

Densidad y Distribución de la Estructura Poblacional de *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Strombidae) Asociada a Diferentes Hábitats en el Archipiélago Nuestra Señora del Rosario, Caribe Colombiano

KELLY GÓMEZ-CAMPO, MARIO RUEDA, CAROLINA GARCÍA-VALENCIA,
FELIPA BALLESTEROS, y L. E. MEJÍA

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

INVEMAR

A:A. 1016, Cerro de Punta Betín

Santa Marta, Colombia

RESUMEN

Se evaluó la densidad y distribución de *Strombus gigas* y su asociación a diferentes hábitats a partir del muestreo de 184 estaciones organizadas sistemáticamente en dos épocas climáticas (húmeda y seca), donde se contaron y midieron los individuos presentes en un área circular de 1,256.6 m² mediante buceo autónomo, a la vez que se hicieron observaciones in situ sobre los tipos de hábitats. La densidad total fue baja según lo reportado en otras regiones del Caribe, 4 ind/ha ± 10.8 y 3.7 ind/ha ± 9.3, para las épocas húmeda y seca, respectivamente; mientras que los adultos (longitud total > 22 cm) representaron un 89 y 64% de la población, especialmente agrupados en Bajo Tortugas e Isla Tesoro. Aunque se observó actividad reproductiva durante la época húmeda, la densidad estuvo por debajo de niveles críticos que garanticen el éxito reproductivo de la población, indicando potencial ocurrencia del ‘Efecto Allee’. La extensión y distribución de hábitats disponibles y la frecuencia de observación de individuos en cada hábitat, permitieron identificar la asociación de la especie con la heterogeneidad de hábitats. Se registró mayor densidad de adultos durante la época húmeda en hábitats de rodolitos-arena (RdA) (< 25 ind/ha), con alguna presencia en arena-cascajo (AC) y fondo mixto (Fmx) (< 5 ind/ha). Individuos juveniles se asociaron a hábitats de praderas de pastos (Pp) y AC. Durante la época seca individuos adultos se agruparon en RdA, AC y Fmx en proporciones similares, mientras que los juveniles se agruparon nuevamente en Pp, seguido de praderas de macroalgas (Pm), AC y Fmx. Los caracoles reproductivamente activos en época húmeda se registraron en hábitats de RdA y AC. Los modelos de regresión múltiple explicaron el 48 y 14% de la varianza total en la densidad de adultos para la época húmeda y seca, respectivamente, con profundidad, tamaño medio de grano y porcentaje de coral mixto como variables predictoras. Es importante para la conservación de *S. gigas* tener en cuenta la protección de los hábitats de Pp, AC y Fmx, los cuales agruparon juveniles y adultos con comportamiento reproductivo.

PALABRAS CLAVES: *Strombus gigas*, hábitat, densidad, Archipiélago Nuestra Señora del Rosario

Density and Distribution of *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Strombidae) Population Structure Associated to Different Habitats in Archipiélago Nuestra Señora del Rosario, Caribbean

Density and distribution of *S. gigas* as well as its association to different kind of habitats was explored through a survey of 184 stations organized systematically in two seasons (rainy and dry). Each individual was counted and measured in a circular area of 1,256.6 m² with SCUBA, whereas *in situ* observations about habitat characteristics were conducted simultaneously. Total densities were among the lowest reported in the Caribbean, 4 ind/ha ± 10.8 and 3.7 ind/ha ± 9.3 for both rainy and dry seasons. Adults (shell length > 22 cm) represented 89 and 64% of the population, concentrated in Bajo Tortugas and Isla Tesoro. Even though reproductive activity was observed during rainy season, densities were below critical levels that could guarantee reproductive success in the population, indicating potential occurrence of the ‘Allee Effect’. The extension and distribution of available habitat and the frequencies of observations in each habitat, allowed identify habitat association for *S. gigas*. Densities of adults were higher during rainy season on ‘rodolitos-sand’ habitat (RdA) (<25 ind/ha), followed by ‘sand-rubble’ (AC) and ‘mixed bottom’ (Fmx) habitats (< 5 ind/ha). Juveniles were associated to ‘seagrass’ habitat (Pp) and AC. During dry season adults were concentrated on RdA, AC and Fmx in similar proportions, while juveniles gathered again in Pp, followed by algal plain, AC, and Fmx. Reproductive behavior of conchs during rainy season was observed on RdA and AC habitats. Multiple regressions models explained 48 and 14% of the total variance in the abundance of adults during rainy and dry seasons, respectively; with depth, mean grain size and percentage of mixed coral as predictor variables. Management implications of the above findings suggest protection of Pp, AC and Fmx habitats, which gathered juveniles and spawning stock of the queen conch.

