

Malacofauna del infralitoral rocoso de Agua Blanca, Santa Elena Cozoaltepec, Oaxaca

Pablo Zamorano *, Norma A. Barrientos-Luján ** & Silvia Ramírez-Luna ***

Resumen

Malacofauna del infralitoral rocoso de Agua Blanca, Santa Elena Cozoaltepec, Oaxaca. Se evaluó la comunidad de moluscos de la playa de Agua Blanca en Santa Elena Cozoaltepec, Oaxaca, a partir de cuadrantes de 0.25 m², durante septiembre-octubre de 1994 y enero-marzo de 1995. Se identificaron 64 especies (un quitón, 18 bivalvos y 45 gasterópodos) representadas por 514 ejemplares. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los meses de muestreo, lo que hace factible considerar a las nueve especies más abundantes y frecuentes como indicatoras de la comunidad de moluscos en la zona. De acuerdo con los valores de indicadores ecológicos, se cuenta con una comunidad diversa ($H' > 3,800 \text{ bits ind}^{-1}$), con valores altos de equidad ($J' > 0.840$) y bajos de dominancia ($D' < 0.1$) y con una riqueza de especies superior a la mayoría de los trabajos consultados que se han realizado en otras zonas del Pacífico tropical mexicano. El porcentaje de abundancia de las nueve especies indicatoras con respecto a las restantes 55 fue de 41% en enero de 1995 a 65% en octubre de 1994, lo cual difiere de lo observado generalmente en ambientes rocosos, donde la abundancia de neritas y litorinas suele representar más del 90% de la abundancia total. De acuerdo a los

Abstract

Infra-littoral rocky shore mollusk community from Agua Blanca, Santa Elena Cozoaltepec, Oaxaca. The community of mollusks of Agua Blanca beach at Santa Elena Cozoaltepec, Oaxaca, was evaluated from quadrants of 0.25 m² during September-October, 1994 and January-March, 1995. Sixty four species were identified (one chiton, 18 bivalves and 45 gastropods), represented in 514 specimens. Statistically significant differences were not observed between the months of sampling, making possible to consider the nine most abundant and frequent species as indicator species of the mollusk community in this zone. According to the values of ecological indicators, the community is diverse ($H' > 3,800 \text{ bits ind}^{-1}$), with high values of evenness ($J' > 0.840$), low dominance ($D' < 0.1$) and a species richness superior to the majority previous reports that have been performed in other zones of the Mexican tropical Pacific. The percentage of abundance of the nine indicator species, respect the other 55 species, was increase from 41% in January, 1995, to 65% in October, 1994, this differs from the observed normally in rocky environments, where the abundance of nerites and litorines generally represents more than 90% of the total abundance. The values of the

Résumé

Malacofaune de l'infralittoral rocheux d'Agua Blanca, Santa Elena Cozoaltepec, Oaxaca. La communauté de mollusques de la plage d'Agua Blanca de Santa Elena Cozoaltepec, Oaxaca, a été évaluée en quadrants de 0.25 m², de septembre à octobre 1994 et de janvier à mars 1995. Soixante-quatre espèces furent identifiées (un chiton, 18 bivalves et 45 gastéropodes) représentées par 514 exemplaires. Des différences statistiquement significatives entre mois d'échantillonnage ne furent pas observées, ce qui permet de considérer les neuf espèces les plus abondantes et fréquentes comme des espèces indicatrices de la communauté de mollusques de la zone. Suivant les indicateurs écologiques, la communauté est diverse ($H' > 3,800 \text{ bits ind}^{-1}$), avec des valeurs élevées de régularité ($J' > 0.840$) et de faibles valeurs de dominance ($D' < 0.1$), ainsi qu'une richesse d'espèces supérieure à la majorité de la littérature consultée pour d'autres zones du Pacifique tropical mexicain. Le pourcentage d'abondance des neuf espèces indicatrices vis à vis des 55 restantes fut de 41% en janvier 1995 et de 65% en octobre 1994, ce qui diffère de ce qui est généralement observé dans des environnements rocheux, où l'abondance des nerites et litorines représente habituellement

* Instituto Nacional de Ecología, Periférico Sur 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco, Delegación Coyoacán, 04530, México, D.F.
Correo electrónico: pzamora@ine.gob.mx

** Universidad del Mar, Ciudad Universitaria, campus Puerto Ángel, 70902, Oaxaca, México.
Correo electrónico: blujana@angel.umar.mx

*** CICIMAR-IPN, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, colonia Palo de Santa Rita, La Paz, 23096, Baja California Sur, México.
Correo electrónico: srluna08@hotmail.com

valores de los índices ecológicos y lo obtenido en la curva de dominancia-diversidad, permiten considerar a la comunidad de moluscos de Agua Blanca como heterogénea y rica en especies, lo que es indicativo de comunidades poco perturbadas, con el 70% de las especies accesorias y solo nueve especies como constantes.

ecological indexes and those obtained in the curve of dominance-diversity, makes possible to consider the community of mollusks of the rocky beach of Agua Blanca as a heterogeneous community and rich in species, which is indicative of communities little disturbed, with 70% of the incidental species and only nine species as constants.

plus de 90% de l'abondance totale. Suivant les valeurs des indices écologiques et les résultats obtenus à partir de la courbe de dominance-diversité, la communauté de mollusques d'Agua Blanca peut être considérée comme hétérogène et riche en espèces, ce qui est indicatif des communautés peu perturbées, avec 70% d'espèces accidentelles et seulement neuf espèces constantes.

Palabras clave: Diversidad, especies dominantes, moluscos benthicos, Pacífico tropical mexicano, sustrato rocoso.

Key words: Diversity, benthic mollusks, dominant species, Mexican tropical Pacific, rocky substratum.

Mots clefs : Diversité, espèces dominantes, mollusques benthiques, Pacifique tropical mexicain, substrat rocheux.

Introducción

Las mareas son quizás el primer agente modificador de la costa y el más influyente en la biología de las especies que habitan en la zona litoral (Arreola-Vergara & Gámez-Torróntegui 2002). Cuando la marea se encuentra en bajamar, en la zona litoral rocosa se observan especies de flora y fauna adaptadas a cambios permanentes de temperatura, salinidad y desecación, principalmente. A pesar de estas condiciones extremas, la zona litoral rocosa representa una importante fuente de alimento para especies pelágicas; refugio y crecimiento para organismos juveniles; y reproducción y zonas de anidación para peces e invertebrados como los moluscos, objeto de estudio del presente trabajo.

La mayor parte de los estudios realizados en la región sobre la malacofauna se ha desarrollado en las Bahías de Huatulco, principal zona turística de la costa de Oaxaca. Estos trabajos se han enfocado a la comunidad asociada a sustrato rocoso (Rodríguez-Palacios *et al.* 1988, Sandoval-Díaz 1988, De León-Herrera 2000) y a sustrato arrecifal (Mitchell-Arana & Gómez 1990, Zamorano *et al.* 2006). Para el caso de Puerto Escondido, considerado como el segundo destino turístico de la costa de Oaxaca, el conocimiento sobre

las comunidades benthicas es mínimo, por lo que resulta importante estudiar los ecosistemas y sus componentes de las zonas aledañas al centro turístico, como lo es la playa Agua Blanca y así detectar posibles efectos causados por las actividades productivas a partir de especies representativas del ecosistema (Castillo-Rodríguez & Amezcua-Linares 1992, Holguín-Quiñones & Michel-Morfín 2006).

