

**VARIACIONES MORFOLÓGICAS EN LA CONCHA DEL GASTERÓPODO
Pyrgophorus platyrachis COMO POSIBLE RESPUESTA A FACTORES
FÍSICO-QUÍMICOS EN EL SISTEMA DE MARACAIBO, VENEZUELA**

**MORPHOLOGICAL VARIATIONS IN THE SHELL OF THE GASTROPOD
Pyrgophorus platyrachis AS A POSSIBLE RESPONSE TO
PHYSICAL-CHEMICAL FACTORS IN THE MARACAIBO SYSTEM, VENEZUELA**

Mario Lester Nava Ferrer y Héctor José Severeyn Valbuena

*Laboratorio de Sistemática de Invertebrados Acuáticos, Departamento de Biología,
Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia,
Apartado postal 4011, Maracaibo, Venezuela.*

E-mail: mariolesternava@yahoo.com, hectorsevereyn@yahoo.com, fax 58 261 7597761

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar la relación entre la variación morfológica en la concha de *Pyrgophorus platyrachis* y variables ambientales del Sistema de Maracaibo se realizaron muestreos en tres localidades principales (Laguna Las Peonías, costa de Curarire y costa de Ciudad Ojeda), y tres adicionales (Ciudad Ojeda 20 mts de profundidad, Río Apón y Gran Eneal), donde se tomaron 10 animales de cada sexo por triplicado por cada localidad, y se midió morfométricamente la concha. En cada localidad principal se midió la temperatura, oxígeno disuelto, pH, granulometría, materia orgánica, dureza cálcica y total del agua, y la fuerza de la corriente, mientras que en las estaciones adicionales se contó con data previa de algunos parámetros. Se observaron similares morfologías de las conchas entre las estaciones adicionales y Las Peonías, mientras que éstas a su vez difieren de Curarire y Ciudad Ojeda; los factores que mostraron una potencial influencia en la variación morfológica de *P. platyrachis* son la fuerza de la corriente y la materia orgánica; a mayor fuerza de corriente aumentaron los organismos espinosos y la relación largo/ancho, mientras que a mayor cantidad de materia orgánica se encontraron mayores valores de largo, ancho, largo de boca y ancho de boca.

Palabras clave: fisicoquímica, morfometría, polimorfismo, *Pyrgophorus platyrachis*, Sistema de Maracaibo

ABSTRACT

With the purpose to study the relationship between morphologic variation in the shell of *Pyrgophorus platyrachis* and environmental physical-chemicals factors, three principal localities (Peonías Lagoon, El Curarire coast and Ciudad Ojeda coast), and three additional localities (Ciudad Ojeda 20 mts of depth, Apón River and Gran Eneal) were sampled in the Maracaibo System; 10 snails of each sex were taken, in tree sampling points per every locality. Morphometric measurements of the shell were taken, and at every principal locality were measured temperature, dissolved oxygen, pH, grain size, organic matter, calcium and total hardness of the water, and force of water flow, while in the additional localities be work with previously data of some parameters. Exist similarity among shell morphology of the additional localities and Las Peonías, while these were different from Curarire and Ciudad Ojeda; the factors that showed a potential influence in morphological variation in *P. platyrachis* were the force of water flow and the organic matter content. As the flow force increased, the percent of spiny individuals and length/width ratio increased. As the organic matter content rises the values of the length, width, aperture length and aperture width also increased.

Key words: Maracaibo System, morphometric, physical-chemical, polymorphism, *Pyrgophorus platyrachis*

INTRODUCCIÓN

Actualmente el estudio de los mecanismos que podrían explicar las variaciones morfológicas a nivel de la concha de gasterópodos se han intensificado (Baker 2005, Via 2002, Smith *et al.* 2001, Mallet 2001), por lo cual se está dando interés especial a entender el por qué de estos cambios tanto a nivel genético, como geográfico y ecológico. Al hablar de polimorfismo nos referimos a las múltiples formas que pueden presentarse en la concha de gasterópodos, diferenciando esto de polimorfismo genético, el cual describe la multiplicidad de alelos de un gen en específico dentro de una población, que por lo general expresan fenotipos distintos (Freeman y Herron 2002).

La concha es la base fundamental para establecer la caracterización taxonómica de los gasterópodos, (Warmke y Abbott 1975, Abbott 1985), sin embargo, en muchas especies existe un claro polimorfismo a nivel de sus conchas. El polimorfismo en gasterópodos es evidente a lo largo de las 35000 especies vivientes descritas y 15000 formas fósiles (Barnes 1989), y éste resalta más, y es mucho más obvio al tratarse con un enfoque interespecífico. El polimorfismo en una misma población, dificulta su identificación (Thompson 2004), existiendo casos de especies en las cuales se han descrito numerosas formas como especies válidas, cuando estas formas distintas eran sólo variaciones de origen genético o ambiental (Pérez y López 2003).

Las observaciones de la plasticidad del fenotipo no son nuevas, así como las investigaciones acerca de cambios en la concha de gasterópodos (Vaughan y Eichorst 2006). Los trabajos de Trussel (1997, 2000), López y Gómez (1999), Dewitt (1998) y Dewitt *et al.* (2000), Giraldo *et al.* (2002), Yuh-Wen Chiu *et al.* (2002), Haase (2003), y Hoverman y Relyea (2007) son evidencia de cómo el ambiente es el principal estímulo de variación a nivel de la concha de gasterópodos, tanto de agua dulce como marinos; siendo dichos estímulos de naturaleza físico-química o por presencia de algún depredador en particular.

La taxonomía está enfrentando desde hace algún tiempo el problema de la designación de muchas especies las cuales pueden ser sinónimos de una misma (Pérez y López 2003), esto debido a la variabilidad genética y plasticidad

fenotípica que hacen que la identificación sea complicada en determinados grupos, mucho más cuando la especie se encuentra en localidades geográficamente distantes y bajo el estudio de diferentes investigadores.

Los gasterópodos son un grupo de organismos que presentan típicamente problemas de variabilidad genética o plasticidad fenotípica; aun cuando se han detectado polimorfismos en algunas especies (Pérez y López 2003, Baker 2005), continúan interrogantes como, ¿Por qué ocurre este tipo de fenómenos?, ¿Cuáles son los factores que influyen en estos cambios morfológicos?

Thompson (2004), plantea que los organismos pertenecientes a la familia Hydrobiidae muestran una gran variedad de formas, en donde conchas idénticas pueden ser de Géneros no relacionados o Subfamilias donde la evolución se ha enfocado principalmente en especializaciones del sistema reproductivo y trófico. Las características más importantes para el diagnóstico e identificación de Subfamilia, Género y Especie, se han concentrado en el sistema reproductivo femenino, el órgano reproductor masculino (pene) y en modificaciones de la rádula, pasando así la concha a ser una característica secundaria para la identificación taxonómica. En este sentido, destaca que *Pyrgophorus platyrachis* puede presentar variación a nivel de la concha la cual puede exhibir o carecer de escultura consistente de estrías y espinas, siendo el carácter fundamental para la identificación de la especie, el pene de los individuos machos.

Dentro del Sistema de Maracaibo el polimorfismo de *P. platyrachis* se hace muy evidente, encontrándose zonas con poblaciones donde predomina evidentemente un morfotipo con respecto a otro (Nava *et al.* 2011). Es por ello que surge la necesidad de conocer los procesos que actúan sobre el patrón de polimorfismo observado en el gasterópodo *P. platyrachis* en el Sistema de Maracaibo. Igualmente es importante destacar, que el conocimiento de este tipo de procesos podría permitir el establecimiento de planes de conservación con el fin de proteger determinado morfotipo de la especie, al proteger el ambiente que le rodea. Este trabajo intenta reunir información que explique el origen de las variaciones morfológicas del gasterópodo *Pyrgophorus platyrachis* y si éstas son o no una respuesta a factores ambientales de naturaleza física y química.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este trabajo se realizó en tres localidades (estaciones principales) del Sistema de Maracaibo: La Laguna de Las Peonías, La Costa de Ciudad Ojeda y la Costa de El Curarire, seleccionadas debido a que presentan abundantes poblaciones del gasterópodo *Pyrgophorus platyrachis*. Se incluyeron tres estaciones adicionales: Gran Eneal, Ciudad Ojeda (20 mts profundidad), y la desembocadura del Río Apón (figura 1); ya que se cuenta con data morfológica del gasterópodo y algunos datos físico-químicos. La cantidad de muestras de estas estaciones es inferior a la de las tres estaciones principales.

Laguna Las Peonías

Se encuentra ubicada, en la denominada Área Protectora Metropolitana de Maracaibo (10° 44' 21,9'' N y 71° 39' 00,1'' W) y se caracteriza por presentar un clima seco, cálido y semiárido; sus sedimentos son de naturaleza fangosa presentando alto contenido de sales y un gran porcentaje de materia orgánica, desechos y algas (González *et al.* 2007, Pernalet *et al.* 1979).

Ciudad Ojeda

Se encuentra ubicada en la Costa Oriental del Sistema de Maracaibo (10° 10' 58'' N y 71° 24' 2'' W). La costa se encuentra alternada por puertos petroleros, áreas urbanas y costas naturales en donde se encuentran pequeños bosques de manglar, su profundidad no es superior a los 3 mts a una distancia promedio de 100 mts desde la costa.

El Curarire

Se encuentra en la Costa Centro Occidental del Sistema (10° 11' 45,7'' N y 71° 51' 19,1'' W), esta caracterizada por ser una zona pesquera de sedimento suave.

Estaciones Adicionales

Gran Eneal

Es una laguna costera ubicada al norte del Sistema de Maracaibo (11° 10' 34,4'' N y 71° 55' 20,8'' W), y perteneciente a la cuenca del Río Limón. Esta caracterizada por presentar una gran extensión de bosque de manglar y estar conectada hidrológicamente con el Golfo de Venezuela (Medina y Barboza 2006).

