

OBSERVACIONES ECOLOGICAS EN LAGUNA PERCEBU, BAJA CALIFORNIA

ECOLOGICAL OBSERVATIONS IN LAGUNA PERCEBU, BAJA CALIFORNIA

Guillermo Villarreal

Facultad de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado Postal 453
Ensenada, Baja California, México

Villarreal, G. (1990). Observaciones ecológicas en Laguna Percebú, Baja California. *Ecological observations in Laguna Percebú, Baja California. Ciencias Marinas*, 16(3): 77-91.

RESUMEN

Se hace una descripción biocenológica de Laguna Percebú, B.C., que es una laguna costera localizada a 25 km al sur de San Felipe, y que ha sido sitio de investigación docente desde 1978.

En el análisis del muestreo se distinguieron tres facies que conforman la laguna, éstas son: la boca Campo Percebú, la zona lagunar arenosa y la zona lagunar limosa. La boca Campo Percebú es compleja ambientalmente y en estructura biótica, por lo que se considera que presenta tres divisiones: el canal con sustrato rocoso, la barra con sustrato arenoso y la playa norte, que a su vez se subdivide en la zona rocosa y arenosa. Cada uno de estos ambientes presenta una biocenosis típica. En la zona arenosa de la barra se localizan poblaciones residentes en un habitat diferente al normal y se reporta la frecuente extinción local de poblaciones. La zona lagunar arenosa presenta habitats en el mesolitoral medio y superior, con biocenosis típicas; se presenta una marisma poco desarrollada. La zona lagunar limosa se divide en la boca Bahía Santa María y el área de pozas, ambas se caracterizan por su pobreza en densidad de población en el canal y por la extensión y desarrollo de la marisma del mesolitoral superior.

Se revisan los efectos del medio ambiente en la conformación de las biocenosis observadas. Se discute acerca del papel de los detritus producidos en la marisma en la producción secundaria del área, se resalta el efecto de la escala del sistema en la extinción observada y se discute el efecto del turismo en la ecología del sitio. Se concluye que es un área peculiar e inestable que es interesante conservar, para lo cual hay que hacer labor de convencimiento en los dueños de los campos turísticos y de los visitantes.

ABSTRACT

A biocenological description is made of Laguna Percebú, B.C., which is a coastal lagoon located 25 km south of San Felipe.

Three facies which shape the lagoon were distinguished during the analysis: the mouth Campo Percebú, the sandy lagoon zone and the muddy lagoon zone. The mouth Campo Percebú is complex both environmentally and in biotic structure and is considered to have three divisions: the channel with rocky substrate, the bar with sandy substrate and the northern beach, which in turn is subdivided into the rocky and sandy zone. Each one of these environments has a typical biocenosis. In the sandy zone of the bar, resident populations are found outside their normal

habitat and the frequent local extinction of populations is reported. In the sandy lagoon zone, habitats are found in the middle and upper mesolittoral, with typical biocenoses; a small salt marsh is present. The muddy lagoon zone is divided into two sections: the mouth Bahía Santa María and the area of tidepools. Both are characterized by a low population density in the channel and by the extent and development of the salt marsh of the upper mesolittoral.

The environmental effects on the observed biocenoses are analysed. The role of the detritus which is produced in the salt marsh in the secondary production of the area is discussed. The effect of the scale of the system on the observed extinction is noted and the effect of tourism on the ecology of the site is discussed. It is concluded that it is a peculiar and unstable area and that measures must be taken to protect this environment.

INTRODUCCION

Laguna Percebú es una laguna costera que ha sido objeto de estudio en las prácticas de las materias de ecología de la carrera de oceanología en la Facultad de Ciencias Marinas desde 1978, debido al interés que provoca esta zona proveniente del hecho que en un área pequeña se encuentran sustratos arenosos, lodosos y rocosos, que soportan una biota abundante que es fácil de coleccionar.

Además de este interés didáctico, se ha podido encontrar que Laguna Percebú es extremadamente especial, que merece atención y que sin embargo, presenta una gran escasez de información sobre su biota y ecología pues únicamente se han localizado dos trabajos realizados en el sitio (Romero y Carvacho, 1987; Carvacho *et al.*, 1989), aunque existe buena información taxonómica en estudios amplios del Golfo de California (vgr. Brusca, 1973; Keen, 1971; Parker, 1964).

Debido a la falta de información ecológica anterior se ha abordado el estudio de los aspectos generales de la biocenología bentónica del sitio, pretendiendo contribuir a la comprensión del sistema como un todo formado por varias regiones que funcionan ligadas, haciendo uso de la información de las condiciones bióticas y abióticas que puede proporcionar el bentos, permitiendo distinguir puntos y problemas interesantes para estudiar en el futuro y formando una base de comparación para medir cambios y tendencias.

AREA DE ESTUDIO

Percebú se encuentra en la costa nor-oriental de la Península de Baja California en los 30° 49' N y 114° 41' W, aproximadamente a 25 km al sur del puerto de San Felipe, B.C.

