

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN ECOLOGÍA MARINA**

**LA INFAUNA DE FONDOS BLANDOS EN EL CORREDOR COSTERO TIJUANA-EL
ROSARIO (B.C., MÉXICO): UN ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

MARIA DE LA LUZ HERNÁNDEZ LEONEL

Ensenada, Baja California, México, NOVIEMBRE del 2004.

TESIS DEFENDIDA POR
María de la Luz Hernández Leonel
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

Dra. Anamaría Escofet Giansone

Director del Comité

Dr. Oscar Sosa Nishizaki

Miembro del Comité

Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla

Miembro del Comité

M. en C. Claudia Leyva Aguilera

Miembro del Comité

Dr. Juan Carlos Herguera García

*Coordinador del programa en
Ecología Marina*

Dr. Federico Graef Ziehl

Director de Estudios de Posgrado

26 de Noviembre del 2004

Dedico esta tesis, y estas palabras con mucho cariño a las personas que lo hicieron posible:

A MIS PADRES, Lucina y Carlos, cuyo empeño, apoyo, dedicación, esfuerzo y enseñanza, hoy se ven reflejados en la culminación de un logro más en mi desarrollo personal y profesional.

A MIS HERMANAS, Clara y Ángeles, y a MI SOBRINA, Goretti, como una muestra de las metas posibles a lograr durante el camino de la vida.

A José Ernesto, por el apoyo y la motivación para cumplir esta meta, pero sobre todo por el *amor* brindado durante todo este tiempo.

A Mona, por que sin tu apoyo, no habría sido posible.

AGRADECIMIENTOS

Al comité de tesis: **Dr. Oscar Sosa Nishizaki, Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla y M. en C. Claudia Leyva Aguilera**, por el tiempo dedicado a dirigir, comentar y corregir esta tesis.

Un agradecimiento especial a mi Directora **Anamaría Escofet**, que con su ayuda, paciencia y enseñanza logramos concluir esta tesis.

A mi papito, **Carlos**, porque aunque físicamente ya no estás conmigo, en mi mente y corazón me has acompañado durante este largo y difícil trayecto.

A mi mami, **Lucina**, porque a pesar de la distancia siempre has estado conmigo aconsejándome, animándome y apoyándome para seguir adelante. *Gracias por ser mi sostén.*

A mis queridas hermanas, **Clarís y Gela**, y a mi sobrina **Gore** que me han apoyado y motivado para terminar este trabajo. *Gracias porque sin su cariño no lo habría logrado.*

A quien ocupa mi corazón, **José Ernesto**, por la felicidad y el amor que me has dado, porque las cosas que hemos compartido han llenado mi vida, y a tu lado se construye el proyecto de nuestras vidas.

A mi mejor amiga, **Karina**, gracias por todos los momentos que compartimos, por tus consejos, pero sobre todo gracias por tu amistad.

Al jefe del clan, **el abuelo (Lorenzo)**, porque a pesar de tus refunfuños y comentarios sarcásticos me divertí mucho contigo. Gracias por la amistad que compartimos.

Agradezco de manera especial a **Clarisa, Alfredo, a Nadia y a Francisco** por la amistad que me han brindado todo este tiempo. Gracias porque en los momentos en que me sentía más sola, estuvieron ahí para apoyarme.

A mis compañeros, **Mario, Sarita, Rodrigo, Julio, Oscar, Eduardo, Jonathan, Lenin, Iris, Rocío y Héctor.**

Al equipo de Fut!!

Agradecimiento especial a **Marina Mondragón**, por su amistad y por su apoyo técnico en el desarrollo del trabajo.

Al **CICESE**, por las facilidades prestadas para llevar a cabo mis estudios de Posgrado.

Al **CONACYT** por el apoyo económico otorgado durante el desarrollo de la Maestría.

RESUMEN de la tesis que presenta María de la Luz Hernández Leonel, como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en ECOLOGÍA MARINA, Ensenada, Baja California, Noviembre de 2004.

**LA FAUNA DE FONDOS BLANDOS EN EL CORREDOR COSTERO
TIJUANA-EL ROSARIO (B.C., MÉXICO): UN ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD**

Resumen aprobado por:

Dra. Anamaría Escofet Giansone
Directora de tesis

Para contribuir al conocimiento ecológico de la costa Pacífico de Baja California, se analizó la infauna de cinco ambientes de fondos blandos (142 especies/ entidades taxonómicas, y 135 601 individuos). En los descriptores ecológicos para ambientes individuales, los valores de diversidad (H'), equitatividad (J') y diversidad máxima ($H'max$) mostraron relación directa con el gradiente de riqueza de especies (S). Las curvas de dominancia fueron globalmente de tipo "L" correspondiendo con valores de J' generalmente bajos. Las curvas de rarefacción cercanas a la ordenada correspondieron con mayores valores de H' y J' , y las inclinadas hacia la abscisa, con la situación inversa. En los descriptores ecológicos comparativos, el método de Rigor-Predictibilidad mostró que los campos del gráfico donde se ubicaron los ambientes, correspondieron al orden de acomodo en las curvas de rarefacción, situándose en la parte inferior los ambientes más tensados, y en la superior los más favorables. El análisis de agrupamiento con base en la infauna separó a los ambientes por tipo de sedimento y por salinidad. En la diversidad β la adición de ambientes afectó positivamente al número de especies acumuladas a nivel regional, señalando la alta singularidad de los sitios. La prueba de χ^2 mostró que, en todas las especies, la distribución de la abundancia en los diferentes ambientes fue significativamente diferente. El criterio de especialidad mostró que la mayoría de las especies fueron obligadas o facultativas de alguno de los ambientes. Para explorar la utilidad de los datos en estudios de relaciones ínter específicas, se analizaron los resultados de la infauna comparativamente con información sobre alimentación de aves playeras. Se encontró que las 16 sp. de infauna reportadas como presa se encuentran entre las más abundantes de los diferentes ambientes, y que son obligadas o facultativas de los mismos. La alta singularidad de los ambientes según la infauna contrastó con menor singularidad según las aves playeras, sugiriendo que estas los utilizan en forma menos especialista, pudiendo darse los mayores intercambios entre *planicies lodosas* y *estuarios y deltas*. Para explorar la relación entre hábitat críticos para la alimentación, y los cambios regionales en el uso de suelo, se analizó una secuencia cartográfica 1973-1993-1999, y corroboraciones en campo. El ambiente con mayor reducción fue *lagunas de agua dulce*, en menor grado *estuarios y deltas* e imperceptible en *playas marinas y planicies lodosas*. El hábitat antropogénico (*charca del EPB*) persistió, pero convirtiéndose de un reservorio salobre a una planicie de evaporación hipersalina. Una aproximación metodológica que incluya el tratamiento de las componentes cuantitativas y cualitativas de la biota es indispensable para revelar la singularidad de los ambientes, y el mosaico regional que forman.

