

Asociación de moluscos bentónicos del  
sistema lagunar estuarino Agua Dulce/El Ermitaño, Jalisco, México

Benthic mollusc assemblage of the  
Agua Dulce/El Ermitaño lagoon estuarine system, Jalisco, Mexico

Víctor Landa-Jaime

Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras  
Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSUR)  
Universidad de Guadalajara  
Gómez Farías 82  
San Patricio-Melaque, CP 48980, Jalisco, México  
E-mail: landav@costera.melaque.udg.mx

Recibido en mayo de 2002; aceptado en enero de 2003

## Resumen

Se caracterizó la fauna malacológica del sistema lagunar estuarino Agua Dulce/El Ermitaño y su relación con algunos parámetros ambientales. Para esto se llevaron a cabo cinco muestreos durante los meses de enero, agosto, octubre y diciembre de 1993, así como febrero de 1994. Las muestras biológicas, hidrológicas y de sedimentos se tomaron en siete estaciones de muestreo en cada cuerpo de agua del sistema, que se localiza en la costa norte del Estado de Jalisco (México). Los valores de algunos parámetros fisicoquímicos fueron registrados y se encontraron diferencias entre los dos cuerpos de agua, sobre todo en lo que respecta a la salinidad, obteniendo para la laguna Agua Dulce un valor promedio de 27 ups y para el estero El Ermitaño un valor promedio de 2 ups. El análisis cualitativo de los sedimentos mostró que el sistema está compuesto por cuatro tipos básicos: limo arenoso, limo arcilloso, arena media a fina y una pequeña parte de sustrato rocoso. La fauna malacológica encontrada estuvo compuesta por dos clases, Gasteropoda y Bivalvia, siendo la primera la que presentó un mayor número de especies. Se recolectaron 6,782 organismos vivos y 18,508 muertos, los cuales correspondieron a 17 especies de gasterópodos y 14 de bivalvos. De las 31 especies encontradas, sólo 9 se recolectaron vivas, existiendo algunas que se presentaron en ambos cuerpos de agua a pesar del gradiente de salinidad que se registró en el sistema. Se encontraron grupos de especies representativos para cuatro tipos de ambientes (marino, >25 ups; eurihalino, 10 a 18 ups; salobre, 5 a 10 ups; y dulceacuícola, 0 a 5 ups). Por último, las especies más relevantes fueron los bivalvos *Tagelus longisinuatus* y *Mytella strigata*, y los gasterópodos *Rissoella excolpa* y *Bittium mexicanum*, las cuales presentaron las abundancias más altas del ciclo. Se presentaron valores bajos de diversidad ( $D = 1.5$  a  $1.8$ ,  $D_{\max} = 2.5$ ); sin embargo, éstos se mantuvieron dentro de los registrados para ecosistemas costeros tropicales y subtropicales.

*Palabras clave:* moluscos, bentos, asociación, estuarino, lagunas costeras.

## Abstract

The malacological fauna of the Agua Dulce/El Ermitaño lagoon estuarine system was characterized and its relation to some environmental parameters determined. Five samplings were carried out in January, August, October and December 1993, and February 1994. Biological, hydrological and sediment samples were taken at seven stations in each water body of the system, located on the northern coast of the state of Jalisco (Mexico). The values of some physical and chemical parameters were recorded and differences were found between both water bodies, mainly in regard to salinity, as an average value of 27 psu was obtained for Agua Dulce lagoon and of 2 psu for El Ermitaño estuary. The qualitative analysis of the sediments showed that the system is made up of four basic types: sandy silt, clayey silt, fine to medium sand and a small part of rocky substrate. The malacological fauna was composed of two classes, Gasteropoda and Bivalvia, the first being the one that presented a greater number of species; 6,782 live organisms and 18,508 dead organisms were collected, corresponding to 17 species of gastropods and 14 bivalves. Of the 31 species collected, only 9 were found alive and some appeared in both water bodies in spite of the salinity gradient recorded in the system. Groups of representative species were identified for four types of environments (marine, >25 psu; euryhaline, 10–18 psu; brackish, 5–10 psu; and freshwater, 0–5 psu). Finally, the most important species were the bivalves *Tagelus longisinuatus* and *Mytella strigata*, and the gastropods *Rissoella excolpa* and *Bittium mexicanum*, with the highest abundances of the cycle. Low diversity values were obtained ( $D = 1.5$ – $1.8$ ,  $D_{\max} = 2.5$ ); however, they were within those recorded for tropical and subtropical coastal ecosystems.

*Key words:* molluscs, benthos, assemblage, estuarine, coastal lagoon.

## **Introducción**

En Jalisco existen 20 cuerpos de agua costeros que han sido poco estudiados y algunos se pueden considerar como desconocidos. Las formas de explotación actuales sólo se basan en las actividades de pescadores organizados en sociedades cooperativas que no registran los datos de sus capturas (Mariscal-Romero, 1995); sin embargo, estos sistemas potencialmente podrían estar sujetos a algún tipo de manejo.

Dentro de los sistemas acuáticos, los organismos bentónicos constituyen uno de los grupos más diversos e importantes; presentan variaciones estacionales que reflejan los ciclos de vida de los organismos y los cambios del medio. Los moluscos, bivalvos y gasterópodos, como componentes del bentos, corresponden a uno de los grupos mejor estudiados taxonómicamente. Entre los estudios realizados sobre los moluscos de lagunas costeras en México destacan los realizados por García-Cubas (1979), Antolí y García-Cubas (1985) y Reguero-Reza y García-Cubas (1989).

Con respecto a los estudios realizados en el sistema Agua Dulce/El Ermitaño, la Secretaría de Pesca (1977) llevó a cabo un estudio hidrológico de la laguna Agua Dulce, el estero El Ermitaño y la laguna de Barra de Navidad. Otro de los estudios realizados (Secretaría de Pesca, 1986), consistió en un análisis del sistema Agua Dulce/El Ermitaño, en donde se presentaron únicamente las principales especies de camarones, subrayando la importancia pesquera de este cuerpo de agua debido a la presencia de especies de alto valor comercial.

Landa-Jaime (1991) realizó un estudio de los moluscos bentónicos de la laguna Agua Dulce. Encontró un total de 19 especies, de las cuales únicamente 6 fueron recolectadas vivas, y registró amplias fluctuaciones en los valores de salinidad, desde 10 hasta 37 ups. En ese trabajo se concluyó que existía una baja riqueza de especies en comparación con otros estudios realizados en lagunas costeras relativamente cercanas. Mariscal-Romero (1995) presentó la asociación de peces en la laguna Agua Dulce y registró un total de 32 especies, de las cuales la gran mayoría son de importancia comercial.

Considerando que la explotación de los recursos sin un conocimiento integral y sin regulación puede agotarlos y provocar el deterioro de los sistemas, este estudio pretende caracterizar la fauna malacológica del sistema lagunar estuarino Agua Dulce/El Ermitaño y su relación con algunos factores ambientales, con el objeto de contar con información básica que sirva como punto de partida para futuros trabajos de este grupo taxonómico en las lagunas costeras de Jalisco.

## **Materiales y métodos**

El sistema estudiado se localiza en la costa norte del Estado de Jalisco, México, en el Municipio de Tomatlán, entre las coordenadas geográficas de 20°05'03" de latitud Norte y 105°35' de longitud Oeste. Este sistema se compone por dos cuerpos de agua con características ambientales y fisiográficas

## **Introduction**

Jalisco has 20 water bodies that have either been scarcely studied or not at all. Exploitation of these waters is limited to the activity of local fishermen who have formed cooperative societies and do not keep records of catch data (Mariscal-Romero, 1995); however, these water resources would benefit from careful management.

Benthic organisms constitute one of the most diverse and important groups found in aquatic systems; they present seasonal variations that reflect their life cycles and changes in the environment. Bivalve molluscs and gastropods, as components of the benthos, are one of the best-studied groups. Among the studies carried out on molluscs from Mexican coastal lagoons are those of García-Cubas (1979), Antolí and García-Cubas (1985), and Reguero-Reza and García-Cubas (1989).

Regarding the Agua Dulce/El Ermitaño system, the Secretaría de Pesca (1977) carried out a hydrological study of El Ermitaño estuary and the lagoons of Agua Dulce and Barra de Navidad. In another study (Secretaría de Pesca, 1986), an analysis was made of the Agua Dulce/El Ermitaño system, in which only the main shrimp species were presented, indicating the importance of this body of water due to the presence of highly valued commercial species.

Landa-Jaime (1991) conducted a study on benthic molluscs at Agua Dulce lagoon. He collected a total of 19 species, of which only 6 were found alive, and recorded wide fluctuations in salinity, from 10 to 37 psu. The author reported low species richness compared to other relatively near coastal lagoons. Mariscal-Romero (1995) presented the fish assemblage at Agua Dulce lagoon and reported a total of 32 species, of which most are of commercial importance.

Considering that the exploitation of a resource without proper knowledge and management could lead to its depletion and the deterioration of the systems, this study aims to characterize the malacological fauna of the Agua Dulce/El Ermitaño lagoon estuarine system and its relation to some environmental factors, in order to obtain basic information that can serve as reference in future studies on this taxonomic group in the coastal lagoons of Jalisco.