KEY WORDS: *Strombus gigas*, habitat, density, Archipiélago Nuestra Señora del Rosario

INTRODUCCIÓN

El gasterópodo *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 pertenece a la familia Strombidae y debe su gran importancia al valor económico de su carne y al papel ecológico en su hábitat (Randall 1964). El caracol pala es una especie herbívora que habita generalmente en un rango de 2 a 20 m de profundidad sobre fondos de praderas de pastos marinos, parches de arena, cascajo y praderas de macroalgas a lo largo de todo el Caribe, desde Bermuda y el sur de Florida hasta la costa norte de Sudamérica (Randall 1964, Ray y Stoner 1994, Glazer y Kidney 2004).

En las últimas décadas se ha desarrollado a gran escala la pesca comercial de *S. gigas* como respuesta a la alta demanda internacional, hasta el punto de llevarlo a la Lista Roja de Animales Amenazados de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN-1994 como especie ‘comercialmente amenazada’ y listada en el Apéndice II de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres CITES (CITES 2003). Además de la presión pesquera, la destrucción de hábitats de crianza a causa de diferentes métodos de pesca y contaminación constituye un factor importante que influye potencialmente en la amenaza de la especie. Por todo lo anterior, la regulación por parte de CITES para manejo pesquero y conservación en los países afectados, pretenden propiciar la recuperación de las poblaciones y los hábitats esenciales para evitar la potencial extinción de la especie. En este sentido la literatura ha documentado que la creación de áreas marinas protegidas (AMPs) (Stoner 1997) y las estrategias de repoblación y trasplante (Stoner y Glazer 1998), son medidas de conservación prometedoras para la recuperación de la especie. No obstante, el diseño de AMPs para la protección de agregaciones reproductivas o mecanismos de recuperación de poblaciones a través de estrategias de repoblación y trasplante, requieren del conocimiento de la distribución de la especie objeto de estudio y su asociación con el hábitat que ocupa (Stoner 1997). Una revisión realizada para responder a qué constituye para esta especie un hábitat esencial de crianza? indicó que no sólo la forma del hábitat puede describir y predecir si es esencial, sino que además su función en términos de interacciones ecológicas resulta imprescindible para identificar hábitats esenciales (Stoner 2003).

El Archipiélago Nuestra Señora del Rosario (NSR) es uno de los pocos lugares del Caribe colombiano donde aún se registra *S. gigas* (Lagos 1994). Aunque está declarado como Parque Nacional Natural, el Archipiélago NSR es un lugar sometido a intensa actividad antropogénica como el turismo y la pesca, actividades que han conducido a que la población de *S. gigas* presente signos de sobreexplotación con una disminución en las capturas y en su talla media en la pesca artesanal. Medidas de conservación como la declaración de áreas intangibles (cerradas a la intervención humana), no han rendido los frutos esperados, probablemente por la falta de control y vigilancia o por la falta de

conservación dirigida exclusivamente a *S. gigas* con base en el conocimiento del estado actual de la población y su contexto espacial asociado a la heterogeneidad de hábitats existentes en el área de estudio. Esta investigación con base en muestreos intensivos de la población y el hábitat que ocupa, busca estimar la densidad y patrones de distribución de la población de *S. gigas*, así como su asociación a diferentes hábitats en el Archipiélago NSR. Esta información permitirá apoyar planes de repoblación, trasplante y/o diseño de áreas marinas protegidas dirigidas para conservar la especie.

MÉTODOS

Área de Estudio

El Archipiélago NSR hace parte del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCR y SB), se encuentra en el mar Caribe colombiano, dentro de la jurisdicción del Distrito Turístico, Cultural e Histórico de Cartagena de Indias en el departamento de Bolívar. Se ubica entre los 10°06' y 10°15' N y 75°36' y 75°50' W (Alvarado *et al.* 1986, Díaz *et al.* 2000) (Figura 1), presentando dos épocas climáticas que corresponden a la época húmeda de mayo a noviembre y la época seca de diciembre a abril.