Ciudad Ojeda (20 mts profundidad)

Ubicada a nivel de Ciudad Ojeda, sólo que mucho mas alejado de la costa (10° 6' 23'' N y 71° 24' 2'' W), cercana a pozos petroleros. La zona de procedencia de las muestras adicionales se caracteriza y diferencia de las otras estaciones principalmente por presentar una profundidad de 20 mts. De ahora en adelante, esta estación se denominará C. Ojeda 20 mts. Los datos físico-químicos de esta estación se tomaron en Diciembre del 2008.

Desembocadura del Río Apón

Ubicada en la zona Centro-Occidental del sistema (9° 50' 3'' N y 72° 6' 40'' W), está caracterizada por presentar aguas moderadamente turbias, y fuertemente influenciadas por actividades agrícolas (Medina y Barboza 2006). Cuenta con la presencia de macrófitas acuáticas como *Pistia stratiotes* (Lechuga de agua) y *Eichhornia crassipes* (Bora). Los datos físico-químicos de esta estación se obtuvieron en Noviembre del 2009.

En cada una de las estaciones principales se realizaron cuatro muestreos, en un período comprendido entre Mayo y Octubre del año 2009; mientras que la data de las estaciones adicionales fue obtenida anteriormente (a partir del año 2008) e incluso durante el periodo de estudio.

Variables Físicoquímicas

En cada localidad se tomaron y midieron en tres puntos aproximadamente equidistantes de 10 a 15 mts de distancia entre ellos, valores de oxígeno disuelto, salinidad, y temperatura (Sonda multiparamétrica Horiba U-10), pH (pHmetro Orion 3 Star Thermo Scientific), muestras de sedimento para determinar en el laboratorio materia orgánica particulada (mufla 47900 Thermolyne) por el método de ignición y pérdida de peso, y granulometría (Granulómetro Octagon digital) por el método de tamizado (APHA *et al.* 1992). En este último parámetro solo se tomó en cuenta para los análisis la proporción de sedimento que atravesó el tamiz de 150µm, la cual representa las fracciones de arena muy fina, limo y arcilla en conjunto; adicionalmente se tomaron muestras de agua para determinar calcio, dureza cálcica y total por el método potenciométrico (APHA *et al.* 1992). También se estimó la fuerza de la corriente por medio de un transportador al cual se le colocó un peso amarrado con una cuerda de

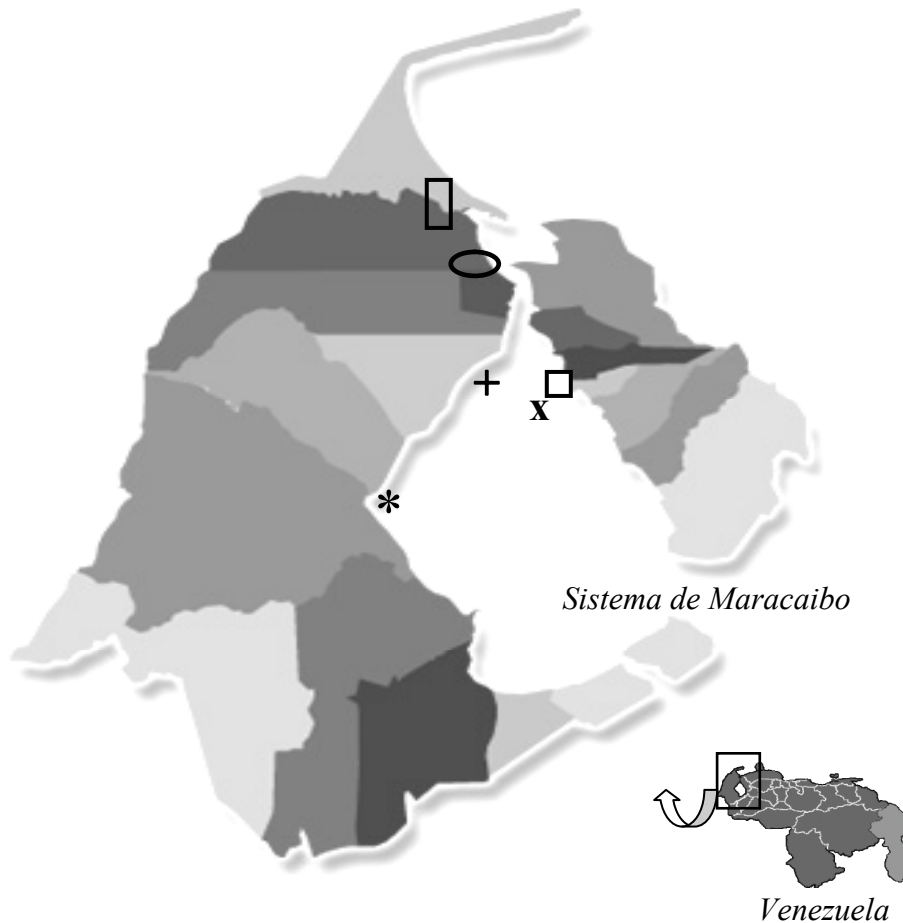


Figura 1. Sistema de Maracaibo y localidades estudiadas: Ovalo= Laguna las Peonías; Cruz= Curarire; Cuadrado= C. Ojeda; Estrella= Río Apón; Equis (X)= C. Ojeda 20 mts de profundidad; Rectángulo= Gran Eneal.

nylon, basado en el principio de que donde exista más fuerza de corriente, ésta empujará el peso a mayor ángulo, y por ende la unidad cuantitativa que se utilizó para esto son los grados ($^{\circ}$), a los cuales fue capaz de mover la corriente el peso colocado en el transportador en cada una de las localidades (figura 2), donde se tomó el valor más alto alcanzado en un periodo de 1 minuto para cada punto de muestreo.

Variación morfológica en conchas de *P. platyrachis*

Se tomó un total de 10 individuos machos y 10 hembras de *P. platyrachis*, cuando se pudo llegar a ese número de muestras, en tres puntos de muestreo y por cada localidad principal, para un total de 709 especímenes, donde 240 proceden

de Ciudad Ojeda, 240 de Curarire y 229 de Las Peonías; una vez en el laboratorio los caracoles se fijaron en formalina al 10% por 24 horas, después se colocaron en una solución de alcohol etílico al 70%. Finalmente se procedió a tomar imágenes fotográficas de las conchas, con un papel milimetrado de fondo a través de la lupa; una vez obtenidas las fotografías se procesaron las mismas con ayuda del programa ImageJ 1.41 para Windows para obtener el largo de la concha (LC), ancho máximo de la concha (AC), relación largo y ancho (L/A), ancho de la boca (AB) y largo de la boca (LB), siguiendo en parte la metodología de Haase (2003). Adicional a esto se determinó la presencia o ausencia de escultura; para calificar ésta se utilizaron dos etiquetas numéricas, en donde 0 y 1 representarán la ausencia y presencia

de escultura respectivamente, y así distinguir entre los morfotipos que pueden encontrarse (figura 3). Se realizó una caracterización cualitativa del animal, para cada localidad, en donde se tomó en cuenta el color del periostraco y características del pene (machos), esto con la finalidad de determinar a ciencia cierta que se trata de organismos de la misma especie (Thompson 2004).

Para observar mejor los patrones morfológicos y su relación con las variables físicas y químicas se utilizaron datos morfológicos de ejemplares de *P. platyrachis* encontrados en estaciones adicionales dentro del Sistema de Maracaibo, como Gran Eneal (asociados a descomposición de hojarasca), Ciudad Ojeda a 20 mts de profundidad, y desembocadura del Río Apón (asociados a la macrófita *Pistia stratiotes*). El número de muestras biológicas es equivalente a un muestreo por cada estación principal (n= 60 Inds) y no se analizaron discriminando sexos, es decir, se observaron en forma general. Para algunas estaciones se contó con algunos datos ambientales previos como salinidad, pH, oxígeno disuelto, fuerza de corriente y calcio, estos datos presentan un tiempo de obtención no anterior al año 2008, y provienen de campañas de muestreo particulares donde participó personal perteneciente al Laboratorio de Sistemática de Invertebrados Acuáticos de la Universidad del Zulia.

Adicionalmente se determinó la relación CaCO_3 /tejido de los ejemplares de *P. platyrachis* de cada estación siguiendo la metodología de Hunter y Lull (1977), aun vigente (Brodersen y Madsen 2003). Para esto se tomaron 5 ejemplares hembras y 5 machos, de tamaños similares entre ellos y previamente despojados de impurezas (en algunos casos petróleo) y organismos adheridos a ellos; se colocaron en crisoles de porcelana para secarlos entre 120 y 150 °C por 24 horas (peso seco total), luego se colocaron en la mufla a 500 °C de 50 a 60 minutos. La ceniza total se asumió totalmente como CaCO_3 , y la diferencia de valor entre la ceniza y el peso seco total representó el tejido (materia orgánica). Los valores de la relación CaCO_3 /tejido se expresaron como mg de CaCO_3 por mg de tejido.

Análisis Estadístico

Al observar que los datos no se ajustan a una distribución normal se realizaron pruebas no paramétricas. Se aplicó análisis de varianza de Kruskal-Wallis con el programa Statgraphics

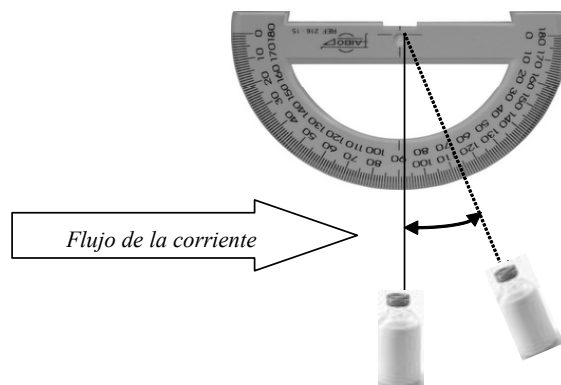


Figura 2. Aparato usado para estimar la fuerza de la corriente, y su principio de uso.