## **Materials and methods**

The system studied is located on the northern coast of the state of Jalisco, Mexico, in the county of Tomatlán (20°05'03" N, 105°35' W). This system is composed of two water bodies, with distinct environmental and physiographic characteristics that define them as lagoon and estuary: Agua Dulce lagoon and El Ermitaño estuary. An artificial channel connects both water bodies and together they cover an area of 846 ha. The hydrological dynamics of the system is influenced by the following: the mouth of the river María García, that flows into the estuary; the mouth that communicates the estuary to the sea; the channel that connects the estuary and

contrastantes que los definen como laguna y estero: laguna Agua Dulce y estero El Ermitaño. Ambos cuerpos están comunicados entre sí a través de un canal artificial de interconexión y, juntos, poseen una extensión aproximada de 846 ha. Las estructuras que intervienen en su dinámica hidrológica interna son las siguientes: la desembocadura del Río María García al estero El Ermitaño, la boca que comunica al estero con el mar, el canal de interconexión entre el estero y la laguna, la desembocadura del canal hacia la laguna y la boca de la laguna hacia el mar (fig. 1).

Para la realización del presente trabajo se definieron siete estaciones de muestreo en cada cuerpo de agua (fig. 1). Se caracterizó cualitativamente el fondo del sistema mediante la determinación visual de los tipos de sedimento, empleando para su obtención una draga geológica tipo Ekman de 3.75 L de capacidad. Los muestreos se realizaron en enero, agosto, octubre y diciembre de 1993 y en febrero de 1994, utilizando los métodos recomendados por Ortiz-Rojas (1980) para el estudio de las comunidades bentónicas.

#### *Muestreo biológico*

Para la obtención de las muestras se utilizó una draga biológica, con una abertura de 40 × 25 cm y una red con una luz de malla de 1 mm que fue arrastrada a una velocidad constante de un nudo durante un minuto. También se utilizó una draga geológica tipo Ekman de 3.75 L de capacidad. Las muestras obtenidas fueron fijadas para su preservación, y se procesaron en su totalidad en el laboratorio. La identificación de los moluscos se llevó a cabo empleando las claves taxonómicas de Keen (1971), Abbott (1974), Lindner (1975), Morris *et al.* (1980) y Abbott y Boss (1989).

#### *Muestreo hidrológico*

En cada una de las estaciones de muestreo se registraron, en superficie y fondo, algunos factores físicoquímicos como temperatura, concentración de oxígeno disuelto, salinidad, profundidad y transparencia, utilizando para ello un termómetro, un oxímetro, un refractómetro y un disco de Secchi, respectivamente.

#### *Análisis de la asociación de moluscos*

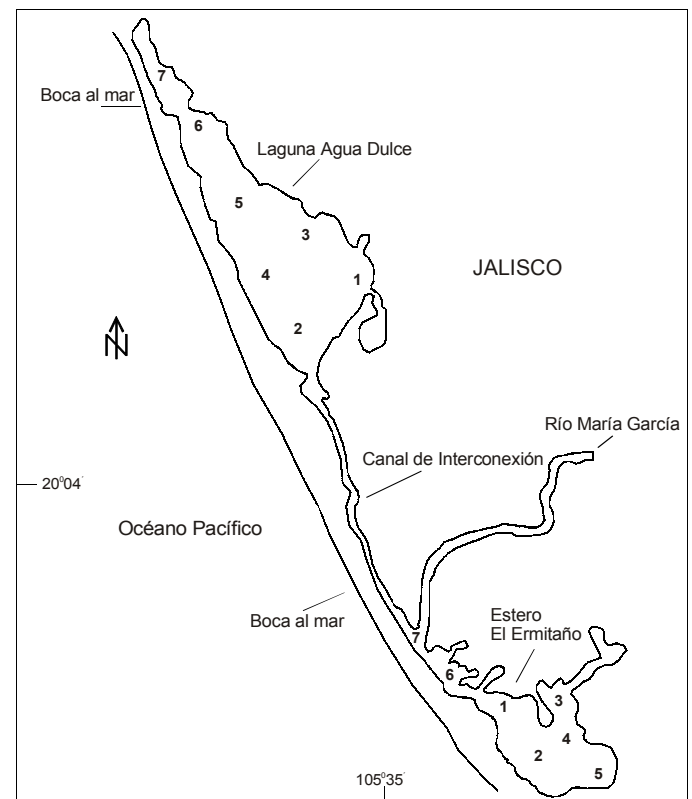
El análisis de la asociación de moluscos se realizó considerando únicamente aquellos organismos que fueron recolectados vivos; sin embargo, para obtener una visión integral, se incluyeron también en la lista sistemática los organismos que fueron recolectados muertos. Se utilizaron los métodos analíticos convencionales para el estudio de comunidades bentónicas contenidos en el programa de cómputo ANACOM (De la Cruz-Agüero, 1994), los cuales se mencionan a continuación: análisis de dominancia (Simpson), índice biológico (Sanders), diversidad ecológica (Shannon-Wiener), coeficiente de correlación (Pearson) y clasificación.

lagoon; the mouth of the channel at the lagoon; and the mouth that connects the lagoon to the sea (fig. 1).

Seven sampling stations were defined at each water body (fig. 1). The bottom was qualitatively characterized through the visual determination of sediment samples, which were obtained with a 3.75-L Ekman geological dredge. Five samplings were conducted in January, August, October and December 1993, and February 1994, following the methods recommended by Ortiz-Rojas (1980) for the study of benthic communities.

#### *Biological sampling*

The samples were obtained with a biological dredge, with an opening of 40 by 25 cm and a mesh of 1 mm, which was trawled at a constant speed of one knot for one minute. A 3.75-L Ekman geological dredge was also used. The samples were preserved and processed entirely in the laboratory. The molluscs were identified using the taxonomic keys of Keen (1971), Abbott (1974), Lindner (1975), Morris *et al.* (1980), and Abbott and Boss (1989).



**Figura 1.** Localización geográfica del área de estudio, estaciones de muestreo y estructuras que intervienen en la dinámica hidrológica del sistema Agua Dulce/El Ermitaño.

**Figure 1.** Geographic location of the study area, sampling stations and structures that affect the hydrological dynamics of the Agua Dulce/El Ermitaño system.

## Resultados

La fauna malacológica del sistema lagunar estuarino Agua Dulce/El Ermitaño estuvo compuesta por un total de 31 especies, de las cuales 14 correspondieron a la clase Bivalvia y 17 a la clase Gasteropoda (tabla 1).

### Composición específica

Con base en el número de organismos recolectados y su presencia durante todo el ciclo muestreado (tabla 2), las especies representativas del sistema son: los bivalvos *Tagelus longisinuatus*, Pilsbry y Olsson, 1932; *Mytella strigata* (Hanley, 1843); y *Polymesoda mexicana* (Broderip y Sowerby,

### Hydrological sampling

The following physical and chemical parameters were recorded at each sampling station, at the surface and bottom: temperature, dissolved oxygen concentration, salinity, depth and transparency, using a thermometer, oxymeter, refractometer and Secchi disk, respectively.

### Analysis of the mollusc assemblage

For the analysis of the mollusc assemblage, only those organisms collected live were considered; however, to get an overall idea, the dead organisms collected were also included in the systematic list. The conventional analytical methods

**Tabla 1.** Arreglo sistemático de las especies de moluscos recolectadas de acuerdo con Keen (1971) y actualización sistemática de acuerdo con Skoglund (1991, 1992)

**Table 1.** Systematic list of the mollusc species collected according to Keen (1971) and systematic update according to Skoglund (1991, 1992).

