

59
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**DISTRIBUCION ESPACIAL DE ESPONJAS
(Phylum: Porifera) EN EL ARRECIFE CHOPAS,
ANTON LIZARDO, VERACRUZ.**

**TESIS PROFESIONAL
PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A
LUIS RICARDO GARCIA GONZALEZ**



MEXICO, D. F.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis Padres:

**Gracias por darme la vida
y porque siempre me han apoyado
en todo momento, este es el fruto
de su trabajo.**

A mis Hermanos:

**Gabriela, Gerardo y Guillermo
Los quiero mucho.**

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco al Dr. Alberto J. Sánchez Martínez su dirección y apoyo durante el desarrollo y revisión de este trabajo, así como el haberme brindado su amistad.

Deseo agradecerle a mis sinodales M. en C Cruz Lozano Ramírez, M. en C. Rosaura Mayén Estrada, M. en C. Pedro García Barrera y al Biól. Carlos F. Candelaria Silva sus atinados comentarios durante la fase de revisión y su distinguida amistad.

Quiero agradecer al Dr. Luis A. Soto González por el apoyo prestado durante mi estancia en el laboratorio de Ecología del Bentos del ICMyL.

Se agradece el apoyo económico en campo, la colecta de organismos y la facilidad de utilizar los datos al Equipo de Buceo de la Facultad de Ciencias en especial al M. en C. Mario Lara Pérez Soto y a la Biól. Jena Rosado Matos encargados del proyecto "Arrecifes Coralinos de Veracruz México". Asimismo, se reconoce la imprescindible identificación de las esponjas efectuada por la Biól. Maritza López en el Laboratorio de Farmacología Marina del ICMyL.

Sinceramente agradezco a Rosa Florido Araugo, Pilar Peralta y Ma. del Carmen Ramos Nava por la ayuda y los comentarios siempre atinados durante la realización de este trabajo, así como su gran amistad.

**No quiero pasar por alto a mis amigos, que me han apoyado en diferentes etapas
Maite, Amaya, Norma, Angeles, Jaime, Gabriel.**

CONTENIDO

Resumen.....	2
Introducción.....	3
Area de Estudio.....	5
Método.....	8
Resultados.....	10
Discusión.....	25
Conclusiones.....	31
Litiratura Citada.....	33

RESUMEN

Se analiza la distribución espacial del Phylum Porifera en la estructura arrecifal Chopas, que pertenece al Sistema Arrecifal Veracruzano en el suroccidente del Golfo de México. Se registraron 15 especies de las cuales *Aplysina fistularis insularis*, *Amphimedon compressa*, *A. viridis* y *Tedania ignis* fueron dominantes. La diversidad máxima de esponjas registró en áreas protegidas con elevado aporte de materia orgánica, en contraste a las que presentaron un excesivo crecimiento de algas, sedimento arenoso y una alta sedimentación. También, la distribución de las esponjas es afectada por su tipo de crecimiento y producción de tóxicas.

INTRODUCCION

Los arrecifes de coral han sido definidos como ecosistemas con alta diversidad y densidad poblacional entre las que sobresalen esponjas, moluscos, poliquetos, anémonas equinodermos y peces (Stoddart, 1969; Loya, 1972; Goreau, 1973; Milliman, 1973; Barnes, 1986). La alta diversidad de especies de la comunidad arrecifal se atribuye a una intensificación de la competencia entre las especies (Odum y Odum 1955; Stoddart, 1969). La comunidad de estos arrecifes está formada además de los corales vivos por organismos que penetran la masa calcárea de los corales muertos (Stoddart, 1969).

En los arrecifes coralinos las esponjas incrementan la diversidad de especies debido a que son organismos sésiles, que compiten por el sustrato con otros organismos tales como algas, anélidos, cnidarios, briozoarios y tunicados (Bergquist, 1978). Las esponjas producen una amplia gama de sustancias con propiedades tóxicas y antibióticas (Bretting y Renwranz, 1973; Baldo *et al.*, 1977; Chib *et al.*, 1978; Carriello y Zanett, 1982; McCaffrey y Edean, 1985). Estas sustancias favorecen la competencia por el sustrato y disminuyen la mortalidad por la depredación (Bakus, 1986). Además, las esponjas son utilizadas como hospederos por valgunas especies de como moluscos, crustáceos, ofiuridos y peces (Bergquist, 1978; López, 1992).

La distribución de las esponjas y las demás especies que forman parte de la comunidad arrecifal coralina esta determinada por la competencia, la depredación, fecundación, fertilidad, tasa de crecimiento, la profundidad, la dirección de las corrientes, la intensidad del oleaje, la materia orgánica disponible y la tasa de sedimentación (Storr, 1976).

El sistema arrecifal veracruzano fue mencionado por primera vez en 1891, en el trabajo de Heilprin. Sin embargo, ni Darwin, ni Dana citaron este sistema en sus monografías sobre corales. En cambio Alexander von Humboldt, en su ensayo político sobre la Nueva España, describe que los habitantes porteños de Veracruz utilizaban, en la construcción de sus casas, la piedra múcar de origen madreporico (Vargas-Hernández et al. 1993). En 1992 Joubin publicó un mapa de arrecifes coralinos del golfo basándose en Heilprin, pero no fue sino hasta hace unos 30 años que se reanudaron las investigaciones con el trabajo de Emery quien en 1963 estudio la geología, topografía y sedimentos del área (Vargas-Hernández et al. , 1993).

Los complejos arrecifales de la costa veracruzana posiblemente funcionan como reservorio, puente y puntos de diseminación de especies entre las áreas caribeñas y las de Florida (Vargas-Hernández et al. , 1993). Si embargo, el análisis de los procesos que regulan la distribución de los componentes florísticos y faunísticos de estos arrecifes son escasos (Jacome, 1992). Por lo anterior esta investigación se enfoca al estudio de la distribución espacial del Phylum Porifera en de la estructura arrecifal Chopas.

AREA DE ESTUDIO

Los arrecifes corallinos están distribuidos en dos regiones: la del Indopacífico y la del Atlántico Occidental (Goreau, 1979). El sistema arrecifal mexicano pertenece a esta última región y está dividido en los subsistemas, del Caribe, Banco de Campeche y el sistema arrecifal Veracruzano (Milliman, 1973).

El arrecife Chopas forma parte del sistema arrecifal Veracruzano, el cual se divide en las secciones denominadas Puerto de Veracruz y Antón Lizardo (Fig. 1). Estas secciones están separadas por la desembocadura del los ríos Jamapa y Atoyac ubicada en Boca del Río (Lara, 1989).

