

Bol. Centro Invest. Biol. 43(1): 1-27

**DENSIDAD, ESTRUCTURA DE TALLAS Y EXPLOTACIÓN
PESQUERA DEL BIVALVO *POLYMESODA SOLIDA* EN UN
SISTEMA LAGUNAR DEL CARIBE COLOMBIANO**

MARÍA VIRGINIA DE LA HOZ-ARISTIÁBAL

*Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR),
Cerro Punta Betín, Santa Marta, Colombia*

*Dirección actual: Instituto Latinoamericano de Ciencias Marinas
y del Ambiente, 5430 SW 92 Avenue, Miami, FL 33165, USA
www.instituto-latino-ciencias-marin-as-ambiente.org
mvdelahez@hotmail.com, ilcma@hotmail.com*

Resumen. Con objeto de evaluar el estado actual de la población de la almeja *Polymesoda solida*, se realizaron muestreos mensuales (abril-noviembre 2004), en cuatro ciénagas del Parque Natural Isla de Salamanca. En las “zonas de pesca” se estimó la densidad de individuos, se midieron variables fisicoquímicas del agua y se tomaron muestras de sedimento; posteriormente se determinaron distribuciones de tallas, tipo de sustrato y relaciones morfométricas. La densidad y las tallas fueron significativamente diferentes entre lagunas y aunque no pudo comprobarse estadísticamente ninguna relación con variables fisicoquímicas, se resaltaron la salinidad y el pH como principales variables ambientales que podrían estar influyendo, dado que el claro gradiente espacial que exhibieron está muy ligado al papel del régimen hídrico en este estuario. Se estableció que esta almeja reside en un sistema de hábitats interconectados, pero con condiciones ambientales que los diferencian. Al mismo tiempo, se determinaron diferencias morfométricas, probablemente como resultado de la adaptación a esas condiciones (ej. el tipo de sustrato). Se constató que *P. solida* es objeto de extracción importante, revelándose señales de riesgo en su pesquería, como el aumento en la captura por unidad de esfuerzo y la disminución de la talla media de captura y de la densidad de individuos. Hace más de una década las tallas de 30 a 40 mm eran las mejor representadas, mientras que en el presente estudio son las de 25 a 30 mm. Así mismo, las densidades han disminuido en promedio por debajo de los 150 ind/m² que existían en ese entonces. *Recibido: 11 junio 2008, aceptado: 25 febrero 2009.*

Palabras clave. Almeja, *Polymesoda solida*, pesquería, Colombia, densidad, estuarios, Isla de Salamanca, Bivalvia, régimen hídrico, tallas.

DENSITY, SIZE STRUCTURE AND FISHERY OF CLAMS
(*POLYMESODA SOLIDA*) IN A LAGOON SYSTEM OF CARIBBEAN COLOMBIA

Abstract. To assess the current status of the *Polymesoda solida* clam population, monthly sampling was done in four lagoons (April–November 2004) at Isla de Salamanca Natural Park, Colombia. In the “fishing zones”, I estimated individual density, measured environmental water variables, and collected sediment samples. Later, size distribution, substrate type, and morphometric relationships were determined. Clam density and size were significantly different among lagoons, and although any relationship with environmental variables was not statistically confirmed, salinity and pH may be the main environmental variables influencing the population, given that the clear, spatial gradient shown is closely linked to the role of the hydric regime in this estuary. This clam resides in a system of interconnecting habitats that differ in environmental conditions. At the same time, morphometric differences were observed, and are probably due to adaptations to the varying conditions (i.e., kind of substrate). It was confirmed that *P. solida* is subject to important extraction, revealing risk signals in its fishery, such as an increase in catch per unit effort, and a decrease in both mean capture-size and individual density. More than a decade ago, clams 30–40 mm in size were well represented in the population, but in the present study, 25–30 mm was the most common size range. Similarly, mean clam density has decreased below the 150 ind/m² level, known to exist formerly. *Received: 11 June 2008, accepted: 25 February 2009.*

Key words. Clams, *Polymesoda solida*, fishery, Colombia, density, estuary, Salamanca Island, Bivalvia, hydric regime, sizes.

INTRODUCCIÓN

La almeja estuarina *Polymesoda solida* (Corbiculidae), nativa de América, es hoy en día el recurso pesquero más explotado del sector occidental de la Isla de Salamanca (SOIS), con 62% de la captura en peso total (INVEMAR 2004), incluyéndose como “vulnerable” en la lista de especies amenazadas del Caribe colombiano (INVEMAR 2002).

Polymesoda solida habita en el SOIS en fondos blandos y con cascajo en lagunas de aguas salobres asociadas a manglar (INVEMAR 2004), tiene fecundación externa con desarrollo indirecto (García *et al.* 1994) y se ha observado que es hermafrodita en el área de este estudio (De La Hoz 2005),

aunque en otros lugares es dioica, como en el lago de Maracaibo, Venezuela (García de Severeyn *et al.* 1994, Severeyn, comun. pers. 2005). En el SOIS se conoce la presencia de *P. solida* en varias de las más de 20 ciénagas que lo conforman. Sin embargo, para la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), importante laguna costera al oriente del SOIS y perteneciente a la misma ecoregión, la especie se señala extinta (Hernández 1983).

Con base en este antecedente y en el hecho que hace varias décadas la almeja ha estado sujeta a explotación, se puede afirmar que el SOIS constituye un relicto de esta especie en toda la llamada “ecorregión CGSM”, por ser *P. solida* aparentemente indicador de condiciones ambientales relativamente buenas, en comparación con el resto de la ecorregión (INVEMAR 2002). Sin embargo, no se sabe hasta qué punto la especie pueda sobrevivir a condiciones adversas eventuales.

Los trabajos más destacados sobre *P. solida*, se encuentran en Venezuela (García de Severeyn *et al.* 1994, Severeyn *et al.* 1994 y Severeyn *et al.* 1996, entre otros). En Colombia los estudios son limitados. Las primeras observaciones de ejemplares vivos fueron realizadas entre 1970 y 1972 por Cosel (1973) en la CGSM, Complejo Pajarales e Isla de Salamanca, citándola como *Polymesoda aequilatera*. Duque (1993) y Rueda y Urban (1998) son los únicos estudios recientes sobre ecología y pesquería de *P. solida* en Colombia; estos señalan que la densidad y estructura de tallas, entre otros aspectos ecológicos, permiten conocer el estado de la pesquería. Duque (1993), en el Golfo de Urabá, señaló un predominio de tallas de 25 a 30 mm y una densidad entre 23 y 496 ind/m². Por su parte, Rueda y Urban (1998), encontraron en la ciénaga Poza Verde (una de las lagunas del presente trabajo) 30–40 mm como rangos de tallas predominantes y densidades estimadas en alrededor de 150 ind/m² en promedio.

Este trabajo tiene como objetivo determinar el estado actual de la población de la almeja *Polymesoda solida*, en términos de densidad y estructura de tallas y relacionarlo con el aprovechamiento pesquero y factores ambientales, en las tres lagunas de mayor importancia para su pesquería y en una no explotada, en el sector occidental de la Isla de Salamanca.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE MUESTREO

El sector occidental de la Isla de Salamanca (SOIS), es un sistema lagunar en el Parque Natural “Vía Parque Isla de Salamanca”, en la llanura deltaica del río Magdalena (10°43'-11°00' N y 74°16'-74°38' O) conocida también como

ecorregión CGSM. El SOIS está ubicado al noreste de dicho río y al sur del Caribe colombiano, separado de éste por una barra de arena de playa (la Isla de Salamanca) (Fig. 1) (INVEMAR 2004). Esta dinámica ecorregión mantiene un intercambio continuo de aguas y sedimentos entre el río Magdalena y el Mar Caribe. Actualmente, el aporte del río Magdalena se observa claramente en los sedimentos lodosos de varias ciénagas, mientras que las comunicaciones con el mar, antes permanentes en ciénagas como El Torno y Atascosa, actualmente son temporales debido a procesos de erosión y sedimentación que han reducido estas entradas. El régimen climático de la zona es similar al del resto del Caribe colombiano: una época seca de diciembre a abril, con vientos alisios intensos, predominio de la corriente del Caribe y oleaje fuerte procedente del norte; una época húmeda de mayo a noviembre con vientos alisios débiles, ocurrencia de “vendavales”, predominio de la contracorriente del Darién y disminución del oleaje (Erffa 1973).