Phyllum Mollusca	
<b>Clase Bivalvia</b>	<b>Clase Gasteropoda</b>
Familia Nuculidae	Familia Fissurellidae
<i>Nucula schencki</i> (A. Adams, 1856)	<i>Fissurella nigrocineta</i> Carpenter, 1856
Familia Mytilidae	Familia Neritidae
<i>Mytella strigata</i> (Hanley, 1843)	<i>Neritina virginea</i> (Lineé, 1758)
Familia Ostreidae	Familia Rissoellidae
<i>Ostrea palmula</i> Carpenter, 1857	<i>Rissoella excolpa</i> Bartsch, 1920
Familia Anomiidae	Familia Cerithiidae
<i>Pododesmus foliatus</i> (Broderip, 1834)	<i>Cerithium maculosum</i> Kiener, 1841
Familia Crassatellidae	<i>Cerithium stercusmuscarum</i> Valenciennes, 1833
<i>Crassinella varians</i> (Carpenter, 1857)	<i>Bittium mexicanum</i> Bartsch, 1911
Familia Cardiniidae	Familia Calyptraeidae
<i>Tellidorella cristulata</i> Berry, 1963	<i>Crucibulum spinosum</i> (Sowerby, 1824)
Familia Corbiculidae	Familia Muricidae
<i>Polymesoda mexicana</i> (Broderip y Sowerby, 1829)	<i>Thais biserialis</i> (Blainville, 1832)
Familia Lucinidae	Familia Buccinidae
<i>Lucina excavata</i> Carpenter, 1857	<i>Nassarius gallegosi</i> (Broderip y Sowerby, 1829)
Familia Veneridae	<i>Nassarius luteostoma</i> Strong y Hertlein, 1937
<i>Chione gnidia</i> (Broderip y Sowerby, 1829)	Familia Columbelloidae
<i>Chione subrugosa</i> (Wood, 1828)	<i>Mazatlaniania fulgurata</i> (Philippi, 1846)
<i>Chione californiensis</i> (Broderip, 1835)	Familia Olividae
<i>Chione undatella</i> (Sowerby, 1835)	<i>Agaronia testacea</i> Lamarck, 1811
Familia Donacidae	Familia Olivellidae
<i>Donax gracilis</i> Hanley, 1845	<i>Olivella gracilis</i> (Broderip y Sowerby, 1829)
Familia Psammobiidae	Familia Mitridae
<i>Tagelus longisinuatus</i> Pilsbry y Olsson, 1932	<i>Mitra tristis</i> Broderip, 1836
	Familia Atyidae
	<i>Haminoea vesicula</i> (Gould, 1855)
	Familia Scaphandridae
	<i>Acteocina smirna</i> Dall, 1919
	Familia Turritellidae
	<i>Turritella leucostoma</i> Valenciennes, 1832

1829); y los gasterópodos *Bittium mexicanum*, Bartsch, 1911; *Rissoella excolpa*, Bartsch, 1920; *Neritina virginea* (Linné, 1758); *Acteocina smirna*, Dall, 1919; y *Mazatlaniana fulgurata* (Philippi, 1846).

El 72% de los organismos recolectados en este estudio estuvo constituido por individuos muertos de las especies residentes (tanatocenosis) y por las que penetraron al sistema a través de la marea durante aperturas de bocas, y sólo un 28% estuvo constituido por organismos vivos (tabla 2).

En la laguna Agua Dulce se obtuvo la mayor riqueza al encontrar 30 especies, mientras que en el estero sólo se registraron 13 especies. Se recolectó un total de 25,290 organismos, de los cuales 6,782 correspondieron a individuos vivos y 18,508 correspondieron a individuos muertos. Se registraron 8,162 moluscos de la clase Bivalvia y 17,128 de la clase Gasteropoda; sin embargo, sólo se recolectaron vivos 1,282 gasterópodos y 5,500 bivalvos (tabla 2).

### Tendencias generales

La especie de mayor abundancia fue el bivalvo *T. longisinuatus*, con 4,939 organismos. Esta abundancia fue obtenida en gran parte por medio de recolecciones con el método de arrastre. La especie que presentó la menor abundancia fue *N. virginea* de la clase Gasteropoda. Los resultados mostraron una gran diferencia entre los valores obtenidos para *T. longisinuatus* y el resto de las especies. Los métodos de recolección utilizados evidenciaron una clara diferencia y se encontró que, mediante el método de arrastre, la recolección fue siempre superior a la obtenida mediante el uso de la draga geológica. A su vez, se observó que el mayor número de organismos fue recolectado en la laguna (fig. 2).

### Sedimentos (tipos de sustrato)

Cualitativamente, se determinó que los sedimentos variaron entre las áreas muestreadas; sin embargo, en la mayor parte del fondo se presentaron sedimentos blandos de tipo limo arcilloso, en ambos cuerpos de agua. El patrón de distribución de los sedimentos finos (limos y arcillas) estuvo asociado con las partes centrales de ambos cuerpos de agua, en donde la dinámica es baja durante la mayor parte del año. Los sedimentos arenosos predominan en las áreas de mayor dinámica del sistema, como son las bocas hacia el océano y el canal de comunicación entre ambos cuerpos de agua (tabla 3, fig. 1).

### Relación entre los factores ambientales y la abundancia de organismos

Tomando en cuenta el hecho de que el sistema estudiado está compuesto por dos cuerpos de agua de diferentes características hidrológicas, se realizó el análisis particular de cada uno de ellos (laguna y estero), considerando la abundancia registrada de los grupos de especies y los valores medios de las variables ambientales por época de muestreo (fig. 3).

contained in the ANACOM program for the study of benthic communities (De la Cruz-Agüero, 1994) were used, which are: analysis of dominance (Simpson), biological index (Sanders), ecological diversity (Shannon-Wiener), correlation coefficient (Pearson) and classification.

### Results

The malacological fauna of the Agua Dulce/El Ermitaño system was composed of a total of 31 species, of which 14 belong to the class Bivalvia and 17 to the class Gasteropoda (table 1).

### Specific composition

Based on the number of organisms collected and on their presence throughout the sampling period (table 2), the representative species of the system are: the bivalves *Tagelus longisinuatus*, Pilsbry and Olsson, 1932; *Mytella strigata*

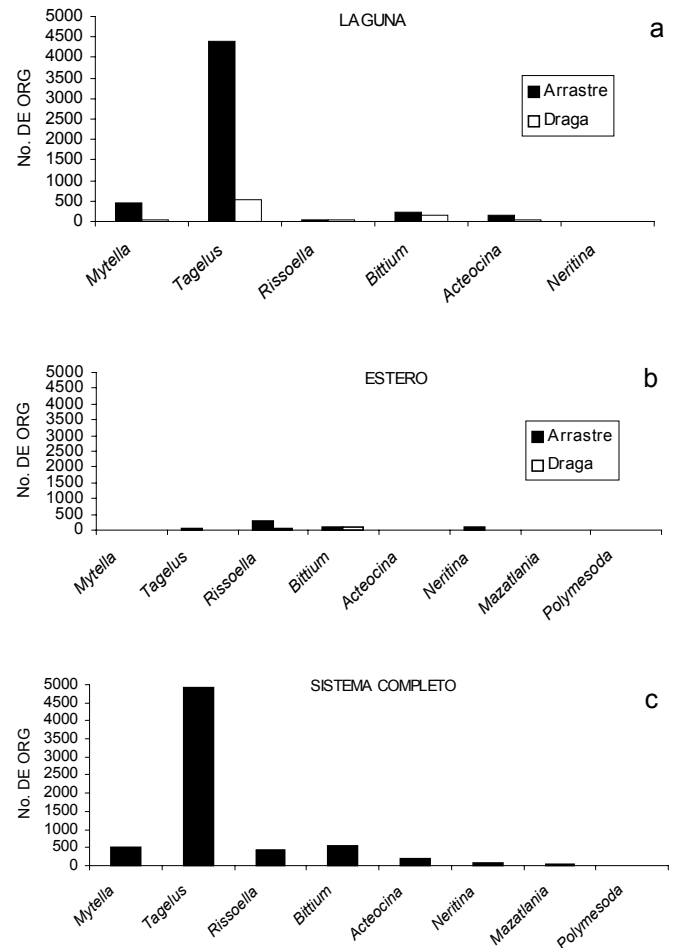


Figura 2. Tendencias generales de las abundancias registradas por especie (organismos vivos) en: (a) la laguna, (b) el estero y (c) el sistema completo.

Figure 2. General trends in the abundances recorded per species (live organisms) in: (a) the lagoon, (b) estuary and (c) entire system.

**Tabla 2.** Variación temporal y abundancia relativa del total de especies de moluscos recolectados en el sistema Agua Dulce/El Ermitaño.  
**Table 2.** Temporal variation and relative abundance of the total of mollusc species collected from the Agua Dulce/El Ermitaño system.

Especie	Presencia y ausencia de especies									
	1993				1994	Vivos	Muertos	Total	Laguna	Estero
	Ene	Ago	Oct	Dic	Feb					
<b>Clase Bivalvia</b>										
<i>Nucula schencki</i>					*		1	1		*
<i>Mytella strigata</i>	*	*	*	*	*	510	1099	1609	*	*
<i>Ostrea palmula</i>		*	*		*		5	5	*	*
<i>Pododesmus foliatus</i>					*		12	12	*	
<i>Crassinella varians</i>	*						2	2	*	
<i>Tellidorella cristulata</i>					*		1	1	*	
<i>Polymesoda mexicana</i>	*	*	*	*	*	16	330	346		*
<i>Lucina excavata</i>				*			1	1	*	
<i>Chione gnidia</i>	*				*		2	2	*	*
<i>Chione subrugosa</i>	*	*					8	8	*	
<i>Chione californiensis</i>	*		*				7	7	*	
<i>Chione undatella</i>	*						1	1	*	
<i>Donax gracilis</i>	*					35	1	36	*	
<i>Tagelus longisinuatus</i>	*	*	*	*	*	4939	1192	6131	*	*
					Subtotal	5500	2662	8162		
<b>Clase Gasteropoda</b>										
<i>Fissurella nigrocincta</i>	*						1	1	*	
<i>Neritina virginea</i>	*					84	114	198	*	*
<i>Rissoella excolpa</i>	*	*	*	*	*	430	1176	1606	*	*
<i>Cerithium maculosum</i>	*		*	*	*		99	99	*	
<i>Cerithium stercusmus</i>	*			*			6	6	*	*
<i>Bittium mexicanum</i>	*	*	*	*	*	564	13707	14271	*	*
<i>Crucibulum spinosum</i>					*		1	1	*	
<i>Thais biserialis</i>	*		*				2	2	*	
<i>Mazatlanina fulgurata</i>	*			*		6	27	33		*
<i>Agaronia testacea</i>	*						3	3	*	
<i>Nassarius gallegosi</i>	*	*	*		*		17	17	*	
<i>Nassarius luteostoma</i>	*	*			*		24	24	*	
<i>Olivella gracilis</i>	*						6	6	*	
<i>Mitra tristis</i>	*						1	1	*	
<i>Haminoea vesicula</i>					*		7	7	*	
<i>Acteocina smirna</i>	*	*	*	*	*	198	649	847	*	*
<i>Turritella leucostoma</i>	*						6	6	*	*
					Subtotal	1282	15846	17128		
					<b>Total</b>	<b>6782</b>	<b>18508</b>	<b>25290</b>	<b>28</b>	<b>13</b>

**Tabla 3.** Distribución de los sedimentos en el sistema Agua Dulce/El Ermitaño. L = limo, AR = arena y AC = arcilla.  
**Table 3.** Distribution of sediments in the Agua Dulce/El Ermitaño system. L = silt, AR = sand and AC = clay.

