

SISTEMÁTICA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUINODERMOS DE LA BAHÍA DE LA PAZ

SYSTEMATICS AND DISTRIBUTION OF THE ECHINODERMS FROM BAHÍA DE LA PAZ

Francisco Alonso Solís-Marín¹
Héctor Reyes-Bonilla²
María Dinorah Herrero-Pérezrul³
Oscar Arízpe-Covarrubias²
Alfredo Laguarda-Figuera¹

¹ Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
Apartado postal 70-305
04510, México, DF

² Laboratorio de Ecología del Bentos
Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Apartado postal 19-B
La Paz, Baja California Sur, CP 23080, México

³ Departamento de Biología Marina y Pesquerías
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional
Apartado postal 592
La Paz, Baja California Sur, CP 23000, México

Recibido en diciembre de 1995; aceptado en marzo de 1996

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo fueron los de determinar el elenco sistemático, la riqueza y la distribución local de las especies del phylum Echinodermata en la Bahía de La Paz. Para ello, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura publicada sobre el tema desde el siglo pasado hasta 1995, complementada con el análisis de los especímenes recolectados en la zona e incluidos en las colecciones de equinodermos de la UNAM y la UABCS. Una vez analizada y validada taxonómicamente la información, se encontró que en la Bahía de La Paz se han registrado 92 especies de equinodermos: 21 especies de la clase Asterozoa, 18 de la clase Ophiurozoa, 26 de la clase Echinozoa y 27 de la clase Holothurozoa. Tal nivel de riqueza de especies de equinodermos está entre los más altos conocidos, tanto en el Pacífico de México como en la región del Pacífico oriental tropical. El 41% de las especies se ha localizado en una sola zona de la bahía y apenas el 7% fue encontrado en toda su extensión. El elevado nivel de riqueza específica de la Bahía de La Paz puede explicarse como una combinación del gran esfuerzo de muestreo que se ha aplicado en la zona, junto con la ocurrencia incidental de varias especies, la ubicación de la bahía (cercana a una zona de transición zoogeográfica) y la diversidad de hábitats locales.

Palabras clave: Echinodermata, Asterozoa, Echinozoa, Ophiurozoa, Holothurozoa, taxonomía, distribución, Bahía de La Paz.

ABSTRACT

The objectives of this paper were to present a taxonomic list and determine the richness and local distribution of the species of the phylum Echinodermata at Bahía de La Paz. An exhaustive review of published material on this subject from the last century to 1995 was made, and complemented with an analysis of specimens collected in the zone and included in the UNAM and UABCS collections. After the taxonomic information was analyzed and validated, it was found that, at Bahía de La Paz, 92 echinoderm species have been recorded: 21 species of the class Asteroidea, 18 of the class Ophiuroidea, 26 of the class Echinoidea and 27 of the class Holothuroidea. This level of echinoderm species richness is one of the highest known for the Pacific coast of Mexico and the tropical eastern Pacific region; 41% of the species have been found only in one zone of the bay and just 7% inhabit the whole site. The high level of species richness of Bahía de La Paz might be explained as a combination of a large sampling effort in the zone, together with the incidental occurrence of several species, the location of the bay (near a zoogeographical transition zone) and the variety of local habitats.

Key words: Echinodermata, Asteroidea, Echinoidea, Ophiuroidea, Holothuroidea, taxonomy, distribution, Bahía de La Paz.

INTRODUCCIÓN

Los equinodermos de México han sido estudiados desde hace más de 100 años. La mayor parte de las investigaciones han sido realizadas sobre las costas del Pacífico y se han centrado en la taxonomía y sistemática de las especies (Solís-Marín *et al.*, 1993). Apenas en esta década salieron a la luz datos sobre la biología poblacional de especies comerciales (Herrero-Pérezrul, 1994), dietas e importancia ecológica de algunos asteroideos y equinoideos de zonas coralinas y lagunares (Reyes-Bonilla, 1993; Caso-Muñoz *et al.*, 1995). El presente trabajo tiene como objetivo principal el dar a conocer el elenco sistemático, la riqueza y la distribución local de las especies de equinodermos de la Bahía de La Paz, una de las áreas más estudiadas sobre este tema en la región del Pacífico oriental.

MÉTODOS

La lista de especies de equinodermos de la Bahía de La Paz aquí presentada, se elaboró principalmente mediante una recopilación bibliográfica extensiva, para la cual se hicieron búsquedas en bases de datos, bibliografías especializadas, colecciones particulares y bibliotecas generales y de laboratorios en instituciones de México y Estados Unidos. A pesar de que existe abundante información sobre el grupo en forma de reportes, tesis de grado y resúmenes de

INTRODUCTION

The echinoderms of Mexico have been studied for more than 100 years. Most of the research has been conducted along the Pacific coast and has focused on the taxonomy and systematics of the species (Solís-Marín *et al.*, 1993). Only in this decade have data been published on the population biology of commercial species (Herrero-Pérezrul, 1994), diets and ecological importance of some asterooids and echinoids of coral and lagoon areas (Reyes-Bonilla, 1993; Caso-Muñoz *et al.*, 1995). The objective of this work is to present the systematic list, richness and local distribution of the echinoderm species of Bahía de La Paz, an area of the eastern Pacific where many studies regarding this subject have been carried out.

METHODS

The list of echinoderm species from Bahía de La Paz presented here was principally made from an extensive bibliographic review that consisted of searches of data bases, specialized bibliographies, personal collections, libraries and laboratories of both Mexican and US institutions. There is ample information about these species in the form of reports, theses and abstracts (see Schwartzlose *et al.*, 1992); however, since these sources are difficult to consult and the data have not been verified by qualified

congresos (ver Schwartzlose *et al.*, 1992), la dificultad de acceso a tales fuentes y la falta de validación de los datos por árbitros calificados hace necesaria una cuidadosa selección de la información, por lo que no fueron consideradas aquí. El listado completo de las referencias empleadas se presenta en el apéndice.