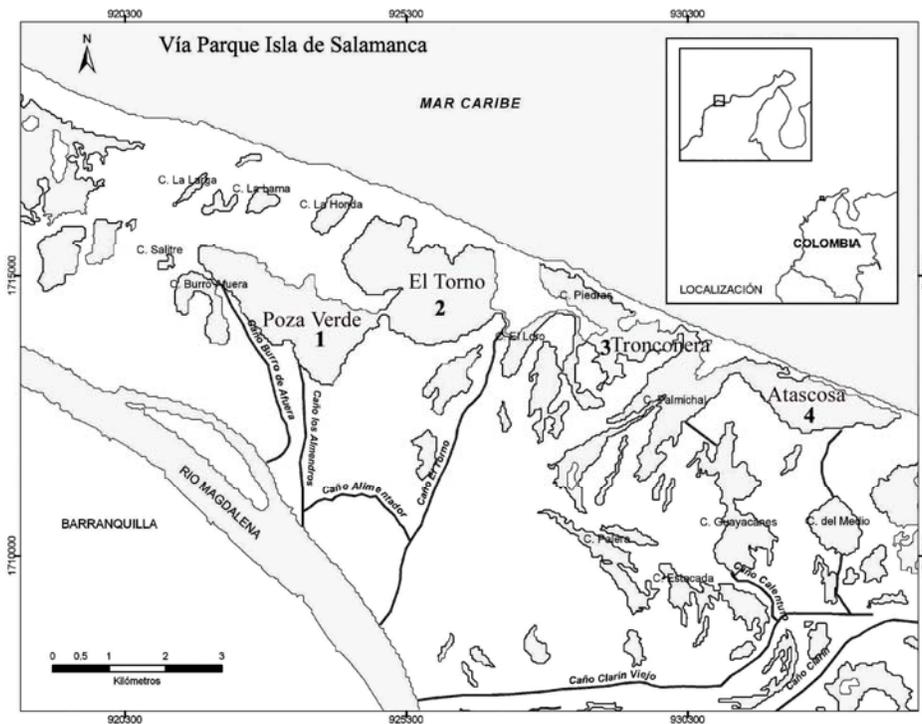


Figura 1. Ubicación de la Vía Parque Isla de Salamanca, indicando las estaciones de muestreo (ciénagas) en el sector occidental de la Isla de Salamanca (SOIS). Fuente: Lab. SI (INVEMAR).

El presente estudio se llevó a cabo entre abril y noviembre de 2004 en cuatro ciénagas del SOIS (Fig. 1): Poza Verde, El Torno y Atascosa, importantes para la pesca del bivalvo, y Tronconera, no sometida a explotación (Beleño, comun. pers. 2004; De La Hoz 2005). Se trata de lagunas relativamente pequeñas, someras e interconectadas, con extensiones aproximadas de 7 km² para El Torno, 4,5 km² para Poza Verde, 3,6 km² para Atascosa y 1,5 km² para Tronconera. Más detalles sobre la geomorfología de estas ciénagas son descritos por Erffa (1973) y Bernal (1996). En cada laguna explotada, hay una “zona de pesca” o banco natural ubicado lejos de la orilla y en los lugares más profundos, donde se presenta la mayor densidad de almejas; dichos bancos son utilizados por conocimiento de los pescadores artesanales para la extracción del recurso (De La Hoz 2005).

TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los individuos de *P. solida* se recolectaron cada mes manualmente dentro de tres cuadrantes aleatorios de PVC de 1 m², en cada una de las ciénagas, a modo de muestreo por conglomerados (Ospina 2001), por escogerse la “zona de pesca” de cada ciénaga, con la guía de pescadores nativos. De este modo, se realizaron doce muestreos por mes entre las cuatro ciénagas, dando un total de 96 muestreos en los ocho meses de estudio (abril a noviembre de 2004). La densidad se expresó como número de individuos en promedio por metro cuadrado de los tres cuadrantes. En el laboratorio se midió el largo (anteroposterior), alto (dorsoventral) y espesor de la cocha en una submuestra de 30 ind con un calibrador Vernier de 0,05 de precisión. En este trabajo la “talla” de la almeja se refiere al largo. En muestras de sedimento de cada ciénaga se realizó granulometría y se estimó el porcentaje de materia orgánica (MO), según Holme y McIntyre (1971). La temperatura (°C), salinidad (UPS), oxígeno disuelto (mg/L), pH, profundidad (cm) y transparencia del agua (cm) se midieron mensualmente en cada ciénaga.

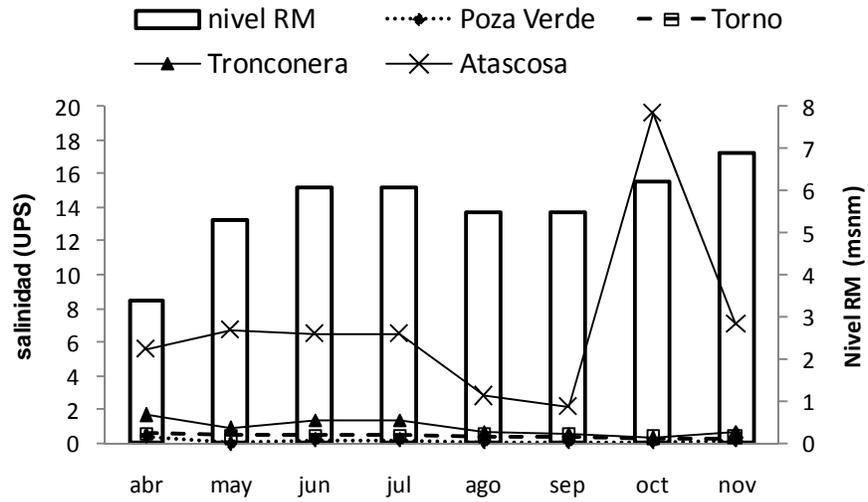
Para comparar las variables físicoquímicas y biológicas a nivel espacial y temporal se aplicaron inicialmente estadísticos básicos (promedios, desviaciones estándar, distribuciones de frecuencias). Para evaluar la significancia de las diferencias ($P < 0,05$) se realizaron análisis de varianza: ANOVAS de Friedman para comparar entre estaciones con los valores medios, ANOVAS de Kruskal-Wallis para determinar diferencias entre muestreos en las distribuciones de tallas y pruebas de rangos de Wilcoxon para observar entre qué meses específicos estaban las diferencias. Con el coeficiente de concordancia de Kendall se expresó la similitud entre estaciones en el patrón temporal de variación de las variables (Sokal y Rohlf 1981).

Con correlaciones de Spearman (r^2), se determinó si existía una asociación conjunta significativa ($P < 0,05$) entre variables biológicas y ambientales. A través de una regresión múltiple, se corroboró el mejor modelo de variables independientes que explicaran el comportamiento de la densidad y de la talla de la almeja (Sokal y Rohlf 1981). Se calcularon las relaciones morfométricas largo-alto (L/A), largo-espesor (L/E) y alto-espesor (A/E), expresándose a modo de índices de acuerdo con Ituarte (1994) y se les aplicó un análisis de componentes principales (ACP) para determinar grupos de individuos similares en cuanto a dichas características (Digby y Kempton 1994). Se llevaron a cabo regresiones potenciales aplicando la ecuación $Y = aX^b$; se utilizó una prueba t para verificar si la pendiente b era igual o diferente de 1 y así determinar alometría (Zar 1999). Para todos los análisis se utilizó el programa STATISTICA versión 5.5.

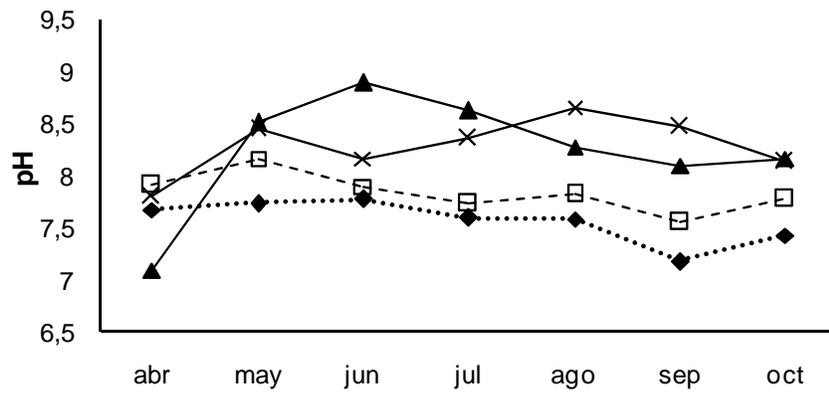
RESULTADOS

CONDICIONES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA Y SEDIMENTO

En la Figura 2, se aprecia la variación temporal de los factores fisicoquímicos en cada ciénaga, que fue en general baja y sin un patrón claro; los promedios aparecen en la Tabla 1. Se destacó la menor salinidad en Poza Verde, seguida de El Torno, ambas muy cercanas a cero. Atascosa, con los mayores valores, mostró un pico en octubre (19,6 UPS), mes en el que se abrió una boca en la barra de arena que separa esta ciénaga del mar. Los menores valores de pH, así como de oxígeno disuelto, también se presentaron en Poza Verde y El Torno, ciénagas más cercanas al río Magdalena. La profundidad del disco secchi fue siempre menor en Poza Verde (mín. 10 cm), seguida de Atascosa y Tronconera, El Torno presentó la mayor visibilidad (máx. 90 cm). La profundidad en cada punto de recolección de *P. solida*, fue relativamente escasa (65 a 250 cm) y en general menor en época seca (marzo a mayo). Los niveles del río Magdalena, que se ilustran junto con la salinidad en la Figura 2a, no se correlacionaron significativamente con ésta ni con ninguna otra variable ambiental ($P > 0,05$). Las variables fisicoquímicas mejor correlacionadas fueron la salinidad con el pH ($r^2 = 0,67$; $P < 0,05$). La fracción predominante de sedimento de cada ciénaga, fue muy estable en el tiempo de estudio, destacándose el sustrato muy lodoso y con el mayor contenido de materia orgánica en Poza Verde, muy arenoso en El Torno y lodoarenoso con cascajo en Tronconera y Atascosa (Tabla 1).