Diseño de Muestreo

Con base en cartografía preexistente de fondos potencialmente favorables para *S. gigas* en el Archipiélago NSR (Díaz *et al.* 1996), se diseñó un muestreo sistemático de 87 y 97 estaciones para la época húmeda (agosto de 2004) y seca (febrero de 2005), respectivamente, organizadas espacialmente cada 500 en los diferentes sectores del archipiélago: Bajo Tortugas (BT), Isla Tesoro (TROS), Isla Grande norte (IGN), Isla Grande sur (IGS), Isla Grande oriental (IGO), Isla Rosario (IR) e Isla Arena (IA). En cada estación (unidad de muestreo), se hizo una inmersión con equipo de buceo autónomo, cubriendo un área circular de 1,256.6 m² descrita por un radio de 20 m. Todos los caracoles encontrados en el área circular se contaron y midieron; simultáneamente, se tomaron las variables profundidad, temperatura, salinidad, tamaño de grano, materia orgánica en el sedimento, densidad de vástagos y tipo de fondo determinado por medio de la cuantificación de la cobertura del sustrato en porcentaje a partir de observación directa.

Análisis de Información

Para efectos de evaluar la estructura de la población, los individuos se clasificaron en grupos de edades de acuerdo a su longitud total: juveniles ≤ 22 cm y adultos > 22 cm (Hernández *et al.* 1997), cuya diferencia estacional de densidad se evaluó mediante una prueba de Mann-Whitney (U) (Zar 1996). Para evaluar la relación entre variables descriptoras del hábitat y la densidad de juveniles y adultos, se usó análisis de regresión múltiple.

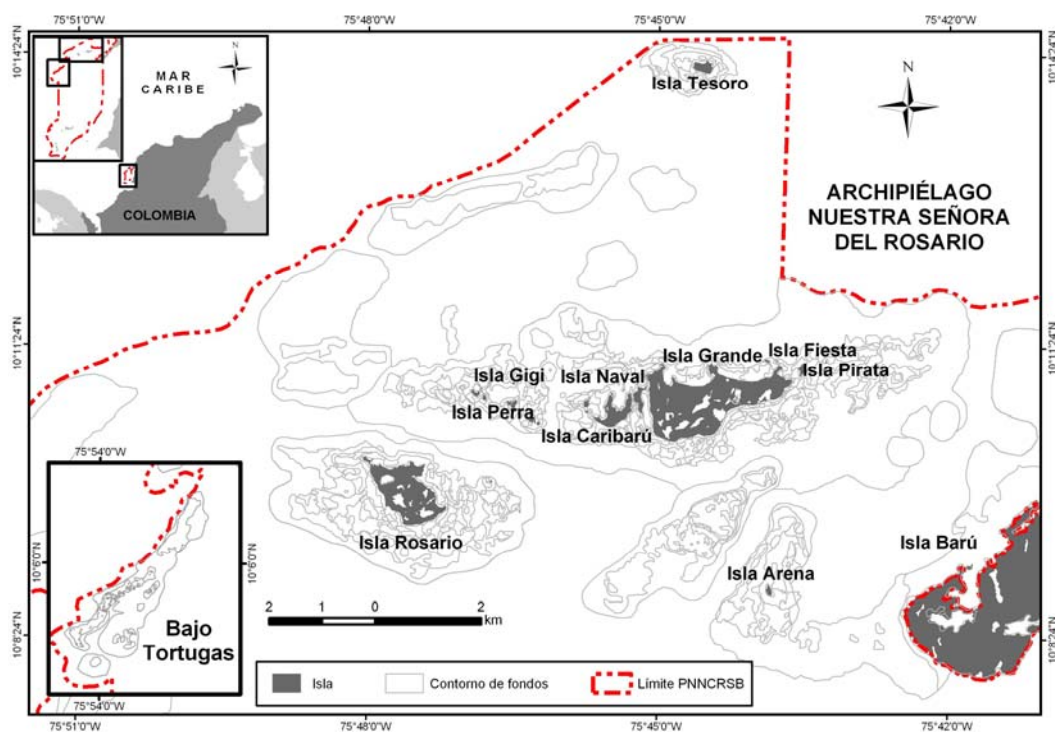


Figura 1. Ubicación y delimitación del Archipiélago Nuestra Señora del Rosario (modificado de INVEMAR-UAESPNN- CARDIQUE-EPA CARTAGENA - DIMAR, 2003)