Centurion XV 15.2.06, para observar si existían diferencias significativas entre el tamaño (largo) de machos y hembras, al igual que las variables morfológicas de los especímenes en general, así como para las variables físico-químicas y la relación CaCO_3 /tejido entre las localidades estudiadas.

Se realizó un escalamiento multidimensional no métrico (MDS en sus siglas en inglés) utilizando una matriz de similitud de Bray-Curtis con el programa Past 1.95 (Hammer *et al.* 2001), para observar agrupaciones entre los datos, tanto físicoquímicos como morfológicos entre las estaciones estudiadas; adicionalmente se realizó una correlación de Spearman (solo con los datos obtenidos en las estaciones principales) para observar asociaciones entre las variables físicoquímicas y morfológicas con el programa Statgraphics Centurion XV 15.2.06.

RESULTADOS

Variables Físicoquímicas

En la tabla 1 pueden observarse los valores de cada variable físicoquímica por mes y estación, en donde destacan valores altos para estaciones en específico y durante todo el período de estudio, lo cual indica que es una característica constante y particular para cada una de estas. Los valores promedio más altos de temperatura, oxígeno y pH se observaron en Curarire, los mas altos para salinidad, calcio, durezas y materia orgánica se obtuvieron en las Peonías, mientras que en Ciudad Ojeda se encontraron los valores mas elevados para la fuerza de la corriente y granulometría. En líneas generales todas las variables estudiadas mostraron diferencias

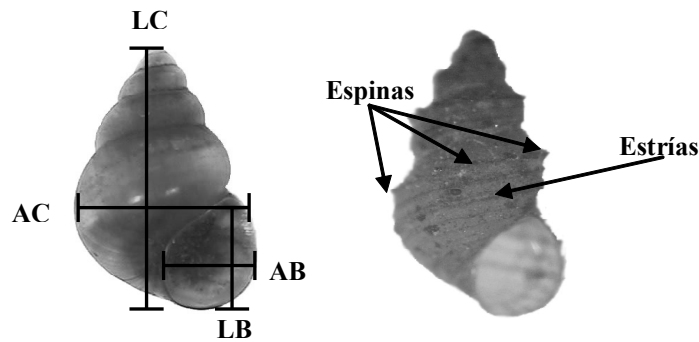


Figura 3. Medidas tomadas en las conchas; largo de la concha (LC), ancho de la concha (AC), largo de la boca (LB), ancho de la boca (AB) y presencia de escultura espinosa o estriada en la concha (Espinass - Estrías).

estadísticamente significativas (Kruskal-Wallis) a un nivel del 95% de confianza entre las estaciones estudiadas.

Las variables que más diferencian las estaciones son la salinidad, el calcio, dureza cálcica y total, la fuerza de la corriente, la granulometría y la materia orgánica. Básicamente los valores obtenidos en estos parámetros distinguen notablemente la laguna de las Peonías con respecto a Curarire y a Ciudad Ojeda, siendo estas últimas más similares entre ellas desde el punto de vista fisicoquímico. Solo los valores de oxígeno y pH difieren a Curarire de Ciudad Ojeda, donde esta última mostró valores más bajos en estos parámetros (tabla 1). Los valores obtenidos para algunos parámetros fisicoquímicos en las estaciones adicionales estudiadas se muestran en la tabla 2.

Los valores de temperatura para Ciudad Ojeda a 20 mts de profundidad son ligeramente más bajos que las estaciones principales, incluso que para el Río Apón, sin embargo es el pH el valor que más llama la atención en estas 2 estaciones adicionales ya que es más bajo que en las estaciones principales. Sin embargo son las semejanzas entre las estaciones y no las diferencias las que confieren indicios interesantes, el MDS realizado a las variables fisicoquímicas (figura 4) y solo a las estaciones principales, muestra una similitud entre Ciudad Ojeda y Curarire, siendo estas a su vez diferentes de las Peonías.

Variabilidad Morfológica de *Pyrgophorus platyrachis*

Curarire

Los ejemplares de esta estación presentaron

periostraco marrón, de 5 a 5½ vueltas, escultura consistente de estrías en cada vuelta y espinass en la última estría de las dos últimas vueltas principalmente. El pene se caracterizó por presentar de 3-4 papilas en el lado externo (derecho) y una proyección con 2 lóbulos en la zona distal del lado interno (izquierdo); presentaron una pequeña pigmentación oscura en el extremo.

Ciudad Ojeda

Conchas de periostraco marrón, con 5 a 5½ vueltas, escultura estriada–espinosa, estas últimas comúnmente más prominentes en comparación a los ejemplares de Curarire. Pene con 3-4 papilas en el lado externo y proyección con 2-3 lóbulos en el lado interno, al igual que los ejemplares de Curarire presenta una pigmentación oscura en su extremo.

Peonías

Conchas de periostraco marrón claro a verde oliváceo, con 5 a 5½ vueltas, escultura principalmente lisa, sin embargo algunos ejemplares mostraron escultura espinosa o una pequeña estría, no presentaron estrías adicionales. Pene con 4-6 papilas en el lado externo, con una proyección con 2-3 lóbulos en el lado interno, al igual que los ejemplares de Curarire y Ciudad Ojeda el pene presentó una pigmentación oscura en su extremo.

Ciudad Ojeda 20 metros de Profundidad

Conchas consistentes de periostraco marrón, con 5 a 5½ vueltas aunque un individuo presentó 6. Escultura lisa, con algunos ejemplares espinosos sin estrías. No se realizó observación del pene a estos ejemplares.

Tabla 1a. Promedio por mes y estación de temperatura, salinidad, oxígeno, pH y fuerza de la corriente. En negrillas valores promedio máximos de una variable para todo el estudio.

Estación	Mes	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	Oxígeno (mg/L)	pH	Fuerza de la corriente (°)
Curarire	1	32,00	3,00	7,05	9,15	5,00
	2	32,00	3,00	8,43	9,32	9,33
	3	33,20	2,70	7,64	9,28	10,33
	4	31,87	2,70	6,81	9,23	13,00
Promedio		32,27	2,85	7,48	9,25	9,42
Peonías	1	31,00	8,33	8,83	8,76	3,33
	2	29,30	6,00	5,34	9,49	2,67
	3	31,27	7,13	6,98	9,17	2,33
	4	29,43	6,27	4,50	9,19	0,67
Promedio		30,25	6,93	6,41	9,15	2,25
C. Ojeda	1	31,00	2,00	0,83	7,23	13,00
	2	32,60	2,00	6,68	9,16	30,67
	3	31,37	2,40	5,36	8,85	6,00
	4	31,20	2,37	5,42	8,74	31,67
Promedio		31,54	2,19	4,57	8,49	20,33
Kruskal-Wallis	$\rho=$	0,00001	0,0000001	0,0014	0,001	0,00005

Tabla 1b. Promedio por mes y estación para el calcio, dureza cálcica, dureza total, materia orgánica y granulometría (fracción menor a 150 μm). En negrillas valores promedio máximos de una variable para todo el estudio.

Estación	Mes	Calcio (mg/lit)	Dureza cálcica (mg/lit)	Dureza total (mg/lit)	Materia Orgánica (%)	Granulometría (%)
Curarire	1	57,77	144,33	755,33	2,53	79,89
	2	33,30	83,30	383,30	4,42	81,70
	3	53,33	133,00	608,33	2,63	83,90
	4	36,67	91,67	516,67	3,07	80,17
Promedio		45,27	113,08	565,91	3,16	81,42
Peonías	1	196,67	491,67	2091,67	6,32	36,14
	2	193,33	483,33	1625,00	8,17	33,16
	3	166,67	416,67	1725,00	13,55	48,80
	4	206,67	516,67	1425,00	10,06	40,98
Promedio		190,83	477,08	1716,67	9,53	39,77
C. Ojeda	1	40,00	100,00	533,30	1,90	79,97
	2	43,33	108,33	566,67	0,98	84,63
	3	43,33	108,33	566,67	3,44	80,47
	4	33,33	87,67	441,67	2,48	84,43
Promedio		40,00	101,08	527,08	2,20	82,38
Kruskal-Wallis	$\rho=$	0,000004	0,000005	0,000006	0,00024	0,000006

VARIACIONES MORFOLÓGICAS DE *P. platyrachis* EN EL SISTEMA DE MARACAIBO

Tabla 2. Valores de variables físico-químicas en 2 estaciones adicionales, por cada punto de muestreo.