Como complemento de esta revisión, el listado definitivo también incluyó todos los registros de especímenes recolectados en la bahía y depositados en el Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y en el Laboratorio de Ecología del Bentos y el Museo de Historia Natural de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Una vez conjuntada la lista preliminar de nombres científicos, se procedió a depurarla, eliminando aquellos que hubieran caído en sinonimia. Este arreglo se hizo con base en la monografía de Maluf (1988a) sobre equinodermos del Pacífico oriental tropical. El listado definitivo sigue un orden sistemático, basado en las clasificaciones de Blake (1987) para Asterozoa, y de Maluf (1988a) para Ophiurozoa, Echinozoa y Holothurozoa.

Una vez cubierto el aspecto taxonómico, se procedió a anotar las localidades de la bahía donde cada especie había sido encontrada (en la literatura o el trabajo de campo). Dado que el número de estaciones de recolección era grande, se decidió agruparlos en cuatro secciones representativas (fig. 1), elegidas con base en su posición geográfica y en la presencia de hábitats específicos. Las zonas son: (I) islas San José y San Francisco (esteros y playas de cantos rodados y arena gruesa); (II) costa occidental de la bahía (plataformas rocosas, mantos de *Sargassum* y grandes peñascos sobre el fondo); (III) Isla Espíritu Santo (playas de arena fina y costas rocosas); (IV) Ensenada de La Paz y costa oriental de la bahía (playas arenosas de grano fino, con ocasionales extrusiones graníticas).

RESULTADOS

Para la Bahía de La Paz se han registrado 92 especies de equinodermos (tabla 1):

referees, it is necessary to carefully select the type of information to be used. Therefore, they were not considered for this report. The complete list of the references used is provided in the appendix.

In addition to this review, the final list also included all the records of specimens collected in the bay and deposited in the Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos of the Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), and in the Laboratorio de Ecología del Bentos and the Museo de Historia Natural of the Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Once the preliminary list of the scientific names was made, it was checked and the synonymies were eliminated. The arrangement was based on the monograph of Maluf (1988a) on echinoderms of the tropical eastern Pacific. The final list follows a systematic order, based on the classifications of Blake (1987) for Asterozoa, and of Maluf (1988a) for Ophiurozoa, Echinozoa and Holothurozoa.

After the taxonomic aspect was dealt with, the sites where each species had been found in the bay (in the literature or field work) were recorded. Due to the numerous collection sites, it was decided to group them into four representative zones (fig. 1), based on their geographic position and the presence of specific habitats. The zones are: (I) San José and San Francisco islands (estuaries and beaches with boulders and coarse sand); (II) west coast of the bay (rocky shelves, beds of *Sargassum* and loose boulders along the bottom); (III) Espíritu Santo Island (beaches with fine sand and rocky coasts); (IV) Ensenada de La Paz and the east coast of the bay (fine-grain sandy beaches, with occasional granitic outcrops).

RESULTS

Ninety-two species of echinoderms were recorded for Bahía de La Paz (table 1): 21 species of the class Asterozoa, 18 of the class Ophiurozoa, 26 of the class Echinozoa and 27 of the class Holothurozoa; 89% of these species are represented in the collections reviewed (table 1). Despite the increase in the number of

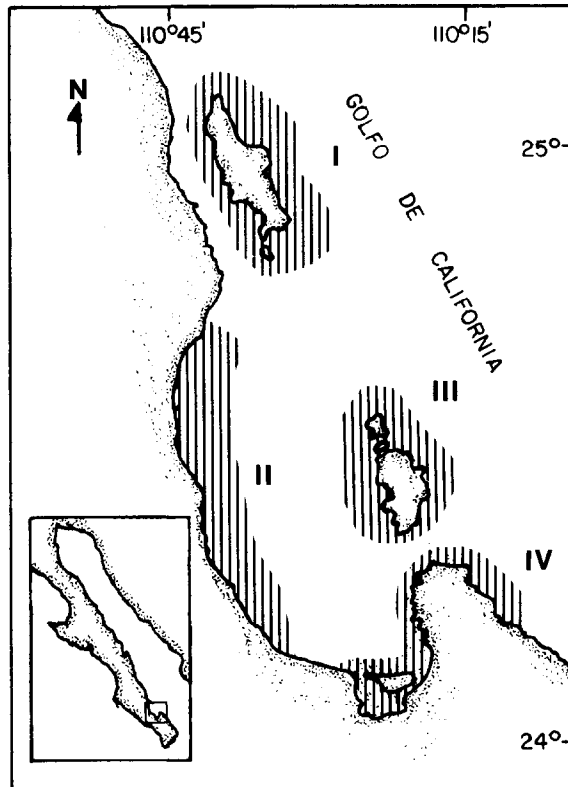


Figura 1. Área de estudio, incluyendo las zonas generales en las que se dividió la bahía: (I) islas San José y San Francisco; (II) costa occidental; (III) Isla Espíritu Santo; (IV) Ensenada de La Paz y costa oriental.

Figure 1. Study area, including the general zones into which the bay was divided: (I) San José and San Francisco islands; (II) west coast; (III) Espíritu Santo Island; (IV) Ensenada de La Paz and east coast.

21 especies de la clase Asteroidea, 18 de la clase Ophiuroidea, 26 de la clase Echinoidea y 27 de la clase Holothuroidea; el 89% de esas especies se encuentra representado en las colecciones revisadas (tabla 1). No obstante el aumento en el número de prospecciones en el área, el descubrimiento de nuevos registros para la bahía ha sido mínimo en los últimos 35 años (tabla 2).