INTRODUCTION

Laguna Percebú is a coastal lagoon where sandy, muddy and rocky substrates supporting an abundant biota which is easy to collect can be found in a small area. For this reason, since 1978 it has been a popular site for field trips as part of the ecological courses in oceanology offered at the Facultad de Ciencias Marinas.

Apart from this didactic interest, Laguna Percebú has been found to be a very special site and deserves attention. However, little information is available regarding its biota and ecology. Although plenty of taxonomic information is available from extensive studies conducted in the Gulf of California (e.g. Brusca, 1973; Keen, 1971; Parker, 1964), only two studies have been found for this site (Romero and Carvacho, 1987; Carvacho *et al.*, 1989).

Due to the lack of ecological information, the study of the general aspects of the benthonic biocenology of the site has been undertaken. The objective of this work is to study the system as a whole, formed by several regions that function together, based on information on the biotic and abiotic conditions provided by the benthos. This allows interesting problems to be distinguished for future studies, establishing a comparison base to measure changes and trends.

STUDY AREA

Percebú is located on the northwestern coast of the Peninsula of Baja California at 30° 49' N and 114° 41' W, approximately 25 km south of the harbour of San Felipe, B.C.

Su forma fisiográfica (Fig. 1) consiste en una entrante del mar paralela a la línea de costa, separado del sistema oceánico por una barra arenosa de constitución similar a la de cualquier laguna costera. Mide aproximadamente 5 km de largo y posee dos bocas, una en cada extremo. Sin embargo, es difícil considerarla una laguna costera típica debido a que prácticamente toda su extensión queda incluida en el intermareal.

Percebú posee dos bocas que la comunican con el océano. La boca del extremo norte (boca Campo Percebú) es muy activa por lo que las velocidades de corriente son muy altas en los cambios de marea. Aquí el sedimento es muy diverso y se encuentran zonas rocosas y arenosas.

El cuerpo lagunar se divide en dos zonas claramente identificables: la zona arenosa y la limosa. La zona arenosa se localiza adyacente a la boca norte y recibe la influencia de las corrientes de marea, la zona limosa se encuentra alejada de la boca norte y abarca hasta la boca sur (boca Bahía Santa María) la que sólo es activa en las mareas vivas y nunca forma corrientes violentas.

La salinidad de la laguna no es diferente a la marina salvo en las pozas de la zona interior. La temperatura del agua varía desde 12°C en el invierno hasta 36°C en las pozas y en verano, en el cuerpo general del sistema la temperatura máxima registrada del agua es de 29°C.

Junto a cada una de las bocas se localizan campos turísticos que en época de verano tienen poblaciones hasta de 150 visitantes simultáneos y una población humana permanente de pocas decenas. No existe actividad pesquera actual en la laguna, pero existen proyectos de instalaciones de cultivo de camarón en la zona cercana a la boca de Bahía Santa María.

METODOLOGIA

El muestreo se llevó a cabo en cuatro visitas durante los meses de abril y septiembre de 1987 y 1988. En cada visita se hizo un reconocimiento del sitio haciendo por lo menos 100 puntos de colecta, generalmente con nucleador o cuadrante, según el tipo de fondo.

Its physiographic form (Fig. 1) consists of an inlet parallel to the coast line, separated from the oceanic system by a sand bar, similar to other coastal lagoons. It is approximately 5 km long and has two mouths, one at each end. However, it should not be considered a typical coastal lagoon since nearly all its area is found in the intertidal zone.

Two mouths connect Percebú with the ocean. The northern mouth (mouth Campo Percebú) is very active as the current velocities are very high during the tidal changes. Here, the sediment is very diverse and rocky and sandy zones are found.

The lagoon body is divided into two clearly identifiable zones: the sandy and muddy zones. The sandy zone is located adjacent to the northern mouth and is influenced by tidal currents. The muddy zone is found away from the northern mouth and extends to the southern mouth (mouth Bahía Santa María); it is only active during spring tide and never forms violent currents.

The salinity of the lagoon is not different from that of the sea, except in the tidepools of the inner zone. The water temperature varies from 12°C in winter to 36°C in the tidepools. In summer, the maximum water temperature recorded in the general body of the system is 29°C.

Tourist camps are located near both mouths. During summer there can be up to 150 visitors at one time and a permanent population of a few dozen. At present, fishing is not carried out in the lagoon but shrimp culture installations are planned near the mouth of Bahía Santa María.

METHODOLOGY

The sampling was carried out on four occasions in April and September 1987 and 1988. On each visit, a survey of the site was made and at least 100 collection points were established, either with a sampler or quadrant, depending on the type of bottom. Additional information regarding type of bottom and tidal level was also recorded.

The sandy and muddy sediment samples were sieved through a 0.75 mm mesh. Only



Figura 1. Morfología de la Laguna Percebú.
Figure 1. Morphology of Laguna Percebú.

La información adicional que se recogió fue: tipo de fondo y localización dentro del nivel de mareas.