La sección arrecifal de Antón Lizardo se subdivide en tres áreas en función de su distancia a la costa y las características de las pendientes de Sotavento y Barlovento de cada arrecife (Lara, 1989). La primera área reúne a los más alejados de la costa, cuya principal característica es el desarrollo continuo de las pendientes de Barlovento y Sotavento, los cuales se distribuyen entre los 40 y 27 m respectivamente. En la segunda área se agrupan los arrecifes que presentan la pendiente de Sotavento con una inclinación menor de 30° en una superficie extensa, en donde se localizan numerosos bancos de arena entre los crecimientos coralinos, que se dan en forma discontinua. La tercera está formada por los

El eje mayor del Arrecife Chopas está orientado en dirección NW-SE con una longitud de 7.9 km y su eje menor es de 1.75 km (Fig. 2). Este arrecife tiene una área de 8.5 km² y su distancia a la costa es de 3.5 km (Rosado, 1990). El arrecife Chopas, al igual que los de esta sección es definido como de plataforma y presenta las cuatro zonas (Barlovento, Cresta, Laguna y Sotavento) características de un arrecife (Lara, 1989). Además, en este arrecife se delimitan tres secciones, Noroeste (NW) que presenta una orientación en dirección NW, la sección Centro que presenta una orientación SE, y la sección Salmedina que se encuentra dividida del arrecife por medio de un canal superficial (Fig. 2).

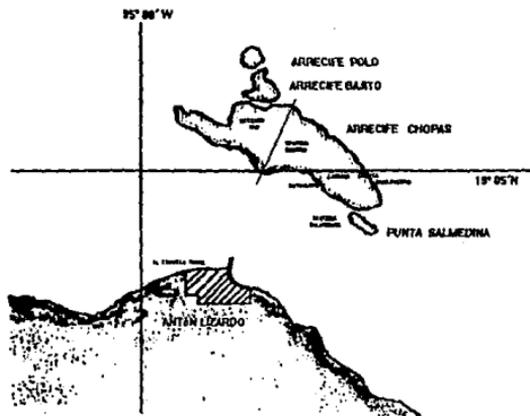


Figura 2. Mapa del Arrecife Chopas (Modificado de la figura 1)

METODO

Esta investigación formó parte del proyecto de la Biología de Campo "Arrecifes Coralinos de Veracruz México" de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, cuyo muestreo se efectuó del 24 de Febrero al 5 de Marzo de 1989.

El diseño del muestreo contempló la heterogeneidad espacial del arrecife, para lo cual se efectuó un muestro estratificado al azar que permitió formar estratos homogéneos (Lara, 1989; Padilla, 1989). Este diseño incluyó 43 transectos de 20 m de largo, en donde se muestrearon 215 cuadrantes de 1m^2 cada uno. Los transectos se colocaron en cada sección y zona del arrecife (Fig. 2).

La colecta del material biológico se llevó a cabo entre los 0.5 y 20 m de profundidad. Los datos registrados *in situ* por medio de buceo libre y autónomo fueron: especie, número de colonias, forma de crecimiento, número de transecto y número de cuadrante.

La identificación de las 15 especies de esponjas fue realizada por López (1992), quien se basó en las características taxonómicas propuestas por Bergquist (1980) para los ordenes Dictyoceratida y Verogida las de van Soest (1980) para Haplosclerida las de van

Soest (1984) para Poecilosclerida y las de van Soest (1981) para Hadromerida, Axinellida y Choristida.

Análisis de datos. La jerarquización de las especies en cuanto a su densidad (Número de colonias/m²), en cada una de las secciones y zonas del arrecife, se realizó por medio del análisis gráfico propuesto por Olmstead y Túkey (Sokal y Rohlf, 1979).

La distribución espacial de las especies se analizó mediante la diversidad por medio del índice de Shannon-Wiener (H'), riqueza específica (R') y densidad (col/m²) en cada sección, zona y la combinación de ambas. La diversidad se comparó mediante una prueba de t (Zar, 1984). La variación espacial de la densidad (col/m²) se analizó por medio de un ANDEVA de x factores (Systat, 1985). El grado de asociación entre las diferentes especies se calculó en función de la presencia-ausencia (Ludwig y Reynolds, 1988).

La variación espacial de la densidad de esponjas con respecto a la H' y R' en las diferentes zonas de cada sección se realizó mediante un análisis gráfico que incluyó la media y la desviación estandar. La desviación estandar se utilizó para agrupar las diferentes zonas y secciones de este arrecife.

RESULTADOS

El 27% de las 15 especies resultaron dominantes, mientras que el 13% frecuentes y el restante 60% se agruparon como ocasionales (tabla 1). La densidad promedio en el arrecife fue de 0.7 col/m², con valores mínimos de 0.6 col/m² en la sección Centro y máximos de 0.8 col/m² en la sección NW.

Tabla1. Jerarquización por Abundancia de las Esponjas en el Arrecife Chopas y sus secciones.

ESPECIES	TOTAL	SECCIONES		
	ARRECIFE	NOROESTE	CENTRO	SALMEDINA
<i>Ircinia felix</i>	**	****	**	*
<i>Ircinia strobilina</i>	*	*	*	*
<i>Ircinia campana</i>	*	*	—	*
<i>Dysidea aerea</i>	*	*	*	*
<i>Aplysina fistularis insularis</i>	****	****	*	****
<i>Verungula rigida</i>	*	*	*	*
<i>Pseudoceratina crassa</i>	*	*	*	*
<i>Sigmadocia caerulea</i>	*	*	*	—
<i>Amphimedon compressa</i>	****	****	****	****
<i>Amphimedon viridis</i>	****	****	****	****
<i>Niphates erecta</i>	*	—	*	*
<i>Callyspongia armigera</i>	*	*	*	*
<i>Iotrochota birotulata</i>	**	****	*	****
<i>Tedania ignis</i>	****	****	****	****
<i>Ectyoplesia ferox</i>	*	****	*	*

**** DOMINANTE **FRECUENTE *OCASIONAL — AUSENTE

La especie que mostró la mayor densidad en el arrecife fue Amphimedon viridis (29%) seguida de Amphimedon compressa (15%), Tedania ignis (13%) y Aplysina fistularis insularis (10%). Estas cuatro especies suman más de la mitad de la densidad total y son las especies dominantes en todas las secciones del arrecife, la excepción fue Aplysina fistularis insularis que resultó ocasional en la sección Centro (Tabla 1).

Comparación por secciones. En la sección NW el 50% de las especies fueron dominantes. Las especies que ingresaron como dominantes en esta sección con respecto al total fueron Ircinia felix, Iotrochota hirotulata y Ectyoplasia ferox. El restante 50% de especies resultaron ocasionales. Estas especies son las mismas que las agrupadas en el arrecife con excepción de Niphates erecta que estuvo ausente en esta sección (Tabla 1). Las densidades fluctuaron entre 0.07 y 2.79 col/m² (Tabla 2).