RESULTADOS

Densidad y Distribución

La abundancia de individuos no presentó diferencias entre épocas climáticas tanto para adultos (Prueba $U = 4170.5$; $p = 0.82$), como para juveniles (Prueba $U = 3893$; $p = 0.06$), sin embargo, es claro el carácter marginal de la segunda comparación. En época húmeda se registraron 44 individuos en total, de los cuales 11% fueron juveniles y 89% adultos. Los individuos juveniles solo se encontraron en los sectores IGS, TROS e IR, con densidades medias en cada sector que no sobrepasaron 1.1 ind/ha (Tabla 1). Debido a la poca presencia de juveniles, los individuos adultos representaron la población de *S. gigas* en la época húmeda, con una densidad media de 3.6 ± 10.7 ind/ha. En el sector BT, todos los individuos encontrados fueron adultos, con un rango de 0.0 – 55.7 ind/ha y un valor medio de 23.9 ± 23.5 ind/ha, mientras que en el sector TROS se encontró también una densidad relevante de 9.7 ± 8.70 ind/ha (Tabla 1).

En la época seca se encontraron 45 individuos vivos en total, de los cuales 36% fueron juveniles y 64 % adultos. La densidad media de juveniles fue 1.3 ± 4.25 ind/ha (Tabla 1). Los valores más altos se registraron en los sectores IGN (2.9 ± 9.6 ind/ha) e IA (2.4 ± 3.8 ind/ha), seguidos de TROS, IR e IGS, mientras que los sectores BT e IGO no presentaron individuos juveniles. Con relación a la población adulta, los sectores BT y TROS mostraron las densidades medias más altas en el archipiélago ($11.5 \pm$

17.84 ind/ha y 9.7 ± 15.8 ind/ha). Las densidades medias más bajas se registraron en IGS, IGN, IGO e IR (< 1.00 ind/ha). En el sector BT, todos los individuos encontrados fueron adultos, con un rango de 0.0 – 55.70 ind/ha, mientras que en el sector IA hubo ausencia total de individuos adultos.

Hábitats Ocupados por *S. gigas*

Durante la época húmeda y teniendo en cuenta las bajas densidades de juveniles halladas en el Archipiélago, solo se encontraron estos individuos en hábitats de pradera de pastos (Pp) seguido de arena-cascajo (AC) (< 3 ind/ha). Una pequeña cantidad de individuos adultos se registraron en hábitats denominados fondos mixtos (Fmx) y arena-cascajo (AC) (< 5 ind/ha), sin embargo, la mayor fracción de adultos se agrupó en el hábitat rodolitos-arena (RdA) (< 25 ind/ha). En los hábitats algas sobre escombros (AlEsc), coral mixto (Cmx) y escombros coralinos (Esc), no se registró algún individuo (Figura 2). En la época seca, los juveniles de *S. gigas* se agruparon principalmente en hábitats de Pp, seguido de pradera de macroalgas (Pm) en proporciones más bajas y AC y Fmx con los menores valores de densidad. Los individuos adultos se agruparon en RdA, AC y Fmx (< 5 ind/ha) (Figura 2), sin ninguna preferencia relevante entre ellos.

En época húmeda la profundidad afectó positivamente ($r = 0.63$; $p < 0.05$) la densidad de adultos al igual que el % de cascajo ($r = 0.26$; $p < 0.05$), mientras que el tamaño medio de grano lo hizo negativamente ($r = -0.31$; $p < 0.05$).

El modelo de regresión múltiple para individuos adultos explicó significativamente un 48% de la varianza total de *S. gigas* (Tabla 2), con la profundidad y el tamaño medio de grano como principales predictores. El nivel de tolerancia fue alto ($T \geq 0.9$) para las dos variables incluidas, implicando la inexistencia de predictores redundantes. Ninguna de las variables que caracterizaron el hábitat presentó correlación con la abundancia de juveniles durante esta época. Para la época seca los individuos

adultos se correlacionaron con la profundidad ($r = 0.35$; $p < 0.05$) y el % de coral mixto ($r = 0.26$; $p < 0.05$). En consecuencia el modelo de regresión múltiple explicó significativamente un 14% de la varianza de la densidad de adultos incluyendo a la profundidad y el % Cmx como variables predictoras que afectaron directamente la densidad (Tabla 2). En esta época, la densidad de juveniles se correlacionó directamente con el % *Thalassia testudinum* ($r = 0.22$; $p < 0.05$).