Dentro de las 92 especies mencionadas, resalta la existencia de dos especies de equinodermos endémicos de la bahía: el asteroideo *Mithrodia enriquecasoi* Caso, 1975 y el holothuroideo *Laetmogone scotoeides* (H.L. Clark,

surveys conducted in the area, there have been few new records for the bay in the past 35 years (table 2).

Of the 92 species mentioned, two echinoderm species are noteworthy, since they are endemic to the bay: the asteroid *Mithrodia enriquecasoi* Caso, 1975 and the holothurian *Laetmogone scotoeides* (H.L. Clark, 1913). Both were found at or close to Espíritu Santo Island. The occurrence of four species endemic to the Gulf of California has also been recorded in La Paz: the asteroids *Echinaster tenuispina* (Verrill, 1871) and *Leptychaster stellatus* Ziesennehenne, 1942; the echinoid *Encope*

Tabla 1. Listado sistemático de las especies del phylum Echinodermata registradas en la Bahía de La Paz. Para cada especie, se incluye la zona de la bahía (ver fig. 1) donde fue registrada en la literatura o recolectada directamente y su distribución mundial, según Maluf (1987). Se indican con el número V, los casos donde no estaba disponible la información sobre el sitio preciso de hallazgo de los especímenes. También se señalan los taxa de los cuales existen ejemplares depositados en el Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos de la UNAM (*) y en el Laboratorio de Ecología del Bentos y el Museo de Historia Natural de la UABCS (**).

Table 1. Systematic list of the species of the phylum Echinodermata recorded at Bahía de La Paz. For each species, the zone of the bay (see fig. 1) where it was reported in the literature or collected and its world distribution, after Maluf (1987), are included. Number V indicates cases when no information on the precise location where specimens were found was available. Also indicated are the taxa of which there are specimens deposited in the Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos of the UNAM (*) and in the Laboratorio de Ecología del Bentos and the Museo de Historia Natural of the UABCS (**).

Phylum Echinodermata

Clase Asteroidea

Orden Paxillosida

Familia Luidiidae

Luidia columbia (Gray, 1840) [V] [Pacífico oriental] (*)

Luidia foliolata Grube, 1865 [V] [Pacífico oriental] (*)

Familia Astropectinidae

Astropecten verrilli de Loriol, 1899 [V] [Pacífico oriental]

Leptychaster stellatus Ziesenhenné, 1942 [I] [Pacífico oriental]

Tethyaster canaliculatus (A.H. Clark, 1916) [V] [Pacífico oriental] (*)

Orden Notomyotida

Familia Asterodiscididae

Amphiaster insignis Verrill, 1868 [V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Orden Valvatida

Familia Oreasteridae

Nidorellia armata (Gray, 1840) [III, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Pentaceraster cumingi (Gray, 1840) [III, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Familia Asterinidae

Asterina miniata (Brandt, 1835) [V] [Pacífico oriental] (*)

Familia Asteropseidae

Asteropsis carinifera (Lamarck, 1816) [V] [Indopacífico] (*) (**)

Familia Ophidiasteridae

Leiaster teres (Verrill, 1871) [V] [Indopacífico] (*) (**)

Linckia columbiae Gray, 1840 [I, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Pharia pyramidata (Gray, 1841) [I, II, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Phataria unifascialis (Gray, 1840) [I, II, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Familia Mithrodiidae

Mithrodia bradleyi Verrill, 1867 [III, IV, V] [Indopacífico] (*) (**)

Mithrodia enriquecasoi Caso, 1975 [III] [Endémica] (*) (**?)

Familia Acanthasteridae

Acanthaster planci (Linneo, 1758) [I, III, IV, V] [Indopacífico] (*) (**)

Tabla 1 (Cont.)

Orden Spinulosida

Familia Echinasteridae

Echinaster tenuispina (Verrill, 1871) [III, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Orden Forcipulatida

Familia Heliasteridae

Heliaster kubiniji Xantus, 1860 [II, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Heliaster microbrachius Xantus, 1860 [V] [Pacífico oriental] (*)

Familia Asteriidae

Astrometis sertulifera (Xantus, 1860) [V] [Pacífico oriental] (*)

Clase Ophiuroidea

Orden Phrynophiurida

Familia Gorgonocephalidae

Astrocanium spinosum (Lyman, 1875) [V] [Indopacífico] (*)

Astrodictyum panamense (Verrill, 1867) [V] [Pacífico oriental] (*)

Orden Ophiurida

Familia Amphiuridae

Amphipholis geminata (Le Conte, 1851) [V] [Pacífico oriental]

Amphipholis elevata Nielsen, 1932 [IV] [Pacífico oriental]

Amphichondrius laevis Ziesenhenné, 1940 [III] [Pacífico oriental]

Familia Ophiactidae

Ophiactis savignyi (Muller y Troschel, 1842) [III, IV, V] [Circuntropical] (*) (**)

Ophiactis simplex (Le Conte, 1851) [III, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Familia Ophiotrichidae

Ophiotela mirabilis Verrill, 1867 [V] [Pacífico oriental] (*)

Ophiotrix rudis Lyman, 1874 [V] [Pacífico oriental] (*)

Ophiotrix spiculata Le Conte, 1851 [III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Familia Ophiocomidae

Ophiocoma aethiops Lutken, 1859 [III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Ophiocoma alexandri Lyman, 1860 [I, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Familia Ophionereidae

Ophionereis annulata (Le Conte, 1851) [III, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Ophionereis perplexa Ziesenhenné, 1940 [I] [Pacífico oriental] (*) (**)

Familia Ophiidermatidae

Ophioderma panamense Lutken, 1859 [V] [Indopacífico] (*) (**)

Ophioderma teres (Lyman, 1860) [IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Ophioderma variegatum Lutken, 1856 [III] [Pacífico oriental] (*) (**)

Diopederma danianum (Verrill, 1867) [V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Clase Echinoidea

Orden Cidaroida

Familia Cidariidae

Euclidaris thourastii (Valenciennes, 1846) [I, II, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Hesperocidaris asteriscus H.L. Clark, 1948 [I, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Tabla 1 (Cont.)