Las especies Amphimedon compressa, A. viridis y Tedania ignis fueron dominantes en la sección Centro (21%), mientras que Ircinia felix fue frecuente (7%) y las especies restantes ocasionales (72%). Ircinia campana no se colectó en esta sección (Tabla 1). Las densidades fluctuaron entre 0.02 y 3.69 col/m² (Tabla 2).

En la sección Salmedina el 36% de las especies resultaron dominantes y el resto fueron ocasionales (64%). En esta sección no se registró a Sigmadocia caerulea (Tabla 1). Las densidades fluctuaron entre 0.02 y 2.75 col/m² (Tabla 2).

Tabla 2. Variación espacial de la densidad de esponjas (Col/m²) en el Arrecife Chopas.
(* Densidades > a 2 Col/m²).

ESPECIES	SECCIONES		
	NOROESTE	CENTRO	SALMEDINA
<i>Ircinia felix</i>	0.87	0.34	0.29
<i>Ircinia strobilina</i>	0.28	0.09	0.07
<i>Ircinia campana</i>	0.07	-----	0.02
<i>Dysidea atheria</i>	0.34	0.54	0.11
<i>Aplysina fistularis insularis</i>	1.13	0.38	2.09*
<i>Verungula rigida</i>	0.29	0.17	0.11
<i>Pseudoceratina crassa</i>	0.48	0.29	0.11
<i>Sigmadocia caerulea</i>	0.29	0.02	-----
<i>Amphimedon compressa</i>	1.54	1.02	2.02*
<i>Amphimedon viridis</i>	2.79*	3.89*	2.75*
<i>Niphates erecta</i>	-----	0.02	0.22
<i>Callispongia armigera</i>	0.48	0.17	0.20
<i>Itotrochota birotulata</i>	0.93	0.21	1.04
<i>Tedania ignis</i>	0.88	1.47	1.78
<i>Ectyoplasia ferox</i>	1.38	0.18	0.22

La variación espacial de las esponjas en cuanto presencia-ausencia y dominancia es mínima en las tres secciones del arrecife. Las especies *Ircinia strobilina*, *Dysidea atheria*, *Verungula rigida*, *Pseudoceratina crassa* y *Callispongia armigera* fueron ocasionales en las tres secciones, mientras que *Amphimedon compressa*, *A. viridis* y *Tedania ignis* fueron dominantes. Las tres especies ausentes en alguna sección del arrecife fueron *Ircinia campana*, *Sigmadocia caerulea* y *Niphates erecta*. Cuando estas tres especies se presentaron, fueron elementos ocasionales y registraron las densidades más bajas (Tabla 2). En la sección Centro las especies *Aplysina fistularis insularis* e *Itotrochota birotulata* resultaron ocasionales, mientras que en las otras dos secciones fueron dominantes. De manera contrastante a la anterior, *Ectyoplasia ferox* en la sección NW fue dominante y en las otras dos ocasional. Por último *Ircinia felix* fue la especie que presentó la mayor variación en las tres secciones.

En la sección NW, la diversidad fue significativamente ($p < 0.05$) mayor a la sección Salmédina y Centro (Tabla 3), las cuales también resultaron significativamente diferentes entre ellas. En cambio, la densidad promedio no fue significativamente diferente ($p < 0.05$) entre las tres secciones, aunque el valor correspondiente a la sección NW fue mayor (Tabla 3). Los valores de riqueza específica fueron iguales en las tres secciones (Tabla 3)

Tabla 3. Comparación de las secciones y de las zonas del Arrecife Chopas

	SECCIONES			ZONAS			
	NOOCCIDENTE	CENTRO	SALMEDINA	BARLOVENTO	CRESTA	LAGUNA	BOTAVIENTO
RIQUEZA ESPECIFICA	14	14	14	13	8	11	14
DIVERSIDAD	1.91	0.81	0.94	0.78	0.34	0.53	1.03
DENSIDAD (Col/m)	11.57	0.5	10.87	0.33	0.54	7.20	10.7

Comparación por zona. En el Barlovento el 77% de las especies fueron ocasionales, el 15% frecuentes y el 8% restante dominantes (Tabla 4). Amphimedon compressa presentó la mayor densidad (2.63 Col/m) (Tabla 5).

La zona de la Cresta registró el 16% de especies dominantes, el 16% frecuentes y el restante 68% de las especies resultaron ocasionales, (Tabla 4). En esta zona Amphimedon viridis fue la especie con mayor densidad (7.34 Col/m) (Tabla 5).

Tabla 4. Jerarquización por abundancia de las Esponjas en las cuatro zonas del Arrecife Chopas.

ESPECIES	BARLOVENTO	CRESTA	LAGUNA	SOTAVENTO
<i>Ircinia feibk</i>	**	-	**	****
<i>Ircinia strobilina</i>	**	—	—	**
<i>Ircinia campana</i>	**	—	—	*
<i>Dysidea etheria</i>	*	*	*	*
<i>Aplysina fistularis inaequalis</i>	*	*	****	****
<i>Verungula rigida</i>	*	—	—	*
<i>Pseudoceratina cresea</i>	*	—	*	*
<i>Sigmadocia caerulea</i>	*	—	*	*
<i>Amphimedon compressa</i>	****	*	*	****
<i>Amphimedon viridis</i>	*	****	****	—
<i>Niphates erecta</i>	—	—	*	*
<i>Calyxpongia armigera</i>	*	—	*	**
<i>Isotrochota bifurcata</i>	*	—	****	****
<i>Tadania ignis</i>	*	**	****	**
<i>Ectyoplasia ferax</i>	*	—	—	****

**** DOMINANTE *** ABUNDANTE ** FRECUENTE * OCASIONAL — AUSENTE

En la Laguna el 36% de las especies se presentaron como dominantes el 9% frecuentes y el 55% ocasionales (Tabla 4). La densidad más alta (1.72 Col/m^2) de esta zona se estimó para *Amphimedon viridis* (Tabla 5).

En el Sotavento las especies ocasionales tuvieron un 43%, las frecuentes 14%, dominantes 36% y las abundantes 7% (Tabla 4). La densidad más alta (3.62 Col/m^2) se calculó para *Amphimedon compressa* (Tabla 5).

La variación espacial de las esponjas en cuanto presencia- ausencia y dominancia es amplia en las cuatro zonas del arrecife. *Dysidea etheria* fue la única especie ocasional en las cuatro zonas (Tabla 4). Esta variación es reflejo de la heterogeneidad dentro y entre las zonas, y además la cual es contrastante con las secciones.

Tabla 5. Variación espacial de la densidad (Col/m²) para las cuatro zonas del Arrecife Chopas. (* Densidades mayores).