Tabla 1. Medidas de tendencia central (media y mediana) y dispersión (DE: desviación estándar) de la densidad de individuos de *Strombus gigas* (ind/ha) para diferentes sectores en el Archipiélago NSR durante dos épocas climáticas. IA: Isla Arena, IGO: Isla Grande (sector oriente), TROS: Isla Tesoro, IGN: Isla Grande

Sector	Época húmeda						Época seca					
	Juveniles			Adultos			Juveniles			Adultos		
	\bar{X}	M	DE	\bar{X}	M	DE	\bar{X}	M	DE	\bar{X}	M	DE
IA	--	--	--	0.00	--	--	2.39	0.00	3.84	0.00	--	--
IGO	--	--	--	0.00	--	--	--	--	--	0.72	0.00	2.40
TROS	0.88	0.00	2.65	9.73	7.96	8.70	1.77	0.00	3.51	9.73	0.00	15.80
IGN	--	--	--	0.00	--	--	2.89	0.00	9.60	0.72	0.00	2.40
BT	--	--	--	23.87	15.92	23.54	--	--	--	11.49	7.96	17.84
IR	0.42	0.00	1.83	0.00	--	--	1.45	0.00	3.14	0.36	0.00	1.70
IGS	1.09	0.00	3.72	0.36	0.00	1.70	0.95	0.00	3.50	0.95	0.00	3.50
Total	0.46	0.00	2.22	3.57	0.00	10.77	1.31	0.00	4.25	2.38	0.00	8.14

Tabla 2. Resultados del análisis de regresión múltiple para predecir la abundancia de adultos (ind/ha) de *S. gigas* en el Archipiélago NSR durante las dos épocas climáticas. Se detalla la media del intercepto (\pm EE) y los coeficientes de regresión para las variables descriptoras del hábitat. CP: correlación parcial, T: tolerancia; r^2_{aj} : coeficiente de determinación ajustado; ns: variable removida (no significativa); N: tamaño de muestra. * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$. (--) variable no incluida en el análisis de regresión.

	Época húmeda	Época seca
Intercepto	-5.715 (2.220)	-2.992 (1.508)
Profundidad	0.650 (0.082)**	0.308 (0.097)**
	CP	0.661
	T	0.932
Tamaño medio de grano	-0.141 (0.082)*	--
	CP	-0.188
	T	0.932
% Cascajo	ns	--
	CP	
	T	
% Coral mixto	--	0.195 (0.097)**
	CP	0.204
	T	0.958
r^2 ajustado	0.478	0.139
p	<< 0.01	<< 0.01
EE del estimado	7.263	7.547
N	81	94