Orden Diadematoida

Familia Diadematidae

Astropyga pulvinata (Lamarck, 1816) [I, V] [Pacífico oriental] (*)

Centrostephanus coronatus (Verrill, 1867) [I, II, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Diadema mexicanum A. Agassiz, 1863 [I, II, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Orden Arbacioida

Familia Arbaciidae

Arbacia incisa (A. Agassiz, 1863) [I, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Orden Temnopleuroida

Familia Toxopneustidae

Lytechinus pictus (Verrill, 1867) [I, III, V] [Pacífico oriental] (*)

Toxopneustes roseus (A. Agassiz, 1863) [III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Tripneustes depressus A. Agassiz, 1863 [III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Orden Echinoida

Familia Echinometridae

Echinometra vanbrunti A. Agassiz, 1863 [I, II, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Familia Strongylocentrotidae

Strongylocentrotus franciscanus (A. Agassiz, 1863) [V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson, 1857) [V] [Pacífico oriental] (*)

Orden Clypeasteroidea

Familia Clypeasteridae

Clypeaster europacificus H.L. Clark, 1914 [III] [Pacífico oriental] (*)

Clypeaster ochrus H.L. Clark, 1914 [V] [Pacífico oriental] (*)

Clypeaster rotundus (A. Agassiz, 1863) [V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Clypeaster speciosus Verrill, 1870 [I, III] [Pacífico oriental] (*)

Familia Dendrasteridae

Dendraster excentricus (Eschscholtz, 1831) [III] [Pacífico oriental] (*)

Familia Mellitidae

Encope grandis L. Agassiz, 1841 [III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Encope micropora L. Agassiz, 1841 [I, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Encope perspectiva L. Agassiz, 1841 [V] [Pacífico oriental] (*)

Orden Holasteroidea

Familia Schizasteridae

Agassizia scrobiculata Valenciennes, 1846 [IV] [Pacífico oriental] (*) (**)

Moiria clotho Michelin, 1855 [V] [Pacífico oriental] (*)

Familia Brissidae Gray, 1825

Brissus obesus Verrill, 1867 [III] [Pacífico oriental] (*)

Plagiobrissus pacificus H.L. Clark, 1940 [III] [Pacífico oriental] (*)

Meoma ventricosa grandis (Gray, 1851) [V] [Pacífico oriental] (*)

Familia Loveniidae

Lovenia cordiformis A. Agassiz, 1872 [III] [Indopacífico] (*)

Tabla 1 (Cont.)

Clase Holothuroidea

Orden Dendrochirotida

Familia Psolidae

Psolus conchae Caso, 1968 [I, III] [Pacífico oriental] (*)

Psolus diomedea Ludwig, 1894 [I, III] [Pacífico oriental] (*)

Familia Phyllophoridae

Thyone parafusus Deichmann, 1941 [IV] [Pacífico oriental]

Familia Sclerodactylidae

Euthyonidiella zaca (Deichmann, 1938) [I] [Pacífico oriental] (*)

Neothyone gibbosa Deichmann, 1941 [III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Familia Cucumariidae

Neocucumis veleronis (Deichmann, 1941) [V] [Pacífico oriental] (*)

Pseudocnus californicus (Semper, 1868) [IV, V] [Pacífico oriental] (*)

Thyonella mexicana (Deichmann, 1941) [III] [Pacífico oriental] (*)

Orden Aspidochirotida

Familia Holothuriidae

Holothuria arenicola (Semper, 1868) [I, III] [Circuntropical] (*) (**)

Holothuria difficilis Semper, 1868 [III] [Circuntropical] (*)

Holothuria fuscocinerea Jaeger, 1833 [III] [Indopacífico]

Holothuria hilla (Lesson, 1830) [IV] [Circuntropical] (*)

Holothuria imitans Ludwig, 1875 [I, III] [Indopacífico] (*)

Holothuria impatiens (Forskaal, 1775) [I, III] [Circuntropical] (*) (**)

Holothuria kefersteini (Selenka, 1867) [III] [Pacífico oriental] (*)

Holothuria languens Selenka, 1867 [III, IV] [Atlántico] (*)

Holothuria lubrica Selenka, 1867 [I, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Holothuria maccullochi (Deichmann, 1858) [III] [Pacífico oriental] (*)

Holothuria rigida (Selenka, 1867) [III, IV] [Circuntropical] (*) (**)

Holothuria riojai Caso, 1963 [III] [Pacífico oriental] (*)

Labidodemas americanum Deichmann, 1938 [III] [Pacífico oriental] (*)

Familia Stichopodiidae

Isostichopus fuscus (Ludwig, 1886) [I, II, III, IV, V] [Pacífico oriental] (*) (**)

Orden Elaspodida

Familia Laetmogonidae

Laetmogone scotoeides (H.L. Clark, 1913) [III] [Endémica]

Pannychia moseleyi Theel, 1882 [III] [Indopacífico] (*)

Orden Apodida

Familia Synaptidae

Euapta godefroyii (Semper, 1868) [III] [Indopacífico] (*) (**)

Familia Chiridotidae

Chiridota apnocrita H.L. Clark, 1920 [III] [Pacífico oriental] (*)

Orden Molpadiida

Familia Caudinidae

Paracaudina chilensis (J. Muller, 1850) [IV] [Indopacífico]

Tabla 2. Riqueza acumulativa de especies de equinodermos registrados en la Bahía de La Paz (1867-1995), arreglada por clases.**Table 2.** Cumulative species richness of the echinoderms recorded at Bahía de La Paz (1867-1995), arranged by classes.