ESPECIES	BARLOVENTO	CRESTA	LAGUNA	SOTAVENTO
<i>Ircinia felix</i>	0.03	0.02	0.41	1.67
<i>Ircinia strobilina</i>	0.16	-----	-----	0.62
<i>Ircinia campana</i>	0.03	-----	-----	0.12
<i>Dysidea etheria</i>	0.60	0.30	0.07	0.9
<i>Aplysina fistularis insularis</i>	1.50	0.40	1.37	2.06*
<i>Verungula rigida</i>	0.20	-----	-----	0.97
<i>Pseudoceratina crassa</i>	0.10	-----	0.15	1.22
<i>Sigmadocia caerulea</i>	-----	-----	0.02	0.6
<i>Amphimedon compressa</i>	2.63*	0.63	0.67	3.62*
<i>Amphimedon viridis</i>	0.20	7.34*	1.72*	-----
<i>Niphates erecta</i>	-----	-----	0.18	0.01
<i>Callyspongia armigera</i>	0.03	-----	0.12	0.96
<i>Iotrochota birotulata</i>	0.03	-----	1.10	1.67
<i>Tedania ignis</i>	0.13	1.28	1.61	1.90
<i>Ectoprocta ferox</i>	0.46	-----	-----	2.67*

El Sotavento fue el que presentó mayor riqueza específica con 14 especies, diversidad ($H = 1.03$), y densidad promedio (Fig. 3). La cresta presentó los valores más bajos de riqueza específica (8 sp) y diversidad ($H = 0.34$). La laguna tuvo el valor más bajo de densidad (Tabla 3). También la densidad y diversidad del Sotavento resultó significativamente ($p < 0.05$) mayor a las demás zonas. Las otras zonas fueron significativamente diferentes entre si (Tabla 3).

Comparación por zona de cada sección. La diversidad calculada mostró que todas las zonas de cada sección son significativamente ($p < 0.05$) diferentes (Tabla 6). Estas diferencias muestran la heterogeneidad física del arrecife.

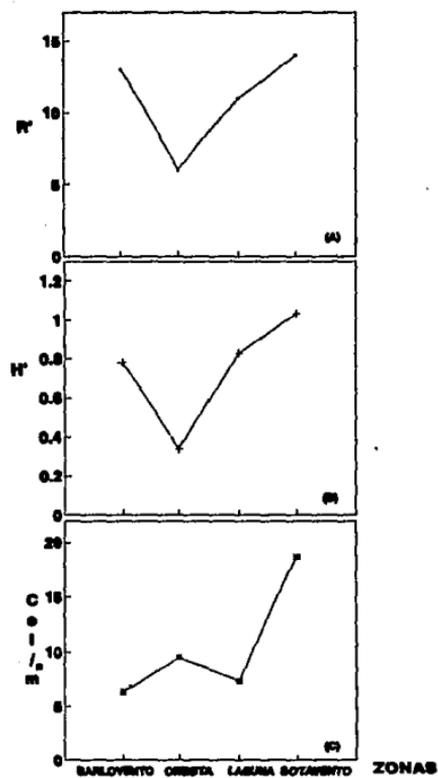


Figura 3. Variación espacial en las cuatro zonas del Arrecife (A) Riqueza específica. (B) Diversidad. (C) Densidad.

La densidad del Sotavento de la sección NW, fue significativamente ($p < 0.05$) diferentes al resto de las zonas (Tabla 7). Todas las zonas resultaron significativamente ($p < 0.05$) diferentes entre si. Esto se debió a que el Sotavento tiene condiciones favorables para el desarrollo de las esponjas como baja energía del oleaje y alta cantidad de materia orgánica.

Tabla 6. Comparación de la diversidad entre las cuatro zonas de las tres secciones (Noroeste: BNW = barlovento, CNW = cresta, LNW = laguna, SNW = sotavento; Centro: BC = barlovento, CC = cresta, LC = laguna, SC = sotavento; Salmadina: BS = barlovento, CS = cresta, LS = laguna, SS = sotavento). (* presentaron diferencia significativa $p < 0.05$).

	CNW	CS	CC	BC	BNW	LNW	SS	LC	LS	BS	SC	SNW
CNW				*	*	*	*	*	*	*	*	*
CS				*	*	*	*	*	*	*	*	*
CC					*	*	*	*	*	*	*	*
BC								*	*	*	*	*
BNW								*	*	*	*	*
LNW										*	*	*
SS											*	*
LC											*	*
LS												*
BS												
SC												
SNW												

Tabla 7. Comparación de la densidad entre las cuatro zonas de las tres secciones. (Noroeste: BNW= barlovento, CNW= cresta, LNW= laguna, SNW= sotavento; Centro: BC= barlovento, CC= cresta, LC= laguna, SC= sotavento; Salmedina: BS= barlovento, CS= cresta, LS= laguna, SS= sotavento). (* presentaron diferencia significativa $p < 0.05$).

	LNW	LC	BNW	CS	CNW	BS	CC	SC	LS	BC	SS	SNW
LNW				*	*	*	*	*	*	*	*	*
LC				*	*	*	*	*	*	*	*	*
BNW				*	*	*	*	*	*	*	*	*
CS					*	*	*	*	*	*	*	*
CNW								*	*	*	*	*
BS								*	*	*	*	*
CC									*	*	*	*
SC											*	*
LS												*
BC												*
SS												*
SNW												*

Al graficarse la densidad contra la diversidad de cada zona de las tres secciones se definieron seis grupos (Fig. 4). El primero está formado por la zona SNW en donde la densidad y diversidad son las máximas. El segundo compuesto por la zona SC con densidad intermedia y diversidad alta. El tercero formado por SS con densidad alta, diversidad intermedia. En el cuarto se agruparon tres zonas BC, LS y BS con densidad y diversidad intermedias. En el quinto compuesto por las zonas BNW, LNW y LC con densidad baja diversidad intermedia. Y el último grupo formado por las zonas CNW, CC y CS con densidad intermedia y diversidad baja.