Las muestras de sedimento arenoso y limoso fueron tamizadas a través de una malla de 0.75 mm. En la zona rocosa y de guijarros se colectó únicamente epibentos.

El procesamiento de los datos consistió en la ordenación de comunidades por el método de los componentes principales y su descripción por medio de índices de diversidad, medida con el índice de Shannon-Weaver; dominancia, medida con el índice de Simpson y cobertura, medida con el índice de Braun-Blanquet (Mueller-Dombois y Elleberg, 1974), así como por observaciones del hábitat y de la estructuración de la comunidad.

Adicionalmente, se hicieron mediciones de la población del bivalvo *Protothaca grata* debido a la observación en el campo de la explotación que es objeto por parte de los visitantes, que la utilizan como alimento.

RESULTADOS

Dentro de la laguna se pueden distinguir tres facies principales: la boca norte, Campo Percebú; la zona lagunar arenosa y la zona limosa que incluye la región de la boca de la Bahía de Santa María, cada una, a su vez, dividida en una o más biocenosis (Fig. 2).

Facies 1: boca norte, Campo Percebú

La boca norte, Campo Percebú, es activa durante todo el ciclo de mareas. Aquí se presentan las velocidades de corriente más fuertes y presenta un sedimento variado que va desde arena gruesa en la parte interna y en la región cercana a la barra, hasta guijarros y rocas en la parte del canal central, donde la energía de la corriente elimina todo el sedimento arenoso, debido a la entrada y salida de la marea.

La estructura biótica es compleja respondiendo tanto a factores de desecación, como a sustrato y a velocidades de corriente. Asimismo, es dinámica pues la barra arenosa de la laguna está cambiando continuamente y afectando a comunidades establecidas en las cercanías.

epibentos were collected from the rocky and pebbly zones.

The data were processed by ranking the communities following the principal component method and by describing them by means of the diversity indices, measured with the Shannon-Weaver index; dominance, measured with the Simpson index and coverage, measured with the Braun-Blanquet index (Mueller-Dombois and Elleberg, 1974), as well as by observations of the habitat and community structure.

Furthermore, measurements of the population of the bivalve *Protothaca grata* were made since it had been observed to be exploited by visitors to the site.

RESULTS

Three main facies can be distinguished in the lagoon: the northern mouth, Campo Percebú; the sandy lagoon zone and the muddy zone which includes the region of the mouth of Bahía de Santa María. In turn, each one is divided into one or more biocenoses (Fig. 2).

Facies 1: northern mouth, Campo Percebú

The northern mouth, Campo Percebú, is active during all tidal cycles. The strongest current velocities occur here and the sediment varies from coarse sand in the inner part and region near the bar, to pebbles and rocks in the part of the central channel, where the energy of the current eliminates all the sandy sediment due to the ebb and flow of the tide.

The biotic structure is complex due to desiccation factors as well as to the substrate and to current velocities. Furthermore, it is dynamic since the sand bar of the lagoon is continually changing and affecting communities established nearby.

Two biocenoses are found in the region corresponding to the sublittoral fringe (Table I): the community of *Ulva lactuca* and *Crassostrea corteziensis* in the rocky and pebbly zone at the end of the central channel and the community dominated by *Balanus trigonus* in the rocks of the northern zone.

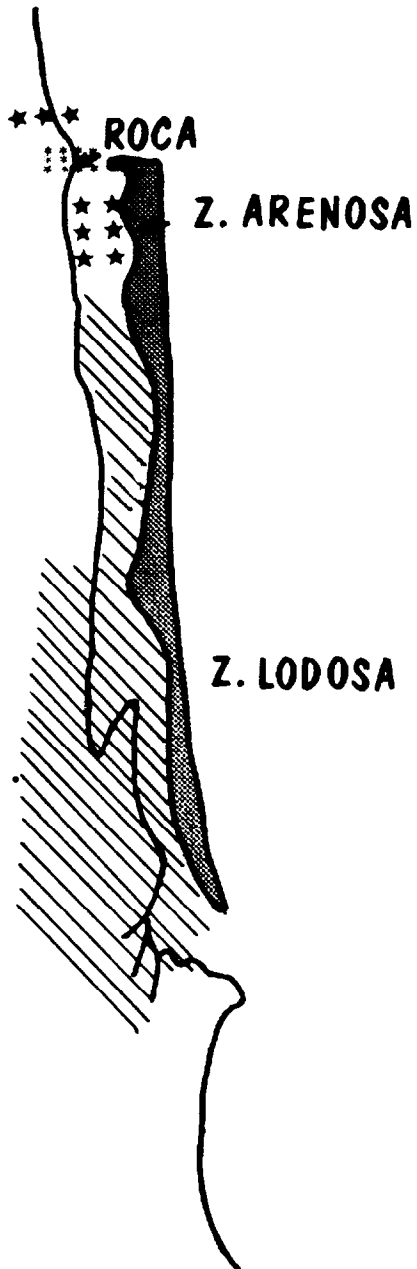


Figura 2. Ubicación de las facies.
Figure 2. Location of the facies.