Localidad	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	Oxígeno (mg/L)	pH	Fuerza de la corriente (°)	Calcio (mg/lt)
Ciudad Ojeda 20mts	29,79	2,9	3,87	7,21	-	-
	29,75	3,4	2,93	7,03	-	-
	29,65	3,5	3,58	7,1	-	-
Promedio	29,73	3,27	3,46	7,11	-	-
Río Apón	31,1	1,2	3,92	6,87	4	40
	30,9	1	3,9	7,2	11	60
	31,1	1,6	4,2	7,31	14	50
Promedio	31,03	1,27	4,01	7,13	9,67	50

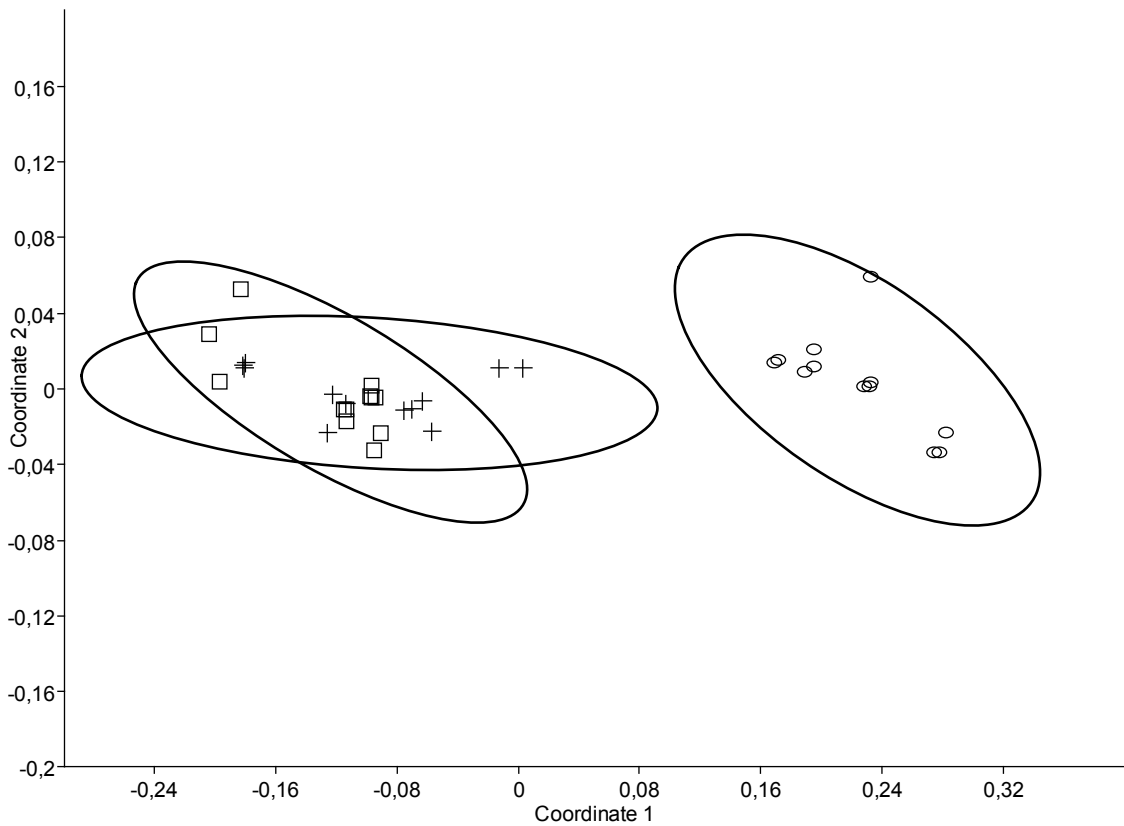


Figura 4. MDS no métrico de variables físicoquímicas. Cuadrado= Ciudad Ojeda; Cruz= Curarire; y Ovalo= Peonías. Stress = 0,0269.

Río Apón

Ejemplares de concha color marrón a marrón claro, con 5 a 5½ vueltas, escultura lisa casi en la totalidad de los individuos, solo uno mostró escultura espinosa acompañada de unas estrías poco perceptibles. Pene con 5 papilas hacia el margen externo y 3 hacia el interno en 2 especímenes observados.

Gran Eneal

Conchas color marrón claro a verde oliváceo, con 5 a 5½ vueltas, de escultura lisa mayormente, aunque se encuentran organismos espinosos sin estrías adicionales; algunos ejemplares con espinas prominentes, otros con gran tamaño hasta más de 4 mm de largo. Pene con 6 papilas en el margen externo y 2 hacia el interno, en un individuo observado.

Morfometría de *Pyrgophorus platyrachis*

Para las estaciones Ciudad Ojeda y Peonías se encontró que los individuos hembra presentaron mayor tamaño (largo) que los machos con

diferencias significativas (Kruskal-Wallis $p < 0,05$), mientras que en Curarire ocurrió lo contrario, los machos fueron ligeramente de mayor tamaño que las hembras (tabla 3) aunque no se encontraron diferencias significativas entre estos (Kruskal-Wallis $p > 0,05$). De los 60 individuos más largos de todo el estudio el 73,64 % esta representado por hembras, mientras que el 26,66 % restante son individuos machos.

Se encontraron diferencias apreciables entre cada una de las medidas morfométricas de *P. platyrachis* entre las estaciones estudiadas. En promedio, los ejemplares de las Peonías presentaron mayor valor en las variables largo de concha, ancho de concha, largo de boca y ancho de boca; mientras que los individuos de Curarire y Ciudad Ojeda presentaron mayores valores promedio de la relación largo/ancho (tabla 4). Las Peonías y las estaciones adicionales presentaron porcentajes de individuos espinosos bajos, mientras que Curarire y Ciudad Ojeda presentaron 100 % de ejemplares espinosos durante todo el estudio.

Tabla 3. Promedio de variables morfométricas de *P. platyrachis* por sexo y estación para todo el periodo de estudio. H= hembra, M= macho. En negrillas mayor valor de una variable para cada estación.

Estación	Curarire		Ciudad Ojeda		Peonías	
	H	M	H	M	H	M
SEXO						
Largo (mm)	2,49	2,52	2,53	2,32	2,83	2,60
Ancho (mm)	1,35	1,30	1,41	1,27	1,67	1,52
Largo boca (mm)	0,84	0,82	0,87	0,80	1,03	0,97
Ancho boca (mm)	0,70	0,69	0,72	0,67	0,87	0,81
L/A	1,84	1,93	1,79	1,82	1,69	1,71
% Espinosos	100	100	100	100	6,83	5,93
Kruskal- Wallis*	p= 0,994		p= 0,000		p= 0,000	

* Las diferencias se basan en el largo de las conchas de ambos sexos.

Tabla 4. Promedio de variables morfométricas de *P. platyrachis* por estación para todo el periodo de estudio.

Variable	Curarire	Ciudad Ojeda	Peonías	*C. Ojeda 20 mts	*Río Apón	*Gran Eneal
Largo (mm)	2,51	2,43	2,72	2,66	2,57	2,93
Ancho (mm)	1,33	1,34	1,59	1,41	1,51	1,65
Largo boca (mm)	0,83	0,83	1,00	0,83	0,94	1,06
Ancho boca (mm)	0,69	0,70	0,84	0,73	0,80	0,86
L/A	1,88	1,81	1,70	1,89	1,69	1,78
% Espinosos	100	100	6,55	10	1,66	31,15

* Estaciones adicionales.

Desde el punto de vista espacio-temporal se puede decir en líneas generales que las variables morfométricas se comportaron con el mismo patrón promedio del estudio, es decir, para largo, ancho, largo de boca y ancho de boca las Peonías presentó mayores valores que Curarire y ésta a su vez, más que Ciudad Ojeda (figura 5). El análisis de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medidas morfológicas estudiadas, diferenciando a las Peonías de Curarire y Ciudad Ojeda.

El análisis MDS (figura 6) muestra una clara separación morfológica de los ejemplares de *P. platyrachis* según la estación de procedencia, siendo Las Peonías diferente a Curarire y Ciudad Ojeda. También puede notarse como los datos morfológicos de los ejemplares obtenidos en las estaciones adicionales se aproximan más a los datos de los ejemplares de Las Peonías, lo que indica que son más semejantes entre sí, pero diferentes de los ejemplares encontrados en Ciudad Ojeda y Curarire.

La relación CaCO_3 /tejido no presentó diferencias significativas entre las estaciones (Kruskal-Wallis, $p=0,359$), presentando ámbitos comprendidos entre 5,45 y 28,63 mg de CaCO_3 por mg de tejido para Curarire; entre 4,80 y 16,91 para Ciudad Ojeda; y entre 4,66 y 16 en las Peonías (tabla 5). Se destaca que las muestras de Ciudad Ojeda y Curarire presentaron pequeñas cantidades de petróleo adherido a sus conchas, lo que podría explicar los valores aberrantes (Outliers) encontrados en estas estaciones, por lo que es importante destacar que estas muestras pueden de alguna manera afectar el análisis, aunque de ser así no fue de manera significativa, en vista de los resultados estadísticos.

La correlación de Spearman (tabla 6) mostró relaciones significativas entre la mayoría de las variables fisicoquímicas y morfológicas, con excepción del pH y el oxígeno las cuales no mostraron correlación alguna con ninguno de los parámetros estudiados. Solo la fuerza de la corriente y la granulometría, estuvieron correlacionadas con todas las variables morfológicas.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que el patrón morfológico observado en *P. platyrachis* en las distintas localidades estudiadas del Sistema de Maracaibo posiblemente se deba a diferencias ambientales

entre las mismas. Aún cuando las variaciones morfológicas podrían ser explicadas igualmente por diferencias genéticas, la constancia de dichas morfologías en cada estación podría indicar un marcado proceso de selección natural (Vía 2002), o una fuerte influencia de algunas variables fisicoquímicas que producen una respuesta directa en el fenotipo del animal; en ambos casos el ambiente es la principal influencia que genera las variaciones encontradas en el gasterópodo.

Las diferencias biométricas detectadas a nivel de sexo confirman lo afirmado por Thompson (2004), donde las hembras presentan mayor tamaño que los machos; aun cuando esto no se observó en la estación Curarire. En general el largo, ancho, largo de boca y ancho de boca de los animales de Las Peonías y las estaciones adicionales fueron mayores que en Curarire y Ciudad Ojeda. Esta diferencia significativa a nivel espacial, es similar que la encontrada por Haase (2003) en *Potamopyrgus antipodarum* a lo largo de dos ríos de Nueva Zelanda, donde encontró un incremento de las tallas a medida que se avanzaba río abajo.

Los cambios morfológicos encontrados en los organismos tanto de las estaciones principales como de las adicionales, parecen estar relacionados con las variaciones espaciales de algunos factores fisicoquímicos. La morfología externa de los diferentes especímenes de las estaciones tanto principales como adicionales se puede observar en la figura 7. Desde el punto de vista cualitativo pueden observarse características poco o nada cuantificables, como por ejemplo la diferencia de individuos con escultura de Las Peonías, Ciudad Ojeda a 20 mts de profundidad, Río Apón y Gran Eneal con respecto a la escultura de los ejemplares de Curarire y Ciudad Ojeda.