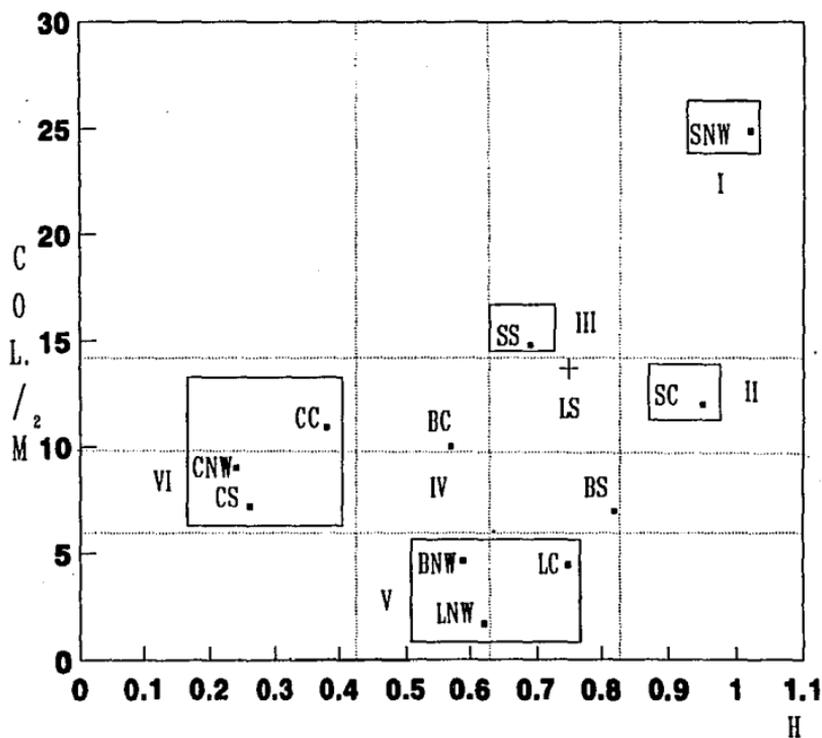


Figura 4. Agrupación de las zonas de cada sección en función de la densidad y diversidad. (Norocste: BNW = barlovento, CNW = cresta, LNW = laguna, SNW = sotavento; Centro: BC = barlovento, CC = cresta, LC = laguna, SC = sotavento; Salmédina: BS = barlovento, CS = cresta, LS = laguna, SS = sotavento):

Las diferentes secciones ubicadas en el Sotavento se encuentran cercanas entre si debido a que presentan condiciones ambientales parecidas en las tres diferentes secciones. En la Cresta esta tendencia fue mayor, ya que, sus tres secciones se incluyeron en el mismo grupo.

El análisis gráfico entre la densidad y la riqueza específica dió como resultado siete grupos (Fig. 5). El primero formado por la zona SNW en donde se observaron los valores máximos. El segundo creado por la zona BS con densidad intermedia y riqueza alta. El tercero compuesto por SS con densidad alta y riqueza intermedia. El cuarto agrupó cuatro zonas LS, CS, BC y SC las cuales presentaron densidad y riqueza intermedias. El quinto formado por las zonas BNW y LC con densidad baja y riqueza intermedia. El sexto creado por CC y CNW con densidad intermedia y riqueza baja. Por último el grupo formado por LNW que presentó los valores mínimos. En contraste con los parámetros antes mencionados en esta gráfica no se observaron tendencias ya que todas las zonas variaron con respecto a su sección lo que reflejó la heterogeneidad física de este arrecife.

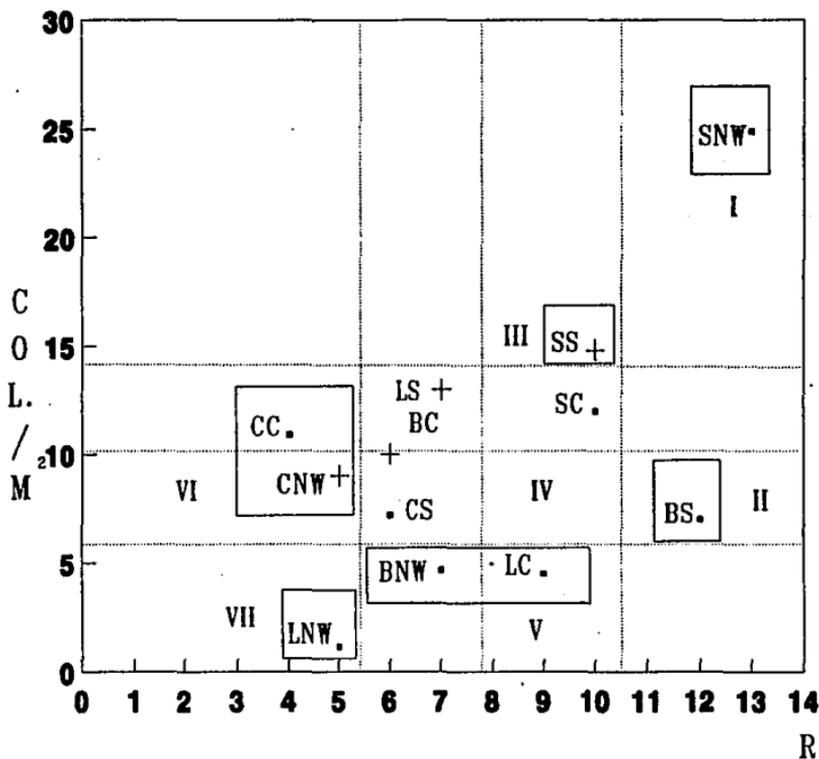


Figura 5. Agrupación de las zonas de cada sección en función de la densidad y diversidad. (Noroeste: BNW = barlovento, CNW = cresta, LNW = laguna, SNW = sotavento; Centro: BC = barlovento, CC = cresta, LC = laguna, SC = sotavento; Salmedina: BS = barlovento, CS = cresta, LS = laguna, SS = sotavento).

Asociaciones.

El 13% del total de las especies se asociaron significativamente ($p < 0.05$) tal fue el caso de *Ircinia felix* e *Ircinia campana*, *Verongula rigida* y *Dysidea etheria* entre otras. El 9% de las especies presentó una asociación muy significativa ($0.01 < p < 0.05$) por ejemplo *Aplysina fistularis insularis* y *Niphates erecta*. Por último el 13% presentó una asociación altamente significativa ($p < 0.001$) entre estas se encontraron a *Amphimedon viridis* e *Iotrochota birorulata*, *Aplysina fistularis insularis* y *Pseudoceratina crassa* (Tabla 8).

De estas asociaciones la mayor proporción (45%) se calculó entre especies dominantes y ocasionales como sucedió entre la especie dominante *Amphimedon compressa* con las especies ocasionales *Ircinia strobilina*, *I. campana*, *Niphates erecta* y *Ectyoplasia ferox*. Esto es resultado de la alta competencia por el sustrato que hay dentro del arrecife y/o debido a la gran densidad de estas especies dominantes. Otra asociación interesante de analizar se observó entre especies ocasionales, las cuales representaron el 21% del total. La mayor proporción de estas (63%) fueron altamente significativas lo que es señal de una asociación muy estrecha.

Tabla 8. Asociaciones entre especies (* Significativa, ** Muy Significativa, *** Altamente Significativa) de las Especies de Esponjas (If= *Ircinia felix*, Is= *Ircinia strobilina*, Ic= *Ircinia campana*, De= *Dysidea ciliaris*, Af= *Aplysina fistularis*, Vr= *Verangula rigida*, Pc= *Pseudoceratina crassa*, Sc= *Sigmadia coerulea*, Ac= *Amphimedon compressa*, Av= *Aphimedon vicioides*, Ne= *Niphates erecta*, Ca= *Callyspongia armigera*, Ib= *Interochota bicrotulata*, Ti= *Tedania ignis*, Ef= *Ectyoplesia ferns*).