Material y métodos

El material biológico se recolectó en el infralitoral rocoso de la playa de Agua Blanca, ubicada en Santa Elena Cozoaltepec (15°43'58" N, 96°48'50" O) en el litoral oaxaqueño que se caracteriza por presentar una planicie costera con amplias llanuras dedicadas a la agricultura y ganadería, y playas extensas. Agua Blanca constituye un área de zona intermareal rocosa y pozas de marea, poco estudiada (Ramírez-Luna & Barrientos-Luján 1999).

Por su ubicación geográfica, el clima de la región está clasificado como del tipo cálido subhúmedo, con lluvias en verano. La temperatura se mantiene por debajo de la isoterma de los 33°C durante todo el año y la época de lluvias se presenta entre los meses de mayo a octubre, con una precipitación anual de 900 a 1,000 mm (García 1988).

La región presenta una plataforma continental angosta, de 4-6 km de longitud, debido a que la Trinchera Mesoamericana está cerca de la costa (de la Lanza 1991). Por su geodinámica costera, el área se define como una zona con avance de la línea de costa hacia el mar por emersión (Ortiz & Espinosa 1991), con tres tipos de costas: a) costas abrasivas, que se originan por procesos tectónicos y la abrasión del oleaje, en las cuales se presentan acantilados, b) costas acumulativas en forma de bahía, originadas por procesos de acumulación de arenas y por la separación de bloques continentales y c) costas abiertas acumulativas, constituidas por arenas medias con escalonamiento con rumbo O-E (Morales-Iglesias 1998). Estos paisajes alternan formas acumulativas y erosivas, con depósitos de playas, salientes y puntas rocosas. La exposición al oleaje es variable pero tiende a ser bastante fuerte en la mayor parte del área (Ortiz & Espinosa 1991), con olas que alcanzan alturas de 2.4 m o más (Carranza-Edwards *et al.* 1988); el régimen de marea, como en todo el Pacífico tropical mexicano, es mixto semi-diurno (Anónimo 1978) con un intervalo promedio de 1.4 m, presentándose los niveles más bajos en el invierno y los mayores en el verano (Hubbs & Roden 1964, Grivel 1975). La radiación solar es importante en la zona y no hay nubosidad la mayoría del año, siendo la luminosidad de 450 lgy día⁻¹ como promedio, elevándose en mayo hasta 500 lgy día⁻¹ (Castillo-Rodríguez & Amezcua-Linares 1992).

La zona costera presenta temperaturas de 25°C y salinidades mayores a 35 mg l⁻¹ de enero a junio, conferidas por la Corriente Norecuatorial superficial que predomina durante estos meses. De julio a diciembre, la Corriente Costera de Costa Rica ejerce influencia sobre la zona y provoca que se mantengan las condiciones tropicales para este periodo (Pacheco 1991). La temperatura superficial del mar se mantiene entre los 26 y los 28°C, con una oscilación térmica de 3-4°C (Weare *et al.* 1981).

Para el muestreo, se realizaron cuatro

salidas de campo (septiembre y octubre de 1994) y (enero y marzo de 1995), la recolección de ejemplares se hizo sobre macizo rocoso delimitado por cuadrantes de PVC de 0.25 m². En cada salida, el cuadrante se colocó al azar en cuatro sitios distintos, con excepción del mes de septiembre de 1994, cuando por condiciones ajenas al muestreo, sólo fue posible muestrear tres cuadrantes, sin embargo las curvas de acumulación de especies obtenidas para los restantes tres meses de muestreo, mostraron que con tres cuadrantes se alcanza la asíntota, incluso en septiembre de 1994 en el tercer cuadrante ya no se observó agregación de nuevas especies (Fig. 1); en relación a la abundancia total de moluscos, se tiene que en los dos muestreos del año 1994 (septiembre y octubre) y a pesar de que en septiembre sólo se realizaron tres cuadrantes, la abundancia fue semejante, recolectándose 82 y 88 organismos, respectivamente (Tabla I); por lo anterior se considera que es factible incluir en la comparación entre meses de muestreo al de septiembre de 1994 pese a que sólo se obtuvieron tres cuadrantes. Las muestras se extrajeron mediante buceo libre y se fijaron en formaldehído al 10% neutralizado con borato de sodio, se etiquetaron y se trasladaron. En el laboratorio, las muestras se lavaron con agua dulce durante 24 horas, se preservaron con alcohol al 70% y se almacenaron en la oscuridad hasta su revisión e identificación taxonómica. La identificación de las especies se realizó por medio de las características conchiliológicas, de acuerdo a los criterios de Keen (1971) y Keen & Coan (1975) y la actualización de los nombres científicos se hizo con base en las guías de Skoglund (2001, 2002).

El material identificado se incorporó a la Colección de Moluscos del Museo de Historia Natural de la Universidad del Mar (MHNUMAR-003) y para comprobar la correcta determinación de las especies de Bivalvia y Gastropoda, se contrastaron los ejemplares con los de la Colección del Laboratorio de Invertebrados del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

(CICIMAR), Unidad La Paz.

Se obtuvo la abundancia total para cada uno de los cuatro meses de muestreo y por medio de análisis de varianza (ANDEVA) de una vía con $\alpha = 0.05$, se identificó si existían diferencias significativas entre ellos.

Se contabilizó el número de especies (S) y su abundancia (N), para proceder a calcular la riqueza de especies de Margalef (d), la equidad de Pielou (J'), la diversidad de Shannon-Wiener, en base logarítmica dos (H'), y la dominancia de Simpson (D') (ver Magurran 1988, Krebs 1994, Brower *et al.* 1997).

Se elaboraron los gráficos de frecuencia-abundancia relativa y de la distribución de la abundancia de las especies o curva de dominancia-diversidad (Odum 1985, Krebs

1994) con el fin de facilitar el análisis y enfocarse a las especies más representativas, se identificaron a aquellas que resultaron dominantes y frecuentes (consideradas en este manuscrito como "especies indicadoras"). Una especie dominante es aquella que presenta un $D_m > 1$, donde D_m es el índice de dominancia media para la especie "i" (Picard 1965) y como especies frecuentes, aquellas que aparecieron en los cuatro meses de muestreo y en al menos 25% de los cuadrantes. Así pues, de las especies indicadoras se obtiene su abundancia relativa y con ese parámetro se analiza su comportamiento a lo largo del ciclo de muestreo y se establecen proporciones de las especies indicadoras con respecto al resto de las especies.

