser, N.** 1984. *The Ecology of Aquatic Insects.* Praeger Publishers. New York.
- Peckarsky, B. L.** 1984. *Predator-prey Interactions Among Aquatic Insects. In: The Ecology of Aquatic Insects.* Eds. V. R. Resh and D. M. Rosenberg. Praeger Publishers. New York.
- Pérez, G. y Roldán, G.** 1978. *Niveles de Contaminación por Detergentes y su Influencia en las Comunidades Bénticas del Río Rionegro.* Actualidades Biológicas, U. de Antioquia, 7(24), p.27.

Thompson, Darcy W. 1980. *Sobre la Magnitud. En Sigma: El Mundo de las Matemáticas.* Ed. James R. Newman, Ed. Grijalbo S. A. Barcelona, España.