Tabla I. Biocenosis características de las facies de Laguna Percebú.

Table I. Characteristic biocenoses of the facies of Laguna Percebú.

	Facies 1: Boca Campo Percebú				Facies 2	Facies 3	
	Canal	Barra	Zona rocosa	Playa norte	Zona lagunar arenosa	Zona lagunar limosa	Boca Bahía Santa María
Franja infralitoral	Ulva	---	Balanus	---	---	---	---
Mesolitoral inferior	Tetraclita Cerithium	Olivella Oliva	Petrolisthes Tetraclita	Mellita	---	---	---
Mesolitoral medio	Chtamallus	Vacío	Chtamallus	Excirolana	Nassarius Callianassa	Cerithidea Uca	Nassarius Callianassa
Mesolitoral superior	---	Vacío	Chtamallus	Excirolana	Marisma	Marisma	Marisma

La región correspondiente a la franja sublitoral presenta dos biocenosis (Tabla I): la comunidad de *Ulva lactuca* y *Crassostrea corteziensis* en la zona de rocas y guijarros de la parte terminal del canal central y la dominada por *Balanus trigonus* en las rocas de la zona norte.

En la zona mesolitoral inferior se localizan la comunidad de *Tetraclita squamosa* asociada a las rocas, la comunidad dominada por *Cerithium stercomuscarum*, en la zona de rocas y guijarros del canal central, y la comunidad de crustáceos anomuros reportada por Romeroy Carvacho (1987), bajo rocas en los diferentes niveles de marea; en el ambiente arenoso con rocas dispersas de la playa norte se encuentra una población de *Protothaca grata*.

Es notable la densidad de población que mantiene *Cerithium* en esta área. Los registros marcan hasta 3,120 individuos/m² en algunos sitios, la densidad promedio es de 543 individuos/m².

La comunidad de *Oliva sayana* y *Olivella dama* se localiza en la zona arenosa de la barra y la de *Mellita quinqueperforata* en la zona de arena media de la playa al norte de la laguna. Estas comunidades se caracterizan por la aparición y desaparición de poblaciones a lo largo del tiempo, que se ha notado en visitas al sitio con fines didácticos.

El mesolitoral medio de las rocas presenta una comunidad de *Chtamallus fissus*, que se extiende hasta la parte rocosa de la playa norte, bajando en algunos puntos al canal; en la barra esta zona carece de macrofauna y en la parte arenosa de la playa norte se localiza una población de *Exciorolana braziliensis*. El mesolitoral superior es arenoso en toda la extensión de la boca y la macrofauna es extremadamente pobre.

Las características descriptivas de las biocenosis de la boca se resumen en la Tabla II, donde se puede observar que en general las biocenosis con mayor riqueza de especies, diversidad y mayor dominancia están relacionadas con ambientes bajos en el intermareal y con tipo de crecimiento epibentónico; la cobertura es mayor en los ambientes rocosos que en los arenosos.

The following are located in the low mesolittoral: the community of *Tetraclita squamosa*, associated to the rocks; the community dominated by *Cerithium stercomuscarum*, in the rocky and pebbly zone of the central channel and the community of anomuran crustaceans reported by Romero and Carvacho (1987), under rocks in the different tidal levels. A population of *Protothaca grata* is found in the sandy environment with scattered rocks of the northern beach.

The density of the population of *Cerithium* in this area is notable. Records indicate up to 3,120 individuals/m² at some sites and the average density is 543 individuals/m².

The community of *Oliva sayana* and *Olivella dama* is located in the sandy zone of the bar and that of *Mellita quinqueperforata* in the medium sand zone of the northern beach of the lagoon. These communities are characterized by the continuous appearance and disappearance of populations, a fact noted during field trips.

The middle mesolittoral of the rocks has a community of *Chtamallus fissus*, which extends to the rocky part of the northern beach, descending at some points to the channel; in the bar, this zone lacks macrofauna and a population of *Exciorolana braziliensis* is located in the sandy part of the northern beach. The upper mesolittoral is sandy throughout the mouth and the macrofauna is extremely poor.

The descriptive characteristics of the biocenosis of the mouth are summarized in Table II. It can be observed that, in general, the biocenoses with higher species richness, diversity and dominance are related to low environments in the intertidal and with epibenthonic type growth. Coverage is greater in the rocky environments than in the sandy ones.

Facies 2: sandy lagoon zone

Sites representative of the mesolittoral and supralittoral are found in the intertidal-lagoon body. The sediment is of fine sand mixed with mud near the mouth of Campo Percebú; a gradient is established to

Facies 2: zona lagunar arenosa

El cuerpo lagunar-intermareal es un área que presenta sitios representativos del mesolitoral y supralitoral. El sedimento es de arena fina mezclada con limo cerca de la boca de Campo Percebú, estableciéndose un gradiente hasta la zona cercana a la boca de Santa María, donde se presenta limo. En la parte central y sur del sistema existen pozas que sólo en los períodos de mareas muertas quedan secos, formando habitats especiales.