En cuanto a las variables ambientales, se observó que la temperatura muestra una correlación inversa significativa con el ancho de la concha, el largo de la boca y el ancho de la boca, mientras que una correlación directa significativa con la relación largo/ancho y el porcentaje de individuos espinosos. Haase (2003) también encontró correlaciones similares en uno de los dos ríos que estudió, sin embargo también encontró correlaciones directas en el segundo río que contradicen a las inversas que encontró en el primero; por lo que sugiere que el efecto de la temperatura sobre el crecimiento del animal debería probarse a nivel de laboratorio.

La salinidad mostró correlaciones significativas tanto directas como inversas, sin embargo es muy

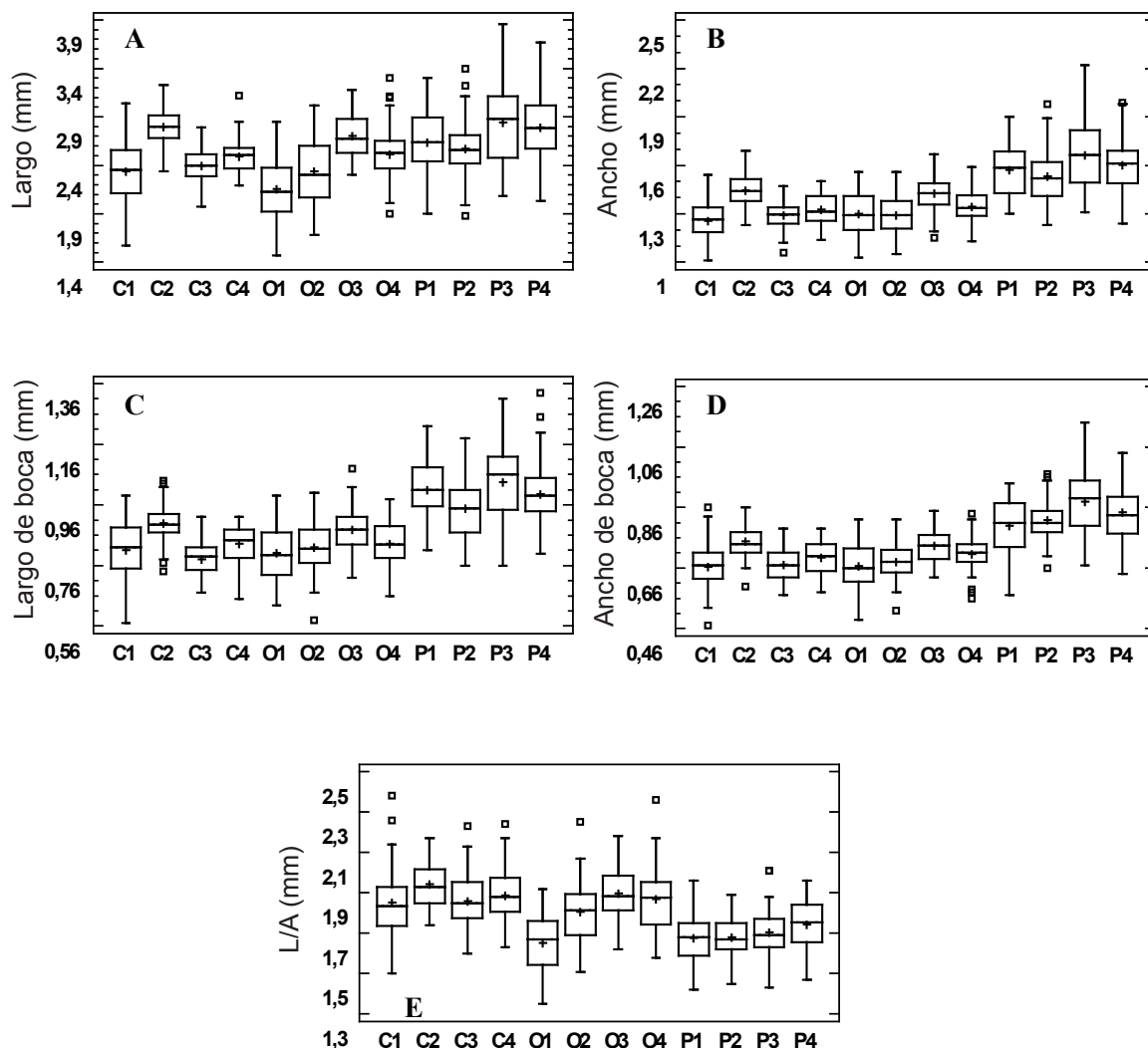


Figura 5. Valores de Largo (A), Ancho (B), Largo de boca (C), Ancho de boca (D) y Relación L/A (E) de la concha de *P. platyrachis* por estación y mes de muestreo. C= Curarire, P= Peonías, O= Ciudad Ojeda; cada número del eje X representa el mes de muestreo.

probable que estos resultados muestren un falso positivo, en vista de que el análisis de Spearman se realizó solo con los datos de las estaciones Principales (Las Peonías, Curarire y Ciudad Ojeda), por lo que la diferencia de ambientes a nivel de esta variable es marcada al tratarse de un sistema estuarino como el Sistema de Maracaibo (Rodríguez 2000).

La laguna de Las Peonías esta mucho más cercana al Golfo de Venezuela y su aporte salino depende de las aguas del Estrecho del Sistema, en comparación a Curarire y Ciudad Ojeda mucho más al sur, donde la salinidad es menor y más influenciada por el aporte de algunos ríos

cercanos. Estas diferencias explican la correlación encontrada, sin embargo el hecho de no incluir los valores de salinidad encontrados en las estaciones adicionales, por no contar con data suficiente, hace que esta correlación sea significativa, pero los valores de salinidad de Ciudad Ojeda a 20 mts de profundidad y Río Apón son relativamente bajos y más similares a los de Curarire y Ciudad Ojeda en la costa; aun cuando las características morfológicas de los ejemplares de estas dos estaciones adicionales son mas similares a los de las Peonías como lo mostró el análisis MDS. Esto es más notable a nivel del porcentaje de individuos espinosos donde aun cuando existe una correlación

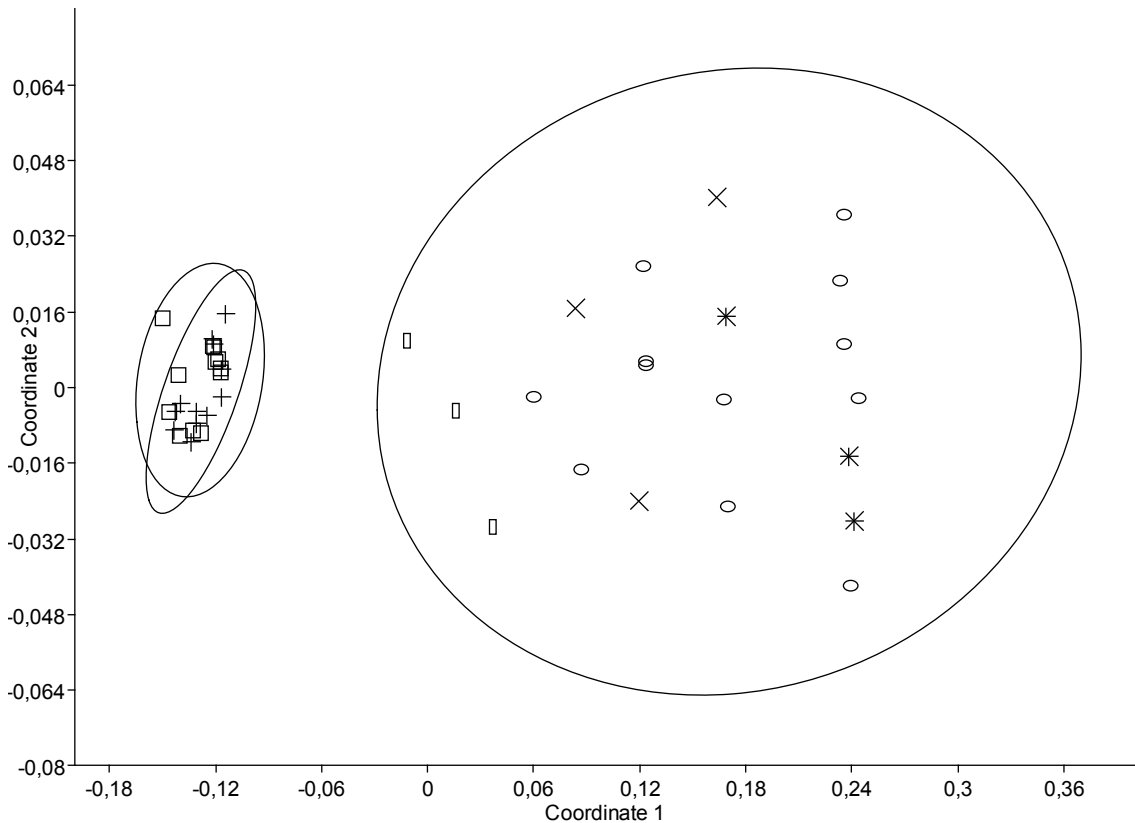


Figura 6. MDS no métrico de datos morfológicos promediados incluyendo estaciones adicionales. Ovalo= Peonías; Cruz= Curarire; Cuadrado= C. Ojeda; Estrella= Río Apón; Equis (X)= C. Ojeda 20 mts de profundidad; Rectángulo = Gran Eneal. Stress= 0,0659.

inversa significativa con respecto a la salinidad, no se corresponde con los indicios mostrados en Ciudad Ojeda a 20 mts de profundidad y Río Apón en contraste a Curarire y Ciudad Ojeda, donde las salinidades son similarmente bajas y las morfologías cambian notablemente, no solo a nivel de escultura sino también de las medidas estudiadas. Esto coincide a lo obtenido por Miller *et al.* (1998), quienes confirmaron en un estudio paleolimnológico la existencia de los morfotipos espinosos y lisos de *Pyrgophorus hibbardi* en igualdad de condiciones de salinidad, debido a que anteriormente se especulaba que estos morfotipos correspondían a ambientes distintos desde el punto de vista salino.