Localidad	Estaciones de muestreo													
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Laguna	L	AR	L	AC	L	L	AR							
Estero								L	L	AC	AC	L	AR	AR

Se observó que a lo largo del ciclo muestreado, las variaciones registradas de los distintos factores ambientales presentaron patrones muy similares de ascenso y descenso de valores con respecto a los meses muestreados. Por otra parte, al analizar conjuntamente los promedios registrados de los cinco factores ambientales, considerados en las 14 estaciones de muestreo de todo el sistema a lo largo del ciclo anual, se confirmó que el más variable entre los dos cuerpos de agua fue la salinidad, mientras que los otros presentaron fluctuaciones mínimas (fig. 3). Cabe mencionar que las variaciones ambientales no fueron completamente debidas a causas naturales, sino que la manipulación del hombre sobre el sistema jugó un papel determinante al intervenir en los procesos de apertura de las bocas al menos en una ocasión durante el periodo de estudio, lo que trajo como consecuencia cambios drásticos en un corto plazo. Aunado a lo anterior, se debe recordar que las variables ambientales no necesariamente afectan de manera independiente las abundancias de los organismos, sino que éstas actúan de manera conjunta.

#### Análisis de la asociación de moluscos

**Dominancia.** Entre las especies que se presentaron vivas durante el ciclo estudiado, las más relevantes del sistema, con base en su dominancia y en su valor de importancia, son el bivalvo *T. longisinuatus* y el gasterópodo *R. excolpa*, las cuales representaron el 65% y 16%, respectivamente, sumando entre ambas un 81% del total (tabla 4). Por otra parte, las especies mencionadas anteriormente, junto con *B. mexicanum*, mantuvieron las frecuencias más altas.

**Índice biológico de Sanders.** De acuerdo con este índice, el cual incorpora además de la abundancia un valor de acuerdo con la representatividad de las especies en los distintos hábitat, una de las especies de mayor valor dentro del sistema fue *B. mexicanum*, ocupando por sí sola 44% del total (tabla 5).

**Diversidad ecológica (índice de Shannon-Wiener).** Desde el punto de vista de la distribución local, este índice mostró que durante el ciclo anual, tres estaciones de muestreo en la laguna y una en el estero fueron en donde se registraron los valores más altos de diversidad:  $D = 1.5$  a  $1.8$ ;  $D_{\text{máx}} = 2.5$  (tabla 6). Al analizar las estaciones de muestreo mencionadas, se observó que éstas se localizan en la parte más amplia de la laguna, mientras que en el estero, la estación con mayor diversidad se localiza en la parte central. Cabe mencionar que se observó una mayor diversidad de especies en la laguna; sin embargo,

(Hanley, 1843); and *Polymesoda mexicana* (Broderip and Sowerby, 1829); and the gastropods *Bittium mexicanum*, Bartsch, 1911; *Rissoella excolpa*, Bartsch, 1920; *Neritina virginea* (Linné, 1758); *Acteocina smirna*, Dall, 1919; and *Mazatlaniana fulgurata* (Philippi, 1846).

Of the organisms collected in this study, 72% consisted of dead individuals of the resident species (thanatocenosis) and of those that entered the system through the mouths with the tide, and only 28% consisted of live organisms (table 2).

The highest richness was recorded at the lagoon, where 30 species were found, whereas only 13 species were recorded at the estuary. In total, 25,290 organisms were collected, of which 6,782 were live individuals and 18,508 were dead. A total of 8,162 molluscs belonging to the class Bivalvia were recorded and 17,128 belonging to the class Gasteropoda; however, only 1,282 gastropods and 5,500 bivalves were collected live (table 2).

#### General tendencies

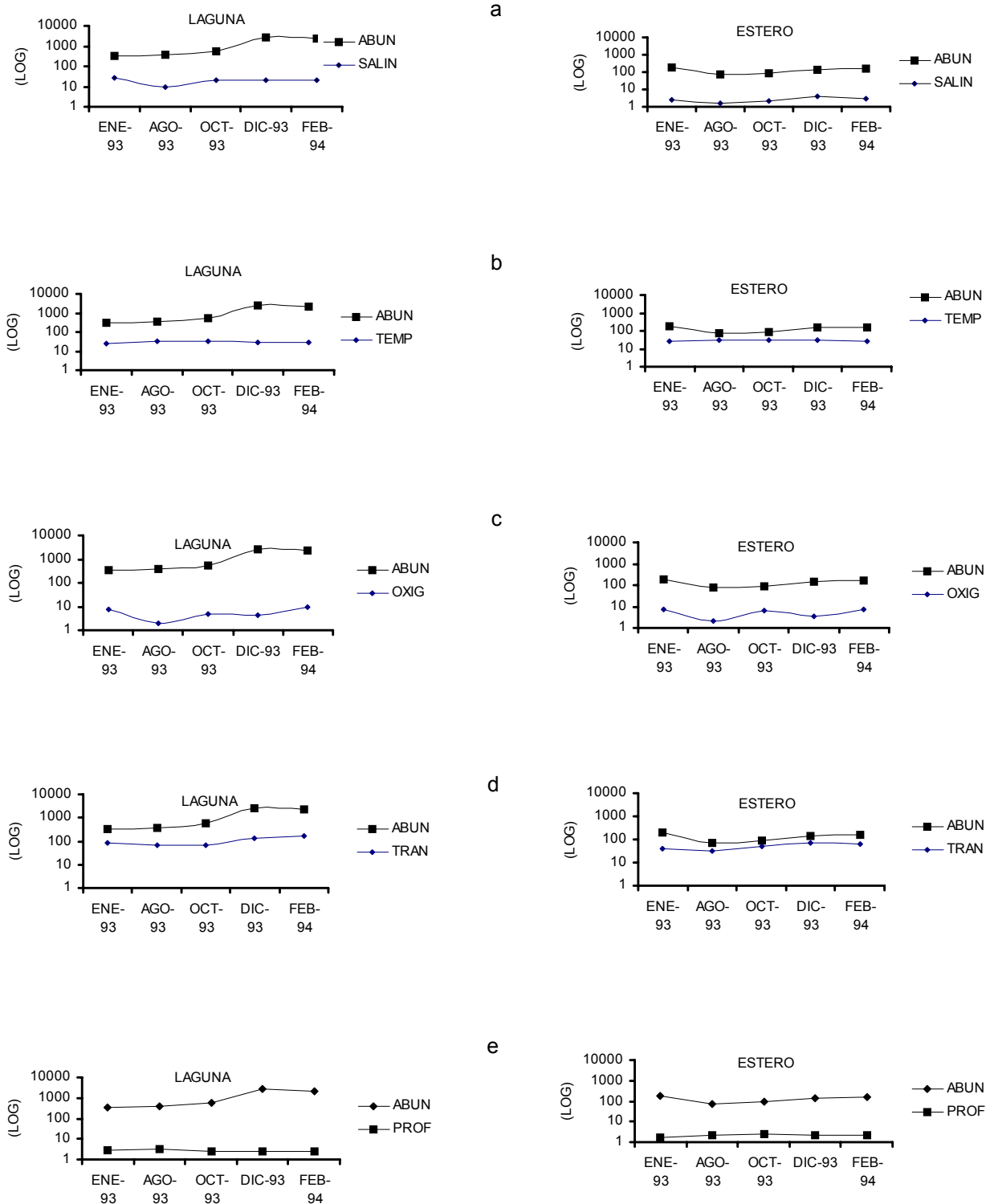
The most abundant species, with 4,939 organisms, was the bivalve *T. longisinuatus*. This abundance was largely obtained with the trawling method of collection. The least abundant species was the gastropod *N. virginea*. The results indicate a large difference between the values obtained for *T. longisinuatus* and the other species. The collection was always greater when the trawling method was used than when the geological dredge was used. Furthermore, a greater number of organisms was collected at the lagoon (fig. 2).