Años	Asteroidea	Ophiuroidea	Echinoidea	Holothuroidea	Total
1867-1900	4	3	---	---	7
1901-1920	4	3	---	2	9
1921-1940	4	5	---	3	12
1941-1960	14	12	4	26	56
1961-1980	20	17	21	27	85
1981-1995	21	18	26	27	92

1913). Ambas fueron encontradas en la Isla Espíritu Santo o zonas cercanas. En La Paz también se ha registrado la presencia de cuatro especies endémicas del Golfo de California: los asteroideos *Echinaster tenuispina* (Verrill, 1871) y *Leptychaster stellatus* Ziesenhenné, 1942; el equinoideo *Encope grandis* Agassiz, 1841; y el holoturoideo *Holothuria fuscocinerea* (Jaeger, 1833). Todas las demás especies son de amplia distribución (tabla 1).

Del total de equinodermos conocidos en la localidad, el 25% de las especies han sido citadas en los artículos como recolectadas en "Bahía de La Paz", sin ubicar claramente el sitio de su hallazgo. El problema es especialmente crítico para las clases Asteroidea y Ophiuroidea, ya que la distribución local de casi la mitad de sus especies no se conoce con precisión. Tomando en cuenta las especies para las que sí se cuenta con esos datos, destaca el hecho que el 42% de ellas ha aparecido en sólo una zona, siendo raras aquellas que habitan en toda la bahía (tabla 3).

DISCUSIÓN

Con base en el número de especies registrado en el área de estudio (tabla 2) y haciendo una comparación con el resto de las localidades estudiadas en el occidente del país (sur de Sinaloa: Caso, 1986, Van der Heiden y Hendrickx, 1982; Mazatlán, Sinaloa: Caso, 1992; Zihuatanejo, Guerrero: Salcedo-Martínez *et al.*, 1988; Cabo Pulmo, Baja California Sur: Anaya-Reyna, 1993; Isla Socorro: Bautista-Romero *et al.*, 1994; Isla Clarión: Reyes-Bonilla *et al.*, en

grandis Agassiz, 1841; and the holothurian *Holothuria fuscocinerea* (Jaeger, 1833). The rest are wide-ranging species (table 1).

Of all the echinoderms known for the area, 25% of the species have been cited in articles as collected in "Bahía de La Paz", without clearly identifying the site where they were found. This problem is particularly critical for the classes Asteroidea and Ophiuroidea, since the local distribution of almost half of their species is not precisely known. Considering the species for which this information does exist, it is important to note that 42% have occurred in only one area, and those that inhabit the entire bay are rare (table 3).

DISCUSSION

Based on the number of species recorded in the study area (table 2) and compared to other sites studied in the western region of the country (south of Sinaloa: Caso, 1986, Van der Heiden and Hendrickx, 1982; Mazatlán, Sinaloa: Caso, 1992; Zihuatanejo, Guerrero: Salcedo-Martínez *et al.*, 1988; Cabo Pulmo, Baja California Sur: Anaya-Reyna, 1993; Socorro Island: Bautista-Romero *et al.*, 1994; Clarión Island: Reyes-Bonilla *et al.*, in press), Bahía de La Paz has the greatest species richness of echinoderms known for the Pacific coast of Mexico. With regard to the tropical eastern Pacific region, the specific richness of this bay is greater than that recorded for some larger tropical areas, such as the coasts of Costa Rica and Colombia (Maluf, 1988b), and even exceeds that recorded for many areas of the

Tabla 3. Número de especies que han sido encontradas en una o varias zonas de la Bahía de La Paz. La columna "La Paz" hace referencia a especies que se han registrado en la literatura sin información detallada sobre su sitio de recolección.

Table 3. Number of species found at one or several zones in Bahía de La Paz. The column "La Paz" refers to species that have been reported in the literature without detailed information on their collection site.

Clase	La Paz	Una zona	Dos zonas	Tres zonas	Cuatro zonas
Asteroidea	10	6	1	2	2
Ophiuroidea	7	7	3	1	---
Echinoidea	7	7	6	3	3
Holothuroidea	1	17	7	1	1
	25 (27%)	37 (40%)	17 (18%)	7 (8%)	6 (7%)

prensa), la Bahía de La Paz es el punto con mayor riqueza en especies de equinodermos conocido en la costa del Pacífico de México. A nivel de la región del Pacífico oriental tropical, la riqueza específica de esta bahía es mayor que la registrada en algunas áreas tropicales con superficies mucho mayores, como las costas de Costa Rica y Colombia (Maluf, 1988b), e incluso es superior a la encontrada en varios puntos del Indopacífico, considerado como el centro de diversidad máxima de equinodermos en el mundo (Clark y Rowe, 1971; Marsh y Marshall, 1983).

Las razones por las que la bahía tiene tan alta riqueza específica no se conocen cabalmente. En principio, puede existir un efecto del muestreo; los equinodermos de este cuerpo de agua han sido estudiados desde 1867 y las diversas metodologías que se han usado para este fin (buceo, dragados, muestreos en el intermareal, etc.) han permitido observar y capturar una gran variedad de especies de hábitos diversos. Por el contrario, la mayoría de los trabajos realizados en otras localidades del país han sido puntuales y utilizaron metodologías únicas (e.g., Caso, 1986, 1992; Salcedo-Martínez *et al.*, 1988), por lo que los listados tienden a ser más pobres.