	Is	Ic	De	Af	Vr	Pc	Sc	Ac	Av	Ne	Ca	Ib	Ti	Ef
If	*	*	*						**					**
Is				***		***		*	***				**	***
Ic				*				*			***	*		***
De					*	*								
Af				*	***			***	***	**				***
Vr						***	***		*					
Pc							*		***					
Sc												*		
Ac									*	**				
Av											*	***	*	***
Ne														
Ca												**		
Ib														*
Ti														
Ef														

Forma de crecimiento

Las esponjas pueden presentar dos formas de crecimiento básicas: expuestas y no expuestas. En el arrecife Chopas se observó que algunas especies presentaron ambas formas de crecimiento como se observó en Amphimedon compressa que presentó los dos tipos de

crecimiento en el Barlovento, Sotavento y Laguna, mientras que en la Cresta sólo crece en forma no expuesta. También esta variación en el tipo de crecimiento la presentaron *Ircinia felix*, *I. strobilina*, *Aplysina fistularis insularis*, *Pseudoceratina crassa*, *Amphimedon compressa*, *Iotrochota birotulata* y *Ectyoplasia ferox* (Tabla 9). Estas variaciones se deben a las diferentes condiciones que se observan en cada una de las zonas y/o es un mecanismo de defensa que presentan estos organismos para evitar la depredación.

Tabla 9. Diferentes formas de crecimiento de las Especies de Esponjas dentro de las cuatro zonas (1 = Expuesta, 0 = No Expuesta).

ESPECIES	BARLOVENTO	CRESTA	LAGUNA	SOTAVENTO
<i>Ircinia felix</i>	1-0	1	1-0	1
<i>Ircinia strobilina</i>	0	----	----	1
<i>Ircinia campana</i>	1	----	----	1
<i>Dysidea etheria</i>	0	0	0	0
<i>Aplysina fistularis insularis</i>	1	1	1-0	1
<i>Verongula rigida</i>	1	----	----	1
<i>Pseudoceratina crassa</i>	1-0	----	1-0	0
<i>Sigmadocia caerulea</i>	----	----	0	0
<i>Amphimedon compressa</i>	1-0	0	1-0	1-0
<i>Amphimedon viridis</i>	0	0	0	----
<i>Niphates erecta</i>	----	----	1	1
<i>Callyspongia armigera</i>	1	----	1	1
<i>Iotrochota birotulata</i>	0	----	1-0	1
<i>Tedania ignis</i>	0	0	0	0
<i>Ectyoplasia ferox</i>	1-0	----	----	1-0

DISCUSION

La riqueza específica de las esponjas obtenida en el arrecife Chopas (15 especies) es de las mayores registradas para el sistema arrecifal veracruzano (López, 1992) y solo es superada por el arrecife La Blanquilla con 17 especies. Esto se debe a que se localiza cercano a la costa por lo que recibe la descarga de los ríos que traen una alta cantidad de materia orgánica (Lara, 1989). La cercanía a la costa permite a esta localidad presentar una alta riqueza específica de moluscos (Pizaña, 1990), corales (Espejel, 1991) y zooantideos (Rosado, 1990). En el Sistema arrecifal mexicano sólo se registra otro estudio sobre esponjas en el Mar Caribe en donde se registraron 20 especies (Gómez y Green, 1984).

La mayor densidad y diversidad de esponjas se obtuvo en la sección NW. Esta condición se atribuye a que: (1) está protegida por los arrecifes Polo y Bajito, lo que disminuye la energía del oleaje, siendo sustratos rocosos protegidos zonas con mínimo estrés físico (oleaje, desecación) por lo que los organismos coloniales dominan (Jackson, 1977) y (2) está localizada más cerca de la desembocadura de los ríos, lo cual favorece un mayor aporte de materia orgánica (Storr, 1976). En contraste la sección Centro fue la que presentó los valores menores ya que es la sección que se encuentra más expuesta al oleaje.

La sección Salmedina presentó valores intermedios de densidad y diversidad debido a que se localiza protegida por la sección Centro.

La especie con mayor densidad en las tres secciones del arrecife fue Amphimedon viridis (29% de la densidad total). La distribución de esta especie se restringió a la zona somera. Las esponjas establecidas en áreas someras tienen un crecimiento más rápido que las áreas profundas, resultado de la flexibilidad de sus fibras y la disposición en que se presentan (Storr, 1976). Además, esta especie tiene una forma de crecimiento incrustante, considerado como un crecimiento indeterminado y rápido (Jackson, 1977). Este tipo de crecimiento les facilita la competencia por el sustrato (Jackson, 1977).

Las especies Aplysina fistularis insularis e Iotrochota birotulata en la sección Centro se agruparon como ocasionales, mientras que para las otras dos secciones fueron dominantes. En ambas especies se han registrado mecanismos de defensa contra la depredación. La primera es una especie que presenta agentes químicos que inhiben la metamorfosis de la larva Veliger de los gasterópodos. Esta larva ramonea a las esponjas al igual que los organismos adultos, y los agentes químicos causan cambios en su conducta como la retracción del pie (Thompson, 1985). Iotrochota birotulata presenta un exudado, que al ser liberado en el agua, es evadido por los peces (Green, 1977a). Además como ya se mencionó, la sección Centro es la que se encuentra más expuesta al oleaje afectando el desarrollo de estas especies.

La zona con mayor riqueza específica y diversidad fue el Sotavento, seguido en orden decreciente por el Barlovento, la Laguna y la Cresta. Este orden es consecuencia de las condiciones predominantes en cada una de las zonas en relación a la energía del oleaje, la tasa de sedimentación, la disponibilidad de alimento y sustrato. El Sotavento es una zona protegida con alta cantidad de materia orgánica en suspensión. Estos sitios protegidos favorecen el reclutamiento de esponjas, ya que, son dominados por filtradores activos (Castric, 1988), además que la abundancia de invertebrados ramoneadores disminuye (Underwood *et al.*, 1991).

En el Barlovento la cantidad de sedimentos es baja y la energía del oleaje es intermedia favoreciendo la implantación de larvas (Storr, 1976). La Laguna presenta parches de sustrato disponibles con alta cantidad de sedimentos y la energía del oleaje es mínima (Lara, 1989). En la Cresta se presenta la mayor energía del oleaje, hay una amplia cobertura de algas y una alta densidad de moluscos (Pizaña, 1990).