Palabras clave: *Fondos blandos, infauna, aves playeras, análisis de la comunidad*

ABSTRACT of the thesis of Maria de la Luz Hernandez Leonel, presented as partial requirement to obtain the MASTER IN SCIENCES degree in MARINE ECOLOGY, Ensenada, Baja California, México. November 2004.

SOFT BOTTOMS INFAUNA AT THE COASTAL CORRIDOR TIJUANA-EL ROSARIO (B.C., MEXICO): AN ANALYSIS OF THE COMMUNITY

Abstract approved by:

Dra. Anamaria Escofet Giansone
thesis Director

To contribute to the ecological knowledge of the Pacific coast of Baja California, the infauna of five soft bottoms habitat was analyzed (142 species/ taxonomic levels; 135 601 individuals). Diversity (H'), Evenness (J') and maximum diversity ($H'max$) were directly related to the Species Richness (S) gradient. Curves of Dominance were mostly of the "L" type, and corresponded to low values of J' . Sander's Rarefaction Curves close to the y-axis corresponded to greater H' and J' values, and those near the x-axis corresponded to lower H' and J' . In the Stress-Predictability graphic model, the more stressed habitat showed up on the lower fields and the less stressed on the upper fields, thus corresponding to the results obtained from Sander's Rarefaction Curves. Cluster Analysis singled out the soft bottom habitat according to type of sediment, and salinity. High singularity of single habitat, and high regional diversity, was confirmed by β -diversity. In all the species the Chi^2 statistical test yielded significant differences in the distribution of the abundance among the five different habitat. The response guilds showed that most of the species were obligate or facultative to some of the five habitat. To explore suitability of the data for interspecific studies, the results of the infauna were analyzed along with information on shorebirds feeding. The 16 infaunal species so far reported as preys for shorebirds were among the more abundant, and were obligate or facultative to the corresponding habitat. High singularity of the habitat according to the infauna contrasted with lower singularity according to shorebirds, suggesting that birds are more generalist particularly in the use of *mudflats* and *estuaries and deltas*. To explore the relationship between critical feeding habitat and land-use changes at a regional level, a cartographic sequence 1973-1993-1999 was analyzed, and confirmations in field. The *fresh-water wetland* was the more affected habitat, followed by *estuaries and deltas*. Changes were almost negligible at *sandy beaches* and *mudflats*, whereas the man-induced habitat (EPB *charca*) evolved from a shallow brackish depression to a hypersaline evaporation flat. A methodological approach that includes the treatment of quantitative and qualitative components of the biota is crucial to portray the singularity of different habitat as well as the regional mosaic of habitat.

Key words: *Soft bottoms, infauna, shorebirds, analysis of the community*

CONTENIDO

| | Página |
|---|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| I.1. ANTECEDENTES | 3 |
| I.2. OBJETIVOS | 5 |
| I.2.1. <i>Objetivo general</i> | 5 |
| I.2.2. <i>Objetivos particulares</i> | 5 |
| I.3. MARCO CONCEPTUAL | 5 |
| II. MATERIAL Y MÉTODO | 8 |
| II.1. ÁREA DE ESTUDIO..... | 8 |
| II.2. LOS DATOS DE INFAUNA ANALIZADOS | 10 |
| II.3. ORGANIZACIÓN DE DATOS BÁSICOS | 15 |
| II.4. ANÁLISIS DE DATOS | 15 |
| II.4.1. <i>Pruebas preliminares</i> | 15 |
| II.4.2. <i>Análisis</i> | 15 |
| II.4.2.1 <i>Descriptores en ambientes individuales</i> | 19 |
| II.4.2.1.1 Índice de Diversidad | 19 |
| II.4.2.1.2 Equitatividad | 20 |
| II.4.2.1.3 Diversidad máxima..... | 20 |
| II.4.2.1.4 Curvas de dominancia | 20 |
| II.4.2.1.5 Curvas de rarefacción | 20 |
| II.4.2.1.6 Curvas de K-Dominancia | 21 |
| II.4.2.2 <i>Comparaciones entre ambientes</i> | 21 |
| II.4.2.2.1 Método Rigor Predictibilidad | 22 |
| II.4.2.2.2 Análisis de agrupamiento | 22 |
| II.4.2.2.3 Diversidad Beta | 23 |
| II.4.2.2.4 Especialidad de Hábitat | 23 |
| II.4.2.3 <i>Comparación con otra información existente para los mismos ambientes y localidades</i> | 24 |
| II.4.2.3.1 Comparación con otra información biológica (aves playeras)..... | 24 |
| II.4.2.3.2 Contextualización de los sitios en términos de cambios de uso de suelo en el entorno | 28 |
| III. RESULTADOS | 29 |
| III.1. ANÁLISIS DE LA INFAUNA | 29 |
| III.1.1 <i>Análisis en ambientes individuales</i> | 29 |
| III.1.1.1 Métodos numéricos (Tabla V)..... | 29 |
| III.1.1.2 Métodos gráficos..... | 31 |
| III.1.2 <i>Comparaciones entre ambientes</i> | 37 |
| III.1.2.1 Método Rigor-predictibilidad..... | 37 |
| III.1.2.2 Análisis de agrupamiento | 39 |
| III.1.2.3 Diversidad Beta..... | 42 |
| III.1.2.4 Especialidad de Hábitat..... | 43 |
| III.2. COMPARACIÓN CON OTRA INFORMACIÓN EXISTENTE PARA LOS MISMOS AMBIENTES Y LOCALIDADES..... | 45 |
| III.2.1 <i>Comparación con otra información biológica (aves playeras)</i> | 46 |
| III.2.1.1 Clasificación de los ambientes con base en aves playeras..... | 46 |
| III.2.1.2 Comparación entre el uso de los ambientes por parte de la infauna y de aves playeras | 49 |
| III.2.1.3 Los datos de infauna como insumo para el análisis de relaciones inter específicas..... | 49 |
| III.2.2 <i>Contextualización de los sitios en términos de cambios de uso de suelo en el entorno</i> | 53 |
| III.2.2.1 Análisis cartográfico | 53 |