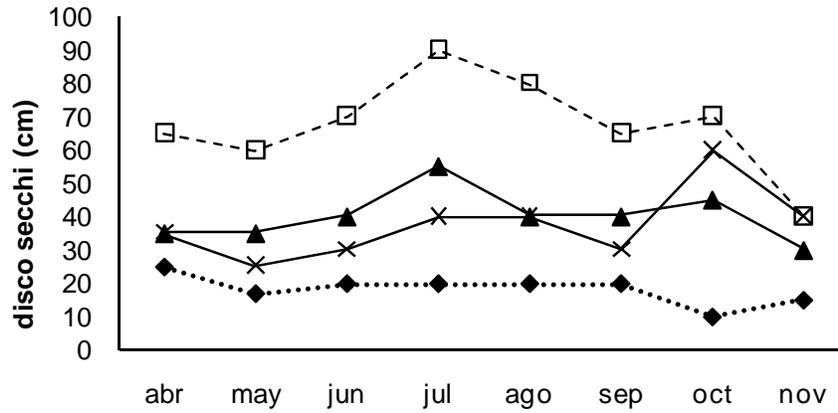


A

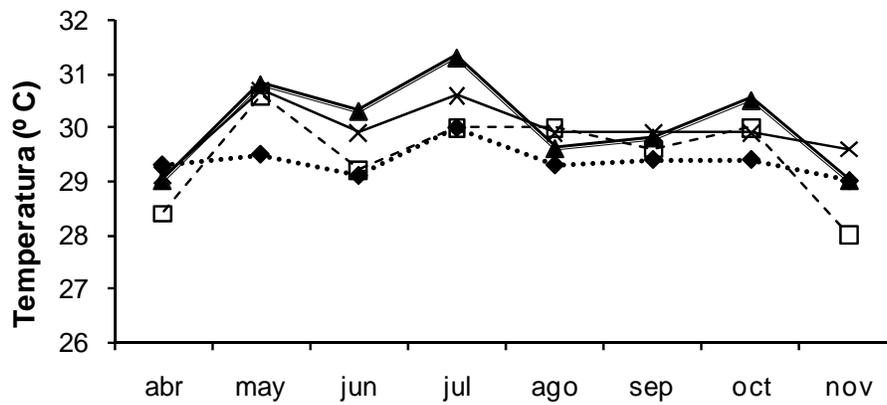


B

Figura 2 (a y b). Variables fisicoquímicas del agua de las cuatro ciénagas del sector occidental de la Isla de Salamanca (SOIS), entre abril y noviembre del 2004: a) salinidad, se compara con los niveles del río Magdalena (RM) (eje derecho), tomados de CORPAMAG-UNINORTE (2005), y b) pH.

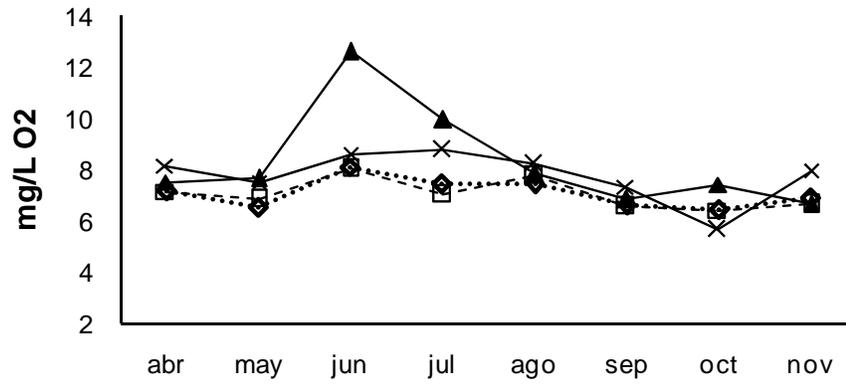


C

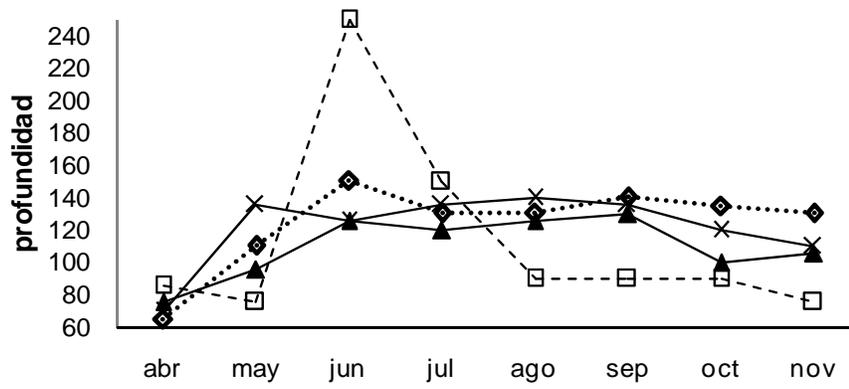


D

Figura 2 (c y d). Variables fisicoquímicas del agua de las cuatro ciénagas del sector occidental de la Isla de Salamanca (SOIS), entre abril y noviembre del 2004: c) disco Secchi y d) temperatura.



E



F

Figura 2 (e y f). Variables fisicoquímicas del agua de las cuatro ciénagas del sector occidental de la Isla de Salamanca (SOIS), entre abril y noviembre del 2004: e) oxígeno disuelto y f) profundidad.

Tabla 1. Promedios de las variables fisicoquímicas del agua y de las fracciones de tamaño de grano y materia orgánica en el sedimento, entre abril y noviembre de 2004, en las cuatro ciénagas del sector occidental de la Isla de Salamanca.

Variables	Poza Verde	DE	El Torno	DE	Tronquera	DE	Atascosa	DE
Salinidad (UPS)	0,16	0,12	0,44	0,11	0,96	0,48	7,13	5,37
Temperatura (°C)	29,38	0,30	29,48	0,89	30,04	0,83	29,95	0,51
pH	7,57	0,21	7,84	0,19	8,24	0,57	8,29	0,28
O ₂ (mg/L)	7,05	0,58	7,02	0,57	8,28	2,01	7,75	0,99
Disco secchi (cm)	18,38	4,44	67,50	14,64	40,00	7,56	37,50	10,69
Profundidad (cm)	123,8	26,29	113,1	60,23	109,4	19,98	121,3	22,95
% Cascajo (>1-2mm)	0,81	0,92	1,36	2,95	6,31	4,34	8,15	3,38
% Arenas (63-500µm)	14,30	11,54	94,49	11,10	73,48	28,07	45,87	14,60
% Lodos (< 63µm)	83,50	12,15	3,97	8,32	20,42	28,78	45,34	14,73
% Materia orgánica	8,00	1,55	1,70	0,87	3,58	2,07	3,74	1,06

DE = desviación estándar, réplicas: n = 8 para las variables del agua y n = 5 para las del sedimento.

Las variables fisicoquímicas presentaron diferencias significativas entre ciénagas de acuerdo con las ANOVAS de Friedman, a excepción de la profundidad. Los valores de χ^2 de las ANOVAS y los coeficientes de concordancia de Kendall fueron respectivamente, para cada variable del agua ($n = 8$, $P < 0,05$): 23,73 y 0,99 (salinidad); 8,96 y 0,37 (temperatura); 21,62 y 0,90 (disco Secchi); 13,11 y 0,62 (pH); 13,02 y 0,54 (oxígeno disuelto); 4,37 y 0,18; $P > 0,05$ (profundidad); para las variables del sedimento ($n = 5$, $P < 0,05$) fueron 12,0 y 1,0 (% de arenas); 11,1 y 0,92 (% de lodos) y 11,88 y 0,79 (% MO).

DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE *POLYMESODA SOLIDA*

Las mayores densidades de individuos de *P. solida*/m², en promedio de los ocho meses de estudio, se presentaron en El Torno (97,21; DE = 43,43) seguida de Poza Verde (75,88; DE = 37,21), ciénagas de menor salinidad, aunque el mayor valor mensual se registró en Poza Verde en abril (Tabla 2). Las menores densidades promedio se presentaron en Atascosa (40,79; DE = 23,31) y Tronconera (1,33; DE = 1,04), llamando especialmente la atención la gran escasez en esta última. Las diferencias entre muestreos fueron importantes, destacándose la elevada variabilidad en Tronconera por la ausencia de individuos en más de un muestreo (Tabla 2). La densidad de almejas fue significativamente diferente entre ciénagas de acuerdo con la ANOVA de Friedman ($\chi^2 = 18,15$; $n = 8$, $P < 0,05$). La prueba de rangos de Wilcoxon mostró adicionalmente que Poza Verde no es significativamente diferente de El Torno ($n = 8$; $t = 9$; $z = 1,26$; $P = 1,26$) ni de Atascosa ($n = 8$; $t = 5$; $z = 1,82$; $P = 0,07$). En octubre la densidad de almejas en Atascosa descendió drásticamente por muerte masiva (mayoría de conchas vacías), coincidiendo con el aumento brusco en la salinidad (Fig. 2), pero se recuperó apreciablemente en el muestreo siguiente (Tabla 2). Esta variable presentó un patrón de variación temporal similar entre sitios (coef. de concordancia = 0,76), con cierta tendencia, aunque no muy marcada a aumentar con los meses. Las correlaciones con mayor coeficiente se dieron con la salinidad ($r^2 = -0,44$) y con el pH ($r^2 = -0,49$) ($P < 0,05$). La regresión múltiple no fue significativa ($P > 0,05$) y los valores de R^2 fueron más cercanos a cero que a uno, indicando que ninguna variable fisicoquímica explicaba significativamente el comportamiento de la densidad de la almeja. La leve tendencia de la densidad a aumentar mes a mes, ocurre de forma similar en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesquería, que además va en aumento del año 2002 al 2004 (Fig. 3).

Tabla 2. Densidad de *Polymesoda solida* en promedio mensual y en promedio total, entre abril y noviembre de 2004, en las cuatro ciénagas del sector occidental de la Isla de Salamanca.

Densidad (ind/m ²)	Poza Verde	DE	El Torno	DE	Tronquera	DE	Atascosa	CV
Abr	152,67	80,89	13,00	2,94	1,00	1,41	26,00	8,83
May	40,00	6,38	89,33	35,64	1,67	0,47	26,67	7,41
Jun	68,00	10,80	110,00	17,57	0,00	0,00	31,67	1,70
Jul	43,67	10,34	142,33	26,61	2,67	0,47	44,67	11,90
Ago	45,67	11,61	77,00	17,28	0,00	0,00	72,33	20,04
Sep	78,00	12,03	138,33	26,79	1,00	0,82	67,33	14,82
Oct	97,33	9,10	132,67	36,57	2,67	1,25	3,33	0,47
Nov	81,67	13,72	75,00	12,96	1,67	1,25	54,33	9,18
Densidad promedio	75,88	37,21	97,21	43,43	1,33	1,04	40,79	23,31
L promedio (mm)	29,78	4,83	28,27	2,85	36,52	7,40	31,70	3,00

DE = desviación estándar. A modo complementario, se indica la talla promedio (L). abril-noviembre 2004.

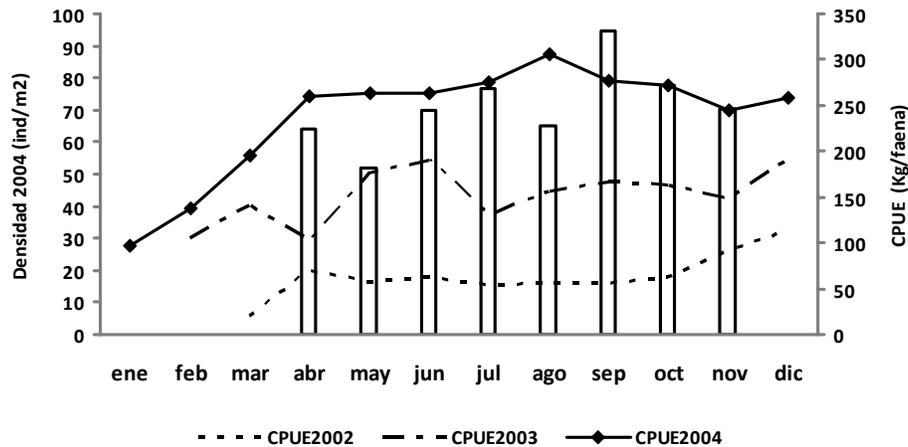


Figura 3. Variación mensual de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en la pesquería artesanal de *Polymesoda solida* en el sector occidental de la Isla de Salamanca (SOIS) entre los años 2002 y 2004. Fuente: SIPEIN (2004). Se compara con la densidad promedio de la almeja en este estudio (no incluye Tronconera por no ser explotada).

En cuanto a la distribución de *P. solida*, además de las cuatro ciénagas escogidas, la existencia de la especie se constató también en las ciénagas Las Piedras y El Loro, además del caño Los Almendros, aunque muy escasa en este último, mientras que la especie dominante allí fue *Corbicula fluminea*, bivalvo de origen asiático cuyo primer registro se expone en De La Hoz (2008).

ESTRUCTURA DE TALLAS

La clara segregación de tallas (L) de *P. solida* dentro del SOIS se evidencia en la Figura 4. Predominan los rangos de 25–30 mm en Poza Verde y El Torno, 30–35 mm en Atascosa y 10 a 15 mm y 35 a 50 mm en Tronconera, registrándose allí la menor y la mayor talla de todo el estudio (9,8 y 50,2 mm). Debajo de 15 mm, la representación fue pobre en general, mientras que tallas relativamente grandes (mayor a 35 mm) estuvieron un poco mejor representadas, especialmente en Atascosa y Tronconera. La Tabla 2 muestra la talla promedio en cada ciénaga, el promedio en toda el área de estudio fue 30,08 mm. Se hallaron individuos reclutas (1–5 mm) en orillas arenosas de Atascosa, El Torno y Las Piedras junto al manglar. La densidad muy baja (aprox. 10 ind/m²) y distribución heterogénea, no permitió obtener registros cuantitativos. Las ANOVAS de Kruskal-Wallis mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre meses en las distribuciones de tallas para Poza Verde ($H = 48,62$; P

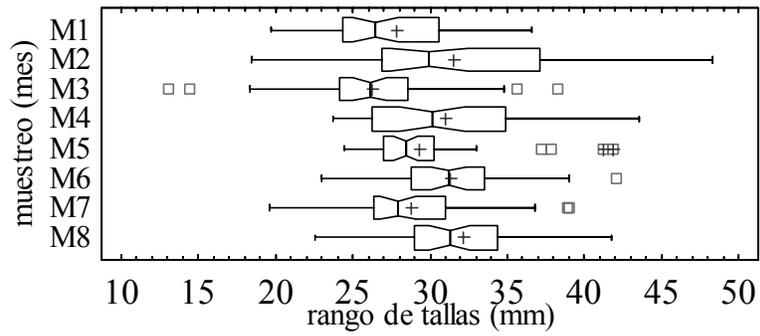
= 0,00), El Torno ($H = 134,05$; $P = 0,00$) y Atascosa ($H = 28,95$; $P = 0,00$). En Tronconera la insuficiencia de ejemplares no permitió el análisis. La ANOVA de Friedman indicó diferencias entre sitios ($n = 8$; $\text{Chi}^2 = 15,9$; $P = 0,0$) y el coeficiente de concordancia fue de 0,66. La Figura 4 permite ver distribuciones de tallas más homogéneas a lo largo del estudio en Atascosa, mientras que en El Torno y Poza Verde, la fluctuación es más amplia y sin un patrón claro en el tiempo. Una prueba de rangos de Wilcoxon, expuesta en detalle en De La Hoz (2005), confirmó diferencias significativas de los distintos meses en Atascosa sólo respecto al mes de abril ($P < 0,05$). En las demás ciénagas las diferencias en las tallas se presentaron en casi todas las combinaciones de pares de meses.

La talla de *P. solida* (L) presentó las mayores correlaciones con la densidad ($r^2 = -0,57$) y con el pH ($r^2 = 0,56$) ($P < 0,05$). Según la regresión múltiple, el pH fue la variable independiente que mejor explicó la variabilidad de la talla, pero con un coeficiente de determinación bajo ($r^2 = 32,96\%$, $P < 0,05$). Con la densidad y demás variables ambientales los valores de R^2 fueron aún menores y no significativos ($P > 0,1$). El tipo de sustrato tampoco se correlacionó con la talla ni con la densidad. A modo comparativo, las tallas de la almeja en este estudio tendieron a ser menores que las tallas de captura de la pesquería en años anteriores y además se sobrepusieron con las tallas de madurez (Fig. 5).