Sin embargo, independientemente del método, la alta riqueza específica debe tener causas fundamentalmente biológicas y ecológicas. Un fenómeno que pudiera elevar la riqueza es la presencia ocasional de individuos de especies que no tienen poblaciones reproductivas

Indo-Pacific, which is considered the center of maximum diversity of echinoderms in the world (Clark and Rowe, 1971; Marsh and Marshall, 1983).

The reasons why the bay has such a high specific richness are not precisely known. This may be due to effects of the sampling methods. The echinoderms of this body of water have been studied since 1867 and the many methods used (SCUBA, dredges, intertidal samplings, etc.) have allowed for many species from different habitats to be observed and caught. However, most of the works carried out in other areas of the country have involved point measurements and unique methods (e.g., Caso, 1986, 1992; Salcedo-Martínez *et al.*, 1988), and the resulting lists tend to be poorer.

However, regardless of the method, the high specific richness must have biological and ecological bases. One phenomenon that may elevate the richness is the occasional occurrence of individuals of species that do not have stable reproductive stocks in the bay. This hypothesis is based on the many species that have been observed in only one area of the bay (table 3). If some of the species observed or collected only once represent incidental occurrences of isolated individuals, then the "real" species richness of the bay should be less than that assumed. More detailed studies on the population and community are needed to clarify this.

Another explanation for the high richness may be the fact that Bahía de La Paz is located

estables en la bahía. Esta hipótesis se origina con base en que un alto número de especies ha sido observado en sólo una zona de la bahía (tabla 3). Si al menos algunas de las especies observadas o recolectadas una sola vez representan encuentros incidentales con individuos aislados, entonces, la riqueza "real" de especies de la bahía debe ser menor a la supuesta. Estudios poblacionales y comunitarios más detallados son necesarios para aclarar este punto.

Otra circunstancia que puede explicar la alta riqueza se relaciona con el hecho de que la Bahía de La Paz está situada en una zona de transición entre dos subprovincias zoogeográficas marinas. Se ha demostrado que en el Golfo de California existe una zona importante de recambio de especies pertenecientes a diferentes phyla, entre las latitudes 24° y 25° N (Santamaría-del Ángel *et al.*, 1994). Las zonas de transición biogeográfica están sometidas a efectos de borde, los cuales causan un incremento en el número de especies, en comparación con áreas adyacentes (Newman, 1979; Laguna, 1990). Si esta explicación es válida, la hipótesis puede corroborarse analizando la riqueza de especies de equinodermos en otras zonas de transición, como Bahía Magdalena (24° N; costa occidental de la Baja California) o la zona de Los Cabos, en el extremo sur de la península (23° N), donde deben presentarse riquezas significativamente más altas que en áreas adyacentes.

Una última circunstancia que puede ayudar a explicar la riqueza encontrada (sin excluir las anteriores) es la existencia de un alto número de hábitats en la bahía. A pesar de que su superficie es relativamente reducida, la Bahía de La Paz presenta zonas rocosas, playas arenosas, zonas lagunares, antiestuarios, manglares y hasta comunidades coralinas. Su gran heterogeneidad ambiental lleva aparejada la ocurrencia de un número importante de hábitats, característica que se traduce generalmente en una elevada riqueza específica (Saunders *et al.*, 1991).

En conclusión, la Bahía de La Paz es una zona con notable riqueza de especies de equinodermos que incluso presenta casos de endemismo. El alto número de especies registradas

in a transition zone between two marine zoogeographic sub-provinces. It has been shown that there is an important zone of exchange of species belonging to different phyla in the Gulf of California, between 24° and 25° N (Santamaría-del Ángel *et al.*, 1994). Zones of biogeographic transition are subjected to barrier effects, which cause an increase in the number of species, compared to adjacent areas (Newman, 1979; Laguna, 1990). If this explanation is valid, the hypothesis can be corroborated by analyzing the species richness of the echinoderms of other transition zones, like Bahía Magdalena (24° N; west coast of Baja California) or the area of Los Cabos, in the southernmost part of the peninsula (23° N), where the richness should be significantly higher than in adjacent areas.

One last explanation for the richness observed (without excluding the above) is the high number of habitats in the bay. Although the area is relatively small, Bahía de La Paz has rocky zones, sandy beaches, lagoons, antiestuaries, mangrove forests and even coralline communities. Because of this great environmental heterogeneity, there are many different habitats, which generally translates into a high specific richness (Saunders *et al.*, 1991).

In conclusion, Bahía de La Paz has a noticeable species richness of echinoderms, some of which are endemic. The high number of species recorded is related to the intense sampling effort made in the area, but also to biological and ecological aspects, such as the possible occurrence of incidental species, its position between biogeographic sub-provinces and its many different habitats.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Felipe Becerril M. for the figure, and Carlos Cintra (UABCS) for his help in obtaining and reviewing the data, and for his comments on a preliminary version of the manuscript.

English translation by Jennifer Davis.

debe estar relacionado con el intenso esfuerzo de muestreo que se ha aplicado en la zona, pero también tiene bases biológicas y ecológicas, como la posible presencia de especies incidentales, la posición limítrofe entre subprovincias biogeográficas que tiene la bahía y la presencia en ella de una gran cantidad de hábitats.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de Felipe Becerril M. en la realización de la figura. Carlos Cintra (UABCS) auxilió en la obtención y revisión de los datos, e hizo comentarios sobre una versión preliminar del manuscrito.