| | |
|--|-----------|
| IV. DISCUSIÓN | 57 |
| IV.1. DESCRIPTORES DE AMBIENTES INDIVIDUALES, Y DE COMPARACIÓN ENTRE AMBIENTES..... | 58 |
| IV.2 DESCRIPTORES RELACIONADOS CON EL RIGOR AMBIENTAL..... | 61 |
| IV.3 DESCRIPTORES/ PRUEBAS RELACIONADOS CON ESPECIALIDAD DE HÁBITAT | 64 |
| IV.4 RELACIONES INTER ESPECÍFICAS | 66 |
| IV.5 VERIFICACIÓN DEL CAMBIO EN EL USO DE SUELO | 67 |
| V. CONCLUSIONES | 70 |
| VI. LITERATURA CITADA | 71 |
| VII. ANEXOS | 78 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|---------------|
| Figura 1. Esquema de US Globec (1994) para la corriente de California | 8 |
| Figura 2. Mapa del área de estudio, mostrando las localidades y el tipo de ambiente muestreado (Modificado de Contreras, 1999). | 11 |
| Figura 3. Esquema idealizado (combinando varias escalas) del posicionamiento de los ambientes de fondos blandos estudiados, en el contexto de franjas hipsométricas y batimétricas paralelas a la línea de costa (a partir de Escofet, 2004). | 14 |
| Figura 4. Curvas de dominancia de cada uno de los ambientes estudiados a) charca del EPB, b) lagunas de agua dulce, c) planicies lodosas, d) estuarios y deltas, e) playas marinas y f) los cinco ambientes estudiados..... | 33 |
| Figura 5. Curvas de rarefacción obtenidas para cada tipo de ambiente. a) playas marinas, b) planicies lodosas, c) estuarios y deltas, d) lagunas de agua dulce, e) charca del EPB, f) los cinco ambientes estudiados. | 35 |
| Figura 6. Curva de K-dominancia en los cinco ambientes estudiados (<i>nótese la superposición de las curvas de estuarios y deltas, y de planicies lodosas</i>)..... | 36 |
| Figura 7. Relación entre los valores de H' y J' obtenidos en los cinco ambientes estudiados (Cha, charca del EPB; LAD, lagunas de agua dulce; E y D, estuarios y deltas; PLo, planicies lodosas; PMa, playas marinas) y áreas de inferencia ambiental..... | 38 |
| Figura 8. Análisis de similitud de los cinco ambientes estudiados utilizando datos de fauna de fondos blandos. Se muestran dos tipos de análisis de los datos: a) análisis cuantitativo (abundancia) y b) análisis cualitativo (presencia-ausencia)..... | 41 |
| Figura 9. Curva de diversidad Beta entre los cinco ambientes de fondos blandos estudiados. <i>Nótese que al añadir playas marinas el incremento en el número acumulado de especies es notable.</i> | 42 |
| Figura 10. Análisis de similitud de los cinco ambientes estudiados utilizando datos de censos de aves playeras. Se muestran dos tipos de análisis de los datos: a) análisis cuantitativo (abundancia) y b) análisis cualitativo (presencia-ausencia)..... | 48 |

LISTA DE TABLAS

| | Página |
|--|---------------|
| Tabla I. Tipo de ambiente muestreado en cada una de las localidades estudiadas..... | 12 |
| Tabla II. Descripción de cada una de las localidades de estudio clasificadas de acuerdo al tipo de ambiente según el código de Scott y Carbonell (1986). <i>Descripción transcrita del informe original del proyecto.</i> | 13 |
| Tabla III. Tabla estructurada de los datos de abundancia de infauna de los cinco ambientes estudiados. Estuarios y deltas (E y D); playas marinas (PMa); charca del EPB (Cha EPB); lagunas de agua dulce (L A D); planicies lodosas PLo) | 16 |
| Tabla IV. Mapa de métodos utilizados en el análisis de la infauna dentro de cada ambiente y entre ambientes. Se describen: el propósito de cada método, sus limitaciones, la manera de solventarlas y, la fórmula para su cálculo. | 25 |
| Tabla V. Descriptores de la comunidad de infauna en los cinco ambientes estudiados..... | 29 |
| Tabla VI. Diversidad alfa, número de especies compartidas entre ambientes, y número de especies exclusivas en cada ambiente estudiado. | 43 |
| Tabla VII. Presas de la infauna reportadas como alimento potencial para aves playeras. Se anexa información sobre la composición de la infauna encontrada en los ambientes estudiados, y sobre el criterio de especialidad de Croonquist y Brooks (1991) correspondiente a la infauna y, el proporcionado por Contreras (1999) para las aves playeras (<i>Obligada de playas marinas (OPMa); facultativa de playas marinas (FPMa); facultativa de planicies lodosas (FPLo); facultativa (F); facultativa de estuarios y deltas (FEyD)</i>). | 50 |
| Tabla VII. Presas de la infauna reportadas como alimento potencial para aves playeras. (<i>Continuación</i>) | 51 |
| Tabla VII. Presas de la infauna reportadas como alimento potencial para aves playeras. (<i>Continuación</i>) | 52 |
| Tabla VIII. Descripción de los rasgos mostrados en la cartografía, y de las observaciones verificadas en campo en los tres sitios seleccionados..... | 55 |

I. INTRODUCCIÓN

Los fondos blandos se encuentran habitados por comunidades de infauna que varían según la naturaleza del sustrato y la profundidad. Dentro de los principales factores que determinan la composición y la diversidad biológica en los fondos blandos se encuentran: la granulometría, la porosidad y la naturaleza del sustrato, la acción mecánica de las olas y de las mareas, el contenido de gases disueltos, la temperatura, la salinidad y la iluminación (Vegas, 1980). En general, se reconocen dos grandes grupos de fondos blandos, según la granulometría, a su vez función de la energía del medio: playas arenosas y fondos lodosos.

La playa se define como una parte de la línea costera que se extiende desde el nivel más bajo descubierto por las mareas hasta el nivel más alto bañado o salpicado por las olas en la marea más alta. Por lo general en los ambientes arenosos la acción de las olas, la insolación y la desecación operan uniformemente sobre la playa, y el establecimiento de vida depende en forma esencial de las mareas y de su amplitud (Rodríguez, 1972).

Los fondos lodosos o fangos, son otro tipo de fondos blandos en donde las partículas de sedimento se depositan preferentemente en lugares de poco movimiento acuático. Sin embargo, aquí el contenido orgánico puede proporcionar abundante alimento. El intercambio con el agua superficial es muy pobre y, por tanto, el drenaje es bajo (Vegas, 1980; Gray, 1981).

Dentro de los fondos lodosos se encuentran los ambientes estuarinos, que se definen como un cuerpo de agua semi-cerrado, que tiene libre conexión con el mar abierto y dentro del cual, el agua marina es diluida por agua dulce proveniente del drenaje terrestre. El sustrato

más frecuente en los estuarios es el fango, de textura diversa. En estos ambientes la variación en la salinidad producida por la mezcla de aguas es una de las condiciones que caracterizan estos hábitat. Estas variaciones se producen por efecto de ríos que diluyen el contenido de sal o por el estancamiento que puede producir un aumento en la misma (Vegas, 1980).