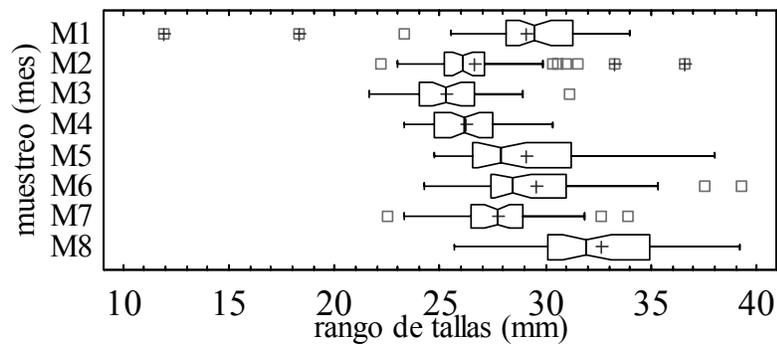
CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Se apreciaron diferencias claras a simple vista en las proporciones de las conchas de *P. solida*, donde los ejemplares de El Torno y Tronconera tenían un espesor mayor, los de Poza Verde eran más comprimidos lateralmente y los de Atascosa tendían a ser más alargados, en relación con el alto. Las relaciones morfométricas L/A, L/E y A/E se aprecian en la Tabla 3. Las ANOVAS de Friedman indicaron diferencias entre ciénagas ($P < 0,05$) para L/E ($\text{Chi}^2 = 8,25$) y A/E ($\text{Chi}^2 = 13,40$), pero no para L/A ($\text{Chi}^2 = 7,65$; $P = 0,05$). Una prueba de rangos de Wilcoxon, determinó diferencias específicamente en Poza Verde respecto a El Torno y a Atascosa para L/A y L/E ($P < 0,05$), mientras que A/E en Poza Verde, mostró diferencias significativas con El Torno, Tronconera y Atascosa (De La Hoz 2005). Es decir, El Torno, Tronconera y Atascosa tendieron a parecerse más entre sí que con Poza Verde. Los coeficientes de concordancia bajos (0,32 para L/A, 0,34 para L/E y 0,74 para A/E), indicaron un patrón de variación no muy claro en las proporciones de la concha en el tiempo entre ciénagas.

a) Poza Verde



b) El Torno



c) Atascosa

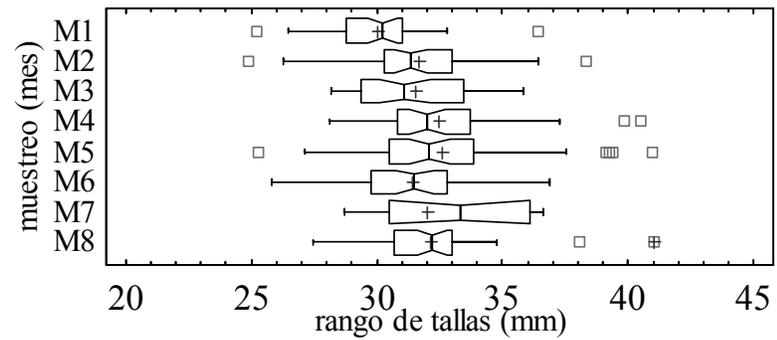


Figura 4 (a, b y c). Diferencias en las distribuciones de tallas de *Polymesoda solida*, entre muestreos y entre estaciones: a) Poza Verde, b) El Torno, y c) Atascosa. Meses M1 a M8: abril a noviembre de 2004.

d) Comparación entre ciénagas.

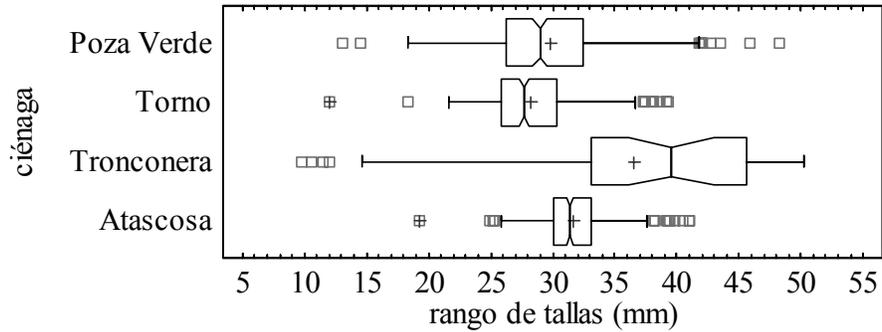


Figura 4 (d). Diferencias en las distribuciones de tallas de *Polymesoda solida*, entre muestreos y entre estaciones: d) comparación entre las ciénagas. Meses M1 a M8: abril a noviembre de 2004. Las horquillas indican la localización de las medianas y las cruces corresponden a los promedios. No se incluyen las distribuciones mensuales en Tronconera debido a la alta escasez de individuos.

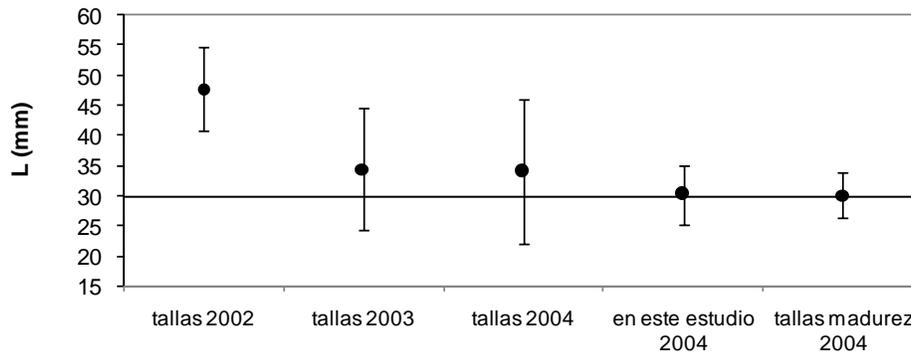


Figura 5. Distribuciones de tallas de captura de *Polymesoda solida* con la barras de desviación estándar entre 2002 y 2004 en todo el SOIS (Fuente: SIPEIN 2004). Se compara con las tallas de madurez (De La Hoz 2005) y de colecta en este estudio. Límite de referencia: talla media de madurez en 2004 (29,5 mm).

Tabla 3. Relaciones largo/alto (L/A), largo/espesor (L/E), alto/espesor A/E y peso de la concha (g) de *Polymesoda solida* en las cuatro ciénagas estudiadas en el sector occidental de la Isla de Salamanca. Se compara con el peso de las conchas (De La Hoz 2005).

	L/A	DE	L/E	DE	A/E	DE	Peso Concha	n
Poza Verde	1,06	0,04	1,78	0,15	1,69	0,13	6,35	299
El Torno	1,08	0,03	1,63	0,13	1,50	0,11	5,63	301
Tronconera	1,06	0,04	1,43	0,10	1,35	0,08	8,50	32
Atascosa	1,08	0,03	1,64	0,15	1,52	0,13	7,90	279

DE = desviación estándar.

Es de resaltar la relevancia de las diferencias entre sitios, ilustrada en el ACP de las relaciones morfométricas (Fig. 6), donde se aprecian separadamente grupos de muestras de Poza Verde, Tronconera y algunas de El

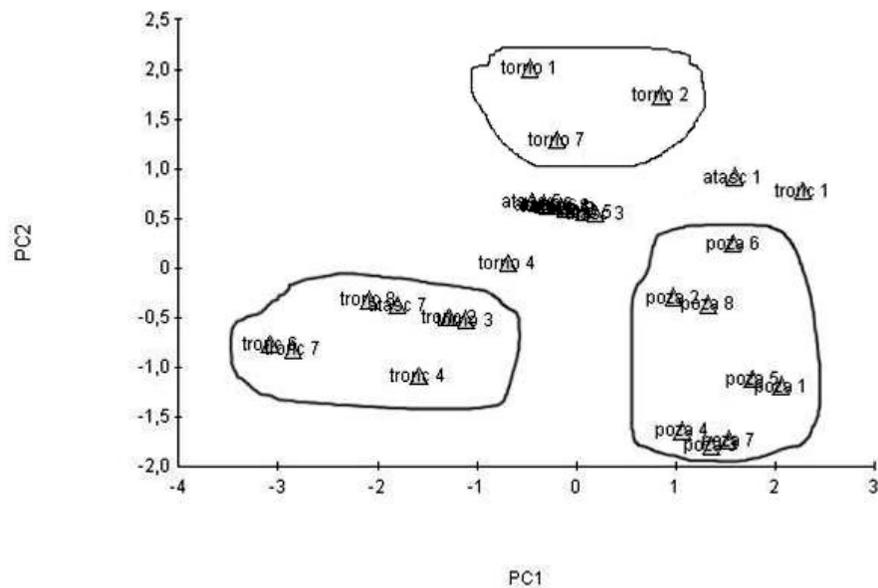


Figura 6. Análisis de componentes principales de las muestras mensuales para las relaciones morfométricas L/A, L/E y A/E de *Polymesoda solida* en las cuatro ciénagas del sector occidental de la Isla de Salamanca (SOIS).