El oxígeno disuelto y el pH no mostraron correlación con ninguna variable morfológica; esto coincide con los resultados obtenidos por Haase (2003) en *P. antipodarum*, donde el pH no fue una variable que afectara la morfología

de este gasterópodo; de hecho la única variable que encontró potencialmente influyente en la morfología de este hidrobido fue el flujo de la corriente.

El calcio y la dureza mostraron igualmente correlaciones significativas directas con respecto al ancho de la concha, largo de la boca y ancho de la boca, mientras que correlaciones significativamente inversas con la relación largo/ancho y el porcentaje de individuos espinosos. Lo anterior, podría llevar a pensar que en ambientes con mayor concentración de calcio *P. platyrachis* desarrollaría una concha de mayor tamaño e incluso resistencia (mayor cantidad de calcio a nivel de la concha), y lo contrario en ambientes con menor concentración de este elemento como fue comprobado por Brodersen y Madsen (2003) para el gasterópodo de agua dulce *Biomphalaria sudanica*; sin embargo, los valores de la relación $\text{CaCO}_3/\text{tejido}$ en *P. platyrachis*, aun cuando este

Tabla 5. Peso de CaCO₃, de tejido y relación de ambos (CaCO₃/tejido), expresado en mg de CaCO₃ por mg de tejido entre las estaciones y meses de muestreo. En negrillas valores aberrantes (Outliers).

Estación	Mes	CaCO3 (mg)	Tejido (mg)	CaCO3/Tejido
C. Ojeda	1	14,20	2,30	6,17
		9,30	1,70	5,47
		18,60	1,10	16,91
	2	18,10	2,20	8,23
		13,70	1,70	8,06
		12,00	2,50	4,80
	3	21,60	3,20	6,75
		17,30	3,30	5,24
		18,90	2,60	7,27
	4	14,70	1,40	10,50
		15,10	2,60	5,81
		16,00	2,60	6,15
Curarire	1	12,00	2,00	6,00
		16,40	2,20	7,45
		13,90	1,70	8,18
	2	22,90	0,80	28,63
		20,20	2,20	9,18
		20,60	1,60	12,88
	3	15,80	0,60	26,33
		13,80	1,10	12,55
		14,90	2,40	6,21
	4	17,10	2,40	7,13
		14,50	2,50	5,80
		15,80	2,90	5,45
Peonías	1	15,20	2,00	7,60
		17,10	1,80	9,50
		16,30	2,30	7,09
	2	17,60	1,10	16,00
		13,90	1,70	8,18
		12,30	2,20	5,59
	3	17,70	2,20	8,05
		17,00	2,00	8,50
		18,20	2,80	6,50
	4	10,80	2,30	4,70
		15,10	2,90	5,21
		16,30	3,50	4,66

análisis presentó dificultades (por contaminación por petróleo de algunas muestras), no presentan diferencias significativas.

Hunter y Lull (1977) afirman que se pueden encontrar diferencias entre las relaciones de Ca/tejido entre poblaciones, aun cuando éstas no estén correlacionadas de alguna manera con el calcio ambiental, por lo que sugieren que en

estos casos es otro el factor que puede influenciar la masa de la concha. En el presente estudio la correlación encontrada es producto de no incluir datos en el análisis (Spearman), por insuficiencia de los mismos, como por ejemplo los encontrados en el agua de la desembocadura del Río Apón, con valores de calcio muy inferiores a los de Las Peonías (tabla 2), destacando que los animales

VARIACIONES MORFOLÓGICAS DE *P. platyrachis* EN EL SISTEMA DE MARACAIBO

Tabla 6. Correlación de Spearman entre las variables fisicoquímicas y morfológicas. En negrillas los valores que mostraron una correlación significativa al 95 % de intervalo de confianza.

Parámetro	Valores estadísticos	Largo	Ancho	Largo boca	Ancho boca	Largo/Ancho	% Espinosos
Temperatura (°C)	r	NS	-0,6531	-0,6056	-0,6314	0,6022	0,7047
	p	NS	0,0001	0,0003	0,0002	0,0004	0,0000
Salinidad	r	0,5354	0,7198	0,7305	0,7296	NS	-0,7713
	p	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	NS	0,0000
Oxígeno (mg/L)	r	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	p	NS	NS	NS	NS	NS	NS
pH	r	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	p	NS	NS	NS	NS	NS	NS
F. corriente (°)	r	-0,487	-0,7008	-0,7121	-0,6729	0,3819	0,7894
	p	0,004	0,0000	0,0000	0,0001	0,0239	0,0000
Calcio	r	NS	0,5214	0,534	0,5205	-0,6087	-0,8018
	p	NS	0,002	0,0016	0,0021	0,0003	0,0000
D. cálcica	r	NS	0,5088	0,521	0,5084	-0,6213	-0,8017
	p	NS	0,0026	0,0021	0,0026	0,0002	0,0000
D. total	r	NS	0,5209	0,5716	0,5153	-0,5882	-0,7908
	p	NS	0,0021	0,0007	0,0023	0,0005	0,0000
M. Orgánica	r	0,6444	0,7207	0,6709	0,7579	NS	-0,5925
	p	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	NS	0,0000
Granulometría	r	-0,376	-0,6747	-0,6619	-0,6541	0,4492	0,8209
	p	0,0261	0,0001	0,0001	0,0001	0,0079	0,0000

NS: No significativo.

de ambas estaciones son muy parecidos en sus características morfológicas, predominando individuos lisos; por lo cual la influencia de la concentración ambiental de calcio en la elaboración de espinas se descarta.

Covich (1976), estudiando núcleos de sedimento de hasta 4 metros de profundidad en un lago tropical, encontró que los porcentajes de individuos lisos y espinosos de *Pyrgophorus coronatus* no mostraron relación con el calcio ambiental. Por ello destacó que esta especie puede sufrir presión

selectiva por depredación, la cual explicaría los morfotipos liso y espinoso (Vermeij y Covich 1978). Según los presentes resultados, aunque no se descarta la presión por depredación, también es probable que la misma no sea acertada, en vista de las variaciones observadas en el Sistema de Maracaibo, en las cuales no solo existen diferencias a nivel de escultura sino también de medidas, y estas son relativamente constantes en sus respectivos ambientes (localidades); al igual que la presencia de varias especies de peces

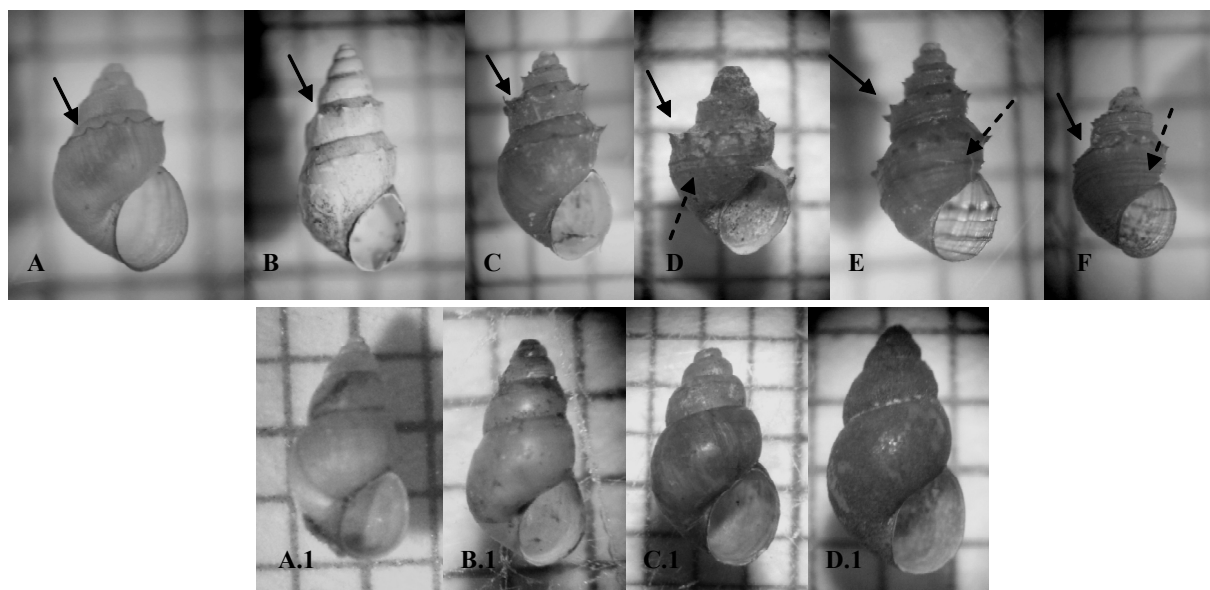


Figura 7. Diferentes morfologías de *P. platyrachis* en diferentes localidades en el Sistema de Maracaibo. A- Peonías (espinoso); A.1- Peonías (liso); B- Ciudad Ojeda 20 mts (espinoso); B.1- Ciudad Ojeda 20 mts (liso); C- Gran Eneal (espinoso); C.1- Gran Eneal (liso); D- Río Apón (espinoso); D.1- Río Apon (liso); E- Ciudad Ojeda; F- Curarire. Las flechas sólidas indican las espinas y las punteadas las estrias.

(Rodríguez 2000), e incluso el depredador en potencia *Callinectes sapidus* (cangrejo azul) a lo largo de todo el Sistema de Maracaibo (Rodríguez 2000, Nava observación personal), por lo que se esperaría observar que las características morfológicas de la especie se observen de manera más solapada entre las estaciones; lo cual no ocurre, sin embargo esta hipótesis debe ser comprobada.