Los organismos de la infauna juegan un papel fundamental en los ambientes litorales al concentrar en sus cuerpos la materia orgánica, permitiendo que pueda estar disponible para los siguientes niveles tróficos, tales como aves playeras y peces bentónicos (Vegas, 1980; López-Uriarte, 1994). La infauna también tiene gran importancia en estudios de contaminación y se han utilizado con relativo éxito como indicadores de perturbaciones en ambientes costeros (Vegas, 1980; Calderón, 1992).

En la costa Pacífico de Baja California, el ambiente de fondos blandos más representado son las playas arenosas (Bakus, 1989). Las planicies lodosas de lagunas costeras son escasas, como lo son las propias lagunas. En general, existe buena información sobre la fauna de playas arenosas y planicies lodosas, pero hasta donde es posible rastrear, la fauna de fondos blandos de estuarios y lagunas de agua dulce ha sido menos estudiada. Del mismo modo, hasta donde ha sido posible rastrear, el estudio comparativo de la infauna de esos ambientes no se había realizado.

En esta tesis se analizó la composición y estructura de la comunidad de infauna de cinco ambientes de fondos blandos (*playas marinas, planicies lodosas, estuarios y deltas, lagunas de agua dulce y charca del Estero de Punta Banda (EPB)*). Se obtuvieron descriptores ecológicos para ambientes individuales, y descriptores ecológicos

comparativos entre ambientes. También se exploró la relación entre hábitat críticos para la alimentación de aves playeras, y los cambios regionales en el uso de suelo.

I.1. ANTECEDENTES

De manera general, los estudios de fondos blandos realizados en el corredor costero Tijuana-El Rosario se han enfocado a la descripción de la infauna de ambientes particulares, especialmente planicies lodosas y playas arenosas. Algunos estudios comparan a nivel regional la composición de la infauna en diferentes localidades con el mismo tipo de ambiente, siendo más escasos los que comparan entre sí la infauna de diferentes tipos de ambientes de fondos blandos, tal como se hace en esta tesis. Por otra parte, algunos estudios han relacionado la infauna de ambientes particulares con las aves playeras, y otros han descrito los ambientes particulares trabajados en esta tesis con base en otro segmento de la biota.

Entre los estudios que describen la infauna de planicies lodosas destacan el de Maimone-Celorio (2000) y Maimone-Celorio y Mellink (2003) que lo hacen en el EPB, y el de Sinicrope *et al* (2000) que describen y comparan la infauna del mismo ambiente en diferentes localidades de Misión Bay (California), del estero de Punta Banda y de Bahía San Quintín (BC).

Para las playas arenosas, los trabajos que describen la infauna de este ambiente incluyen el de López-Uriarte (1994) que estudió la composición y abundancia de la infauna intermareal de dos playas arenosas adyacentes (Punta Cabras), y el de Velásquez-González (2003)

donde describe la abundancia de los anfípodos *Orchestoidea corniculata* y *O. californica* en relación con los cúmulos de macroalgas como un presunto factor de heterogeneidad espacial en dos playas arenosas.

Dentro de los estudios que relacionan la infauna de ambientes particulares con las aves playeras, se encuentran el de López-Uriarte (1994) documentando a los organismos de la infauna importantes como presas potenciales de aves playeras, entre los que destacaron: *Orchestoidea* sp y *Tylos* sp, y el de López-Uriarte *et al.* (1997) que relacionaron la composición y abundancia de aves playeras migratorias con la presencia de algunos organismos de la infauna. Maimone-Celorio (2000) y Maimone-Celorio y Mellink (2003) también reconocieron un gran número de invertebrados bentónicos como alimento potencial para las aves playeras en el estero de Punta Banda, entre los que destacaron: poliquetos, crustáceos, gasterópodos y bivalvos.

Por otro lado, el único estudio en el que se han descrito los ambientes particulares trabajados en esta tesis es el de Contreras (1999), con base en censos de aves playeras de ocho diferentes hábitat del corredor costero Tijuana-El Rosario, exploró un modelo a través del cual se podían hacer predicciones sobre la abundancia relativa de aves especialistas y generalistas, y sobre la vulnerabilidad diferencial de éstas, ante dos escenarios de disturbio: natural y antropogénico.

Dentro de los antecedentes explorados hasta el momento, todos los estudios realizados en el corredor costero Tijuana-El Rosario se han concentrado únicamente en analizar de manera independiente la comunidad de infauna de diferentes ambientes o localidades de fondos blandos. En ese sentido, es interesante analizar de manera conjunta la composición de los

diferentes ambientes de fondos blandos y determinar de que manera contribuyen cualitativamente al mosaico regional.

I.2. OBJETIVOS

I.2.1. Objetivo general

Analizar la composición y estructura de la fauna de fondos blandos en cinco diferentes hábitat del corredor costero Tijuana-El Rosario, sobre datos existentes.

I.2.2. Objetivos particulares

- ✓ Obtener índices comunitarios descriptivos en cada uno de los hábitat de estudio.
- ✓ Realizar comparaciones de la comunidad entre los diferentes hábitat.
- ✓ Organizar la información obtenida para facilitar comparaciones con información similar ya existente, con otra información biológica de los mismos hábitat y con sistemas de información geográfica.

I.3 MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual es el conjunto de elementos teóricos que ayudan a conformar una perspectiva para identificar, seleccionar y organizar los datos de la realidad que se propone estudiar. Una visión pre-analítica sencilla, pero completa, provee un marco de referencia permanente para la información profundizada futura. Cualquier omisión en el marco conceptual, o visión pre-analítica, no podrá ser recapturada por el análisis consecuente (a partir de Escofet, 2004, citando a varios autores).

En el caso de esta tesis, los datos de la realidad que se estudiaron pertenecen a un gran tema denominado *análisis de comunidades bióticas*. Dado que los datos provienen de un espacio geográfico de decenas de kilómetros, el marco conceptual adecuado es aquel que refiera a patrones de organización a diferentes escalas geográficas, y los métodos para su estudio. Por tanto, son pertinentes los principios de la Ecología del Paisaje, y del análisis de las comunidades bióticas a escala local y regional.

Un paisaje es un mosaico de diferentes hábitat. La escala propia del paisaje es la de kilómetros. Los parches tienen patrones diferentes y característicos en diversos atributos tanto abióticos como bióticos, entre los cuales figura la composición de especies. Cuando los parches poseen *diferentes* elencos de seres vivos, el tema es de interés en el análisis de las comunidades bióticas, porque en el tránsito de un parche a otro pueden ocurrir cambios cualitativos que afectan el registro de especies (Westman, 1985).