#### Sediments (type of substrate)

The sediments varied at the sampling stations; however, soft sandy silt sediments predominated in both water bodies. The distribution pattern of the fine sediments (silt and clay) was associated with the central parts of both water bodies, where the dynamics is low during most of the year. The sandy sediments predominate in the most dynamic areas of the system, such as the mouths to the ocean and the channel that communicates both bodies (table 3, fig. 1).

#### Relation between the environmental factors and abundance of organisms

As the system studied consists of two water bodies of different hydrological characteristics, each was analyzed



**Figura 3.** Relación entre los valores medios de los parámetros ambientales y las abundancias registradas de organismos vivos. (a) Salinidad, (b) temperatura, (c) oxígeno, (d) profundidad y (e) transparencia.

**Figure 3.** Relation between the average values of the environmental parameters and abundances recorded of live organisms. (a) Salinity, (b) temperature, (c) oxygen, (d) depth and (e) transparency.



**Tabla 4.** Análisis de dominancia de especies por el coeficiente simple, expresado en porcentaje acumulado (organismos vivos).

**Table 4.** Analysis of species dominance by the simple coefficient, expressed as accumulated percentage (live organisms).

Especie	Abundancia relativa	% acumulado
<i>Tagelus longisinuatus</i>	65.1	65.1
<i>Rissoella excolpa</i>	16.3	81.4
<i>Bittium mexicanum</i>	7.3	88.8
<i>Mytella strigata</i>	6.7	95.6
<i>Acteocina smirna</i>	2.4	98.0
<i>Neritina virginea</i>	1.4	99.5
<i>Mazatlania fulgurata</i>	0.2	99.7
<i>Polymesoda mexicana</i>	0.2	100.0

**Tabla 5.** Valores obtenidos del índice biológico de Sanders (organismos vivos).

**Table 5.** Values obtained for the Sanders biological index (live organisms).

Especie	Frecuencia	Valor (%)
<i>Bittium mexicanum</i>	44	21.7
<i>Tagelus longisinuatus</i>	43	21.2
<i>Rissoella excolpa</i>	42	20.7
<i>Acteocina smirna</i>	20	9.9
<i>Mytella strigata</i>	17	8.4
<i>Neritina virginea</i>	13	6.4
<i>Mazatlania fulgurata</i>	12	5.9
<i>Polymesoda mexicana</i>	11	5.4

al analizar la equitatividad, los mayores valores fueron registrados en el estero:  $E = 0.8$  (tabla 6).

**Correlación.** Los resultados obtenidos mediante la correlación entre especies y parámetros ambientales mostraron, en la mayoría de los casos, que la salinidad y el oxígeno presentaron una mayor correlación con las especies, que existe una correlación menor con la profundidad y la transparencia, y que existe una correlación negativa con la temperatura para algunas especies, entre las que se incluyen las dos más abundantes (tabla 7).

**Clasificación.** Mediante un análisis de clasificación del sistema, utilizando las abundancias de los organismos así como los datos ambientales y las estaciones, los resultados mostraron que la presencia de especies es muy similar en ambos cuerpos de agua; sin embargo, las variaciones ambientales no lo fueron. En función de esto, se logró identificar dos agrupaciones bien definidas que separan las estaciones de muestreo de la laguna y del estero (fig. 4). Lo anterior viene a confirmar la presencia de al menos un factor ambiental (salinidad) que ejerce una gran influencia sobre el sistema, a tal grado que diferencia por completo los dos cuerpos de agua.

**Tabla 6.** Valores obtenidos del índice de diversidad de Shannon-Wiener (bits/ind; organismos vivos). Estaciones 1 a 7 = laguna; 8 a 14 = estero.  $S$  = número de especies,  $D$  = diversidad,  $D_{\text{máx}}$  = diversidad máxima,  $D_{\text{mín}}$  = diversidad mínima y  $E$  = equitatividad.

**Table 6.** Values obtained for the Shannon-Wiener diversity index (bits/ind; live organisms). Stations 1 to 7 = lagoon; 8 to 14 = estuary.  $S$  = number of species,  $D$  = diversity,  $D_{\text{máx}}$  = maximum diversity,  $D_{\text{mín}}$  = minimum diversity and  $E$  = evenness.

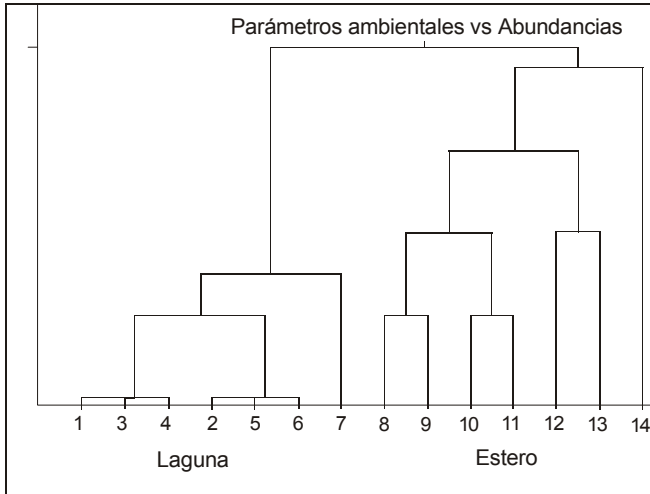
Estación	$S$	$D$	$D_{\text{máx}}$	$D_{\text{mín}}$	$E$
4	6	1.8	2.5	0.1	0.7
2	5	1.6	2.3	0.0	0.7
8	6	1.5	2.5	0.5	0.6
14	5	1.4	2.3	0.5	0.6
13	5	1.3	2.3	0.2	0.5
11	3	1.3	1.5	0.5	0.8
10	4	1.0	2.0	0.1	0.5
1	6	0.9	2.5	0.1	0.3
3	6	0.8	2.5	0.0	0.3
5	5	0.8	2.3	0.0	0.3
6	5	0.7	2.3	0.0	0.3
12	3	0.6	1.5	0.2	0.4
7	4	0.4	2.0	0.1	0.2
9	5	0.2	2.3	0.0	0.1
Total	8	1.6	3.0	0.0	0.5

independently (lagoon and estuary), considering the abundance of the groups of species recorded and the average values of the environmental parameters per sampling period (fig. 3).

The variations recorded for the different environmental factors presented very similar increasing and decreasing patterns relative to the months sampled. On the other hand, when the averages of the five environmental factors, recorded at the 14 stations throughout the sampling cycle, were analyzed together, salinity was found to be the most variable between both water bodies; the others presented minimum fluctuations (fig. 3). It should be mentioned that the environmental variations were not entirely due to natural causes, since human manipulation of the system played an important role on intervening in the opening processes of the mouths on at least one occasion during the study period, causing drastic changes in a short period of time. It should also be remembered that the environmental variables do not necessarily have an individual effect on the abundances of the organisms, but rather that they act together.

#### Analysis of the mollusc assemblage

**Dominance.** The most relevant species found alive during the study period, based on their dominance and importance value, were the bivalve *T. longisinuatus* and the gastropod *R. excolpa*, which represented 65% and 16%, respectively, of the



**Figura 4.** Análisis de asociaciones entre las estaciones de muestreo, considerando abundancias globales de las especies vivas y parámetros ambientales (estaciones 1 a 7 = laguna; 8 a 14 = estero).

**Figure 4.** Analysis of associations among the sampling stations, considering the overall abundances of the live species and environmental parameters (stations 1 to 7 = lagoon; 8 to 14 = estuary).

#### Tipos de hábitat y nutrición

Las principales familias de bivalvos encontradas en este trabajo estuvieron caracterizadas por especies infaunales (enterradas en el sedimento); en cuanto al tipo de nutrición, predominaron aquellas familias que se alimentan mediante la filtración de partículas orgánicas en suspensión. Por su parte, los gasterópodos estuvieron representados por especies epifaunales (sobre el sedimento), con hábitos alimenticios carnívoros y carroñeros (tabla 8). En cuanto a la afinidad que presentaron las especies con respecto a las condiciones de salinidad, se encontró que predominaron las especies marinas, sólo que aquí se incluyó a todas las especies recolectadas (tabla 9). Por el contrario, al analizar únicamente aquellas que fueron recolectadas vivas, se observó que predominaron las especies

total, and both together, 81% (table 4). Also, these species, together with *B. mexicanum*, had the highest frequencies.

**Sanders biological index.** According to this index, which in addition to abundance also incorporates a value based on the representativity of the species in the different habitats, one of the most important species in the system was *B. mexicanum*, occupying by itself 44% of the total (table 5).

**Ecological diversity (Shannon-Wiener index).** From the point of view of local distribution, this index showed that during the annual cycle, the highest diversity values were recorded at three sampling stations in the lagoon and one in the estuary:  $D = 1.5-1.8$ ;  $D_{max} = 2.5$  (table 6). The stations with greatest diversity in the lagoon are located in the widest part, whereas the one in the estuary is located in the central part. A greater diversity of species was found at the lagoon; however, the highest evenness values were recorded at the estuary:  $E = 0.8$  (table 6).