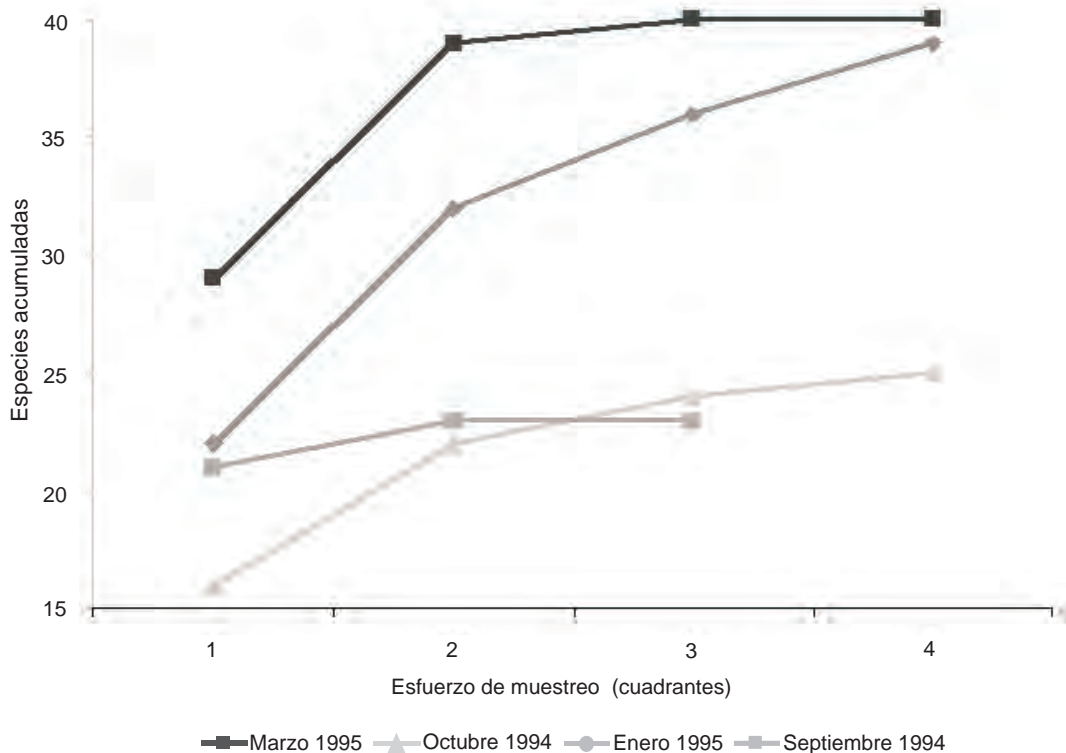


Figura 1. Curvas de acumulación de especies por esfuerzo de muestreo (cuadrantes) de moluscos benthicos en el infralitoral rocoso de la playa de Agua Blanca durante los meses de muestreo.

Tabla I. Total de individuos registrados y abundancia de cada especie de moluscos bénticos de Agua Blanca y la dominancia de cada una de ellas, de acuerdo con Picard (1965).

Especie	Fecha				Dominancia
	Sep-94	Oct-94	Ene-95	Mar-95	
Bivalvos					
<i>Acar gradata</i>	1	5	1	2	1.751
<i>A. rozate</i>	0	0	1	0	0.195
<i>Arca mutabilis</i>	1	4	14	19	7.393
<i>Barbatia reeveana</i>	0	0	4	8	2.335
<i>B. alternata</i>	0	0	0	1	0.195
<i>B. Baily</i>	0	0	0	1	0.195
<i>Brachidontes adamsianus</i>	0	0	1	0	0.195
<i>Chama buddiana</i>	0	1	0	0	0.195
<i>Cyrenoida insula</i>	0	0	0	3	0.584
<i>Fulgeria illota</i>	0	0	0	1	0.195
<i>Gastrochaena ovata</i>	4	2	12	11	5.642
<i>Gregariella coarctata</i>	0	0	1	1	0.389
<i>Isognomon janus</i>	1	0	5	0	1.167
<i>Lima pacifica</i>	0	0	1	0	0.195
<i>Lioberus splendidus</i>	0	0	0	1	0.195
<i>Lithophaga plumula</i>	2	0	10	15	5.253
<i>L. aristata</i>	0	0	17	1	3.502
<i>Ostrea fisheri</i>	0	0	1	0	0.195
Gasterópodos					
<i>Aspella hastula</i>	0	0	0	2	0.389
<i>Astraea unguis</i>	0	0	0	2	0.389
<i>Caducifer</i> sp.	1	0	0	0	0.195
<i>Cantharus sanguinolentus</i>	1	2	1	3	1.362
<i>Cantharus</i> sp.	9	10	13	24	10.895
<i>Capulus sericeus</i>	0	0	0	1	0.195
<i>Cerithium maculosum</i>	17	0	7	3	5.253
<i>Columbella fuscata</i>	1	2	2	7	2.335
<i>C. major</i>	0	2	0	0	0.389
<i>C. sonsonatensis</i>	0	0	1	1	0.389
<i>Columbella</i> sp.	0	0	0	1	0.195
<i>Conus nux</i>	5	3	3	4	2.918
<i>C. princeps</i>	0	0	1	0	0.195
<i>Crassispira cerithoidea</i>	1	2	4	0	1.362
<i>Crassispira</i> sp.	0	0	1	0	0.195
<i>Crepidula aculeata</i>	0	0	1	0	0.195
<i>Crucibullum scutellatum</i>	1	0	0	0	0.195
<i>C. umbrella</i>	0	1	2	0	0.584
<i>Diodora inaequalis</i>	0	0	1	2	0.584
<i>Engina jugosa</i>	0	1	0	0	0.195
<i>E. maura</i>	2	5	3	10	3.891
<i>Engina tabogaensis</i>	0	4	3	3	1.946
<i>Engina</i> sp.	5	0	0	8	2.529
<i>Hipponix panamensis</i>	3	4	7	0	2.724
<i>Jenneria pustulata</i>	3	0	0	0	0.584
<i>Leucozonia cerata</i>	0	0	4	1	0.973
<i>Mancinella speciosa</i>	0	1	2	2	0.973
<i>M. triangularis</i>	0	3	0	2	0.973
<i>Mitra lens</i>	2	0	1	2	0.973
<i>Mitrella delicada</i>	0	0	5	5	1.946
<i>Muricopsis zeteki</i>	13	24	14	27	15.175
<i>Nerita scabricosta</i>	1	0	0	1	0.389
<i>Oliva</i> sp.	0	0	0	1	0.195
<i>Olivella altatae</i>	1	0	0	1	0.389

Tabla I. Continuación...

Especie	Fecha				Dominancia
	Sep-94	Oct-94	Ene-95	Mar-95	
<i>O. dama</i>	0	0	1	1	0.389
<i>Pilosabia pilosa</i>	5	2	1	0	1.556
<i>Pilsbryspira garciacubasi</i>	2	0	0	2	0.778
<i>Pterotyphys fayae</i>	0	3	2	3	1.556
<i>Quoyula madreporarum</i>	0	0	4	0	0.778
<i>Rissoina stricta</i>	0	1	0	0	0.195
<i>Septifer zeteki</i>	0	0	1	5	1.167
<i>Steironepion melanostica</i>	0	1	0	0	0.195
<i>Vermicularia pellucida eburnea</i>	0	2	1	1	0.778
<i>Vermicularia</i> sp1	0	0	1	0	0.195
<i>Vermicularia</i> sp2	0	1	0	0	0.195
Poliplacóforos					
<i>Chaetopleura mixta</i>	0	2	0	0	0.389

Resultados

Un total de 514 organismos distribuidos en 64 especies de moluscos bénticos se registraron durante los cuatro meses de muestreo en la zona infralitoral rocosa de Agua Blanca (un poliplacóforo, 18 bivalvos y 45 gasterópodos). El nombre de las especies y sus abundancias por mes de muestreo se señalan en la Tabla I.

El análisis de varianza realizado para las abundancias de moluscos encontradas en este estudio, indicó que no existen diferencias

estadísticamente significativas entre los meses de muestreo (ANDEVA: $F_{3,252}=2.571$, $p=0.055$), lo que puede respaldar el hecho de considerar a las especies dominantes y frecuentes como indicadoras de la comunidad de moluscos en el sistema de Agua Blanca.