Para esto, la Ecología distingue entre (a) la diversidad o riqueza *alfa*, que es la que se mide al interior de un hábitat homogéneo, (b) la diversidad o riqueza *gamma*, que es la que se reúne en un conjunto de hábitat diferentes, y (c) la diversidad o riqueza *beta*, que es la que mide el cambio cualitativo que ocurre al pasar de un hábitat a otro. Las medidas de diversidad *inter-hábitat*, o beta, son el complemento necesario de las medidas de diversidad *intra-hábitat*, o alfa. Esto es una manifestación particular de un tema central en los aspectos aplicados de la biología y de todas las ciencias: relacionar procesos de diferentes escalas a través de métodos que permitan complementar los estudios tradicionales, hechos a menores escalas espaciales o temporales (Levin, 1992).

En el escalamiento espacial de la investigación ambiental, necesario para abordar preguntas de escalas regionales y globales, los ecólogos enfrentan seis retos: (1) desarrollo de métodos no experimentales; (2) incorporación de datos de nuevas fuentes, y de otras disciplinas; (3) estandarización y control de calidad de los datos; (4) desarrollo de nuevas herramientas estadísticas; (5) integración, síntesis, y modelación del conocimiento sobre los ecosistemas; (6) incorporar en forma explícita, dentro de los estudios ecológicos, al ser humano y sus actividades (Brown, 1994).

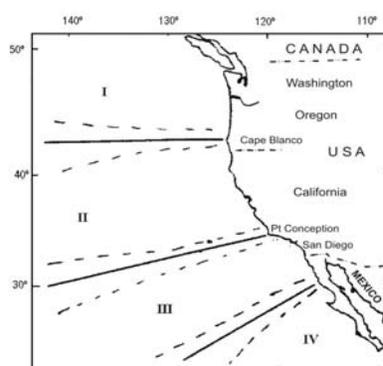
En términos aplicables a esta tesis, lo anterior puede entenderse como sigue: (1) los métodos no experimentales son esencialmente los comparativos, por largo tiempo patrimonio de la geografía; (2) el uso de datos propios pero también de otras fuentes, requiere de criterio para intuir y extraer el grado de verdad contenido en datos previos, y que pueden contribuir a contestar las preguntas de una investigación actual; (3) las herramientas estadísticas pertinentes son aquellas del análisis multivariado, con capacidad para trabajar con conjuntos multiespecíficos como variable de respuesta, más que con poblaciones individuales; (4) la incorporación de elementos del sistema social sirve para discernir en que grado la heterogeneidad de nuestro parchado se debe a razones naturales, o ha sido introducida o reforzada antropogénicamente.

La perspectiva regional y de paisaje, incluyendo la escala global, permite percibir los diferentes parches en forma simultánea, y tratarlos analíticamente no solo como parcelas independientes sino en forma comparativa. Los modelos espacialmente explícitos incorporan ese tipo de análisis en estudios poblacionales y de manejo de uso de suelo (Turner *et al.*, 1995).

II. MATERIAL Y MÉTODO

II.1. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio esta ubicada dentro de la zona III de la corriente de California de acuerdo con el esquema de la U.S Globec (1994) ([Fig. 1](#)). Dentro de los diferentes atributos descritos para esta zona sobresalen: el aporte despreciable de agua dulce, la alta recirculación local, los grandes tiempos de residencia y la fuerte estratificación del agua costera.



| | Region I | Region II | Region III | Region IV |
|---------------------|---|--|---|--|
| Storms | Winter storms Frequent and strong | Moderate winter storms | Fewer winter storms | Infrequent storms from tropics |
| Winds | Seasonal wind stress reversals | Winds mostly upwelling favorable | Minimum in longshore wind stress | Modest and persistent longshore wind stress |
| Upwelling | Moderate upwelling in spring/ summer | Strongest upwelling in spring/ summer | Weak upwelling | Modest upwelling year-round |
| Freshwater input | Significant freshwater input | Minor freshwater input | Negligible freshwater input | Negligible freshwater input |
| Coastal relief | Relatively smooth coastline | Major coastal promontories | Concave coast, islands, subsurface basins | Several major promontories |
| Shelter/ Nurseries | Major estuaries/ nursery grounds | A few major bays, estuaries | Sheltered bight, major nursery | Several sheltered bays |
| Circulation | Moderate advection, mesoscale activity | Extreme advection, mesoscale activity | Strong local recirculation, longer residence times, weak mesoscale activity, stronger stratification, major water mass mixing | Moderate advection, mesoscale activity |
| Production | Primary productivity strongly seasonal | Primary productivity strongly seasonal | Damped seasonality in primary productivity | Moderate seasonality in primary productivity |
| Zooplankton biomass | Zooplankton biomass strongly seasonal (Copepods commonly overwinter at depth) | Zooplankton biomass seasonal | Modest seasonality in zooplankton biomass | Damped seasonality in zooplankton biomass |
| Spawning | Patchy spawning by epipelagic fish | Latitudinal minimum in spawning by epipelagic fishes | Latitudinal minimum in spawning by epipelagic fishes | Patchy spawning by epipelagic fish |

Figura 1. Esquema de US Globec (1994) para la corriente de California

La zona III de la corriente de California corresponde con la Cuenca del Sur de California (Southern California Bight) que ha sido descrita por Bakus (1989) destacando que las playas arenosas comprenden el 80% de la zona costera de la cuenca y las costas rocosas el restante 20%. Menciona que las playas arenosas albergan poblaciones altamente variables y distribuidas en parches. La mayoría de las especies son miembros de la infauna, y se ha reportado que tienen un gran número de especies únicas.

En ese trabajo también destaca que en ese momento, únicamente existían el 25% de las bahías y estuarios en la cuenca sur de California, de los cuales algunos todavía permanecían relativamente poco alterados.

En el área específica del corredor costero Tijuana-El Rosario (Escofet y Espejel, 1999) el clima es de tipo mediterráneo: semiárido, con veranos secos calientes y lluvias entre noviembre y marzo. El promedio anual de precipitación es de 250 mm. No hay un flujo permanente, aunque pueden ocurrir periodos con alta precipitación. Debido a la influencia de la corriente de California el agua marina es fría (14-20° C) y aunque no es particularmente adecuada para nadar, por su belleza es atractiva para el turismo.

La vegetación terrestre dominante es el matorral costero. A lo largo de toda la línea de costa están presentes las playas arenosas, las costas rocosas y las playas con acantilados y dunas costeras. El área esta localizada dentro del corredor migratorio del Pacífico, ruta migratoria principal de las aves playeras.