**Correlation.** The results obtained for the correlation between species and environmental parameters showed that, in most cases, there is greater correlation with salinity and oxygen, there is lower correlation with depth and transparency, and there is a negative correlation with temperature for some species, including the two most abundant (table 7).

**Classification.** In the classification analysis of the system, using the abundances of organisms as well as environmental data and sampling stations, the results showed that the occurrence of species was similar in both water bodies, but that the environmental variations were not. Therefore, it was possible to identify two well-defined associations that separate the stations of the lagoon and estuary (fig. 4). This confirms the presence of at least one environmental factor (salinity) that greatly influences the system, to such an extent that it completely differentiates the two water bodies.

#### Types of habitat and nutrition

The bivalves found in this study were characterized by infaunal species (buried in the sediment), and the predominant

**Tabla 7.** Correlación entre abundancias de especies y parámetros ambientales (organismos vivos).

**Table 7.** Correlation between species abundance (live organisms) and environmental parameters.

Especie/parámetro	Coeficiente de Pearson				
	Temperatura	Salinidad	Oxígeno	Profundidad	Transparencia
<i>Mytella strigata</i>	-0.44	0.42	0.20	0.49	0.44
<i>Tagelus longisinuatus</i>	-0.56	0.61	0.30	0.54	0.53
<i>Rissoella excolpa</i>	0.45	-0.30	0.12	-0.23	-0.31
<i>Bittium mexicanum</i>	-0.42	0.34	0.58	-0.05	0.23
<i>Acteocina smirna</i>	-0.39	0.58	0.28	0.10	0.31
<i>Neritina virginea</i>	0.20	-0.25	-0.43	-0.08	-0.29
<i>Mazatlanina fulgurata</i>	0.53	-0.56	-0.38	-0.49	-0.39
<i>Polymesoda mexicana</i>	0.68	-0.76	-0.24	-0.55	-0.69

**Tabla 8.** Tipos de hábitat y nutrición de las familias de bivalvos y gasterópodos encontradas en el sistema (incluye todas las especies recolectadas).**Table 8.** Type of habitat and nutrition of the bivalve and gastropod families found in the system (includes all the species collected).

	Hábitat	No. de familias	Nutrición	No. de familias
Bivalvos	Epifaunales	3	Filtradores/suspensívoros	8
	Semiinfaunales	1	Materia orgánica depositada	4
	Infaunales	7		
Gasterópodos	Epifaunales	5	Partículas orgánicas suspendidas	1
	Semiinfaunales	1	Partículas orgánicas depositadas	1
	Infaunales	2	Carnívoros/carroñeros	6

eurihalinas y que, además, fueron definidas como comunes, raras y ausentes, de acuerdo con su presencia en lagunas costeras cercanas (tabla 10).

### Discusión

La baja riqueza de especies vivas y los porcentajes obtenidos (18% de organismos vivos) fueron factores determinantes por los cuales se optó por aplicar el análisis de agrupamiento y correspondencia sólo para demostrar las características más contrastantes entre ambos cuerpos de agua y conocer, a grandes rasgos, los factores que más influencia ejercen sobre la asociación de moluscos. Por tanto, se emplearon algunos métodos convencionales para analizar la distribución, abundancia relativa, variación espaciotemporal, dominancia, diversidad, riqueza y correlaciones de la fauna mediante índices ecológicos.

Por otra parte, el haber encontrado en esta investigación muy pocas especies vivas (sólo 9 de 31), coincide con estudios anteriores, realizados ya sea en lagunas costeras o en la plataforma continental, en los cuales una gran proporción está constituida por organismos muertos (Reguero-Reza y García-Cubas, 1989; Landa-Jaime, 1991).

Se observó que las mayores abundancias correspondieron a sólo dos especies de moluscos; éste es un resultado que ha sido observado en diversos estudios y revela la adaptación de ciertos organismos a colonizar con éxito ambientes, en ocasiones, extremos. Entre algunos trabajos que hacen referencia a lo anterior está el de García-Cubas (1979), en el que se encontró que del total de las especies presentes, una gran mayoría corresponde a pocas especies de moluscos.

Debido al amplio intervalo de variación de la salinidad encontrado en el sistema estudiado, se pudieron distinguir grupos de especies representativas que coinciden con los descritos por Wolff (1973), quien ha logrado distinguir cuatro grupos de moluscos estuarinos: las especies marinas, que están confinadas a salinidades superiores a 25 ups; las especies eurihalinas, que pueden tolerar salinidades de 10 a 18 ups; las especies estuarinas, que pueden tolerar salinidades de 5 a 10 ups; y las especies de agua dulce presentes en la desembocadura de los

families were filter-feeders that consume suspended organic particles. The gastropods were mainly represented by epifaunal species (above the sediment), with carnivorous and scavenging feeding habits (table 8). Regarding the affinity of the species to the salinity conditions, the marine species were found to predominate when all the species collected were considered (table 9). However, when only the species that were collected live were analyzed, the euryhaline species were found to predominate and they were defined as common, rare or absent according to their presence in nearby coastal lagoons (table 10).

### Discussion

The low richness of live species and percentages obtained (18% of live organisms) were the main reasons why the grouping and correspondence analysis was applied only to establish the main differences between both water bodies and determine, in a general way, the factors that most influence the mollusc assemblage. Hence, conventional methods were used to analyze distribution, relative abundance, spatiotemporal variation, dominance, diversity, richness and correlation of the fauna with ecological indices.

In this study, very few species were found alive (only 9 of 31). This coincides with other studies, conducted either in coastal lagoons or the continental shelf, which report a large proportion of dead organisms (Reguero-Reza and García-Cubas, 1989; Landa-Jaime, 1991).

The highest abundances corresponded to only two mollusc species. This has also been reported in several studies and indicates the ability of certain organisms to successfully colonize extreme environments; for example, García-Cubas (1979) reported that of the total of species present, a large majority corresponded to a few species of molluscs.

Due to the wide range of variation recorded for salinity in the system, it was possible to distinguish groups of representative species that coincide with those described by Wolff (1973), who defined four groups of estuarine molluscs: marine species, confined to salinities above 25 psu; euryhaline species, which tolerate salinities from 10 to 18 psu; estuarine species, which tolerate salinities from 5 to 10 psu; and freshwater

**Tabla 9.** Afinidad del total de especies recolectadas con respecto a las diferentes condiciones de salinidad, de acuerdo con la clasificación propuesta por Wolff (1973).

**Table 9.** Affinity of the total of species collected relative to different salinity conditions (marine, euryhaline, estuarine and freshwater species), according to the classification proposed by Wolff (1973).

Espece	Marinas (25 ups)	Eurihalinas (10 a 18 ups)	Estuarinas (5 a 10 ups)	Dulceacuícolas (0 a 5 ups)
Clase Bivalvia				
<i>Nucula schencki</i>	*			
<i>Mytella strigata</i>	*	*	*	
<i>Ostrea palmula</i>	*	*		
<i>Pododesmus foliatus</i>	*			
<i>Crassinella varians</i>	*			
<i>Tellidorella cristulata</i>	*			
<i>Polymesoda mexicana</i>		*	*	*
<i>Lucina excavata</i>	*			
<i>Chione gnidia</i>	*			
<i>Chione subrugosa</i>	*			
<i>Chione californiensis</i>	*			
<i>Chione undatella</i>	*			
<i>Donax gracilis</i>	*	*		
<i>Tagelus longisinuatus</i>	*	*	*	*
Clase Gasteropoda				
<i>Fissurella nigrocincta</i>	*			
<i>Neritina virginea</i>		*	*	*
<i>Rissoella excolpa</i>		*	*	*
<i>Cerithium maculosum</i>	*			
<i>Cerithium stercusmuscarum</i>	*			
<i>Bittium mexicanum</i>	*	*	*	*
<i>Crucibulum spinosum</i>	*			
<i>Thais biserialis</i>	*			
<i>Mazatlania fulgurata</i>	*	*		
<i>Agaronia testacea</i>	*			
<i>Nassarius gallegosi</i>	*	*		
<i>Nassarius luteostoma</i>	*	*		
<i>Olivella gracilis</i>	*			
<i>Mitra tristis</i>	*			
<i>Haminoea vesicula</i>	*			
<i>Acteocina smirna</i>	*	*	*	
<i>Turritella leucostoma</i>	*			

**Tabla 10.** Clasificación de especies recolectadas vivas de acuerdo con su presencia en lagunas costeras cercanas. C = comunes, R = raras y A = ausentes.**Table 10.** Classification of species found alive (marine, euryhaline, estuarine and freshwater species) according to their presence in nearby coastal lagoons. C = common, R = rare and A = absent.