Los indicadores comunitarios muestran que el número de especies incrementa conforme incrementa la abundancia total, presentando los valores mínimos durante septiembre de 1994 ($S=23$, $N=82$), con un pequeño aumento en octubre del mismo año

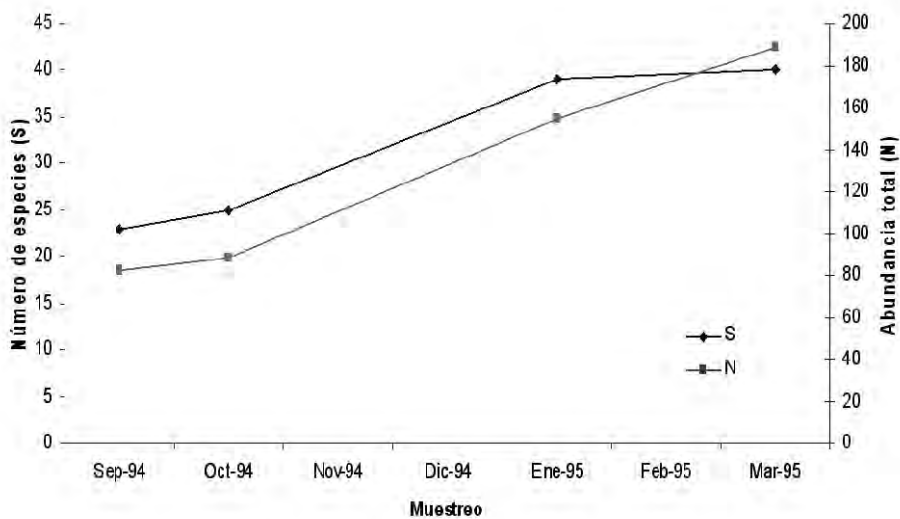


Figura 2. Número de especies y abundancia total de moluscos bénticos en el infralitoral rocoso de la playa de Agua Blanca durante los meses de muestreo

Tabla II. Valores calculados de los indicadores ecológicos para la comunidad de moluscos bénticos de Agua Blanca, durante los meses de muestreo.

Fecha	Riqueza de especies de Margalef (d)	Equidad de Pielou (J')	Diversidad de Shannon-Wiener ($H'(\log_2)$)	Dominancia de Simpson (D')
Sep, 1994	4.992	0.849	3.840	0.089
Oct, 1994	5.360	0.851	3.951	0.098
Ene, 1995	7.535	0.867	4.584	0.051
Mar, 1995	7.440	0.837	4.453	0.064

($S= 25$, $N= 88$) y, en enero de 1995, tanto la abundancia total (155) como el número de especies (39) se incrementaron considerablemente, hasta que en marzo de 1995 el número de especies se mantuvo constante ($S= 40$), pero la abundancia continuara incrementándose hasta alcanzar los 189 organismos (Fig. 2).

La riqueza de especies de Margalef ($d= 7.535$), la equidad de Pielou ($J'= 0.867$) y la diversidad de Shannon-Wiener (4.584 bits ind^{-1}) presentaron sus máximos en enero de

1995, lo cual coincidió con la menor abundancia de especies indicadoras, como se verá más adelante y, por consiguiente, con el valor más bajo de dominancia ($D'= 0.051$) (Tabla II).

En la frecuencia de aparición de las 64 especies registradas, se observó que el 45% (29 especies) aparecieron en un solo muestreo, el 25% (16 especies) en dos, el 16% (diez especies) en tres y solamente el 14% (nueve especies) en los cuatro.

En las gráficas de frecuencia y abundancia

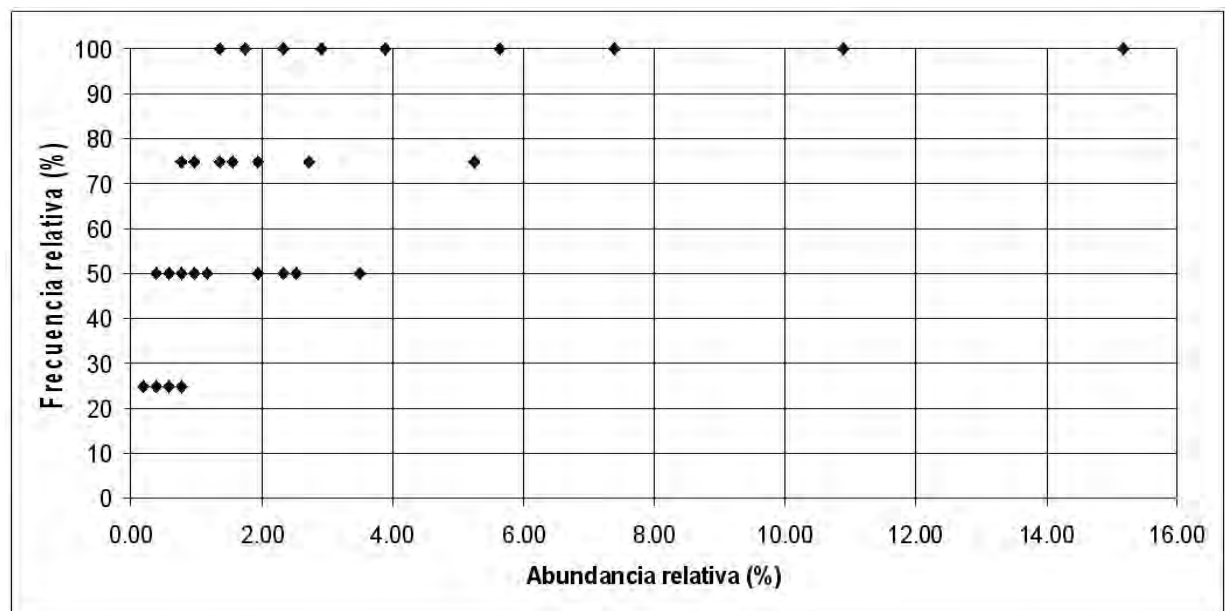


Figura 3. Relación entre la frecuencia y la abundancia relativa de las especies de moluscos encontradas en el infralitoral rocoso de la playa de Agua Blanca. (Nota: En la gráfica se notan 29 puntos cuando son 64 especies. Esto se debe a que varias especies presentaron los mismos valores de abundancia y frecuencia relativa, por lo que hay sobreposición de algunos puntos que no permiten apreciar la totalidad de ellos).

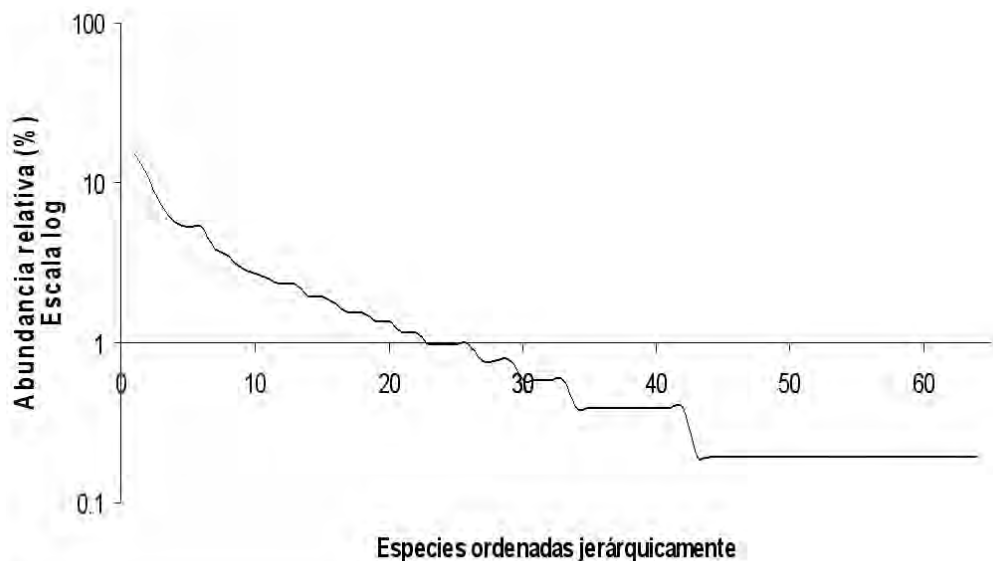


Figura 4. Distribución log-normal de las abundancias relativas de las especies de moluscos encontradas en el infralitoral rocoso de Agua Blanca, donde el ordenamiento jerárquico se refiere a que se nombró a la especie 64 como la que presenta la menor abundancia relativa y a la especie uno como la que presentó la mayor abundancia relativa.