Entre los principales cambios de la región se reporta que entre 1980 y 1990 la tasa anual de crecimiento poblacional se incremento en las principales ciudades de la región (Tijuana, Ensenada y Rosarito). Los principales problemas ambientales que existen en el área

incluyen los relacionados con el suministro de agua, la contaminación de las aguas costeras por desechos, y la pérdida de paisajes naturales.

II.2. LOS DATOS DE INFAUNA ANALIZADOS

Se trabajó con datos de infauna existentes, provenientes del proyecto “Hábitat no tradicionales para aves playeras en el corredor migratorio del Pacífico: Conservación y manejo” financiado por la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (Humedales para las Américas) realizado entre agosto de 1991 y diciembre de 1992, y cuyo propósito fue generar datos simultáneos de infauna y aves playeras en 16 localidades a lo largo de los 400 km del corredor costero Tijuana-El Rosario, en los cuales se presentaban condiciones ambientales aptas para el desarrollo de esos componentes de la biota (Escofet *et al.*,1993; Contreras, 1999) ([Fig. 2](#)).

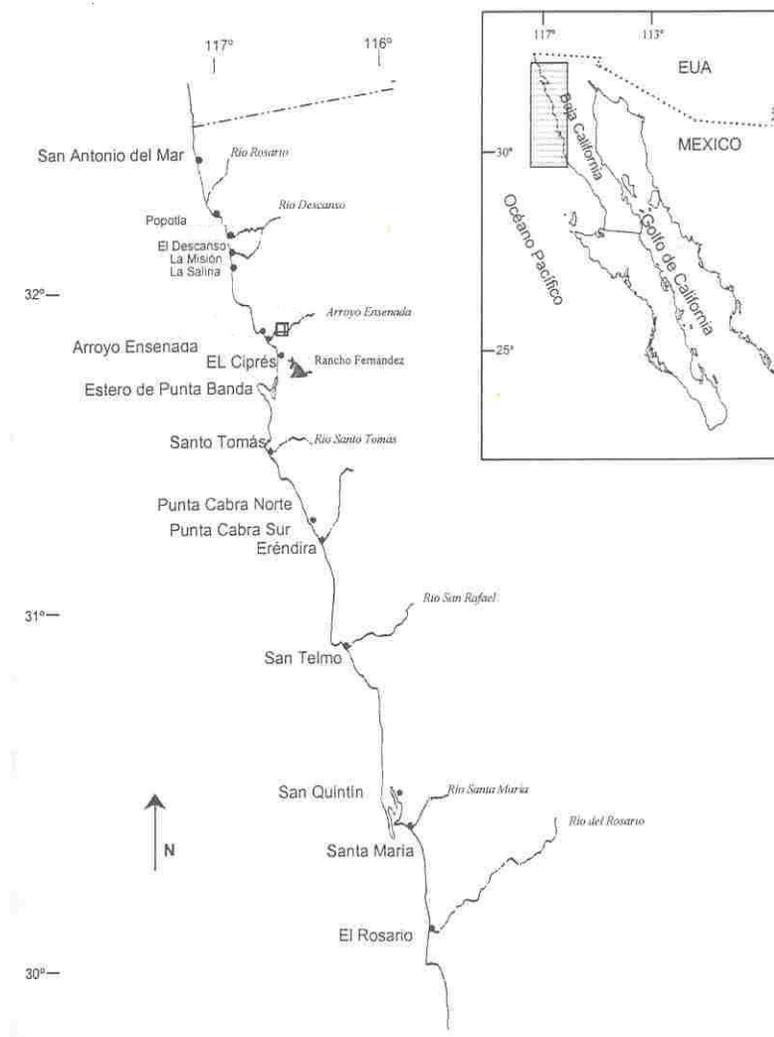


Figura 2. Mapa del área de estudio, mostrando las localidades y el tipo de ambiente muestreado (Modificado de Contreras, 1999).

Los ambientes considerados fueron los originales del proyecto, codificados de acuerdo con la clasificación de hábitat relevantes para aves playeras (Scott y Carbonell, 1986) e incluyeron la zona intermareal y hasta 3 Km. tierra adentro: estuarios y deltas (02, presente en ocho localidades); playas marinas (05, presente en catorce localidades), Charcas y lagunas hipersalinas (07 a, presente en dos localidades), Planicies lodosas (07 b, presente en dos localidades) y lagunas de agua dulce (13, presente en dos localidades) (Tabla I).

Tabla I. Tipo de ambiente muestreado en cada una de las localidades estudiadas

| Tipo de ambiente Localidad | Estuarios y Deltas (02) | Playas marinas (05) | Charcas (07 ^a) | lagunas de agua dulce (13) | Planicies lodosas (07b) |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| San Antonio del mar | | * | | | |
| Popotla | | * | | | |
| El Descanso | * | * | | | |
| La Misión | * | * | | | |
| La Salina | * | * | | | |
| Arroyo Ersenada | * | * | | | |
| El Ciprés | | * | | * | |
| Rancho "Fernández" | | | | * | |
| Punta Banda | | * | * | | * |
| Santo Tomás | * | * | | | |
| Punta Cabra | | * | | | |
| Eréndira | * | * | | | |
| San Quintín | | | | | * |
| San Telmo | * | * | | | |
| Santa María | * | * | | | |
| El Rosario | * | * | | | |

Para los fines de este trabajo se realizó una descripción de las características de cada una de las localidades muestreadas (Tabla II) y se hizo una ubicación espacial de los ambientes estudiados ([Fig. 3](#)).

Tabla II. Descripción de cada una de las localidades de estudio clasificadas de acuerdo al tipo de ambiente según el código de Scott y Carbonell (1986). Descripción transcrita del informe original del proyecto.