Las biocenosis de esta zona son más homogéneas que las de la boca y están representadas únicamente comunidades del intermareal medio al superior (Tabla I).

En la parte del canal de mareas se establece una biocenosis dominada por el gasterópodo *Nassarius versicolor* y por el crustáceo *Callianassa californiensis*, que corresponde al mesolitoral medio.

Hacia las orillas y correspondiendo al mesolitoral superior y franja supralitoral, se establece una marisma de pequeña extensión dominada por *Salicornia pacifica* y *Distichlys spicata*, a las que se asocian grandes poblaciones de *Uca* sp.

En la Tabla III se anota la caracterización ecológica de esta zona. De ésta se desprende que las biocenosis de esta zona son similares entre sí a excepción de la cobertura, que en la marisma es notablemente mayor.

Facies 3: zona limosa

La zona limosa se puede considerar como una continuación del gradiente de disminución del tamaño de grano del sedimento y de la energía de las corrientes de marea. Los límites con la zona arenosa no son muy claros y algunas de las comunidades anotadas para la facies anterior continúan en esta facies; sin embargo, se considera diferente puesto que aquí es notable el empobrecimiento de la densidad y la diversidad de especies.

La boca sur, Bahía Santa María, es activa sólo en mareas vivas y aun en éstas el intercambio de agua con el océano es mucho menor que en la boca de Campo Percebú. En esta boca la zona arenosa es muy pequeña y la

the zone near the mouth of Santa María, where mud is found. In the central and southern part of the system there are tidepools which only dry up during neap tide, thus forming special habitats.

The biocenoses of this zone are more homogenous than those of the mouth and only communities from the middle to the upper intertidal are represented (Table I).

In the tidal channel a biocenosis is found dominated by the gastropod *Nassarius versicolor* and by the crustacean *Callianassa californiensis*, which corresponds to the middle mesolittoral.

Towards the banks and corresponding to the upper mesolittoral and supralittoral fringe, a small salt marsh is found dominated by *Salicornia pacifica* and *Distichlys spicata*, to which large populations of *Uca* sp. associate themselves.

The ecological characteristics of this zone are shown in Table III. It can be seen that the biocenoses of this zone are similar except for the coverage which is notably larger in the salt marsh.

Facies 3: muddy zone

The muddy zone can be considered a continuation of the decreasing gradient of the sedimentary grain size and of the energy of the tidal currents. Its limits with the sandy zone are not well-defined and some of the communities mentioned for the previous facies continue to be present in this one. However, this facies is considered to be different since the impoverishment of the density and diversity of the species is notable here.

The southern mouth, Bahía Santa María, is only active during spring tide and even then the exchange of water with the ocean is much less than at the mouth, Campo Percebú. Here, the sandy zone is small and the muddy zone very extended and developed, though it only presents communities from the middle to the upper mesolittoral.

In the middle mesolittoral fringe near the mouth of Santa María, a community of *Callianassa* and *Nassarius* is found similar to

Tabla II. Características de la biocenosis de la boca norte, Campo Percebú
Table II. Characteristics of the biocenosis of the northern mouth, Campo Percebú.

Biocenosis	Número de especies	Diversidad H'	Dominancia λ	Tipo de crecimiento	Índice de cobertura
<i>Ulva</i>	19	2.26	.14	Epibentos en rocas	3
<i>Balanus</i>	10	1.89	.19	Epibentos en rocas	4
<i>Cerithium</i>	12	1.73	.25	Epibentos en rocas	4
<i>Chtamallus</i>	8	1.26	.40	Epibentos en rocas	2
<i>Olivella</i> <i>Oliva</i>	4	1.18	.51	Endobentos en arena	r
<i>Petrolisthes</i>	9	1.72	.22	Bajo rocas	+
<i>Mellita</i>	6	1.34	.31	Endobentos en arena	r
<i>Excirolana</i>	4	1.04	.82	Endobentos en arena	r

Tabla III. Características de las biocenosis del cuerpo lagunar y boca de Santa María.
Table III. Characteristics of the biocenoses of the lagoon body and mouth of Santa María.

Biocenosis	Número de especies	Diversidad H'	Dominancia λ	Tipo de crecimiento	Índice de cobertura
<i>Nassarius</i> <i>Callianassa</i>	6	1.45	.29	Endobentos arena	r
Marisma zona arenosa	8	1.68	.31	Pradera	4
<i>Cerithidea</i>	8	1.55	.35	Endobentos limo	r
Marisma sur	11	1.69	.27	Pradera	4

zona limosa muy extendida y desarrollada, aunque sólo presenta comunidades del mesolitoral medio al superior.

En la banda del mesolitoral medio cercano a la boca de Santa María se presenta la comunidad de *Callianassa* y *Nassarius* similar a la correspondiente en la zona lagunar arenosa. En el cuerpo lagunar se presenta en esta banda una comunidad de *Uca princeps* y *Cerithidea mazatlanica* y hacia la zona mesolitoral superior se localiza una marisma de *Salicornia pacifica* y *Distychlys spicata*. En el canal de mareas se forman pozas que duran de una marea a otra durante los periodos de mareas vivas y forman ambientes especiales dentro de esta facies.