Torno, aunque la sobreposición de la mayoría de muestras de Atascosa con varias de El Torno, recalca que Poza Verde tiende a ser la que marca más diferencias. Los componentes 1 y 2 explicaron 99,7% de la variabilidad, con el valor del vector más alto en el PC1 para L/E y A/E, (0,70 y 0,68 resp.) y en el PC2 para L/A (0,97). Estos resultados señalan la importancia del espesor, en determinar dicha variabilidad. El análisis de la alometría (Tabla 4), muestra las tendencias a diferentes tipos de crecimiento en cada eje de las conchas.

Tabla 4. Regresiones potenciales para análisis de la alometría de *Polymesoda solida*, en las cuatro ciénagas del sector occidental de la Isla de Salamanca.

Relación	Poza Verde	El Torno	Tronconera	Atascosa
L/A	A = 1,16 L ^{0,94} R ² = 0,96 A -	A = 1,15 L ^{0,93} R ² = 0,95 A -	A = 0,95 L ^{0,99} R ² = 0,99 Isométrico	A = 1,11 L ^{0,95} R ² = 0,91 A -
L/E	E = 0,39 L ^{1,10} R ² = 0,83 A +	E = 0,78 L ^{0,93} R ² = 0,71 A -	E = 0,40 L ^{1,14} R ² = 0,97 A +	E = 0,54 L ^{1,03} R ² = 0,42 Isométrico
A/E	E = 0,33 A ^{1,17} R ² = 0,85 A +	E = 0,67 A ^{0,99} R ² = 0,75 Isométrico	E = 0,43 A ^{1,14} R ² = 0,98 A +	E = 0,37 A ^{1,17} R ² = 0,52 A +

A - = Alométrico negativo, A + = Alométrico positivo.

DISCUSIÓN

DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE *P. SOLIDA*

La fluctuación temporal de las variables ambientales en el sector occidental de la Isla de Salamanca (SOIS), obedece a los cambios estacionales propios de la zona, mientras que las diferencias entre ciénagas son el reflejo del gradiente espacial de influencia del río Magdalena (RM) y del mar Caribe (Erffa 1973, INVEMAR 2004) (Fig. 2). La salinidad, el pH y la transparencia del agua, podrían ser las variables fisicoquímicas que influyen de manera más importante en las diferencias espaciales y temporales de la densidad de la almeja, dada su gran dependencia del aporte de agua dulce al sistema, determinado por el régimen del RM (INVEMAR- CORPAMAG 2002), a pesar de la falta de correlaciones. No obstante, está documentada la importancia de la salinidad al regir los cambios en los sistemas estuarinos (Bulger *et al.* 1993), de

ahí la presencia de un patrón similar de variación para la salinidad y pH en el tiempo (coeficientes de concordancia relativamente altos), aunque visiblemente no es muy claro (Fig. 2), debido a que la escala de variación es pequeña. La ausencia de correlaciones entre el nivel del RM, la densidad de *P. solida* y todas las variables ambientales, puede obedecer a la complejidad típica de estos ecosistemas y de esta clase de organismos. También pueden estar influyendo otras variables que no son tenidas en cuenta (Severeyn *et al.* 1996). El dragado de caños efectuado en 2002, que mantuvo muy baja la salinidad en el SOIS (INVEMAR 2004), más la existencia de caudales del RM superiores al promedio multianual, precisamente dentro del periodo del presente estudio (CORPAMAG-UNINORTE 2005), puede ser otra causa de dicha falta de correlaciones. Por esto mismo también es difícil atribuir a uno u otro factor ambiental la tendencia de las abundancias a incrementarse a lo largo del año en las tres ciénagas explotadas; además con la CPUE ocurre algo similar, pero esto es debido a que los bajos niveles del RM a comienzo del año (Fig. 2) dificultan el tránsito de las embarcaciones (INVEMAR-CORPAMAG 2002), imposibilitando la extracción del recurso (Beleño, comun. pers. 2004) (Fig. 3).

De todas formas, se ha constatado a nivel histórico, que por variaciones extremas de salinidad del agua, han desaparecido especies de moluscos típicamente marinas en el SOIS, dando paso a la colonización de *P. solida* (Millán y Díaz 2005). Así, esta especie parece adaptarse mejor a las salinidades más bajas, en El Torno y Poza Verde, por poseer mayores densidades, pudiendo sugerirse mejores condiciones donde la influencia del río Madalena es más directa y constante. Duque (1993) también reporta mayores densidades de *P. solida* en estaciones con influencia fluvial más directa.

En relación con la transparencia del agua, el mayor contenido de MO en el sedimento de Poza Verde junto (Tabla 1) con los menores valores de disco Secchi (Fig. 2), estarían reflejando una mayor oferta de materia orgánica, de la que el género *Polymesoda* logra sacar ventaja. Igualmente, debido a la influencia fluvial más directa (Allen 1963, INVEMAR-CORPAMAG 2002), aunque no lograría explicar las densidades aún mayores en El Torno, que al contrario presenta un bajo contenido de MO en el sedimento y mayor transparencia del agua.

Por el contrario, la muerte masiva de *P. solida* en Atascosa, sí obedeció claramente al aumento brusco de salinidad por la apertura de la barra de arena. Estas formaciones de bocas por el efecto erosivo del mar (Erffa 1973), son de corta duración y ejercen influencia en áreas reducidas (Blanco *et al.* 2006), por lo que en las demás ciénagas y en los demás meses no se alteró la salinidad ni la abundancia del bivalvo.

Pero hay estudios que indican que esta especie se adapta a salinidades mucho mayores que las del SOIS en otros lugares (Severeyn *et al.* 1994), caso del lago de Maracaibo, con 2–20 y óptimo en 9,2 (Severeyn *et al.* 1996) y hasta en 30 en el Golfo de Urabá (Duque 1993). Por lo que podría suponerse que en el SOIS, la densidad de *P. solida* se ve más favorecida en menores salinidades por procesos adaptativos a través de generaciones dentro de esa población en particular.

La explicación a la baja densidad de *P. solida* en Tronconera, ciénaga que nunca ha sido explotada y con densidad y salinidad que siempre han sido bajas (Beleño, comun. pers. 2004), podría hallarse si se considera que la especie se organiza a modo de metapoblaciones (poblaciones locales parcialmente aisladas), lo cual es frecuente en sistemas de hábitats discontinuos, como lagunas separadas entre sí y en especies sedentarias con estadios larvales planctónicos (Grimm *et al.* 2003, Reise 2003). La ciénaga Tronconera podría ser una población “sumidero” y estaría siendo abastecida por poblaciones “fuente”, de mayor densidad, como Poza Verde o El Torno (Bascompte y Solé 1998, Reise 2003). Algún factor ambiental cuya determinación escapa al alcance de este estudio, podría estar impidiendo más reclutamiento local o más migración de larvas hacia Tronconera. Aunque *P. solida* no ocupa otros nichos diferentes a los reportados previamente (Beleño, comun. pers. 2004), hacen falta registros actualizados, por lo tanto sería recomendable revisar su distribución en un mayor número de cuerpos de agua del SOIS y estudiar su dispersión larval con el fin de entender mejor las causas de las diferencias especiales de abundancias.

El rango general de densidad de *P. solida* en el SOIS en este estudio (0–152,67 ind/m²), es menor al encontrado por Duque (1993) (23–496 ind/m²). De acuerdo con la escala de este autor (baja 0–99 ind/m²; media 100–339 ind/m² y alta 340–710 ind/m²), la densidad de la almeja en el SOIS puede considerarse entre baja y media, pero con más tendencia a baja. Por otro lado, en la ciénaga Poza Verde se encontraban alrededor de 150 ind/m² hace más de una década (Rueda y Urban 1998). Las densidades comparativamente no muy altas en este estudio y el aumento de la CPUE con los años (Fig. 3), deben considerarse como señales de riesgo para tener en cuenta al establecer pautas de manejo de la especie en Colombia. Por otro lado, en el lago de Maracaibo (Venezuela), se registraron más de 200 ind/m² (Rodríguez 1973), superando también al presente estudio, aunque hay que tener en cuenta que el lago de Maracaibo y el golfo de Urabá tienen condiciones ambientales diferentes, como las mayores salinidades.