En cuanto a la resistencia de la concha de *P. platyrachis* no se descarta que el morfotipo espinoso-estriado encontrado en Curarire y Ciudad Ojeda sea de alguna manera un poco más resistente que el morfotipo liso, pero esto sería más por la arquitectura de la concha que por diferencias de proporción de calcio.

La materia orgánica se muestra como uno de los factores más importantes para generar gran parte de las variaciones morfológicas observadas en *P. platyrachis*, no solo por presentar correlaciones significativamente positivas con el largo total, ancho total, largo de la boca y ancho de la boca sino también por otros indicios obtenidos a lo largo de esta investigación. El análisis de MDS mostró una asociación de las características morfológicas de los ejemplares de Curarire y Ciudad Ojeda, mientras que otra asociación entre Las Peonías,

Ciudad Ojeda 20 mts., Río Apón y Gran Eneal; estas últimas estaciones tienen en común que los organismos encontrados en ellas estuvieron en contacto con cantidades de materia orgánica más elevadas que Curarire y Ciudad Ojeda (costa).

Los valores de materia orgánica son significativamente diferentes entre las estaciones analizadas, separando a Las Peonías de Curarire y Ciudad Ojeda, las cuales presentan valores mucho más bajos de este parámetro en particular. Los especímenes de Gran Eneal mostraron mayores valores promedio de largo total, ancho total, largo de la boca y ancho de la boca, a la vez que los mismos se obtuvieron de bolsas de hojarasca en descomposición (*Rizhophora mangle*), las cuales evidentemente contienen gran cantidad de materia orgánica; de hecho un estudio realizado con la descomposición de hojarasca de *Rizhophora mangle* en la zona de Capitán Chico en el Estrecho del Sistema de Maracaibo, reveló que ésta representó una gran cantidad de materia orgánica y donde a los 56 días se observó la pérdida del 50 % del material folial (Querales 2009), igualmente se destacó que los invertebrados más abundantes entre la hojarasca fueron el bivalvo *Polymesoda solida* y el gasterópodo *P. platyrachis* con una abundancia total de 56,13 y

36,44 %, respectivamente (Querales 2009, Briceño *et al.* 2009).

Igualmente, los ejemplares de Ciudad Ojeda colectados a 20 mts de profundidad se relacionan morfológicamente a los obtenidos en Las Peonías, Río Apón y Gran Eneal, donde cabe destacar que las zonas profundas de este tipo de sistemas acuáticos son importante fuente de detritus debido a la gran cantidad de materia orgánica que precipita desde la columna de agua (Wetzel 2001), por lo que es probable que la cantidad de materia orgánica particulada en estos sedimentos profundos sea elevada. Los ejemplares que representan la zona de la desembocadura del Río Apón están morfológicamente relacionados a Las Peonías y las estaciones adicionales restantes, los mismos se encontraron asociados a la macrófita *Pistia stratiotes* (lechuga de agua), la cual representa una fuente rica en nutrientes donde la totalidad de la planta representa alrededor de un 78,88 % de materia orgánica disponible; destacando además que el perifiton que se adhiere a sus raíces (Rodríguez *et al.* 2000), es igualmente una fuente de detritus y materia orgánica.

Todo lo anterior conduce a generar y soportar la hipótesis que la materia orgánica sea el principal factor que ocasiona las variaciones morfológicas en *P. platyrachis* dentro del Sistema de Maracaibo; es importante destacar que la calidad del alimento es un factor también muy importante, Dorgelo y Leonards (2001), encontraron diferencias en las tasas de crecimiento de *Potamopyrgus jenkinsi* a diferentes niveles de relación de C/N (relación Carbono y Nitrógeno), observándose que las mayores tasas de crecimiento son a mayores valores de relación C/N.

En el presente estudio la fuerza de la corriente mostró correlación significativa a nivel de todas las variables morfológicas estudiadas, al igual que mostró diferencias significativas que separan a Las Peonías de Curarire y Ciudad Ojeda. En donde existe menor fuerza de la corriente aumenta el tamaño de los caracoles y viceversa. Sin embargo, esto no corresponde a lo afirmado por otros autores que señalan que a mayor fuerza de la corriente el organismo suele aumentar sus medidas en general, por lo cual un mayor pie (mayores dimensiones en la boca de la concha) le provee mayor superficie de agarre al sustrato (Statzner y Holm 1989, Haase 2003). Existen estudios que han demostrado lo contrario por

un efecto selectivo del estrés hidrodinámico (Trussell 1997).

La disminución de tamaño en las localidades donde existe mayor fuerza de la corriente podría deberse al costo que sufre el animal por desarrollar la escultura y las espinas. En vista que todo cambio morfológico conlleva un costo energético y metabólico (DeWitt 1998, DeWitt *et al.* 2000, Trussell 2000), la intensificación de la escultura en los organismos de Curarire y Ciudad Ojeda podría ser la causa de la reducción en las medidas de los individuos, como consecuencia metabólica de la formación de dicha escultura. En efecto en estas localidades los individuos presentan medidas de largo, ancho, largo de boca y ancho de boca inferiores a las otras estaciones estudiadas, con menor fuerza de la corriente e individuos de mayores dimensiones y escultura carente o reducida. Los ejemplares de Curarire y Ciudad Ojeda mostraron una tendencia a mayores valores de la relación largo/ancho, lo que indica que son más largos que anchos, en comparación a los ejemplares de las otras estaciones, exceptuando Ciudad Ojeda a 20 mts. de profundidad, la cual presentó un mayor valor promedio de largo/ancho, similar a Curarire. Esto podría indicar una adaptación a ciertas condiciones en los organismos de estas localidades.

También se observa desde el punto de vista de escultura, cómo el porcentaje de individuos espinosos aumenta al igual que aumenta la fuerza de la corriente. Al igual que lo encontrado por Haase (2003), donde destaca que la formación de las espinas podría estar relacionada con el flujo de la corriente, pudiendo servir como estructuras reductoras de la fricción como otros autores lo han destacado (Dussart 1987 citado por Haase 2003). Por lo anterior, el otro factor que posiblemente provoca las variaciones, principalmente a nivel de escultura, es la fuerza de la corriente, Curarire y Ciudad Ojeda presentan valores de fuerza de corriente mayores a Las Peonías, la desembocadura del Río Apón presentó un valor promedio de fuerza de la corriente similar a la estación de Curarire (9,67° y 9,42° respectivamente), sin embargo, los ejemplares del Río Apón no se encontraron posados sobre el suelo, por el contrario, estaban adheridos a las raíces de una planta que se encontró flotando a nivel de la superficie por lo que es de esperarse que el efecto del movimiento del agua sobre los animales del sedimento (sustrato inmóvil), no sea

el mismo que los de la macrofitas (sustrato móvil), además del resguardo que presentan los mismos dentro de las raíces; esto explicaría en conjunto con la materia orgánica la diferencia de morfología de los ejemplares encontrados vivos en el sedimento de la desembocadura del Río Apón, caracterizados por ser de escultura espinosa-estriada. Sin embargo de los individuos muertos encontrados en el sedimento, el 15,38 % representa individuos lisos mientras que el 84,62 % espinosos-estriados.

Lo mismo se observó en dos ejemplares encontrados asociados a *Pistia stratiotes* en Curarire, solo que en los sedimentos de esta localidad no se ha observado hasta el momento individuos lisos; por otra parte los especímenes de Gran Eneal presentaron mayores porcentajes de individuos espinosos que el resto de las estaciones adicionales y Las Peonías, sin embargo su morfología puede quizás explicarse en base al efecto combinado de la materia orgánica y la fuerza de la corriente. Este sistema lagunar forma parte de la cuenca del Río Limón (Medina y Barboza 2006), en donde en época de lluvia el aumento de caudal (Rojas *et al.* 2006) podría conllevar aumentos de la fuerza de la corriente.

La granulometría, aun cuando presentó correlaciones significativas con todas las características morfológicas, no parece ser un factor directamente influyente en la variación morfológica de *P. platyrachis*, esto se infiere principalmente por los organismos hallados en la macrofitas *Pistia stratiotes* los cuales obviamente no se encontraron en el sedimento; Es importante destacar que al emplear tres fracciones en conjunto para analizar esta variable, se creó un margen de error, ya que es muy probable que la estación de Las Peonías presente mayor contenido de limo y arcilla que las otras dos estaciones; esto último se deduce por el endurecimiento al momento de secar el sedimento de dicha estación, que fue a un grado mucho mayor que los sedimentos de Curarire y Ciudad Ojeda (Nava, observación directa). Lo que no permite ver el efecto directo del sedimento de manera real, ya que los animales de Las Peonías están más resguardados en sedimentos muy fangosos, que los de Curarire y Ciudad Ojeda con sedimentos más fango-arenosos.

En conclusión las variantes morfológicas de *Pyrgophorus platyrachis* en el Sistema de Maracaibo, parecen ser la respuesta a dos factores ambientales: la fuerza de la corriente y la materia

orgánica; en vista de la detección de dos grupos morfológicamente distintos de *P. platyrachis*, uno conformado por los ejemplares correspondientes a las localidades de Las Peonías, Gran Eneal, Río Apón y Ciudad Ojeda (20 mts. de profundidad); y el otro grupo esta conformado por los organismos provenientes de Curarire y Ciudad Ojeda (costa). Los especímenes morfológicamente similares a lo largo de las estaciones estudiadas, estuvieron asociados a similares patrones de fuerza de la corriente y materia orgánica: a mayor fuerza de la corriente es mayor la cantidad de organismos espinosos y relación largo/ancho, al igual que menores valores de largo de la concha, ancho de la concha, largo de la boca y ancho de la boca; mientras que a mayor cantidad de materia orgánica ocurrió lo contrario.