relativa se observó que la mayoría de las especies tienen valores bajos de frecuencia y abundancia relativa (Fig. 3) que favorece el reparto del espacio y de los recursos, como lo muestran los valores de equidad, siempre superiores a 0.84 (Tabla II) y, por consiguiente, la diversidad obtenida se puede considerar alta ya que la dominancia es baja (siempre menor a 0.1). Lo anterior se refuerza con el hecho de que el logaritmo de las abundancias

relativas por especie, muestra una tendencia rectilínea con pendiente negativa, que se aproxima al patrón log-normal de la relación dominancia-diversidad (Fig. 4).

Llaman la atención los 78 ejemplares de *Muricopsis zeteki* Hertlein & Strong, 1951, que representan el 15% de la abundancia total de moluscos en el área, seguida por *Cantharus* sp., con 56 individuos (11%). Estas dos especies, junto con siete más, fueron identificadas como

Tabla III. Abundancia relativa (%) de las especies de moluscos dominantes y frecuentes o “especies indicadoras” en Agua Blanca, durante los cuatro meses de muestreo.

Especie	Fecha			
	Sep, 1994	Oct, 1994	Ene, 1995	Mar, 1995
<i>Acar gradata</i>	1.22	5.68	0.65	1.06
<i>Arca mutabilis</i>	1.22	4.55	9.03	10.05
<i>Cantharus sanguinolentus</i>	1.22	2.27	0.65	1.59
<i>Cantharus</i> sp.	10.98	11.36	8.39	12.70
<i>Columbella fuscata</i>	1.22	2.27	1.29	3.70
<i>Conus nux</i>	6.10	3.41	1.94	2.12
<i>Engina maura</i>	2.44	5.68	1.94	5.29
<i>Gastrochaena ovata</i>	4.88	2.27	7.74	5.82
<i>Muricopsis zeteki</i>	15.85	27.27	9.03	14.29

dominantes por cumplir con el criterio de Picard (1965), de $Dm > 1$, y también como especies frecuentes, por presentarse en las cuatro temporadas de muestreo y al menos en el 25% de los cuadrantes. Por ello, en adelante

se les denominará “especies indicadoras” de la comunidad de moluscos en el sistema de Agua Blanca (Tabla III).

Durante el mes de octubre, cuatro de las nueve especies dominantes presentan su pico

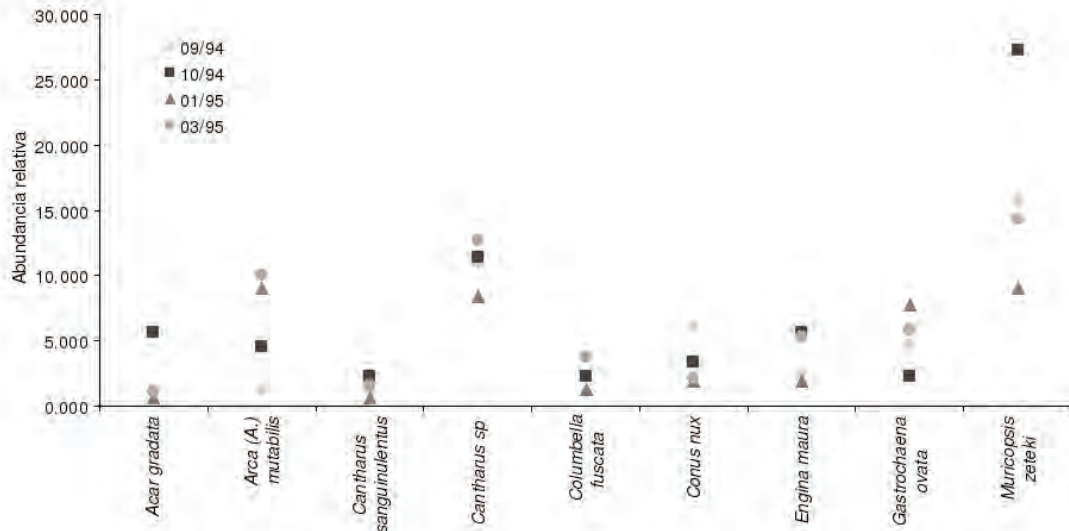


Figura 5. Comportamiento a través de los meses de muestreo de la abundancia relativa de las especies de moluscos indicadoras en Agua Blanca.

máximo de abundancia relativa: *Acar gradata* (Broderip & Sowerby, 1829) y *Engina maura* (Sowerby, 1832) con 5.68%, *Cantharus sanguinolentus* (Duclos, 1833) con 2.27% y *M. zeteki*, la especie mejor representada en el estudio con 27.27%. En marzo, tres especies indicadoras mostraron su mayor abundancia relativa (*Arca mutabilis* Sowerby, 1833, *Cantharus sp.* y *Columbella fuscata* Sowerby, 1832, con valores de 10.05%, 12.70% y 3.70% respectivamente; mientras tanto, solamente una de las nueve especies indicadoras presentaron su pico de abundancia en septiembre (*Conus nux* Broderip & Sowerby, 1833 con 6.10%) y en enero (*Gastrochaena ovata* Sowerby, 1834 con 7.74% (Tabla III).

De acuerdo con el comportamiento de las abundancias relativas de las especies indicadoras, *A. mutabilis* aumentó su abundancia conforme los meses de muestreo avanzaban, con valor mínimo durante el

primer muestreo (septiembre de 1994) y su máximo durante el último (marzo de 1995); *A. gradata* y *M. zeteki* mostraron la misma tendencia, con un máximo en octubre de 1994 y los mínimos en enero de 1995; *C. sanguinolentus* y *E. maura* tuvieron máximos intercalados, el mayor en octubre de 1994 y el siguiente en marzo de 1995, con la menor abundancia en enero de 1995 (Fig. 5).