Debe resaltarse que los factores ambientales varían continuamente, condición típica de estuarios como el SOIS; además la distribución en parches, común en organismos bentónicos (Rabinovich 1978), ocasiona variabilidad en las densidades a lo largo de los meses y entre réplicas por muestreo. Por lo tanto, aumentar la frecuencia de muestreo, el número de réplicas y el tiempo de estudio, ayudaría a encontrar una relación más clara entre la densidad y los factores ambientales y además permitiría observar una tendencia más definida en el comportamiento de las variables fisicoquímicas a nivel temporal. Existen otros estudios sobre bivalvos, cuyos muestreos son más extensos, caso de Reise (2003), con cerca de 800 muestras en cuadrantes de 400 cm² y abarcando varios años, y Prieto *et al.* (2001), con diez réplicas por estación en un año completo.

ESTRUCTURA DE TALLAS

El predominio en general del rango de tallas de 25–30 mm en *P. solida* (Fig. 4), puede deberse a que la tasa de crecimiento disminuye con la edad, resultando en que varios individuos de diferentes edades puedan pertenecer a un mismo rango de tallas (Duque 1993). Además, Severeyn *et al.* (1996) han demostrado que esta almeja disminuye su tasa de crecimiento precisamente alrededor de los 25 mm. Sin embargo, en este estudio el comportamiento del crecimiento de la almeja no se comprobó experimentalmente en las condiciones hidrodinámicas particulares del SOIS. El aumento de la tasa de mortalidad puede ser la causa de la baja representatividad, por un lado de individuos mayores a 35 mm, porque van envejeciendo, y por otro lado entre 10 y 20 mm porque las valvas aún son frágiles, siendo más susceptibles a predadores (Duque 1993). La jaiba *Callinectes sapidus* es depredador de *P. solida* (Rueda y Urban 1998) y ocupa el segundo lugar en importancia como recurso pesquero en el SOIS (INVEMAR-CORPAMAG 2002). Almejas de esta especie mayores de 40 mm se consideran longevas, se ha calculado una edad de siete años en almejas de más de 44 mm y una expectativa máxima de ocho años (Severeyn *et al.* 1996).

La escasez de tallas pequeñas, como juveniles entre 1 y 10 mm, se debió a que las almejas reclutas se fijan en áreas diferentes a las de los adultos, en el SOIS prefieren las orillas, por contener más arena y cascajo, con mayor estabilidad en comparación con el sustrato de las zonas de pesca (De La Hoz 2005), lo que es común en almejas de diferentes especies (Borrero 1982). Esta separación entre etapas larvales y poblaciones locales de adultos, incide en que la distribución de tallas de las muestras de la fracción explotable de la población, no refleje en su totalidad la distribución de tallas de la población completa; esto es característico en metapoblaciones de bivalvos (Reise 2003).

La alta variabilidad de las tallas entre muestreos, indicada por la discontinuidad en las distribuciones (Fig. 4), puede atribuirse a la pesca selectiva (Beleño, comun. pers. 2004), que además es una razón adicional para la baja representación de los rangos de tallas grandes (Franco 1995) y también es una razón por la que la talla media de captura en el 2004 (SIPEIN 2004) fue mayor a la del presente estudio en el mismo año (Fig. 5), pues las colectas en este estudio se efectuaron al azar.

El hecho de que el pH haya sido la variable fisicoquímica que mejor explicó el comportamiento de la talla de *P. solida*, aunque con un R^2 muy bajo, está relacionado con la importancia de la salinidad (bien correlacionada con aquel), ya mencionada en los sistemas estuarinos (Bulger *et al.* 1993). Esto concuerda con la presencia de rangos característicos de salinidad y pH y tallas, en cada ciénaga. El bajo poder explicativo de las variables independientes sobre el comportamiento de la talla, pudo deberse, igual que en el caso de la densidad, al hecho de no haber considerado otros factores. Si bien el pH es muy importante en el crecimiento y formación de las valvas en moluscos, va ligado a otras variables como concentración de iones, densidad de fitoplancton, factores genéticos, entre muchos otros (Russell-Hunter 1964).

El aumento de la CPUE de *P. solida* mencionado anteriormente, va unido a la disminución de las tallas de captura en la pesquería en promedio, con 47,69 mm en 2002; 34,35 mm en 2003 y 33,95 mm en 2004 (SIPEIN 2004), siendo incluso menor el promedio en las muestras del presente estudio (30,08 mm) y además se asocia a la sobreposición de éstas a las tallas de madurez sexual de la gónada femenina (llenura máxima de óvulos) (De La Hoz 2005) (Fig. 5). Esta disminución de las tallas puede considerarse otra señal de riesgo en la pesquería; hace más de una década en la ciénaga Poza Verde el rango de tallas mejor representado fue 30–40 mm (Rueda y Urban 1998), mientras que en el presente estudio fue 25–30 mm en general, y aunque en solamente en Atascosa predominó 30–35 mm, la representación de 35–40 mm no fue la mejor en ninguna de las tres ciénagas explotadas.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Las diferencias en las proporciones de la concha de *P. solida*, entre los cuatro cuerpos de agua (Tabla 3), podría estar indicando presencia de ecofenotipos, es decir, variaciones en rasgos externos de una misma especie como respuesta a condiciones ambientales (Gaspar *et al.* 2002). La variabilidad en dichas proporciones a través del tiempo es señal de variaciones lo largo del crecimiento, indicada especialmente por la alometría y por los r^2 no muy altos

(Gómez 2001) (Tabla 4). La similitud que se marca más entre el Torno, Tronconera y Atascosa, como se muestra en el ACP (Fig. 6), podría revelar una respuesta adaptativa a las condiciones hidrológicas, y coincide con las diferencias en los niveles de salinidad, exclusivamente limnéticos en Poza Verde, y variables hasta a mesohalinos en las ciénagas restantes. Nuevamente se resalta que el tamaño de muestra pudo haber sido insuficiente, para comprobar estadísticamente esta relación.

Lo mismo puede decirse de las implicaciones del tipo de sedimento; Severeyn (comun. pers. 2005) ha observado que la relación L/A en *P. solida* varía según el grado de dureza del sedimento. Así mismo, Espoz *et al.* (2004) señalan en estudios de patelogastrópodos, que el patrón de la concha varía dependiendo del sustrato en el cual habitan los especímenes. El aplanamiento lateral de las almejas de Poza Verde (mayor relación L/E) (Tabla 3), posiblemente les permite no hundirse muy profundamente en el lodo, manteniéndose así en un nivel de oxigenación tolerable. Por el contrario, en los sustratos más firmes de Atascosa y Tronconera, las almejas no tendrán el problema de hundirse, a pesar de poseer conchas más pesadas (De La Hoz 2005). De este modo, bivalvos más robustos resistirán condiciones hidrodinámicas más fuertes (Gil *et al.* 2005a) en las dos ciénagas más cercanas al mar y con mayor influencia de corrientes. Por otro lado, la mayor relación L/A en El Torno y Atascosa, se ha señalado en otras especies como adaptación para excavar en el sedimento más arenoso a la profundidad necesaria para reducir perturbaciones (Gaspar *et al.* 2002). La alometría negativa en la relación L/A, también indica alargamiento anteroposterior como adaptación para mejorar la eficiencia de excavación (Gil *et al.* 2005b). Severeyn *et al.* (1994) mencionan la alta variación morfológica de *P. solida*, en especial en la relación L/E, encontrando un rango de 1,4 a 3,8. En el SOIS estas relaciones se encuentran hacia la parte inferior de este rango (Tabla 3), es decir, que la especie es potencialmente más variable en su morfometría de lo que se observó en el presente estudio.

Si bien las características morfométricas de *P. solida*, son principalmente el resultado de la adaptación al ambiente, para las densidades y tallas, la influencia de factores naturales y antropogénicos siempre será conjunta por el gran dinamismo natural, propio de esta clase de ecosistemas, caracterizados por la alta oferta de recursos explotables. Es de resaltar la importancia de mantener rangos óptimos en las condiciones ambientales para que la especie no desaparezca, como ocurrió en la Ciénaga Grande de Santa Marta por el aumento de la salinidad (Díaz y Puyana 1994). Por otro lado, la información pesquera disponible sobre la especie en el SOIS (SIPEIN 2004) no hace