El valor máximo de densidad se obtuvo en el Sotavento, seguido de la Cresta, Barlovento y Laguna. Este orden es diferente al registrado para la riqueza específica y diversidad, el cambio se debe a que la Cresta fue dominada por *Amphimedon viridis* que como se mencionó mostró la mayor densidad. Las condiciones ambientales de la Cresta impiden la implantación de una elevada densidad de organismos coloniales, a menos que estos sean incrustantes y de talla reducida (Jackson, 1977).

Las Zonas profundas de Barlovento y Sotavento fueron dominadas por Amphimedon compressa. Esta especie a diferencia de A. viridis presenta los dos tipos de crecimiento, lo cual es una estrategia de muchas esponjas adaptadas a amplios márgenes batimétricos (Bibilioni, 1981). mientras que en las zonas someras de la Cresta y Laguna la especie dominante fue Amphimedon viridis.

Las cuatro especies (Aplysina fistularis insularis, Amphimedon compressa, A. viridis y Tedania ignis) que dominaron tanto dentro del arrecife y las tres secciones, con respecto a las zonas su dominancia no fue total y su variación es marcada, esto se debe a que las condiciones en las zonas son más heterogéneas que en las secciones.

Las cuatro especies antes mencionadas presentan sustancias ictiotóxicas y antibacterianas (Lozano, 1988). Bakus (1969) propone que la dominancia en biomasa o número de esponjas con defensas tóxicas es frecuente en latitudes tropicales. Como las especies con sustancias tóxicas no dominaron dentro de las zonas esto sugiere que la distribución de las esponjas está determinada por los factores físico-químicos y los mecanismos que utilizan para la competencia y la depredación.

El patrón de distribución de Ircinia felix, I. strobilina, I. campana, Aplysina fistularis insularis, Verungula rigida, Pseudoceratina crassa, Amphimedon compressa, Callyspongia armigera y Tedania ignis para cada una de las zonas es igual en todos los arrecifes del sistema (López, 1992). Esto indica que la distribución de la mayoría de las especies esta determinada por las condiciones ambientales predominantes en cada una de las zonas.

Los resultados obtenidos al analizar la relación de la densidad en función de la diversidad y la riqueza específica de las zonas para las tres secciones refleja la heterogeneidad física dentro de todo el arrecife. Las condiciones particulares de cada sección modificaron las características de las zonas, lo cual influyó en la distribución de las especies ya dadas para dichas zonas.

Los datos obtenidos en este estudio muestran que la dinámica del sistema como la baja energía del oleaje y la presencia de materia orgánica provista por los ríos incrementan la diversidad de las esponjas (Storr, 1976). Los factores bióticos que intervienen en la distribución de las esponjas son: (1) las asociaciones entre especies, ya que, diferentes especies del mismo grupo taxonómico pueden ayudar a otros en la competencia por el sustrato contra especies de diferentes grupos taxonómicos (Woodin y Jackson, 1979), (2) las sustancias químicas que presentan algunas especies, no son dañinas a otras esponjas que no las presentan, algunas esponjas de tamaño considerable tienen un gran número de epibiontes del mismo phylum (Uriz, 1981), (3) una especie de esponja puede presentar diferentes formas de crecimiento que están adaptadas a las condiciones ambientales (Bergquist, 1978) y a evitar la depredación (Bakus, 1981).

Los factores limitantes para la distribución de las esponjas dentro del arrecife fueron un excesivo crecimiento de algas, ya que, estas compiten por el sustrato con las esponjas, áreas arenosas que impiden la implantación de las larvas y alta sedimentación, ya que ocluyen los conductos por donde pasa el agua (Storr, 1976).

Los factores favorables (baja energía del oleaje y la materia orgánica provista por los ríos) y limitantes (excesivo crecimiento de algas, áreas arenosas y alta sedimentación) concuerda con lo registrado en la Costa Noroeste de Florida en el Golfo de México (Storr, 1976). En su trabajo Storr (1976) definió nueve zonas (de la A a la I). La zona C presentó la mayor riqueza específica, las condiciones predominantes en esta zona fueron que está protegida y que desembocan dos ríos en ella, estas características son similares a las del Sotavento. La zona con menor número de especies fue la I en donde la energía del oleaje es alta produciendo gran cantidad de sedimentos, siendo esta parecida a la Cresta.

CONCLUSIONES

i) La abundancia máxima de esponjas se registró en los sitios protegidos y con alto aporte de materia orgánica, tanto de los ríos cercanos, así como del mismo arrecife.

ii) *Amphimedon compressa* y *Tedania ignis* fueron especies con alta densidad lo que se atribuye al tipo de crecimiento incrustante, pero es más favorable que una especie presente los dos tipos de crecimiento.

iii) El 60% de las especies de esponjas presentó un patrón de distribución similar para las zonas en todo el sistema arrecifal, lo que indica que su distribución está determinada por las condiciones ambientales predominantes en cada una de las zonas.

iv) Los factores que favorecen la distribución de las esponjas son baja energía del oleaje y la materia orgánica provista por los ríos.

v) Los factores que limitan el crecimiento de las esponjas son un excesivo crecimiento de algas, áreas arenosas y una alta sedimentación.

vi) La distribución de las esponjas esta determinada por las condiciones ambientales así como las estrategias de las esponjas para evitar la depredación y ser mejores competidores.

LITERATURA CITADA

- Bakus, G.J. 1964. The effects of fish-grazing on invertebrate evolution in shallow tropical waters. Allan Hancock Foundation Occ. Pap. 27:1-29.
- Bakus, G.J. 1967. The feeding habits of fishes and primary production at Eniwetok, Marshall Islan. *Micronesica* 3:136- 149.
- Bakus, G.J. 1969. Energetics and feeding in shallow marine waters. *Int. Rev. Gen. Exp. Zool.*, 4:275-369.
- Bakus, G.J. 1981. Chemical defense mechanisms and fish feeding behavior on the Great Barrier Reef Australia. *Science* 211:497-499.
- Bakus, G.J. 1986. Chemical ecology of marine organisms: An overview. *J. Chem. Ecol.*, 12(5):951-987.
- Bakus, G.J. and Green M.G. 1974. Toxicity in sponges and holoturians:A geographic pattern. *Science* 185:951-953.

- Baldo, B.A., Unlenbrock G. and Steinhausen 1977. Antigalactan aglutinins from the marine sponges Axinea polypoides. Biol. Zonin , 96:723-733.
- Barnes, R.D. 1986. Zoología de los invertebrados. Interamericana, México 1146p.
- Bergen, M. 1985. The effect of pedation on community development on artificial substrates submerged in Long Beach Harbor California Ph D thesis University of Southern California Los Angeles California 168p.
- Bergquist, P. R. 1978. Sponges. Hutchinson Univ. Librar. Londres 268p.
- Bergquist, P. R. 1980. A revision of the supraspecific classification of the orders Dictyoceratida and Verongida (class Demospongiae) New Zealand Journal of Zoology 7:443-503.
- Bibiloni, M.A. 1981. Estudio sistematico del Orden Poecilosclerida (Demospongia) de la Costa Brava (Gerona). Bol. Inst. Espa. Oceano ,6 pt4 (324):103-154.
- Bretting, H. and Renwranzt, L. 1973. Porifera Part II Antarctic sponges In: British Antarctic ("Terra Nova"). Zool 6:393-458.