| Estuarios, Deltas (02) | |
|---|--|
| Boca del Río Descanso | Río con amplia desembocadura limitada por barrera arenosa, ocasionalmente conectado con el mar. |
| Arroyo La Misión | Arroyo caudaloso con amplia desembocadura conectado casi permanentemente con el mar. |
| Arroyo Ensenada | Arroyo poco caudaloso, desembocadura con fuertes modificaciones antrópicas. |
| Arroyo Santo Tomás | Arroyo poco caudaloso; desembocadura angosta con barrera de arena, conectado casi permanentemente con el mar. |
| Bocana del Arroyo Eréndira | Arroyo temporal; desembocadura amplia limitada por barrera arenosa, raramente conectado con el mar. |
| Arroyo San Telmo | Arroyo de canal angosto, caudaloso en invierno, con barrera de arena y conexión ocasional con el mar. |
| Arroyo Santa María | Arroyo con desembocadura muy amplia, con barrera arenosa muy ancha, raramente conectado con el mar. |
| Arroyo El Rosario | Arroyo con desembocadura muy amplia, barra arenosa ancha, y angosta conexión con el mar. |
| Playas marinas (arena y guijarros, 05) | |
| San Antonio del Mar | Playa arenosa expuesta, con acantilado, aproximadamente 2 km de longitud. |
| Popotla | Playa arenosa de bolsillo con acantilado, aproximadamente 500 m de longitud. |
| La Misión | Playa arenosa expuesta, sin acantilado, limitada al sur por una punta rocosa. |
| La Salina | Playa arenosa expuesta, sin acantilado. |
| El Ciprés | Playa arenosa expuesta, con dunas. |
| Barra Estero de Punta Banda | Playa arenosa bordeando la barra del estero, 7 km long, 50-60 m de ancho, semiexpuesta, dunas sobrevivientes en 1.5 km extremo norte. |
| Playa terminal barra Estero de Punta Banda. | Playa arenosa semiexpuesta, con dunas embrionarias, 0.15 km ² de superficie. |
| Santo Tomás | Playa arenosa expuesta, limitada por puntas rocosas, 1 km de longitud. |
| Punta Cabra norte | Playa arenosa expuesta, cabecera de rodados, parte con acantilado, aproximadamente 2 km de longitud |
| Punta Cabra sur | Playa arenosa de bolsillo, con acantilado, protegida, aproximadamente 800 m de longitud. |
| Eréndira | Playa arenosa expuesta, sin acantilado. |
| San Telmo | Playa arenosa expuesta, sin acantilado, con cabecera de rodados. |
| Santa María | Playa arenosa, expuesta, sin acantilado. |
| El Rosario | Playa arenosa expuesta, con dunas. |
| Lagunas y bañados costeros de aguas salobre o salada, salinas (07): | |
| <i>07 a Charcas y lagunas hipersalinas</i> | |
| La Salina | Laguna de inundación. |
| Charca Estero de Punta Banda | Charca semiprotegida temporaria, origen antrópico, ángulo SW estero de Punta Banda, 0.015 km ² . |
| <i>07 b Planicies lodosas de lagunas costeras</i> | |
| Esteros de Punta Banda | Laguna costera, 20 km ² (2.85 y 4.87 km ² de planicies lodosas en bajamar media y bajamar extraordinaria; 8.95 km ² de marismas). |
| Bahía San Quintín | Laguna costera, 41.6 km ² . |
| Lagunas de agua dulce (menos de 8 Ha), zonas pantanosas, zonas cenagosas (palustre) (13) | |
| Lagunita "El Ciprés" | Relicto dulceacuícola de vaso fluctuante (hasta 4 Ha) dominado por Ciperáceas, adyacente al mar y protegida por dunas. |
| Laguna "Rancho Fernández" | Relicto dulceacuícola con subsidio antrópico, localizada a 2 km de la costa, 1 Ha de superficie . aprox., dominada por Ciperáceas. |

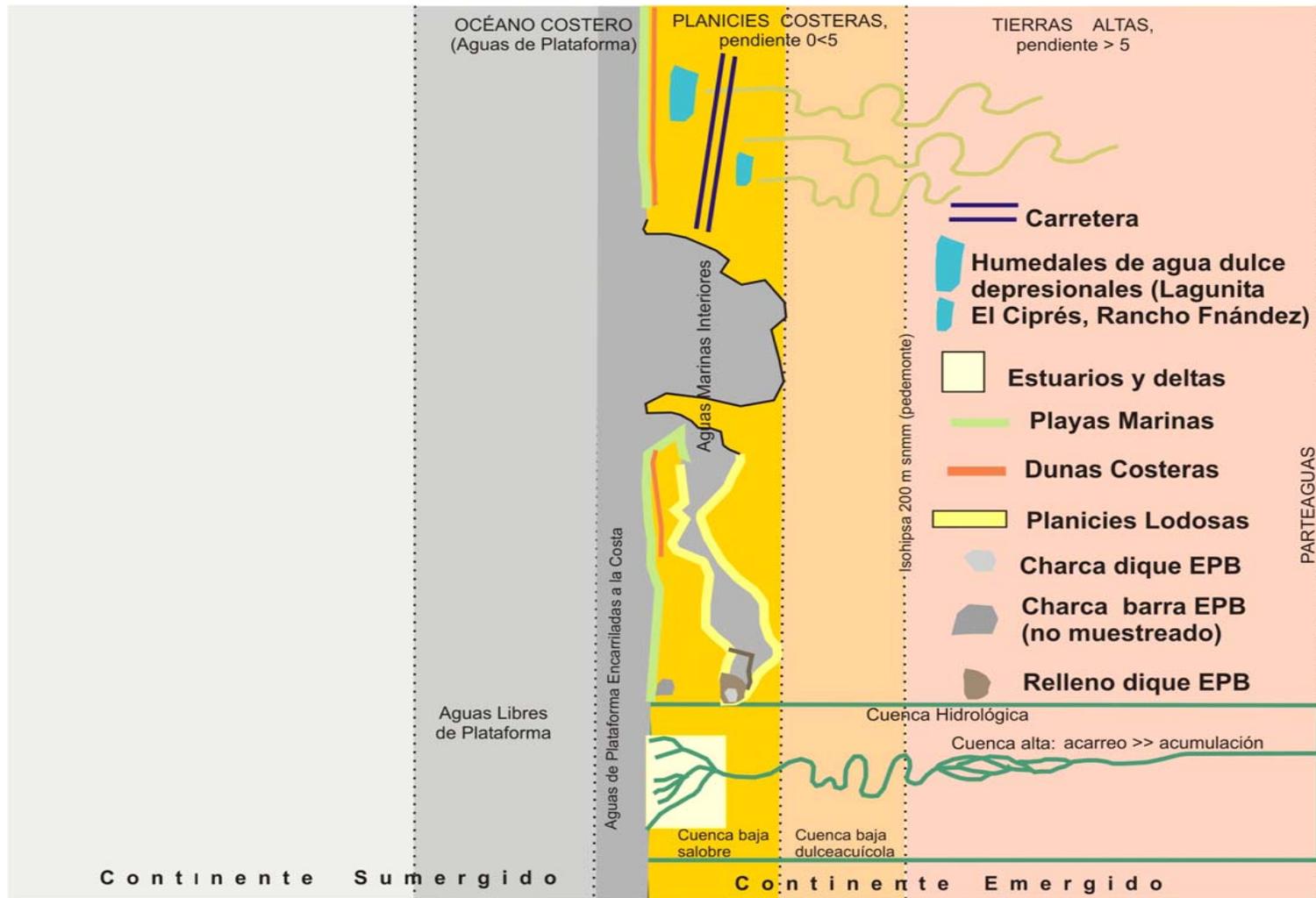


Figura 3. Esquema idealizado (combinando varias escalas) del posicionamiento de los ambientes de fondos blandos estudiados, en el contexto de franjas hipsométricas y batimétricas paralelas a la línea de costa (a partir de Escofet, 2004).