Especie	Marinas (25 ups)	Eurihalinas (10 a 18 ups)	Estuarinas (5 a 10 ups)	Dulceacuícolas (0 a 5 ups)	Otros estudios
<b>Clase Bivalvia</b>					
<i>Mytella strigata</i>	*	*	*		C
<i>Polymesoda mexicana</i>		*	*	*	C
<i>Donax gracilis</i>	*				R
<i>Tagelus longisinuatus</i>	*	*	*	*	C
<b>Clase Gasteropoda</b>					
<i>Neritina virginea</i>		*	*	*	A
<i>Rissoella excolpa</i>		*	*	*	R
<i>Bittium mexicanum</i>	*	*	*	*	R
<i>Mazatlania fulgurata</i>	*	*			R
<i>Acteocina smirna</i>	*	*	*		R

ríos al estuario, las cuales pueden vivir en salinidades de hasta 5 ups.

En un estudio anterior, Landa-Jaime (1991) encontró que el gasterópodo *B. mexicanum* fue la especie con mayor abundancia; esto significa que se trata de un ambiente dinámico que, además, invita a continuar con estudios a largo plazo para entender el sistema en su totalidad.

Es conocido que el tipo de recolección utilizado en este tipo de muestreos es un factor que debe ser contemplado en el diseño de los métodos. En el presente estudio, las mayores abundancias fueron obtenidas mediante la red de arrastre (draga biológica), la cual por sus dimensiones, incide sobre una mayor superficie del sustrato y, por tanto, la abundancia relativa obtenida es contrastante con la obtenida mediante el uso de la draga geológica; sin embargo, esta última es recomendada cuando se desea abordar aspectos cualitativos como el tipo de sedimentos (Levins, 1966).

Por otra parte, la dominancia específica de la clase Gasteropoda puede explicarse también en función de los tipos de recolección utilizados, ya que los organismos de esta clase son en su mayoría epifaunales, mientras que un gran número de bivalvos son semiinfaunales o infaunales. Entonces, la probabilidad de ser capturados es mayor para los gasterópodos (Reguero-Reza y García-Cubas, 1989)

Al comparar las especies que aquí se registraron con estudios realizados en lagunas costeras relativamente cercanas (Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima y Guerrero), se observó que el grupo de organismos vivos está constituido por especies que van de poco frecuentes (raras) a ausentes en los cuerpos de agua antes mencionados e incluso, algunas de éstas carecen de descripciones confiables en la literatura consultada. Sólo tres especies del total se consideran comunes dentro de los sistemas estuarinos de la costa occidental de México.

species, found at river mouths, which tolerate salinities of up to 5 psu

In a previous work, Landa-Jaime (1991) found that the gastropod *B. mexicanum* was the most abundant species. This means that it is a dynamic environment and further long-term studies would be useful to understand the system as a whole.

The means of collection used in this type of samplings is a factor that should be taken into account when designing the methods. In this study, the highest abundances were obtained with the trawl net (biological dredge), which because of its dimensions, covers a greater surface of the substrate and the relative abundance obtained differs from that obtained with the geological dredge; however, the latter is recommended when qualitative aspects are to be determined, such as the type of sediments (Levins, 1966).

The specific dominance of the class Gasteropoda can also be explained in terms of the method of collection used, since organisms of this class are mostly epifaunal, whereas many bivalves are semi-infaunal or infaunal; therefore, the probability of being caught is greater for the gastropods (Reguero-Reza and García-Cubas, 1989).

When the species recorded here were compared to those reported in other studies conducted in relatively near coastal lagoons (Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima and Guerrero), it was found that the group of live organisms consisted of species that range from rare to absent in the water bodies and some of them even lack reliable descriptions in the literature. Only three of all the species are considered common in estuarine systems on the west coast of Mexico.

The detailed analysis of the types of habitat and nutrition of the main families found in this study showed that most of the bivalves are infaunal and euryhaline, and filter-feeders that consume suspended organic particles. Most of the gastropods,

Al analizar detalladamente los tipos de hábitat y nutrición de las principales familias encontradas en este estudio, se observó que la gran mayoría de los bivalvos son de hábitos infaunales y eurihalinos, y su alimentación principal es mediante la filtración de partículas orgánicas suspendidas. Con respecto a los gasterópodos, el mayor número de familias fueron epifaunales y eurihalinas, y de hábitos carnívoros y carroñeros. Por otra parte, en el sistema estudiado, se recolectó la especie *N. virginea* que, después de haber revisado las distintas claves taxonómicas disponibles y haber comparado con otros trabajos realizados en el litoral del Pacífico mexicano, por primera ocasión se registra su presencia en esta región geográfica, ya que de acuerdo con la literatura, está confinada al Golfo de México. Su homólogo más cercano en el Pacífico pudiera ser *Theodoxus luteofaciatus*, Miller, 1879.

De acuerdo con la complejidad estructural, estabilidad del medio, condiciones climáticas y grados de contaminación, se puede concluir que la diversidad de la fauna malacológica de los sistemas lagunares estuarinos es baja en comparación con otras zonas marinas costeras (Antolí y García-Cubas, 1985). Así lo muestran los resultados obtenidos por los autores mencionados al registrar índices de diversidad que van de 1.37 a 2.62 en las lagunas Del Carmen y Machona, en el Estado de Tabasco. Mediante los resultados obtenidos en el presente estudio, se observó que existe un gradiente bajo en los valores de diversidad que va de 0.8 a 2.5, sin destacar claramente ninguno de los dos cuerpos de agua que componen el sistema con valores contrastantes.

Sanders (1960) analizó la diversidad en diferentes localidades marinas y estuarinas, y concluyó que los sistemas lagunares costeros presentan comunidades controladas por factores físicos, esencialmente climáticos, más que por factores biológicos.

Durante el periodo de este estudio se registró una alta dominancia de pocas especies y una baja diversidad. Igual que lo anterior, en la laguna de Términos, Campeche, Escobar-Briones (1983) encontró un intervalo en los valores de diversidad de 0.3 a 2.7. Las relaciones de diversidad (equitatividad y riqueza específica) indicaron que la dominancia de algunas especies tuvo mayor influencia sobre los valores de diversidad.

En el presente trabajo se consideró suficiente el empleo de un dendrograma, obtenido a partir de las abundancias totales por especie, por estación y factores ambientales a lo largo del ciclo anual, para simplificar gráficamente los patrones de disimilitud entre ambos cuerpos de agua. Esto arrojó resultados contrastantes al agrupar perfectamente dos grupos correspondientes a las estaciones de muestreo de la laguna, diferenciadas con respecto a las del estero, que se caracterizaron de acuerdo con las condiciones de salinidad.

Para proveer una interpretación a los datos obtenidos de la comunidad con respecto a los factores ambientales registrados, se emplearon métodos de ordenación considerando abundancias por especie y parámetros en cada una de las estaciones de muestreo. Se pudo observar un patrón de distribución influido

on the other hand, are epifaunal and euryhaline, with carnivorous and scavenging feeding habits. The species *N. virginea* was also found in this study; after having reviewed the different taxonomic keys available and other studies carried out on the Pacific coast of Mexico, its presence is recorded for the first time in this geographic region, since according to the literature, its distribution is confined to the Gulf of Mexico. Its closest relative in the Pacific could be *Theodoxus luteofaciatus*, Miller, 1879.

According to the structural complexity, environmental stability, climatic conditions and degree of contamination, it can be concluded that the diversity of the malacological fauna of lagoon estuarine systems is low compared to other coastal areas (Antolí and García-Cubas, 1985). These authors reported diversity indices that range from 1.37 to 2.62 in the Del Carmen and Machona lagoons in the state of Tabasco. In this study, low diversity values were obtained, ranging from 0.8 to 2.5; neither of the two water bodies that make up the system presented very different values.

Sanders (1960) analyzed diversity in different marine and estuarine sites and concluded that the communities of coastal lagoon systems are controlled more by physical factors, mainly climatic, than by biological factors.

As mentioned, high dominance of a few species and low diversity were recorded herein. At Términos Lagoon, in the state of Campeche, Escobar-Briones (1983) found diversity values ranging from 0.3 to 2.7. The evenness and specific richness indicated that the predominance of some species had greater influence on the diversity values.

The use of a dendrogram, obtained from total abundances per species, per station and environmental factors, was considered sufficient to graphically simplify the patterns of dissimilarity between both water bodies. The results produced two similar groups corresponding to the sampling stations of the lagoon, compared to those at the estuary, which were characterized according to the salinity conditions.

To interpret the community data obtained in relation to the environmental factors recorded, ordination methods were used considering abundances per species and parameters at each sampling station. A distribution pattern was obtained that is influenced by salinity, differentiating the stations at the lagoon from those at the estuary. This can be explained by the fact that community data permit the identification of assemblages among species of different ecological characteristics (Escobar-Briones, 1983).

In some regional studies, benthic communities have been analyzed in terms of the depth at which they occur (Landa-Jaime and Arciniega-Flores, 1998; Arciniega-Flores and Landa-Jaime, 1998; González-Sansón *et al.*, 1997). However, due to the particular characteristics of the system studied herein, which is shallow, this factor was only significant in the coastal zones where species such as *M. strigata* are found; this is because they are sometimes severely affected by the changes in water level, since a decrease of more than 1 m can expose a

por la salinidad, diferenciando las estaciones correspondientes a la laguna y al estero. Lo anterior puede ser explicado mediante el hecho de que las comunidades permiten reconocer asociaciones entre especies de características ecológicas diferentes (Escobar-Briones, 1983).