Aun queda por desentrañar mas profundamente los procesos que explican las variaciones morfológicas encontradas en *P. platyrachis* dentro del Sistema de Maracaibo. Por ejemplo, existe la posibilidad de un proceso incipiente de especiación a partir de la heterogeneidad ambiental (Van Tienderen 1991, Via 2002, Kassen 2002); o la existencia de costos de mantenimiento y producción de plasticidad fenotípica, que generan dichas variaciones (Dewitt 1998); las hipótesis que surgen a partir de los presentes resultados deben ser puestas a prueba, ya sea en el campo o a nivel de laboratorio.

Se recomienda realizar estudios que confirmen de manera definitiva las dos hipótesis, si la fuerza de la corriente y materia orgánica son las variables que influyen directamente las variaciones morfológicas de *P. platyrachis*, siendo igualmente necesario realizar un estudio genético a nivel de todos los ejemplares del sistema, para detectar que tan aislados podrían estar los genotipos, o si por el contrario se trata de organismos genéticamente coherentes.

AGRADECIMIENTOS

A Lisandro Moran por su importante ayuda en el trabajo de campo, así como a todo el personal de los laboratorios de Zooplancton y Ecología de la Facultad Experimental de Ciencias de La Universidad del Zulia por su colaboración tanto para el trabajo de campo como para el de laboratorio. Un agradecimiento especial a Luisa Saules por su apoyo al realizar las pruebas de dureza del agua en el Centro del Agua de la Universidad Zulia.

LITERATURA CITADA

- ABBOTT, T. 1985. American Seashells. Golden Press. 2a edición. New York.
- APHA, AWWA y WEF. 1992. Standard Methods for the examination of water and waste water. 18a edición. Edited by Arnold, E. Greenberg; S. Clesceri y Andrew, D. Eaton. Washington DC.
- BARNES, R. D. 1989. Zoología de los Invertebrados. 5a edición. Editorial Interamericana. México.
- BAKER J. M. 2005. Adaptive speciation: the role of natural selection in mechanisms of geographic and non-geographic speciation. Studies in History and Philosophy in Biological y Biomedical Sciences 36: 303–326.
- BRICEÑO J., Y. QUERALES, H. SEVEREYN, D. NAVA y M. NAVA. 2009. Invertebrados asociados a descomposición de hojarasca (*Rizhophora mangle*) en dos manglares del Sistema de Maracaibo. VIII Congreso Venezolana de Ecología: Hacia una conciencia ecológica. Coro, Estado Falcón.
- BRODERSEN J. y H. MADSEN. 2003. The effect of calcium concentration on the crushing resistance, weight and size of *Biomphalaria sudanica* (Gastropoda: Planorbidae). Hidrobiología 490 (2): 181–186.
- COVICH A. 1976. Recent changes in molluscan species diversity of a large tropical lake (Lago de Peten, Guatemala). Limnology and Oceanography 21(1): 51-59.
- DeWITT T. J. 1998. Costs and limits of phenotypic plasticity: Tests with predator-induced morphology and life history in a freshwater snail. Journal of Evolutionary Biology 11 (4): 465- 480.
- DeWITT T. J.; W. ROBINSON y D. S. WILSON. 2000. Functional diversity among predators of a freshwater snail imposes an adaptive trade-off for shell morphology. Evolutionary Ecology Research. 2000 (2): 129–148.
- DORGELO J. y P. LEONARDS. 2001. Relationship between C/N ratio of food types and growth rate in the snail *Potamopyrgus jenkinsi* (E. A. Smith). Journal of North American Benthological Society 20 (1): 60-67.
- FREEMAN S. y J. C. HERRON. 2002. Análisis Evolutivo. 2da edición, Pearson Educación. España.
- GIRALDO A.; C. GOMEZ y E. RODRIGUEZ. 2002. Tamaño de la concha de *Notoacmaea biradiata* como respuesta a la densidad de gasterópodos y altura intermareal en la costa pacífica de Colombia. Ciencias Marinas 28 (3): 237-246.
- GONZÁLEZ, M., G. ALDANA Y A. FUENMAYOR. 2007. Mecanismos de variación de la concentración de los nutrientes y del sedimento en la Laguna “Las Peonías”. Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad del Zulia 30 (Edición Especial): 71–81.
- HAASE M. 2003. Clinal variation in shell morphology of the freshwater gastropod *Potamopyrgus antipodarum* along two hill-country streams in New Zealand. Journal of the Royal Society of New Zealand 33 (2): 549–560.
- HAMMER O., HARPER, D.A.T., and P. D. RYAN, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontología Electrónica 4 (1): 9.
- HOVERMAN J. T. y R. RELYEA. 2007. How flexible is phenotypic plasticity? Developmental windows for trait induction and reversal Ecology 88 (3): 693–705.
- HUNTER R. D. y W. W. LULL. 1977. Physiologic and Environmental Factors Influencing the Calcium-to-Tissue Ratio in Populations of Three Species of Freshwater Pulmonate Snails. Oecologia 29 (3): 205-218.
- KASSEN R. 2002. The experimental evolution of specialists, generalists, and the maintenance of Diversity. Journal of Evolutionary Biology 15 (2): 173-190.
- LÓPEZ A. y C. GÓMEZ. 1999. Variación en la concha de *Siphonaria gigas* como respuesta al efecto de la intensidad de las olas. Ciencias Marinas 25 (2): 213-224.
- MALLET, J. 2001. The speciation revolution. Journal of Evolutionary Biology 14 (6): 887-888.
- MEDINA E. y F. BARBOZA. 2006. Lagunas costeras del lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación. Ecotrópicos 19 (2): 128-139.
- MILLER B., M. TEVESZ y D. SMITH. 1998. Paleolimnological significance of spinose and non-spinose morphs of *Pyrgophorus hibbardi* (Leonard and Franzen, 1944). Journal of Paleolimnology 20 (1): 99-102.
- NAVA M., SEVEREYN H. y N. MACHADO. 2011. Distribución y taxonomía de *Pyrgophorus platyrachis* (Caenogastropoda: Hydrobiidae), en el Sistema de Maracaibo, Venezuela. Revista de Biología Tropical 59 (3): 1165-1172.
- PÉREZ A. y A. LÓPEZ. 2003. Listado de la malacofauna continental (Mollusca: Gastropoda) del Pacífico de Nicaragua. Revista de Biología Tropical 51 (3):

- 405-451.
- PERNALETE, H; CHACIN, O; BRACIN, L; y J. RICO. 1979. Estudio preliminar del contenido de nutrientes de la Laguna "Las Peonías". Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad del Zulia.
- QUERALES Y. 2009. Variación temporal de la producción y descomposición de hojarasca de *Rhizophora mangle* presente en el manglar de Punta Capitán Chico, estado Zulia. Trabajo Especial de Grado enviado a la División de Estudios Básicos Sectoriales de la Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, como requisito para optar al Título de Licenciada en Biología.
- RODRIGUEZ, G. 2000. El Sistema de Maracaibo. 2a edición. IVIC. Caracas.
- RODRÍGUEZ R., C. JULIO. Y J. PALMA. 2000. Valor nutritivo del repollito de agua (*Pistia stratiotes*) y su posible uso en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical* 18 (2): 213-226.
- ROJAS J., S. THEIS., OCHOA E., D. PIRELA y J. E. RINCON. 2006. Moluscos del sistema estuarino Río Limón, estado Zulia, Venezuela. *Ciencia* 14 (numero especial 2): 22-31.
- SMITH T. B., S. KARK, C. J. SCHNEIDER, R. K. WAYNE, C. MORITZ. 2001. Biodiversity hotspots and beyond: the need for preserving environmental transitions. *Trends in Ecology y Evolution* 16 (8): 431.
- STATZNER B. y T. F. HOLM. 1989. Morphological adaptation of shape to flow: Microcurrents around lotic macroinvertebrates with known Reynolds numbers at quasi-natural flow conditions. *Oecologia* 78 (2):145-157.
- THOMPSON F. G. 2004. Freshwater Snails of Florida: A Manual for Identification. 2a edición. University of Florida, Gainesville.
- TRUSSEL G. 1997. Phenotypic selection in an intertidal snail: effects of a catastrophic storm. *Marine Ecology Progress Series*, 151 (1): 73-79.
- TRUSSEL G. 2000. Predator-induced plasticity and Morphological trade-offs in latitudinally separated populations of *Littorina obtusata*. *Evolutionary Ecology Research* 2 (6): 803-822.
- VAN TIENDEREN P. 1991. Evolution of generalist and specialist in spatially heterogeneous environments. *Evolution*, 46 (6): 1317-1331.
- VAUGHAN B. y T. EICHORST. 2006. Thoughts on Species y Speciation — Phenoplasticity. *American Conchologist* 34 (3): 26-29.
- VERMEIJ G. y A. COVICH. 1978. Coevolution of the freshwaters gastropods and their predators. *The American Naturalist* 112 (987): 833-843.
- VIA S. 2002. The Ecological Genetics of Speciation. *American Naturalist* 159 (S3): 1-7.
- WARMKE, J. y R. ABBOTT. 1975. Caribbean Seashells. A guide to the marine mollusks of Puerto Rico and other West Indian Island, Bermuda and the lower Florida keys. 2a edición. Dover publications, INC. New York.
- WETZEL R. G. 2001. Limnology. 3a edición. Academic Press, California.
- YUH-WEN C., C. HON-CHENG, S. C. LEE y C. A. CHEN. 2002. Morphometric Analysis of Shell and Operculum Variations in the Viviparid Snail, *Cipangopaludina chinensis* (Mollusca: Gastropoda), in Taiwan. *Zoological Studies* 41(3): 321-331.

Recibido 22 de febrero de 2012; revisado 09 de junio de 2012; aceptado 13 de julio 2012