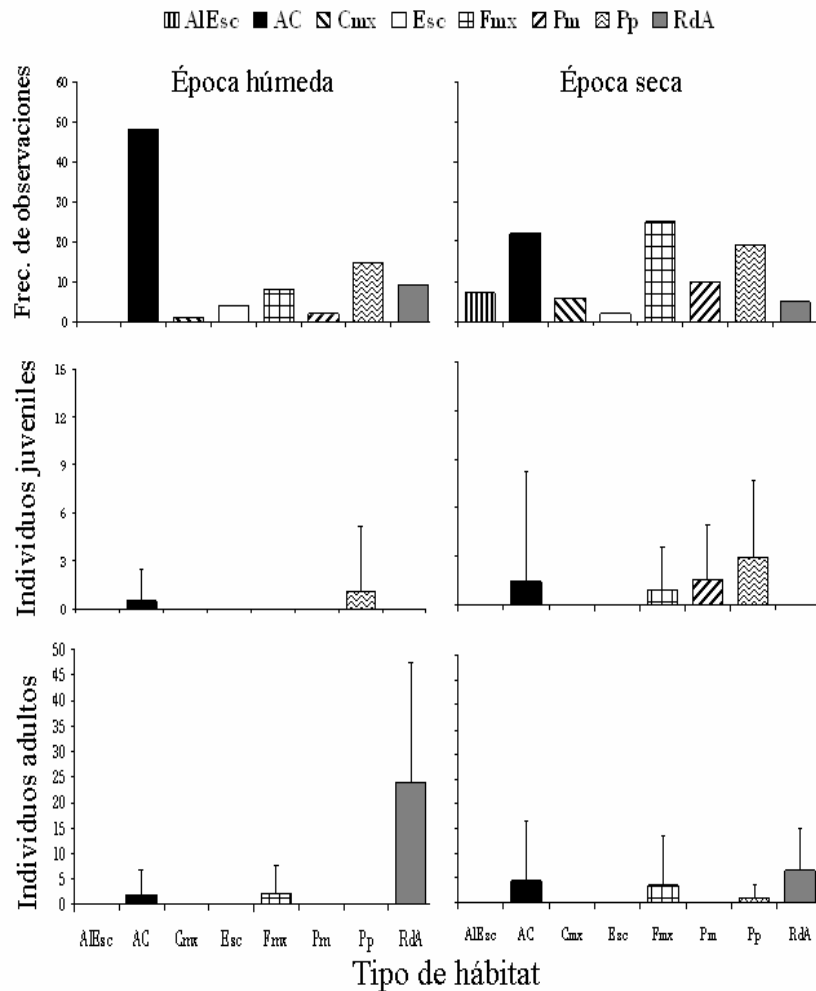


Figura 2. Media (\pm DE) de la abundancia de *S. gigas* por hábitat para cada época climática en el Archipiélago NSR, donde: AlEsc (algas sobre escombros), AC (arena-cascajo), Cmx (coral mixto), Esc (escombros coralinos), Fmx (fondo mixto), Pm (pradera de macroalgas), Pp (pradera de pastos) y rodolitos arena (RdA).

DISCUSIÓN

La baja densidad de juveniles en el archipiélago puede atribuirse a la intensa actividad pesquera en el área desde hace unos años. La condición de sitio turístico estimuló la intensa extracción de caracol para suplir la demanda, que sin tener en cuenta volúmenes de captura, tallas, ni áreas específicas de pesca llevó a disminuir de forma importante el recurso (Mora 1994). Otro factor que ha influenciado directamente la baja densidad de juveniles ha sido la urbanización del conjunto de islas que componen el archipiélago (Alvarado 1988), lo cual implicó destrucción de grandes extensiones de fondos compuestos principalmente por praderas de pastos, hábitat más importante para el desarrollo de los primeros años de vida de la especie. Por esta razón los sectores menos intervenidos por actividades antropogénicas como Bajo Tortugas e Isla Tesoro, presentaron las abundancias más altas de *S. gigas*.

La población de adultos en Isla Tesoro y Bajo Tortugas (individuos > 22 cm), podría representar el futuro de las poblaciones en el área de estudio. No obstante, estudios sobre actividad reproductiva de adultos realizados en Bahamas (Stoner y Ray-Culp 2000), evidenciaron la ocurrencia del 'Efecto Allee' en las poblaciones de *S. gigas*, es decir, la ocurrencia de tasas de crecimiento poblacional negativas promovidas por la baja probabilidad de encuentro para la cópula entre los especímenes. Estos autores mostraron que encuentros reproductivos nunca ocurrieron cuando las densidades poblacionales fueron < 56 ind/ha.

En el Archipiélago NSR, durante el periodo comprendido entre julio y agosto (época reproductiva), se observó actividad reproductiva en una densidad poblacional de 24 ind/ha (BT) y 11 ind/ha (TROS), respectivamente. Por esta razón, es posible que aunque existan adultos disponibles

para una recuperación de la población, la actividad reproductiva está siendo afectada por la poca probabilidad de encuentros. Stoner y Ray-Culp (2000), proponen que a densidades tan bajas como las registradas en el Archipiélago NSR, la población podría no tener progenie y el reclutamiento dependería solo de fuentes externas, como la retención de larvas y la sobrevivencia de juveniles en los hábitats de crianza apropiados.

En el Archipiélago NSR la profundidad es una variable que contribuye a predecir la densidad de individuos durante ambas épocas climáticas. Estos resultados coinciden con lo reportado por Alcolado (1976), en el sentido que la distribución está ligada con la profundidad. Este autor encontró que los caracoles adultos tienen una distribución batimétrica más fuerte, habiéndolos encontrado formando grupos hasta los 40 m de profundidad. Esta distribución de caracoles en aguas más profundas puede ser atribuida a la presión pesquera (Bené y Tewfik 2003). En el mismo sentido, Stoner (1997) afirma que en lugares donde se pesca con equipo autónomo SCUBA (Puerto Rico) los caracoles se encuentran distribuidos en mayores profundidades (18 – 25 m), mientras que en lugares donde está prohibida la pesca con este tipo de equipo (Exuma Park, Bahamas), las mayores abundancias se registran a menores profundidades (10 – 15 m). Por esta razón y teniendo en cuenta la pesca indiscriminada en el Archipiélago NSR, la mayor cantidad de individuos se encontraron en las mayores profundidades de difícil acceso.