En algunos estudios regionales se han realizado análisis de las comunidades bentónicas en función de la profundidad a la que habitan (Landa-Jaime y Arciniega-Flores, 1998; Arciniega-Flores y Landa-Jaime, 1998; González-Sansón *et al.*, 1997). Sin embargo, debido a las características particulares del sistema en cuestión, el cual es somero, este factor sólo jugó un papel determinante en las zonas litorales en que existen especies como *M. strigata*, que en ocasiones se ven severamente afectadas por los cambios del nivel del agua, ya que más de 1 m de descenso puede exponer grandes extensiones del litoral ocasionando una mortandad masiva para esta especie.

Se dice que la productividad en las lagunas costeras es frecuentemente alta. En lo que respecta a la riqueza específica encontrada en este estudio, se presentaron valores bajos (31 especies) si se comparan con otros registrados en una de las lagunas costera más cercanas, la laguna de Barra de Navidad (Jalisco), donde Rodríguez y Ramírez-Martel (1982) registraron 106 especies. Lo anterior puede deberse a que el sistema estudiado presenta una comunicación esporádica con el mar, mientras que la laguna de Barra de Navidad presenta una comunicación continua.

El bajo número de especies que se observó en este sistema en general, en algunas ocasiones fue compensado con un gran número de individuos. La mayor abundancia de especies vivas se presentó en las áreas donde predominaron los sustratos limo arcillosos; esto se explica en virtud de que este tipo de sedimento constituye verdaderas trampas de detritus, lo que hace posible soportar grandes poblaciones que se nutren de ello (Escobar *et al.*, 1997).

Un factor determinante en la distribución de los organismos es el relativo a la disponibilidad del alimento y, por tanto, a sus particulares hábitos alimenticios. Al respecto se encontró que en este sistema predominaron los filtradores de partículas, entre los bivalvos, y los detritívoros, entre los gasterópodos.

Por último, es importante mencionar que de las 31 especies registradas en este estudio, únicamente tres bivalvos se capturan ocasionalmente para consumo directo: *T. longisinuatus*, *M. strigata* y *P. mexicana*. El resto de las especies encontradas, tanto de bivalvos como de gasterópodos, carecen de atributos para el aprovechamiento humano por ser de tallas muy pequeñas y no presentar características externas atractivas para ser utilizadas como ornamento en trabajos artesanales.

### Agradecimientos

El autor agradece a Emilio Michel-Morfin y Eduardo Ríos-Jara el haber impulsado el desarrollo de este estudio, a José Mariscal-Romero su colaboración durante las distintas etapas de desarrollo de este trabajo y a Luis F. González-Guevara su apoyo en el trabajo de campo.

large area of the littoral, leading to mass mortality of the species.

Productivity in coastal lagoons is often high. However, species richness was found to be low (31 species) at Agua Dulce lagoon, compared to another nearby coastal lagoon, at Barra de Navidad (Jalisco), where Rodríguez and Ramírez-Martel (1982) recorded 106 species. A reason for this could be that the former only has sporadic communication with the sea, whereas the latter is in constant communication.

The low number of species found in this system was sometimes compensated by the high number of individuals. The highest abundance of live species occurred in the areas with predominantly clayey silt substrates. This type of sediment acts as detritus traps and so can maintain large populations that feed on it (Escobar *et al.*, 1997).

An important factor in the distribution of organisms is the availability of food and, consequently, their feeding habits. In this system, the predominant bivalves were filter-feeders and the predominant gastropods, detritivores.

Finally, it is important to mention that of the 31 species recorded herein, only three bivalves are occasionally caught for human consumption: *T. longisinuatus*, *M. strigata* and *P. mexicana*. The rest of the species found, both bivalves and gastropods, lack the necessary attributes for commercial exploitation, as they are very small and do not have external characteristics that would make them attractive for use as ornaments in handicrafts.

### Acknowledgements

The author is grateful to Emilio Michel-Morfin and Eduardo Ríos-Jara for having encouraged this study, to José Mariscal-Romero for his collaboration during the different stages of this work, and to Luis F. González-Guevara for his help with the field work.

English translation by Christine Harris.

### Referencias

- Abbot, T.R. (1974). American Seashells. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 663 pp.
- Abbot, T.R. and Boss, K.J. (1989). A Classification of the Living Mollusca. American Malacologists Inc., Melbourne, Florida, 189 pp.
- Antolí, V. y García-Cubas, A. (1985). Sistemática y ecología de moluscos en las lagunas costeras Carmen y Machona, Tabasco, México. An. Inst. Cienc. Mar Limnol. UNAM, 12(1): 145-198.
- Arciniega-Flores, J. y Landa-Jaime, V. (1998). Distribución y abundancia de los crustáceos estomatópodos de fondos blandos en las costas de Jalisco y Colima, México. Cien. Mar., 24(2): 169-181.
- De la Cruz-Agüero, G. (1994). ANACOM: Sistema para el análisis de comunidades. Versión 3.0. Manual para el usuario. Departamento de Pesquerías y Biología Marina, CICIMAR-IPN, 89 pp.

- Escobar, E., López, M., Soto, L.A. y Signoret, M. (1997). Densidad y biomasa de la meiofauna del talud continental superior en dos regiones del Golfo de México. *Cien. Mar.*, 23(4): 463–489.
- Escobar-Briones, E. (1983). Comunidades de macroinvertebrados bentónicos en la laguna de Términos, Campeche: Composición y estructura. Tesis de maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 120 pp.
- García-Cubas, A. (1979). Estudio comparativo de los moluscos de cinco lagunas costeras de Sonora y Sinaloa. Eventos conmemorativos del cincuentenario de la autonomía. Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 145–168.
- González-Sansón, G., Aguilar-Palomino, B., Arciniega-Flores, J., García de Quevedo-Machain, R., Godínez-Domínguez, E., Landa-Jaime, V., Mariscal-Romero, J., Michel-Morfin, J.E. y Saucedo-Lozano, M. (1997). Variación espacial de la abundancia de la fauna de fondos blandos de Jalisco y Colima, México (primavera, 1995). *Cien. Mar.*, 23(1): 93–110.
- Keen, M.A. (1971). *Sea Shells of Tropical West America*. 2nd ed. Stanford Univ. Press, California, 1069 pp.
- Landa-Jaime, V. (1991). Moluscos bentónicos de la laguna costera Agua Dulce, Jalisco, México. Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara, México, 81 pp.
- Landa-Jaime, V. y Arciniega-Flores, J. (1998). Macromoluscos bentónicos de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Cien. Mar.*, 24(2): 155–167.
- Levins, R. (1966). Evolution in changing environments. Some theoretical explorations. *Monographs in Population Biology*, 2: Princeton Univ. Press. 89 pp.
- Lindner, G. (1975). *Field Guide to Sea Shells of the World*. Van Nostrand Reinhold Co., New York. 170 pp.
- Mariscal-Romero, J. (1995). Estructura de la comunidad de peces del sistema estuarino lagunar Agua Dulce/El Ermitaño, Jalisco, México. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, 67 pp.
- Morris, R.C., Abbot, D.P. and Haderlie, E.C. (1980). *Intertidal Invertebrates of California*, Stanford Univ. Press, Stanford, 690 pp.
- Ortiz-Rojas, A. (1980). *Bentos. Manual de Limnología*. Centro de Estudios Limnológicos, SARH, México, 189 pp.
- Reguero-Reza, M. y García-Cubas, A. (1989). Moluscos de la plataforma continental de Nayarit: Sistemática y ecología (cuatro campañas oceanográficas). *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. UNAM*, 16(1): 33–58.
- Rodríguez, S.M. y Ramírez-Martel, J.A. (1982). Contribución al estudio taxonómico de las clases Bivalvia y Gasteropoda del Phylum *Mollusca*, de la laguna de Barra de Navidad, Jalisco. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara, México, 54 pp.
- Sanders, H.L. (1960). Benthic studies in Buzzards Bay. III. The structure of the soft bottom community. *Limnol. Oceanogr.*, 5: 138–153.
- Secretaría de Pesca (1977). Estudios realizados para la justificación de la construcción de la estructura de control de niveles del canal de interconexión (Estero Ermitaño/Laguna Agua Dulce). Reporte Técnico. 39 pp.
- Secretaría de Pesca (1986). Reporte técnico de la situación pesquera en la zona costera de Jalisco. Reporte técnico. 62 pp.
- Skoglund, K. (1991). Additions to the Panamic Province bivalve (*Mollusca*) literature 1971 to 1990. *The Festivus*, XXII (Suppl. 2): 63 pp.
- Skoglund, K. (1992). Additions to the Panamic Province gasteropods (*Mollusca*) literature 1971 to 1992. *The Festivus*, XXIV (Suppl.): 169 pp.
- Wolff, W.J. (1973). The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Sheldt. *Zoologische Verhandlungen Uitgegeven door het Rijksmuseum van Natuurlijke Historie te Leiden*, 126: 1–242.