distinción entre cuerpos de agua y esto limita las posibilidades de comparación en cada laguna. La actividad pesquera debe estar influyendo en la ecología del recurso en las tres ciénagas explotadas, en cuanto a densidad y tallas, por haberse detectado señales de riesgo que sugieren sobreexplotación de *P. solida*.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia (Posgrado en Biología Marina). En particular a Néstor Campos, Jacobo Blanco, Efraín Viloria y Juan Carlos Narváez (Programa VAR-INVEMAR). A Héctor Severeyn (Universidad del Zulia), muy especialmente, por la asesoría en la documentación sobre la ecología de la especie.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, J. A. 1963. Ecology and functional morphology of mollusks. *Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.* 1: 253–288.
- BASCOMPTE, J. Y R. V. SOLÉ. 1998. Models of habitat fragmentation. Pp. 127–149, *en* J. Bascompte y R. V. Solé (eds.), *Modeling spatiotemporal dynamics in ecology*, Cap. 7. Springer-Verlag and Landes Bioscience, Georgetown, TX, USA.
- BERNAL, G. 1996. Caracterización geomorfológica de la Llanura Deltaica del Río Magdalena, con énfasis en el sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 25: 19–48.
- BLANCO, J., E. VILORIA Y J. NARVÁEZ. 2006. ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean. *Estuarine, Coastal Shelf Science* 66(1–2): 157–167.
- BORRERO, F. J. 1982. Observaciones sobre la recolección de juveniles de piangua *Anadara* spp. y las condiciones oceanográficas en el área de Punta Soldado, Bahía de Buenaventura. Tesis (Biol.), Dpto. de Biología, Div. de Ciencias, Univ. del Valle, Cali, 110 pp.
- BULGER, A. J., B. P. HAYDEN, M. E. MONACO, D. M. NELSON Y M. G. MCCORMICK-RAY. 1993. Biologically-based estuarine salinity zones derived from a multivariate analysis. *Estuaries* 16(2): 311–322.
- CORPAMAG-UNINORTE. 2005. Alternativas agroambientales de la zona Sur de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta, Santa Marta, 227 pp.
- COSEL, R. VON. 1973. Lista preliminar de los moluscos de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). *Mitt. Inst. Colombo-Alemán. Invest. Cient.* 7: 47–57.
- DE LA HOZ, M. V. 2005. Distribución, abundancia y aspectos biológicos de la almeja *Polymesoda solida* Phillippi, 1846 (Bivalvia: Corbiculidae) en la isla de Salamanca, Caribe colombiano. Tesis M.Sc Biol. Mar., Univ. Nal. de Colombia. Santa Marta, 132 pp. Disponible en: www.invemar.org.co/redcosteral/invemar/docs/RinconLiterario/T_603.pdf.

- DE LA HOZ, M. V. 2008. Primer registro en Colombia de *Corbicula fluminea* (Mollusca: Bivalvia: Corbiculidae), una especie invasora. Bol. Invest. Mar. Cost 37(1): 197–202.
- DÍAZ, J. M. Y M. PUYANA. 1994. Moluscos del Caribe colombiano. Un catálogo ilustrado (1ª ed.). COLCIENCIAS–Fundación Natura–INVEMAR, 291 pp.
- DIGBY, P. G. Y R. A. KEMPTON. 1994. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman–Hall, London, U K, 206 pp.
- DUQUE, P. 1993. Algunos aspectos de la biología y ecología de *Polymesoda arctata* en la Bahía de Marirrio (Golfo de Urabá). Tesis (Biol.), Univ. de Antioquia, Medellín, 135 pp.
- ERFFA, A. VON. 1973. Sedimentación, transporte y erosión en la costa Norte de Colombia entre Barranquilla y la Sierra Nevada de Santa Marta. Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient. 7: 155–209.
- ESPOZ, C., R. DAVID, J. LINDBERG, C. CASTILLA Y W. BRIAN. 2004. Principales caracteres de la estructura de la concha y morfología corporal de las especies de patelogastrópodos intermareales de Chile y Perú. Rev. Chilena de Historia Natural 77: 257–283.
- FRANCO, L. 1995. Uso y conservación de moluscos del género *Anadara* (Mollusca: Bivalvia): Evidencia poblacional en un gradiente de explotación humana en el Chocó, costa Pacífica colombiana. Tesis M.sc. Biol. Mar., Univ. Nal. de Colombia–INVEMAR, Bogotá, 136 pp.
- GARCÍA DE SEVEREYN, Y., H. SEVEREYN Y J. J. EWALD. 1994. Early development of the estuarine mollusk *Polymesoda solida* (Philippi, 1846) (Bivalvia: Corbiculidae) in Lake Maracaibo. Venezuela. Am. Malacol. Bull. 11(1): 51–56.
- GASPAR, M. B., M. N. SANTOS, P. VASCONCELOS Y C. C. MONTEIRO. 2002. Shell morphometrics relationships of the most common bivalve species (Mollusca: Bivalvia) of the Algarve coast (Southern Portugal). Hydrobiology 477(1): 73–80.
- GIL, G. M., J. W. THOME Y J. S. TRONCOSO. 2005a. Segregación por tamaño en tres especies de *Donax*. Resúmenes VI Congreso Latinoamericano de Malacología. 2 al 9 de julio de 2005. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Panamá. p. 160
- GIL, G. M., J. W. THOME Y J. S. TRONCOSO. 2005b. Shell morphometric relationships of the five species of *Donax*. Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Malacología, 2 al 9 de julio de 2005, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá, p. 175.
- GÓMEZ, P. 2001. Identificación de stocks de pargo rayado *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758) en el área norte del Caribe colombiano. Tesis (Biol. Mar.), Fac. Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. Colombia, 146 pp.
- GRIMM, V., K. REISE Y M. STRASSER. 2003. Marine metapopulations: a useful concept? Helgol. Mar. Res. 56: 222–228.
- HERNÁNDEZ, C. A. 1983. Estado actual de los bancos naturales de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) en el norte de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis. Biol., Fac. de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, 167 pp.
- HOLME, N. A. Y A. D. MCINTYRE. 1971. Methods for the study of marine benthos. IBP Handbook No. 10. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. 334 pp.

- INVEMAR. 2002. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros de Colombia: Año 2002. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR, No. 8, Santa Marta, Colombia, 292 pp.
- INVEMAR. 2004. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe final. INVEMAR-CORPAMAG, Santa Marta, Colombia, 105 pp.
- INVEMAR-CORPAMAG. 2002. Monitoreo de las condiciones ambientales del Sector Occidental de la Isla de Salamanca. Descripción de la calidad ambiental. Informe técnico final, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, Santa Marta, Colombia, 80 pp.
- ITUARTE, C. F. 1994. *Corbicula* and *Neocorbicula* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Paraná, Uruguay, and Río de La Plata Basins. *The Nautilus* 107(4): 129–135.
- MILLÁN, A. Y J. M. DÍAZ. 2005. Cambios históricos en la malacofauna de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano: Tres décadas de transformación ecológica de una laguna costera tropical. Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Malacología, 2 al 9 de julio de 2005, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá, p. 145.
- OSPINA, D. 2001. Introducción al muestreo. Univ. Nal. de Colombia, Fac. de Ciencias (1ª ed.) Editorial Unibiblos, Bogotá, Colombia, 262 pp.
- PRIETO, A., O. RAMOS, D. ARRIECHE, J. VILLALBA Y C. LODEIROS. 2001. Producción secundaria e índice de condición en *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia) del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 49(2): 599–608.
- RABINOVICH, J. E. 1978. Ecología de las poblaciones animales. Monografía No. 21, Departamento de Asuntos Científicos, Secretaría General de la OEA, Washington, D. C., 114 pp.
- REISE, K. 2003. Metapopulation structure in the lagoon cockle *Cerastoderma lamarcki* in the northern Wadden Sea. *Helgol. Mar. Res.* 56: 252–258.
- RODRÍGUEZ, G. 1973. El sistema de Maracaibo. Biología y ambiente. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela, 395 pp.
- RUEDA, M. Y H. J. URBAN. 1998. Population dynamics and fishery of the freshwater clam *Polymesoda solida* (Corbiculidae) in Ciénaga Poza Verde, Salamanca Island, Colombian Caribbean. *Fish. Res.* 39: 75–86.
- RUSSELL-HUNTER, W. 1964. Physiological aspects of ecology in non-marine molluscs. Pp. 83-116, *en* Wilbur y Yonge (eds.), *Physiology of Mollusca*, Vol. 2
- SEVEREYN, H. J., Y. GARCÍA Y J. J. EWALD. 1994. Taxonomic revisión of *Polymesoda solida* (Phillippi, 1846) (Bivalvia: Corbiculidae), a new name for *Polymesoda arctata*, the estuarine clam of Lake Maracaibo and other estuaries of the tropical Atlantic coasts of America. *Rev. Cient. Fac. Experimental de Ciencias, Univ. de Zulia* 2: 53–65.
- SEVEREYN, H. J., Y. GARCÍA, J. J. EWALD Y F. MORALES. 1996. Efectos de parámetros ambientales y la talla inicial sobre el crecimiento de la almeja comercial *Polymesoda solida* (Phillippi, 1846) (Bivalvia: Corbiculidae) en condiciones naturales. *Rev. Fac. Agron.* 13: 341–356. Universidad del Zulia.

- SIPEIN. 2004. Sistema de Información Pesquera del INVEMAR. Manual de usuario, Versión 2.0, Santa Marta, Colombia, 110 pp.
- SOKAL, R. Y F. J. ROHLF. 1981. Biometry (2 ed.). W. H. Freeman y Co., New York, 859 pp.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical analysis (4 ed.). Prentice Hall, Biol. Sci. Series, New York, NY, USA, 450 pp.