En relación con el resto de las especies, los moluscos indicadoras en dos de los cuatro meses de muestreo sobrepasaron el 50% de la abundancia total, esto sucedió en octubre de 1994 con una proporción de 65% para las nueve especies señaladas en la Tabla III y 35% para las restantes 55 especies listadas en la Tabla I; el otro caso sucedió en marzo de 1995 donde la abundancia de las especies de moluscos indicadoras mostraron el 57% de la abundancia total. Caso contrario se presentó en septiembre de 1994, con 45% de la

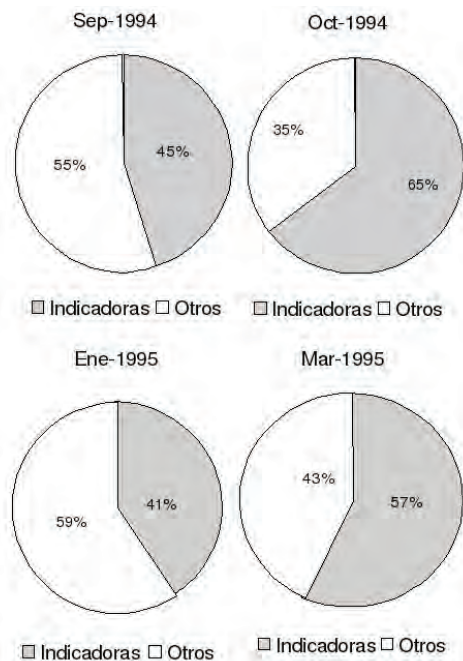


Figura 6. Proporción de abundancias entre especies indicadoras (nueve especies) y el resto de las especies (otros= 55 especies) de la comunidad de moluscos de la franja infralitoral rocosa de Agua Blanca

abundancia total representada por las especies indicadoras y en enero de 1995, muestreo en el que se observó la menor abundancia de las especies indicadoras en el sistema, con tan sólo el 41% de la abundancia total (Fig. 6).

Discusión

Los valores del índice de Simpson, menores a 0.1 para cada uno de los cuatros meses de muestreo indican que la dominancia es muy baja. Al compararlos con los valores de riqueza específica, se observó la relación inversa a la señalada por Sanders (1968) y, por consiguiente, se puede considerar al sistema como diverso (con valores entre 3.8 y 4.6 bits ind⁻¹), niveles semejantes a los encontrados para moluscos en Puerto Ángel y las Bahías de Huatulco (Rodríguez-Palacios *et al.* 1988). Estos altos valores de diversidad, junto con la curva de dominancia-diversidad obtenida, se

ajustan a comunidades heterogéneas y ricas en especies, indicativos de comunidades poco perturbadas (Odum 1985). Esto se puede confirmar con los resultados de frecuencias, ya que el 70% de las especies se pueden considerar como accidentales y/o accesorias y solamente nueve especies catalogadas como constantes, de acuerdo con la clasificación de Dajoz (1996 *In: Mille-Pagaza et al.* 2002). Sin embargo, debido a que el material biológico tiene más de diez años de haberse recolectado cabe la posibilidad de que las condiciones físicas, químicas y/o biológicas en el área de estudio hayan cambiado.

Los valores de diversidad obtenidos en este estudio indicaron que ésta aumenta durante los meses de invierno, al igual que el número de especies registradas, lo anterior puede explicarse por la magnitud de la bajamar que durante estos meses se incrementa y el mar suele estar en bonanza (Lavín *et al.* 1991), lo que da oportunidad a realizar un muestreo más amplio (Mille-Pagaza *et al.* 2002); sin embargo, es necesario contar con muestreos que abarquen un ciclo anual y considerar en las salidas, los distintos datos físicos-químicos que caractericen al área.

Para el litoral del Pacífico mexicano, se han citado numerosas especies de moluscos, tanto de mar abierto como costeras, pero los estudios sobre las poblaciones que habitan sobre sustrato rocoso son escasos en el país; la mayoría de los estudios se han realizado en el golfo de California y conforme decrece la latitud, éstos son mínimos, hasta llegar a una notable escasez de conocimientos en la biota existente en el sur del país (Salcedo-Martínez *et al.* 1988), incluso en aguas profundas (>200 m), se nota este patrón (Zamorano & Hendrickx 2007). De ahí la importancia de contar, al menos, con trabajos generales o listas taxonómicas de la biota de esta zona, cuyos datos en un futuro puedan usarse para extender los estudios a nivel regional y contribuir al conocimiento, siempre necesario, para la toma de decisiones.

La zona intermareal rocosa es uno de los ambientes costeros con una gran riqueza de

Tabla IV. Comparación de estudios realizados con moluscos en la zona intermareal rocosa de diversas localidades, distribuidas desde Oaxaca hasta Jalisco, dentro del Pacífico tropical mexicano.

Localidad (zona)	Abundancia total	Número de especies	Especies dominantes	Referencia
Bahía de Tenacatita, Jalisco		94		González-Villarreal 1977*
Barra de Navidad, Jalisco		106		Rodríguez-Sánchez & Ramírez-Martell 1982*
Bahía de Santiago, Colima		Máximo 67 Mínimo 51 Promedio 61		Sánchez-González 1989*
Bahía de Tenacatita, Jalisco		41		Yáñez-Rivera 1989*
Bahía de Chamela, Jalisco		52		Yáñez-Rivera 1989*
Bahía de Banderas, Jalisco		45		Yáñez-Rivera 1989*
Bahía el Maguey, Oaxaca	645	68	<i>Chiton articulatus</i> <i>Hipponix panamensis</i> <i>Lithophaga aristata</i> <i>Nodilittorina modesta</i> <i>Quoyula madreporarum</i> <i>Siphonaria maura</i>	Rodríguez-Palacios <i>et al.</i> 1988
Puerto Ángel, Oaxaca	691	106	<i>Crucibulum scutellatum</i> <i>Nodilittorina modesta</i> <i>Nerita scabricosta</i> <i>Plicopurpura pansa</i> <i>Rissoina stricta</i> <i>Willamia peltoides</i>	Rodríguez-Palacios <i>et al.</i> 1988
Bahía de Chamela, Jalisco	8995	26	<i>Nodilittorina aspera</i> <i>N. modesta</i> <i>Siphonaria palmata</i> <i>Nerita scabricosta</i> <i>N. funiculata</i> <i>Septifer zeteki</i>	Román-Contreras <i>et al.</i> 1991
Santa Cruz, Oaxaca	5177	28	<i>Nodilittorina modesta</i> <i>N. aspera</i> <i>Nerita scabricosta</i> <i>N. funiculata</i> <i>Choromytilus palliopunctatus</i> <i>Serpulorbis oryzata</i>	Castillo-Rodríguez & Amezcua-Linares 1992
Bahía Cuastecomate, Jalisco	6643	49	<i>Columbella fuscata</i> <i>Nodilittorina aspera</i> <i>N. modesta</i> <i>Nerita scabricosta</i> <i>Planaxis obsoletus</i> <i>Tegula</i> spp. <i>Brachidontes adamsianus</i> <i>Choromytilus palliopunctatus</i>	Esqueda <i>et al.</i> 2000

Tabla IV. Continuación...

Localidad (zona)	Abundancia total	Número de especies	Especies dominantes	Referencia
Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, Colima		Máximo 33 Mínimo 7 Promedio 17	<i>Isognomon Janus</i> <i>Littornia pullata</i> <i>Hipponix panamensis</i> <i>Turbo funiculosus</i> <i>Mitrella baccata</i>	Mille-Pagaza <i>et al.</i> 2002
Isla Roqueta, Acapulco, Guerrero		44		Valdés-González <i>et al.</i> 2004
Faro de Bucerías, Michoacán		42	<i>Chiton articulatus</i> <i>Choromytilus</i> <i>palliopunctatus</i> <i>Fissurella gemmata</i> <i>Nodilittorina aspera</i> <i>Thais biserialis</i> <i>Plicopurpura pansa</i>	Del Río-Zaragoza & Villarreal-Melo 2001
Agua Blanca, Oaxaca	514	64	<i>Acar gradata</i> <i>Engina maura</i> <i>Cantharus</i> <i>sanguinolentus</i> <i>Muricopsis zeteki</i> <i>Arca mutabilis</i> <i>Cantharus sp.</i> <i>Columbella fuscata</i> <i>Conus nux</i> <i>Gastrochaena ovata</i>	Este trabajo

* Datos tomados de Esqueda *et al.* 2000

especies, debido a las condiciones del sustrato y a los diversos factores que en ella confluyen (Román-Contreras *et al.* 1991). La flora y fauna de estos ecosistemas, están expuestos a una variación amplia de las condiciones ambientales que suceden durante los periodos de inundación y desecación causados por la acción de las olas y las mareas (Valentine 1966).