La biocenosis de esta zona es similar a la de los esteros eurihalinos comunes en la costa este del Golfo de California según han sido descritos por Parker (1964); mientras que la de la marisma es similar a la descrita para la zona arenosa, con la diferencia que aquí cubre una extensión mucho mayor.

Se ha recibido información verbal acerca de la presencia de comunidades de cianobacterias formando biodermas sobre el sedimento en esta zona las que no han sido observadas personalmente.

Las biocenosis del cuerpo lagunar presentan características homogéneas en diversidad, dominancia y cobertura (Tabla III). Con respecto a la riqueza de especies, se muestra un mayor número en la marisma, aunque es posible que esto sea efecto del muestreo; esta riqueza mayor se refleja en los índices notándose mayor diversidad y menor dominancia.

Como observaciones adicionales se ha notado que en la boca la estructuración de la comunidad muestra un balance entre filtradores y sedimentívoros, predominando estos últimos en las porciones arenosas. Así como que en el cuerpo lagunar, tanto en la zona arenosa como en la limosa, desaparecen los filtradores y la fauna depende fundamentalmente del detritus del sedimento. Se ha observado la entrada con la marea de gran cantidad de depredadores bentónicos, entre los que sobresalen las jaibas *Callinectes bellicosus* y *C. arcuatus*.

the corresponding one in the sandy lagoon zone. In the lagoon body, a community of *Uca princeps* and *Cerithidea mazatlanica* occurs in this fringe, and towards the upper mesolittoral zone there is a marsh of *Salicornia pacifica* and *Distychlys spicata*. Tidepools are formed in the tidal channel which last from one tide to the other during spring tide and form special environments within this facies.

The biocenosis of this zone is similar to that of euryhaline estuaries which are common on the eastern coast of the Gulf of California, according to Parker's (1964) descriptions. The biocenosis of the salt marsh is similar to that described for the sandy zone, except that here it covers a larger area.

Verbal information has been received regarding the presence of communities of cyanobacteria forming bioderms on the sediment in this zone. However, these have not been observed by the author.

The biocenoses of the lagoon body present homogeneous characteristics regarding diversity, dominance and coverage (Table III). With regard to species richness, a larger number can be found in the salt marsh, although it is possible that this is an effect of the sampling. This higher species richness is reflected in the indices as higher diversity and lower dominance are noted.

It has been observed that, at the mouth, the organization of the community shows a balance between filter feeders and sediment feeders. The latter predominate in the sandy parts. As in the lagoon body, in both the sandy and muddy zones, the filter feeders disappear and the fauna fundamentally depends on the detritus of the sediment. Large quantities of benthonic predators have been observed to enter with the tide, the most noticeable being the crabs *Callinectes bellicosus* and *C. arcuatus*.

As an estimate of the number of individuals of *Protothaca grata* in the rocky-sandy zone, the population was calculated to be 1,535 individuals. They were found sheltered in sand under rocks, where they are apparently more protected from collection by tourists.

En una estimación del número de individuos de *Protothaca grata* en la zona rocosa-arenosa se calculó la población en 1,535 individuos refugiados en una parcela en arena bajo rocas, donde queda aparentemente más protegida de la colecta de los turistas.

DISCUSION

El Golfo de California ha sido sujeto de gran cantidad de estudios de muchos tipos, hechos por investigadores mexicanos o extranjeros; sin embargo, en ninguno de los reportes se ha descrito un sistema similar al de Laguna Percebú. La conjunción de características ambientales que se dan en este sitio no es fácil de repetir en ningún otro lugar.

Las condiciones medioambientales que hacen de esta laguna un sistema peculiar se deben, en gran medida, a que casi toda la superficie queda comprendida en la zona entremareas, debido al intervalo de mareas característico del norte del Golfo de California (en mareas muertas más del 95% de la entrante permanece emergida en marea baja).

Otro factor que se considera determinante en la conformación de biocenosis en el área es la velocidad de la corriente provocada por la marea entrante, pues la energía de la corriente afecta hasta 3/5 partes del sistema en mareas vivas y se presentan velocidades de vaciado de hasta 1.5 m/s en la boca.

Asimismo, las variaciones de temperatura ambiental y del agua son muy amplias del verano al invierno, considerándose el área geográfica como una de las de mayor intervalo de variación en el mundo (Brusca, 1973).

Biológicamente esta exclusividad se expresa en el tipo de biocenosis que encontramos. La facies de la boca norte Campo Percebú es única por la presencia de rocas y por la gran velocidad de corriente lo que la hace similar a una zona rocosa entremareas, tal como fueron propuestas por Stephenson y Stephenson (1972), presentando características de zonación, diversidad, dominancia e índice de cobertura similares a las de una zona rocosa típica en el Golfo de California.

Sin embargo, la influencia de la arena en las zonas altas, donde la velocidad de corriente

DISCUSSION

The Gulf of California has been the subject of numerous studies. However, in none of the reports has a system similar to Laguna Percebú been described. Its environmental characteristics are not easily found elsewhere.