REFERENCIAS

- Anaya-Reyna, G. (1993). Conservación del arrecife coralino de Cabo Pulmo: Avances sobre el proceso de planeación y propuestas de lineamientos de manejo. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México, 119 pp.
- Bautista-Romero, J., Reyes-Bonilla, H., Lluch-Cota, D. y Lluch-Cota, S. (1994). Aspectos generales de la fauna marina. En: A. Ortega Rubio y A. Castellanos Vera (eds.), La Isla Socorro, Reserva de la Biósfera Archipiélago de Revillagigedo, México. CIBNOR, La Paz. Publ. Esp. 8, pp. 243-275.
- Blake, D.A. (1987). A classification and phylogeny of post-Palaeozoic sea stars (Asteroidea: Echinodermata). *J. Nat. Hist.*, 21: 481-528.
- Caso, M.E. (1986). Los equinodermos del Golfo de California colectados en las campañas SIPCO I-II-III, a bordo del B/O *El Puma*. *An. Centro Cienc. Mar Limnol.*, UNAM, 13: 91-184.
- Caso, M.E. (1992). Los equinodermos (asteroideos, ofiuroides y equinoideos) de la Bahía de Mazatlán. *Publ. Esp. Inst. Cienc. Mar Limnol.*, UNAM, 11: 1-214.
- Caso-Muñoz, M.E., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Ortega-Salas, A. y Durán-González, A.L. (1995). Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de equinodermos de la Laguna de Términos, Campeche, México. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol.*, UNAM, 21: 67-85.
- Clark, A.M. and Rowe, F.W.E. (1971). Monograph of shallow-water Indo-Pacific echinoderms. British Museum (Natural History), London, 238 pp.
- Herrero-Pérezrul, M.D. (1994). Estudio comparativo de la reproducción de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) y *Neothyone gibbosa* Deichmann, 1941, en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, BCS, México, 88 pp.
- Laguna, J.E. (1990). Shore barnacles (Cirripedia: Thoracica) and a revision of their provincialism and transition zones in the eastern Pacific. *Bull. Mar. Sci.*, 46: 406-424.
- Maluf, L.Y. (1988a). Composition and distribution of central eastern Pacific echinoderms. *L.A. Co. Nat. Hist. Mus. Tech. Rep. No. 2*, 242 pp.
- Maluf, L.Y. (1988b). Biogeography of the central eastern Pacific echinoderms. *Proc. 6th Int. Echinoderm Conf.*, Victoria, 1: 389-398.
- Marsh, L.M. and Marshall, J.I. (1983). Some aspects of the zoogeography of north-western Australian echinoderms (other than holothurians). *Bull. Mar. Sci.*, 33: 671-678.
- Newman, W.A. (1979). Californian transition zone: significance of short-range endemics. In: J. Gray and A.J. Bouchot (eds.), *Historical biogeography, plate tectonics and the changing environment*. Oregon State University, Corvallis, pp. 399-416.
- Reyes-Bonilla, H. (1993). Estructura de la comunidad, influencia de la depredación y biología poblacional de corales hermatípicos en el arrecife de Cabo Pulmo, Baja California Sur, México. Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, BC, México, 169 pp.
- Reyes-Bonilla, H., Ochoa-López, E. y Ketchum-Mejía, J. Riqueza específica y biogeografía de los corales pétreos (Scleractinia), moluscos (Bivalvia y Gastropoda) y equinodermos (Asteroidea y Echinoidea) de la Isla Clarión. En: L. Medrano-González, O. Holguín-Quiñones y

- A. Ortega-Rubio (eds.). Las Islas Revillagigedo, México. Avances en la investigación y propuestas de conservación. UNAM/CICIMAR/CIBNOR (en prensa).
- Salcedo-Martínez, S., Green, G., Gamboa-Contreras, A. y Gómez, P. (1988). Inventario de macroalgas y macroinvertebrados presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM*, 15: 73-96.
- Santamaría-del Ángel, E., Álvarez-Borrego, S. y Muller-Karger, F.E. (1994). Gulf of California biogeographic regions based on Coastal Zone Color Scanner imagery. *J. Geophys. Res.*, 99: 7411-7421.
- Saunders, R.L., Hobbes, R.J. and Margules, C.R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conserv. Biol.*, 5: 18-32.
- Schwartzlose, R.A., Álvarez-Millán, D. y Brueggemann, P. (1992). Golfo de California; *Bibliografía de las Ciencias Marinas*. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, 425 pp.
- Solis-Marín, F.A., Herrero-Pérezrul, D., Laguarda-Figueras, A. y Torres-Vega, J. (1993). Asteroideos y equinoideos de México (Echinodermata). En: S.I. Salazar Vallejo y N.E. González (eds.), *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO/CIQRO, Chetumal, pp. 91-105.
- Van der Heiden, A.M. y Hendrickx, M.E. (1982). Inventario de la fauna marina y costera del sur de Sinaloa, México. *Publ. Esp. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM, Est. Mazatlán*, 135 pp.