- Carriello, L. and Zanett L. 1982. Antimicrobial activity of avarol a sesquiterpene hydroquinone from the marine sponge *Dysidea avara*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **718**:281-283.
- Castric, F. 1988. Sublitoral rocky bottom communities in the Concarneau area and their limiting ecological factors. *Vie et Milieu*, **38** (1):1-18.
- Chib, J.S., Stempien, M.F., Ruggieri, G.D. and Nigrelli, R.F. 1978. Physiologically active substances from marine sponges V: Isolation of physiologically active compounds from sponge *Verongia archori* (Brief Comm) *J. Pharm. Sci.*, **67**(2):264-265.
- Espejel, M.J.J. 1991. Aspectos geológicos y ecológicos de la distribución de los escleractinios en los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz, Golfo de México. Tesis Maestría. Fac Ciencias, UNAM. 98p.
- Goreau, T.F. 1973. The ecology of Jamaica coral reef. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, :19-31.
- Goreau, T.F. 1979. Corales y arrecifes coralinos. *Investigación y Ciencia* **37**:48-60.
- Gómez, L. P. y Green, M. G. 1984. Sistemática de las esponjas marinas de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Ann. Inst. Cienc. de Mar y Limnol. UNAM* ., **11**(1):65-90.

- Green, M.G. 1977a. Ecology of toxicity in marine sponge. *Marine Biol.* **40**:207-215.
- Green M.G. 1977b. Sinopsis taxonómica de 13 especies de esponjas del arrecife La Blanquilla, Veracruz, México. *Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM* ., **4**(1):79-98.
- Green, M.G., Fuentes, L.E. y Gomez, L.P. 1986. Nuevos registros de Porifera del arrecife La Blanquilla, Veracruz, México. *Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM* ., **13**(3):127-146.
- Jackson, J.B.C. 1977. Competition on marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. *Am. Nat.* **3**(980):743-767.
- Jacome, P. L. 1992. Análisis de las comunidades malacológicas asociadas al arrecife Aneгада de Afuera, Veracruz, México. Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM 62p.
- Lara, M. P. S. 1989. Zonación y caracterización de los escleractinios en el arrecife Aneгада de Afuera. Veracruz, México. Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM 91p.
- López, H. M. 1992. Diagnósis taxonómicas de las esponjas de las estructuras arrecifales de Antón Lizardo y puerto de Veracruz México. Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM 88 p.

- Loya, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatipic corals at Eilat Red Sea. Mar. Biol. 13:100-112.
- Lozano R. C. 1988. Determinación de las propiedades antimicrobianas e ictiotóxicas de esponjas y ascidias del Golfo de California y Caribe Mexicano. México. Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM 77 p.
- Ludwig, A.J. and Reynolds, F.J. 1988. Statistical Ecology a primer on methods and computing . John Wiley and Sons Inc New York 337p.
- McCaffrey, E.J. and Edean R. 1985. Antimicrobial activity of tropical and subtropical sponges. Mar. Biol. 89:1-8.
- Milliman, J.D. 1973. Caribbean coral reef. In: Jone, A. and Edean, R. (Eds.) Biology and Geology of coral reef. 1:1-50.
- Odum, H.T. and Odum E.P. 1955. Trophic structure and productivity of awinward coral reef community on Eniwetoh Atoll. Ecol. Monogr. 25:291-230.
- Padilla, S.C. 1989. Estructura comunitaria de escleractinios del arrecife El Cabezo, Veracruz, México. Tesis Prof. Fac.Ciencias UNAM 96p.

- Pizaña, A. F. J. 1990. Moluscos arrecifales de Antón Lizardo, Veracruz: un enfoque Biogeográfico. Tesis Prof. Fac. Ciencias UNAM 36p.
- Rosado, M. J. C. 1990. Patrones de diversidad, distribución y utilización del espacio de las anemonas y zoanthideos (Coelenterata: Anthozoa) de Veracruz. Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM 55p.
- Soest, R. W. M. van. 1980. Marine sponges from Curacao and other Caribbean localities. Part II Keratosa. Stud. Fauna Curacao Caribb. Isl. 56 (179):1-94.
- Soest, R. W. M. van. 1981. A checklist of the Curacao Sponges (Porifera Demospongiae) including a pictorial key to the more common reef-forms Verslangen en Technische Gegevens, Instituut voor Taxonomische Zoögie, Universiteit van Amsterdam. 31p.
- Soest, R. W. M. van. 1984. Marine sponges from Curacao and other Caribbean localities. Part III Poecilosclerida. Stud. Fauna Curacao Caribb. Isl. en prensa.
- Sokal, R.R. and Rohlf, J.F. 1979. Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones Madrid 832p.
- Stoddart, D. 1969. Ecology and morphology of recent coral reef Biol. Rev. 44:433-498.

Storr, J.F. 1976. Ecological factors controlling sponges distribution in the Gulf of Mexico and the resulting zonation. In: Harrison, F.W. and Cowden, R.R. (Eds.) Aspects of sponge biology. Academic Press Inc. New York, San Francisco, 261-276.

Systat, 1985. The system for stactistic. Systat Inc. 428p.

Thompson, J.E. 1985. Exudation of biologically-active metabolites in a sponge (Aplysina fistularis) I biological evidence. Mar. Biol., 88:23-26.

Vargas-Hernández, J. M., Hernández-Gutiérrez, A. y Carrera-Parra, L. F. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. In: Salazar-Vallejo, S.I. y González, N.E. (Eds.) Biodiversidad Marina y Costera de México. Com. Nal. Biodiversidad y CIORO, México, pp 559-575.

Underwood, A.J., Kingsford, M.J. y Andrew, N.L. 1991. Patterns in shallow subtidal marine assemblages along the coast of New South Wales. Aust. J. Ecol. 16(2):231-249.

Uriz, M.J. 1981. Estudio sistemático de las esponjas Astrophorida (Demospongia) de los fondos de pesca de arrastre, entre Tossa y Calella (Cataluña) Bol. Inst. Espa. Oceanog 6 pt4 (320):7-58.

Woodin, S.A. y Jackson, J.B.C. 1979. Interphylectic competition among marine benthos
Am. Zool., 19:1029-1043.

Zar, J.H. 1984. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall New Jersey 718p.