The peculiar environmental conditions of this lagoon are largely caused by the fact that nearly all the surface is located in the intertidal zone, due to the tidal range characteristic of the northern Gulf of California (during neap tide more than 95% of the inflow remains emerged during low tide).

Another determining factor in the conformation of biocenosis in the area is the velocity of the current due to the incoming tide. The energy of the current affects 3/5 of the system during spring tide and draining velocities occur of up to 1.5 m/s at the mouth.

Likewise, environmental and water temperatures vary enormously from summer to winter. This area is considered to have one of the largest ranges of variation in the world (Brusca, 1973).

Biologically, this uniqueness is expressed in the type of biocenosis found. The facies of the northern mouth, Campo Percebú, is unique due to the presence of rocks and to the great current velocity, making it similar to an intertidal rocky zone, as was proposed by Stephenson and Stephenson (1972). It presents characteristics of zonation, diversity, dominance and coverage index similar to those of a typical rocky zone in the Gulf of California.

However, the influence of sand in the high zones, where the current velocity decreases, modifies the pattern thus allowing species from coralline communities in rocky zones such as *Petrolisthes holosericus* (Haig *et al.*, 1970) to coexist with species found in muddy beaches such as *Protothaca grata*.

Even though measurements have not been made, it is evident that at Campo Percebú there is a large biomass of filter feeders and sediment feeders from which it is inferred that there is plenty of nourishment. It is possible that this production comes from

disminuye, modifica el patrón haciendo que convivan especies citadas de zonas rocosas en comunidades coralinas como *Petrolisthes holosericus* (Haig *et al.*, 1970) con especies de playas lodosas tal como *Protothaca grata*.

Aunque no se hayan hecho mediciones es evidente que en Campo Percebú existe gran biomasa de filtradores y sedimentívoros, por lo que suponemos que existe un aporte de alimento abundante. Esta producción es posible que provenga del océano adyacente, y de las algas de la zona baja, aunque esta última fuente sea marcadamente estacional. Asimismo, las corrientes de marea deben de traer desde la parte interior del sistema grandes cantidades de materia orgánica que es atrapada y aprovechada por los detritófagos.

Las facies internas son más parecidas a lo que se puede observar en las zonas entremareas de otras lagunas costeras del Golfo de California, según las describe Parker (1964). Aquí no encontramos poblaciones fuera de su habitat normal, pero es notable el descenso de la magnitud de las poblaciones a medida que se llega a las partes más alejadas, lo que pareciera ser un reflejo de la desecación.

Odum y De la Cruz (1967) y otros posteriormente han resaltado la importancia de las marismas en la producción de detritus; del sedimento de las marismas se reciclan los nutrientes que pueden generar alta producción planctónica. Sin embargo, pareciera que en esta laguna la producción de la marisma no se transmitiera a los otros eslabones tróficos dentro del sistema.

Esta aparente contradicción podría resolverse tomando en cuenta que el detritus proveniente de la marisma necesita de ser procesado por bacterias antes de poder ser aprovechado por el bentos (Tenore, 1977). En el sitio que se estudia, el tiempo de recambio del agua es extraordinariamente rápido como se observa en el intervalo de mareas y velocidades de corriente, lo que con mucha probabilidad saca al detritus del sistema antes de que sea aprovechable para el bentos.

Es posible pensar que las altas biomásas en la boca se deben, en parte, a la importación de detritus de las partes internas. Este esquema explica por qué la biomasa en la facies de

the adjacent ocean and from the algae of the low zone, even though the latter source is noticeably seasonal. Furthermore, the tidal currents must bring, from the inner part of the system, large quantities of organic matter which is trapped and used by the detritus feeders.

According to Parker's (1964) descriptions, the inner facies resemble those that can be observed in the intertidal zones of other coastal lagoons of the Gulf of California. Populations outside of their normal habitat were not found here, but a decrease in magnitude of the populations as one reaches the more distant parts is noticeable. This could be due to desiccation.

Odum and De la Cruz (1967) and subsequently others have indicated the importance of salt marshes in the production of detritus; the nutrients that can generate high planktonic production are recycled from the sediment of the marshes. However, in this lagoon, it seems that the production of the salt marsh is not transmitted to other trophic levels in the system.

This apparent contradiction can be solved if one considers that the detritus from the marsh needs to be processed by bacteria before being used by the benthos (Tenore, 1977). At the site studied herein, the exchange of water occurs extraordinarily fast, as deduced from the observed tidal range and current velocities. This most probably removes the detritus from the system before it can be used by the benthos.

The high biomass at the mouth could be due, in part, to the import of detritus from the inner parts. This would explain why the biomass in the facies of *Callianassa* is high, although in the same zone the salt marsh is found with minimum development but since it is close to the mouth it receives part of the detritus intake.

The tidepools of the muddy zone accumulate detritus from the marshes and promote bacterial action. This could explain why the populations of *Cerithidea mazatlanica* are denser at these sites, increasing the diversity and coverage in the zone.