En este hábitat se han señalado como conspicuos a los moluscos (Parker 1964, Brusca 1980, Mille-Pagaza *et al.* 2002), cuyas poblaciones varían en abundancia que dependen de las adaptaciones fisiológicas o morfológicas con las que cuentan y/o de la disponibilidad y textura del sustrato rocoso (Underwood & Chapman 1996), formándose ensamblajes dominados por un pequeño número de especies (Esqueda *et al.* 2000), como se observó en el presente estudio, donde nueve

especies de las 64 identificadas, mostraron una abundancia del 41% hasta el 65% con respecto a la total, con valores inferiores a lo encontrado en la bahía de Chamela, Jalisco, donde seis especies constituyeron el 95.4% (Román-Contreras *et al.* 1991) o el 89.8% de la abundancia total, representado por 17 especies en la bahía de Cuastecomate, Jalisco (Esqueda *et al.* 2000).

De las nueve especies identificadas como "indicadoras" en este estudio, *Conus nux*, *Columbella fuscata* y *Cantharus sanguinolentus* han sido observadas por Román-Contreras *et al.* (1991) como habitantes exclusivas de la franja infralitoral en la bahía de Chamela; por lo que se pueden considerar como "visitantes" de la zona litoral durante la marea alta, donde encuentran condiciones favorables para su alimentación, que se basa en una dieta

carnívora de pequeños organismos.

Al comparar los resultados con estudios previos de moluscos, elaborados en la zona intermareal rocosa de algunas localidades de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, se observan diferencias en el número de especies registradas, donde lo encontrado en Agua Blanca (64 especies) es superior a lo registrado en la mayoría de los trabajos de otras localidades con los que se compara, como son: Isla Roqueta, Guerrero (44 especies); el Faro de Bucerías, Michoacán (42 especies); Isla Socorro, Revillagigedo, Colima (7-33 especies); Cuastecomate (49 especies), Chamela (26 y 52 especies), Bahía de Banderas (45 especies) y Tenacatita (41 especies), todas las anteriores en Jalisco; y Santa Cruz, Oaxaca (28 especies).

Los valores de riqueza de especies de Agua Blanca, resultaron semejantes a los encontrados en dos trabajos realizados en el Pacífico tropical mexicano, los cuales se ubicaron en bahía Santiago, Colima (51-61 especies) y en la bahía El Maguey, en las Bahías de Huatulco, Oaxaca (68 especies), y solamente resultaron inferiores a los encontrados en Puerto Ángel, Oaxaca (106 especies), Barra de Navidad, Jalisco (106 especies), y en bahía Tenacatita, Jalisco (94 especies). Estos y otros datos, junto con sus referencias, se pueden apreciar en la Tabla IV.

Los factores más importantes a considerar cuando se comparan estos estudios son quizás, el método de muestreo, la protección del área y el periodo de estudio, los cuales, en un trabajo posterior, valdría la pena considerar para establecer posibles patrones de distribución de los moluscos en la zona intermareal rocosa del Pacífico tropical mexicano.

A pesar de que la cantidad de individuos recolectados en Agua Blanca (514) fue la menor de los trabajos señalados en Tabla IV, su número de especies fue elevado lo que señala a Agua Blanca como un ecosistema diverso.

En el presente trabajo la especie que más aportó a la abundancia total fue *Muricopsis zeteki* (15.18%), seguido de *Cantharus sp.* (10.89%) y *Arca mutabilis* (7.39%), esta información difiere de lo señalado en otros

trabajos, donde ciertas especies de las familias Neritidae y/o Littorinidae pueden representar más del 90% de la abundancia total obtenida en la muestra.

El estudio de las comunidades faunísticas de las playas rocosas de la costa oaxaqueña son escasos, pese a la importancia que guardan estos ecosistemas en el desarrollo temprano de especies de peces e invertebrados, como lo es la malacofauna, lo que destaca la importancia de realizar investigación en las áreas cercanas a los desarrollos turísticos, como Puerto Escondido. Los resultados obtenidos en el presente trabajo, muestran que dichas comunidades pueden considerarse como diversas y ricas en especies. La presencia constante de ciertas especies, aunada a su abundancia, hacen factible considerar que futuros estudios pueden dirigirse exclusivamente a estas poblaciones, coadyuvando a la preservación de las especies raras o accesorias y por ende, de juveniles de especies comerciales o con mercado potencial, como lo es el caracol púrpura.

Agradecimientos

Este estudio es parte del proyecto "Diversidad de invertebrados bentónicos de las zonas coralinas del corredor costero Puerto Escondido-Bahías de Huatulco", financiado por la Universidad del Mar. Se agradece a Oscar Holguín Quiñones el acceso a la Colección del Laboratorio de Invertebrados del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), Unidad La Paz. A Daniel Franco Zárate, de la Universidad del Mar, por su colaboración en la identificación e incorporación de las especies a la Colección de Moluscos del Museo de Historia Natural de la Universidad del Mar (MHNUMAR-003). A Paola Rodríguez por la revisión del inglés. A miembros del personal de la Universidad del Mar que ayudaron al trabajo de campo y a dos revisores anónimos que con sus comentarios enriquecieron el trabajo. Se agradece a Aitor Aizpuru por el apoyo en la traducción al francés del resumen.