Otra variable predictora de la densidad de *S. gigas* fue el tamaño medio de grano durante la época húmeda, cuyas arenas muy gruesas coincidieron con una mayor cantidad de individuos adultos. Según Randall (1964) el caracol pala hace parte del grupo de organismos herbívoros que habitan en los fondos marinos basando su alimentación en epífitos y afectando directamente la estructura de la comunidad bentónica. Así, es lógico pensar que los individuos prefieran arenas gruesas sobre las que pueden moverse para un pastoreo sin mucha dificultad, de esta manera funcionan ecológicamente como reguladores de la abundancia de detrito en su hábitat (Stoner y Waite 1995). Apoyando lo anterior, *S. gigas* se caracteriza por presentar su actividad reproductiva asociado a fondos de arenas gruesas y cascajo (Weil y Laughlin 1984, Glazer y Kidney 2004, Lagos *et al.* 1996), como en efecto se observó en este estudio durante la época húmeda. Es probable que los fondos semidesérticos sean los lugares óptimos para las actividades reproductivas de *S. gigas*, ya que presentan mayor facilidad de desplazamiento sumado a la necesidad de formar depresiones en la arena (D'Asaro 1965) para la depositación de las masas de huevos y su posterior camuflaje mediante la adherencia de granos de arena.

La única variable que presentó correlación significativa con la abundancia de juveniles fue el % de *Thalassia testudinum*. Durante la época seca, se observó una mayor cantidad de juveniles asociados directamente a este tipo de hábitat. Estos individuos se caracterizan por alimentarse

de macrodetrito, incluyendo partes muertas de hojas de pastos (Stoner 1989), lo que probablemente hace de dichos ambientes propicios para la vida de este grupo de edad. Estos resultados concuerdan con lo reportado por varios autores en el Caribe (Randall 1964, Stoner y Ray-Culp 1993, Stoner y Schwarte 1994), pues los juveniles de *S. gigas* están directamente asociados a parches de pastos marinos. Según Stoner y Waite (1995), los juveniles se agregan durante cierta época del año en sectores específicos de praderas de pastos, donde la protección contra depredadores y la disponibilidad de alimento hace del hábitat un lugar seguro y propicio para el crecimiento. Es sabido que la tasa de predación disminuye con el aumento de la complejidad de la pradera de pastos (Ray-Culp y Stoner 1994), sin embargo, parece ser que la escogencia de praderas densas por parte de individuos juveniles, es un comportamiento adaptativo y la distribución puede ser consecuencia de efectos como la preferencia por detrito, presencia de ciertas algas y componentes del sedimento. El comportamiento de juveniles coincide con lo reportado por Stoner y Ray-Culp (1993) en Shark Rock (Bahamas), donde la distribución de caracoles juveniles en praderas de pastos marinos fue independiente a la densidad de vástagos, lo que sugiere que la escogencia de la pradera puede llegar a ser específica de un sitio.

Los resultados aquí expuestos permiten sugerir las siguientes medidas de manejo y conservación: I) declarar áreas intangibles (cerradas la pesca) las áreas de desove de Isla Tesoro Bajo Tortugas y II) debido a que Isla Arena es un área potencial de crianza con predominancia de praderas de pastos, se recomienda declararla área intangible (cerrada a la pesca) y/o usarla para programas de repoblación o trasplante. Cualquiera de las anteriores medidas deben estar basadas en un sistema de manejo con efectivo control y vigilancia Estatal que garantice la activa participación del pescador.

LITERATURA CITADA

- Alcolado, P. 1976. Crecimiento, variaciones morfológicas de la concha y algunos datos biológicos del cobo *Strombus gigas* L. (Mollusca, Mesogastrópoda). *Academia de Ciencia Cubana, Instituto de Oceanología* **34**:1-36.
- Alvarado, E. 1988. El Parque Nacional Natural Corales del Rosario: situación actual. VI Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del Mar Numero 48.
- _____; F. Duque; L. Flórez, y R. Ramírez. 1986. Evaluación cualitativa de los arrecifes coralinos de las Islas del Rosario (Cartagena – Colombia). *Boletín Ecotrópica: Ecosistemas Tropicales* **15**:1-30.
- Bené, C. and A. Tewfik. 2003. Biological evaluation of marine protected area: evidence of crowding effect on a protected population of queen conch in the Caribbean. *Marine Ecology* **24** (1):45-58.