Callianassa es alta aunque en esa misma zona la marisma se manifiesta en su mínimo desarrollo, pero por estar cercana a la boca recibe parte de la importación de detritus.

Las pozas de la zona limosa acumulan detritus de la marisma y promueven la acción bacteriana, siendo esto la posible causa de que las poblaciones de *Cerithidea mazatlanica* sean más densas en estos sitios y aumentando la diversidad y cobertura de la zona.

El riesgo de extinción de una población es función inversa del número de individuos que la compone y función directa de la impredecibilidad del medio (Weins, 1976). En el caso que estudiamos la pequeñez de la laguna y su subdivisión en múltiples parcelas, provocan que en general las poblaciones son compuestas por relativamente pocos organismos. Este hecho parece relacionarse con las observaciones hechas en el área acerca de la desaparición de poblaciones de *Oliva savana*, *Olivella dama* y otras en la barra arenosa.

Así la estimación del número de individuos de *Protothaca grata* en la zona rocosa-arenosa hace pensar que la población está expuesta a que un cambio en las condiciones ambientales conduzca a la extinción local.

La actividad turística en el sitio está ejerciendo una presión en la biota por la colecta indiscriminada de organismos y la destrucción inconsciente de habitats, por el uso de vehículos para paseos en arena. Carvacho *et al.* (1989) reportan la destrucción de huevos de golondrina de mar en esta zona por el efecto del turismo, y por nuestras observaciones podemos afirmar que la desaparición de *Protothaca grata* de su habitat natural y su refugio bajo las rocas son un efecto de la depredación humana.

Es necesario por lo tanto, que se tomen acciones de protección para que tanto los dueños de los centros turísticos como los turistas hagan conciencia de que algunos medios son lábiles y que merecen protección.

LITERATURA CITADA

Brusca, R.C. (1973). A Handbook to the Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. Univ. of California Press, 623 pp.

The risk of extinction of a population is an inverse function of the number of individuals which compose it and a direct function of the unpredictability of the environment (Weins, 1976). In this case, the populations are generally composed of relatively few organisms because of the small size of the lagoon and its subdivision into multiple plots. This fact seems to be related to the observations made in the area regarding the disappearance of populations of *Oliva sayana*, *Olivella dama* and others in the sand bar.

Thus, from the estimate of the number of individuals of *Protothaca grata* in the rocky-sandy zone, it is inferred that the population is exposed to local extinction if a change in environmental conditions occurs.

The effects of tourism are being felt at the site. Pressure is exerted on the biota as a result of the indiscriminate collection of organisms and the unconscious destruction of habitats. Carvacho *et al.* (1989) report the destruction of sea swallow eggs in the area. From our observations we can confirm that the disappearance of *Protothaca grata* from its natural habitat and its taking shelter under rocks are an effect of human predation.

Protective action must therefore be taken. The owners of the tourist centres and the tourists must be made to realize that some environments are unstable and need protection.

English translation by Christine Harris.

Carvacho, A., Ríos, R., León, C. y Escofet, A. (1989). *Sterna antillarum* Brown en el Golfo de California: observaciones sobre una colonia reproductora en una zona vulnerable al impacto turístico. The Southwestern Naturalist, 34(1): 124-130.

Haig, J., Hopkins, T.S. and Scanland, T.B. (1970). The shallow water anomuran crab fauna of southwestern Baja California, Mexico. San Diego Soc. Nat. Hist. Trans., 16(2): 13-32.

Keen, A.M. (1971). Seashells of Tropical West America. Stanford Univ. Press, Stanford, 966 pp.

- Mueller-Dombois, D. and Elleberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons, New York, 547 pp.
- Odom, E.P. and De la Cruz, A.A. (1967). Particulate organic detritus in a Georgia salt marsh estuarine ecosystem. In: G.H. Lauff (ed.), *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science, Washington, pp. 383-388.
- Parker, R.H. (1964). Zoogeography and ecology of some macroinvertebrates, particularly mollusk in the Gulf of California and continental slope off Mexico. *Vidensk. Medd fra Dansk Naturhist. Foren Bd.*, 126: 128 pp.
- Romero, C. y Carvacho, A. (1987). Estudios ecológicos en Laguna Percebú, alto Golfo de California. I. Crustáceos decápodos: anomuros. Sistemática, ecología, biogeografía y claves de identificación. *Ciencias Marinas*, 13(2): 59-88.
- Stephenson, T.A. and Stephenson, A. (1972). *Life between Tidemarks on Rocky Shore*. W.H. Freeman, San Francisco, 402 pp.
- Tenore, K.R. (1977). Food chain pathways in detrital feeding benthic communities: A review with new observations on sediment resuspension and detrital recycling. In: B.C. Coull (ed.), *Ecology of Marine Benthos*. Univ. of South Carolina Press, Columbia, pp. 37-54.
- Weins, J.A. (1976). Population responses to patchy environments. *Ann Rev. Ecol. Syst.*, 7: 81-120.