APÉNDICE

Trabajos que hacen referencia a equinodermos recolectados o registrados en la Bahía de La Paz

- Barham, C.G., Gowdy, R.W. y Wolfson, F.G. (1973). *Acanthaster* (Echinodermata: Asteroidea) in the Gulf of California. Fish. Bull., 71: 922-942.
- Brusca, R.C. (1973). A Handbook to the Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona Press, Tucson, 343 pp.
- Brusca, R.C. (1980). Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. 2nd ed. University of Arizona Press, Tucson, 513 pp.
- Caso, M.E. (1944). Algunas especies interesantes de astéridos litorales. An. Inst. Biol., UNAM, 15: 237-257.
- Caso, M.E. (1948). Algunas especies de equinoideos litorales. An. Inst. Biol., UNAM, 19: 183-231.
- Caso, M.E. (1949). Contribución al conocimiento de los equinodermos litorales de México. An. Inst. Biol., UNAM, 20: 341-355.
- Caso, M.E. (1951). Algunas especies de ofiuroides litorales. An. Inst. Biol., UNAM, 22: 219-312.
- Caso, M.E. (1954). Algunas especies de holoturoideos litorales y descripción de una nueva especie: *Holothuria portovallartensis*. An. Inst. Biol., UNAM, 25: 417-422.
- Caso, M.E. (1957). Algunas especies de holoturoideos litorales de la costa Pacífica de México. An. Inst. Biol., UNAM, 28: 309-338.
- Caso, M.E. (1962a). Observaciones sobre especies pacíficas del género *Acanthaster* y descripción de una subespecie nueva, *Acanthaster ellisi pseudoplanci*. An. Inst. Biol., UNAM, 32: 313-331.
- Caso, M.E. (1962b). Contribución al conocimiento de los equinodermos de las Islas Revillagigedo. An. Inst. Biol., UNAM, 33: 293-330.
- Caso, M.E. (1965). Contribución al conocimiento de los holoturoideos de la Isla de Ixtapa (primera parte). An. Inst. Biol., UNAM, 36: 253-291.
- Caso, M.E. (1966). Morfología interna y ecología de *Stichopus fuscus* Ludwig. An. Inst. Biol., UNAM, 37: 175-182.
- Caso, M.E. (1975). La familia Mithrodiidae. Descripción de una nueva especie del género *Mithrodia*. *Mithrodia enriquecasoi* sp. nov. An. Centro Cienc. Mar Limnol., UNAM, 2: 1-28
- Caso, M.E. (1977). Descripción de una nueva especie del género *Asterina*. *Asterina agustincasoi* sp. nov. An. Centro Cienc. Mar Limnol., UNAM, 4: 209-232.
- Caso, M.E. (1978). Los equinoideos del Pacífico de México. Parte 1. Órdenes Cidaroida y Aulodonta. Parte 2. Órdenes Stirioidonta y Camarodonta. Publ. Esp. Centro Cienc. Mar. Limnol., UNAM, 1: 1-244.
- Caso, M.E. (1979). Los equinodermos de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa. An. Centro Cienc. Mar Limnol., UNAM, 6: 197-368.
- Caso, M.E. (1980). Los equinoideos del Pacífico de México. Parte 3. Orden Clypeasteroida. Publ. Esp. Centro Cienc. Mar. Limnol., UNAM, 4: 1-252.
- Caso, M.E. (1983). Los equinoideos del Pacífico de México. Parte 4. Órdenes Cassiduloidea y Spatangoida. Publ. Esp. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM, 6: 1-200.
- Caso, M.E. (1986). Los equinodermos del Golfo de California colectados en las campañas SIPCO I-II-III a bordo del buque oceanográfico *El Puma*. An. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM, 13: 91-184.
- Caso, M.E. (1992). Los equinodermos (asteroideos, ofiuroides y equinoideos) de la Bahía de Mazatlán. Publ. Esp. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM, 11: 1-214.
- Clark, H.L. (1913). Echinoderms from Lower California, with descriptions of new species. Bull. Am. Mus. Nat. Hist., 32: 185-236.

- Clark, H.L. (1948). A report of the Echini of the warmer eastern Pacific, based on the collections of the Velero III. Allan Hancock Pac. Exp., 8: 225-351.
- Dana, T. y Wolfson, A. (1970). Eastern Pacific crown-of-thorns starfish populations in the lower Gulf of California. Trans. San Diego Soc. Nat. Hist., 16: 83-90.
- De Alba, C. (1978). Predación de coral por la estrella *Acanthaster planci* (Gray) en el área de Bahía de La Paz. Mem. I Simp. Biol. Mar. UABCS, pp. 45-51.
- Deichmann, E. (1941). The Holothuroidea collected by the Velero III, during the years 1932 to 1938. Part I. Dendrochirota. Allan Hancock Pac. Exp., 8: 61-194.
- Deichmann, E. (1958). The Holothuroidea collected by the Velero III and IV during the years 1932 to 1954. Part II. Aspidochirota. Allan Hancock Pac. Exp., 11: 1-348.
- Hopkins, T.S. y Crozier, G.F. (1966). Observations on the asteroid echinoderm fauna occurring in the shallow waters of southern California. Bull. South. Calif. Acad. Sci., 65: 129-145.
- Ives, J.E. (1890). Catalogue of the Asterida and Ophiuroidea in the collection of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Proc. Acad. Sci. Philad., 40: 169-179.
- Madsen, F.J. (1955). A note on the sea star genus *Acanthaster*. Vidensk. Medd. fra Dansk Naturh. Foren. Bd., 117: 179-192.
- Morris, H.R., Abbott, D.P. y Haderlie, E.C. (1980). Intertidal Invertebrates of California. Stanford University Press, Stanford, 690 pp.
- Steinbeck, J. y Ricketts, E.F. (1941). Sea of Cortez. Viking Press, New York, 598 pp.
- Verrill, A.E. (1868). Notice of a collection of echinoderms from La Paz, Lower California, with descriptions of a new genus. Trans. Conn. Acad. Arts Sci., 1: 371-376.
- Verrill, A.E. (1914). A monograph of the shallow water starfishes of the southern California coast, from the Arctic Ocean to California. Harrima Alaska Exp., 14: 1-408.
- Ziesenhenné, F.C. (1937). Echinoderms from the west coast of Lower California, the Gulf of California and Clarión Island. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard, 15: 209-239.
- Ziesenhenné, F.C. (1942). New eastern Pacific sea stars. Allan Hancock Pac. Exp., 8: 197-224.