- CITES 2003. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.. Examen del comercio significativo de especies del Apéndice II (resolución Conf. 12.8 y Decisión 12.75). Progresos realizados en la aplicación del examen de comercio significativo (fases IV y V). Decimonovena reunión del comité de fauna Ginebra, Suiza. 73 pp.
- D'Asaro, C. 1965. Organogenesis, development and metamorphosis in the queen conch *Strombus gigas* with notes on breeding habits. *Bulletin of Marine Science* **15** (2):359-416.
- Díaz, J. M., L. Barrios, M. Cendales, J. Garzón, J. Geister, M. López, G.H. Ospina, F. Parra, J. Pinzón, B. Vargas, F.A. Zapata, y S. Zea. 2000. *Áreas Coralinas de Colombia*. INVEMAR, Santa Marta, Publicación Especial No. 5. 176 pp.
- _____, G. Díaz, J. Garzón, J. Geister, J.A. Sánchez, y S. Zea. 1996. *Atlas de los Arrecifes Coralinos del Caribe Colombiano, I: Complejos Arrecifales Oceánicos*. INVEMAR, Santa Marta, Publicación Especial No. 2. 83 pp.
- Glazer, R. y J. Kidney. 2004. Habitat associations of adult Queen Conch (*Strombus gigas* L.) in an unfished Florida Keys back reef: applications to essential fish habitat. *Bulletin of Marine Science* **75**(2):205-224.
- Hernández, S.; A.L. Lagos; P. Victoria y H. Rodríguez. 1997. Crecimiento, mortalidad y estado de explotación del caracol de pala, *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Gastropoda: Strombidae) en el Archipiélago de San Bernardo (Mar Caribe colombiano). *Boletín Científico INPA* **5**:127-142.
- INVEMAR - U A E S P N N - C A R D I Q U E - E P A - C A R T A G E N A - D I M A R. 2003. Elaboración de un modelo de desarrollo sostenible para los archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo. Informe técnico. Resolución del MAVDT número 456. 256 pp.
- Lagos, A.L. 1994. Algunos aspectos biológicos y pesqueros del caracol pala *Strombus gigas* Linnaeus, 1758. Trabajo de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 154 pp.
- _____, S. Hernández, H. Rodríguez, y P. Victoria. 1996. Algunos aspectos bioecológicos y reproductivos del caracol de pala *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 en el Archipiélago de San Bernardo, Caribe colombiano. *Boletín Científico INPA* **4**:141-160.
- Mora, O. 1994. Análisis de la pesquería del caracol pala (*Strombus gigas* L.) en Colombia. Paginas 137-144 en: R. Appeldoorn y B. Rodríguez (eds.) *Biología, Pesquería y Cultivo del Caracol Strombus gigas*. Fundación Científica Los Roques. Caracas, Venezuela.
- Randall, J. 1964. Contributions to the biology of the Queen Conch *Strombus gigas*. *Bulletin of Marine Science* **14**:246-295.
- Ray-Culp, M. and A. Stoner. 1994. Experimental analysis of growth and survivorship in a marine gastropod aggregation: balancing growth with safety in numbers. *Marine Ecology Progress Series* **105**:47-59.
- Stoner, A. 1989. Density-dependent growth and grazing effects of juvenile queen conch *Strombus gigas* L. in a tropical seagrass meadow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **130**:119-133.
- _____. 1997. The status of Queen Conch, *Strombus gigas*, research in the Caribbean. *Marine Fisheries Review* **59**(13):14-22.
- _____. 2003. What constitutes essential nursery habitat for a marine species? a case of study of habitat form and function for queen conch. *Marine Ecology Progress Series* **257**:275-289.
- _____, y R. Glazer. 1998. Variation in natural mortality: implications for queen conch stock enhancement. *Bulletin of Marine Science* **62**(2):427-442.
- _____, y M. Ray Culp. 1993. Aggregation dynamics in juvenile queen conch (*Strombus gigas*): population structure, mortality, growth and migration. *Marine Biology* **116**:571-582.
- _____. 2000. Evidence for 'Allee Effects' in an overharvested marine gastropod: density-dependent mating and egg production. *Marine Ecology Progress Series* **202**:297-302.
- _____, y M. Waite. 1995. Effects of a large gastropod on macrofaunal communities in tropical sea grass meadows. *Marine Ecology Progress Series* **121**:125-137.
- _____, y K. Schwarte. 1994. Queen conch, *Strombus gigas*, reproductive stocks in the central Bahamas: distribution and probable sources. *Fisheries Bulletin* **92**:171-179.
- Weil, E. y R. Laughlin. 1984. Ecología, cultivo y repoblación del botuto *Strombus gigas* L. En el Parque Nacional Archipiélago de los Roques. Fundación Científica Los Roques. Informe Final. Caracas, Venezuela.
- Zar, J. 1996. *Biostatistical Analysis, Third Edition*. Prentice-Hall, Inc., Princeton, New Jersey USA. 662 pp.