Referencias

- Anónimo. 1978. Temperatura y salinidad de los puertos de México en el Océano Pacífico. Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía, México, D.F. 45 pp.
- Arreola-Vergara, F.I. & A.S. Gámez Torrónategui. 2002. Censo ictiológico de pozas de marea en las tres islas de la bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, México.
- Brower, J.E., J.H. Zar & C.N. von Ende. 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Mc Graw Hill, E. U. 273 pp.
- Brusca, R.C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona Press, Tucson, 513 pp.
- Carranza-Edwards, A., L. Rosales-Hoz & R. Lozano-Santa Cruz. 1988. Estudio sedimentológico de playas del estado de Oaxaca, México. An. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM, 15(2): 23-38.
- Castillo-Rodríguez, Z.G. & F. Amezcua-Linares. 1992. Biología y aprovechamiento del caracol morado *Pliocopurpura pansa* (Gould, 1853) (Gastropoda: Neogastropoda) en la costa de Oaxaca, México. An. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM, 19(2): 223-234.
- Dajoz, R. 1996. Précis d'écologie. Dunod, Paris, 290 pp.
- De la Lanza, G.E. 1991. Pacífico tropical mexicano. Cabo Corrientes a la frontera con Guatemala. Pp: 151-176, In: De la Lanza, G. (ed.), Oceanografía de los mares mexicanos. AGT, México, 518 pp.
- De León-Herrera, M.G. 2000. Listado taxonómico de las especies de moluscos en la zona central del litoral oaxaqueño. Ciencia y Mar 4(2): 49-51.
- Del Río-Zaragoza O. & M. Villaruel-Melo. 2001. Variación estacional de moluscos en las pozas de marea del Faro de Bucerías, Michoacán, México. Resumen, Octava Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, Facultad de Biología, UMSNH, México, pp: 26-28.
- Esqueda, M.C., E. Ríos-Jara, J.E. Michel-Morfin & V. Landa-Jaime. 2000. The vertical distribution and abundance of gastropods and bivalves from rocky beaches of Cuastecomate Bay, Jalisco, México. Rev. Biol. Trop. 48(4): 765-775.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a ed., Larios, México, 220 pp.
- González-Villarreal, L.M. 1977. Estudio taxonómico de los gasterópodos marinos de la bahía de Tenacatita, Jalisco. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara, México.
- Grivel, P.F. 1975. Datos geofísicos. Serie A. Oceanografía 2. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, 152 pp.
- Holguin-Quiñones, O.E. & J.E. Michel-Morfin. 2006. Population structure and accompanying biota of the snail Turbo (Collopoma) funiculosus (Gastropoda: Turbinidae), on Socorro Island, Revillagigedo Archipelago, Mexico. Rev. Biol. Trop. 54(4): 1079-1084.
- Hubbs, C.L. & G.I. Roden. 1964. Oceanography and marine life along the Pacific coast of Middle America. Pp: 143-186, In: Wauchope, R. & R.C. West (eds.), Handbook of Middle American Indians. Vol. I. The University of Texas Press, Austin, Texas, 570 pp.
- Keen, A.M. 1971. Sea shells of Tropical West America: Marine mollusk from Baja California to Peru. Stanford University Press, California. 1064 pp.
- Keen, A. M. y E. Coan. 1975. Sea shells of Tropical West America: Additions and Corrections to 1975. The Western Society of Malacologists, Occ. Pap. 18(1): 1-66.
- Krebs, J.C. 1994. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Addison-Wesley, Nueva York, 900 pp.
- Lavín, M.F, J.M. Robles, M.L. Argote, E.D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, A. Trasviña, H. S. Vélez & J. García. 1991. Física del golfo de Tehuantepec. Ciencia y Desarrollo 18(103): 97-108.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Nueva Jersey, 179 pp.
- Mille-Pagaza, S., J. Carrillo-Laguna, A. Pérez-Chi & M. E. Sánchez-Salazar. 2002. Abundancia y diversidad de los invertebrados litorales de isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. Rev. Biol. Trop. 50(1): 97-105.
- Mitchell-Arana, L.M. & P. Gómez. 1990. Perfil del coral y especies asociadas en La Entrega, Bahías de Huatulco. VIII Congreso Nacional de Oceanografía, Mazatlán, Sinaloa, resumen, pp: 103.
- Morales-Iglesias, H. 1998. Análisis del paisaje del corredor turístico de Bahías de Huatulco. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Odum, E.P. 1985. Fundamentos de ecología. Interamericana, México, D.F. 422 pp.
- Ortiz, P.M.A. & L.M.R. Espinosa. 1991. Clasificación geomorfológica de las costas de México. Geografía y Desarrollo 2(6): 2-9.
- Pacheco, S.P. 1991. Oceanografía física. Pp: 151-159, In: De la Lanza, G. (ed.), Oceanografía de los mares mexicanos. AGT, México, 518 pp.
- Parker, R.H. 1964. Zoogeography and ecology of some macro-invertebrates, particularly mollusks, in the Gulf of California and the continental slope off Mexico. Vidensk. Medd. Dan. Nat. Hist. Foren. 126: 1-178.
- Picard, J. 1965. Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. Rev. Trav. St. Marit. End. 36: 1-160.
- Ramírez-Luna, S. & N.A. Barrientos-Luján. 1999. Diversidad de invertebrados bentónicos de las zonas coralinas del corredor costero: Puerto Escondido-Bahías de Huatulco, Oaxaca. Informe técnico parcial de las comunidades de La Entrega y Chachacual. Universidad del Mar, 77 pp.

- Rodríguez-Palacios, C.A., L.M. Mitchell-Arana, G. Sandoval Díaz, P. Gómez & G. Green. 1988. Los moluscos de las Bahías de Huatulco y Puerto Ángel, Oaxaca. Distribución, diversidad y abundancia. *Universidad y Ciencia* 5(9): 85-94.
- Rodríguez-Sánchez, M.R. & J.A. Ramírez-Martell. 1982. Contribución al estudio taxonómico de la clase bivalvia y gasterópoda del phylum Mollusca, de la Laguna de Barra de Navidad, Jalisco. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara, México.
- Román-Contreras, R., F.M. Cruz-Ábrego & A.L. Ibáñez-Aguirre. 1991. Observaciones ecológicas de los moluscos de la zona intermareal rocoso de la bahía de Chamela, Jalisco, México. *An. Inst. Biol., UNAM, ser. Zool.* 62(1): 17-32.
- Salcedo-Martínez, S., G. Green, A. Gamboa-Contreras & P. Gómez. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados bénticos, presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM*, 15: 73-96.
- Sánchez-González, G. 1989. Contribución al conocimiento de los gasterópodos marinos de la Bahía de Santiago, Colima, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara, México.
- Sanders, H.L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist* 102(925): 243-262.
- Sandoval-Díaz, G. 1988. Estudio de las comunidades bénticas de la zona rocosa litoral y sublitoral de localidades en Bahías de Huatulco, Oaxaca. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Skoglund, C. 2001. Panamic Province molluscan literature. Additions and changes from 1971 through 2000. I Bivalvia, II Polyplacophora. *The Festivus* 32: 1-140.
- Skoglund, C. 2002. Panamic Province molluscan literature. Additions and changes from 1971 through 2001. III Gastropoda. *The Festivus* 33: 1-286.
- Underwood, A.J. & M.G. Chapman. 1996. Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia* 107(2): 212-224.
- Valentine, J.W. 1966. Numerical analysis of marine molluscan ranges on the extratropical northeastern Pacific shelf. *Limnology and Oceanography* 11(2): 198-211.
- Valdés-González, A., P. Flores-Rodríguez, R. Flores-Garza & S. García-Ibáñez. 2004. Molluscan communities of the rocky intertidal zone at two sites with different wave action on isla La Roqueta, Acapulco, Guerrero, Mexico. *J. Shellfish Res.* 23(3): 875-880.
- Weare, B.C., P.T. Strub & M.D. Samuel. 1981. Annual mean surface heat fluxes in the Tropical Pacific Ocean. *Physical Oceanography* 11: 705-717.
- Yáñez-Rivera, J.L. 1989. Estudio ecológico de las comunidades de gasterópodos macroscópicos de algunas playas rocosas de la costa de estado de Jalisco, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara, México.
- Zamorano, P. & M.E. Hendrickx. 2007. Biocenosis y distribución de los moluscos de aguas profundas: Una evaluación de los avances. Pp: 48-49, *In: Ríos-Jara, E., M.C., Esqueda-González & C.M. Galván-Villa (eds.). Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México.* Universidad de Guadalajara, México, 286 pp.
- Zamorano, P., N.A. Barrientos-Luján & G.E. Leyte-Morales. 2006. Cambios en la diversidad y abundancia de especies dominantes de moluscos en la zona coralina de La Entrega, Oaxaca. *CICIMAR Oceanides* 21(1-2): 101-111.

Recibido: 27 de junio de 2008.

Aceptado: 23 de junio de 2009.