II.3. ORGANIZACIÓN DE DATOS BÁSICOS

Para los fines de este trabajo, los datos originales de la infauna se agruparon por tipo de ambiente, independientemente de las localidades. Los datos se organizaron en una tabla estructurada (Pielou, 1984), es decir, siguiendo un patrón sistemático que mostrara la lista de especies y/o entidades taxonómicas en orden decreciente de abundancia total. Una vez que se organizaron los datos por abundancia total, se desglosó la abundancia de los organismos dentro de cada ambiente (Tabla III).

II.4. ANÁLISIS DE DATOS

II.4.1. Pruebas preliminares

Previo al inicio del análisis de datos se realizaron una serie de pruebas preliminares, conducentes a la familiarización con los diferentes tratamientos propios del análisis de comunidades ecológicas, según se trate de datos cualitativos, cuantitativos y/o combinados ([Anexo I](#)). Asimismo, se examinaron las capacidades de diferentes programas de cómputo existentes, y se hicieron pruebas para ver el grado de resolución que presentaron frente a un mismo juego de datos ([Anexo II](#)).

II.4.2. Análisis

Para el análisis de los datos de infauna se emplearon descriptores ecológicos para ambientes individuales, y métodos específicos para comparaciones entre ambientes (todos ellos resumidos en la Tabla IV). Los métodos empleados para cubrir el tercer objetivo se reseñan en el inciso *II.4.2.3*

Tabla III. Tabla estructurada de los datos de abundancia de infauna de los cinco ambientes estudiados. Estuarios y deltas (E y D); playas marinas (PMA); charca del EPB (Cha EPB); lagunas de agua dulce (L A D); planicies lodosas PLo).

| No. | Especie | Totales | E y D | PMA | Cha EPB | L A D | PLo |
|-----|---|---------|-------|-------|---------|-------|------|
| 1 | Oligochaeta indet. | 21122 | 1591 | 632 | 0 | 18887 | 12 |
| 2 | <i>Orchestoidea sp.</i> | 19058 | 1 | 19054 | 0 | 0 | 3 |
| 3 | Trichocorixia sp | 17827 | 4231 | 0 | 13593 | 3 | 0 |
| 4 | Nematoda indet. | 15540 | 336 | 3007 | 0 | 3906 | 8291 |
| 5 | Ostracoda indet | 14813 | 14253 | 20 | 2 | 472 | 66 |
| 6 | <i>Tylos sp.</i> | 9322 | 0 | 9305 | 0 | 0 | 17 |
| 7 | Diptera (pupas y larvas) | 4839 | 125 | 3622 | 112 | 829 | 151 |
| 8 | <i>Emerita analoga</i> | 4593 | 0 | 4593 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | <i>Euzonus mucronata</i> | 3927 | 0 | 3927 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | <i>Bledius sp</i> | 3345 | 5 | 3338 | 0 | 0 | 2 |
| 11 | <i>Orchestoidea corniculata</i> | 3096 | 0 | 3096 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | Diptera, ceratopogonidae (pupas y larvas) | 1748 | 709 | 788 | 157 | 50 | 44 |
| 13 | Ephydriidae indet. | 1705 | 3 | 1699 | 2 | 1 | 0 |
| 14 | <i>Mediomastus sp.</i> | 1585 | 0 | 251 | 0 | 0 | 1334 |
| 15 | Staphylinidae sp | 1465 | 0 | 1453 | 0 | 8 | 4 |
| 16 | <i>Donax sp.</i> | 1234 | 0 | 1234 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | Harpacticoida indet. | 791 | 106 | 10 | 0 | 11 | 664 |
| 18 | Coleóptera (pupas y larvas) | 736 | 10 | 718 | 1 | 7 | 0 |
| 19 | Halacaridae indet. | 639 | 0 | 639 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | <i>Cercyon sp.</i> | 635 | 0 | 635 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | <i>Thinoseius sp.</i> | 527 | 0 | 527 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | <i>Capitella capitata</i> | 465 | 452 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 23 | Acarina indet. | 445 | 18 | 414 | 0 | 8 | 5 |
| 24 | Conchostraca indet. | 421 | 0 | 0 | 0 | 421 | 0 |
| 25 | Tanaidacea indet. | 385 | 0 | 0 | 0 | 0 | 385 |
| 26 | <i>Dero furcatus</i> | 382 | 0 | 0 | 0 | 382 | 0 |
| 27 | <i>Phaleria rotundata</i> | 378 | 5 | 373 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | Aphididae indet | 320 | 1 | 0 | 0 | 319 | 0 |
| 29 | <i>Excirrolana sp.</i> | 298 | 2 | 226 | 0 | 0 | 70 |
| 30 | Cyclopoida indet. | 296 | 54 | 0 | 0 | 242 | 0 |
| 31 | <i>Polydora sp.</i> | 293 | 292 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 32 | <i>Orchestoidea californiana</i> | 278 | 0 | 277 | 0 | 0 | 1 |
| 33 | Diptera, Ephydriidae (pupas y larvas) | 264 | 263 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 34 | <i>Porcellio litorina</i> | 241 | 0 | 0 | 0 | 0 | 241 |
| 35 | <i>Synchelidium sp.</i> | 225 | 0 | 225 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | <i>Nyctunguis heathii</i> | 224 | 0 | 224 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | Collembola indet. | 220 | 5 | 209 | 0 | 6 | 0 |
| 38 | Nemertea indet. | 118 | 20 | 52 | 0 | 0 | 46 |
| 39 | <i>Magelona californica</i> | 111 | 0 | 0 | 0 | 0 | 111 |
| 40 | Dasyceridae indet. | 107 | 82 | 2 | 22 | 1 | 0 |
| 41 | <i>Alloniscus perconvexus</i> | 100 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | Cumacea indet. | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 |
| 43 | <i>Neopachylopus sp.</i> | 81 | 0 | 81 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | <i>Nerinides acuta</i> | 79 | 0 | 79 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | <i>Epantius sp.</i> | 77 | 0 | 77 | 0 | 0 | 0 |
| 46 | <i>Paraphoxus sp.</i> | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 47 | <i>Ligia occidentalis</i> | 74 | 2 | 72 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | Larvas (Coleoptera, Dytiscidae) | 65 | 0 | 2 | 44 | 19 | 0 |

Tabla III. Tabla estructurada de los datos de abundancia de infauna de los cinco ambientes estudiados (continuación).

| No. | Especie | Totales | E y D | PMa | Cha EPB | L A D | PLo |
|-----|--------------------------------|---------|-------|-----|---------|-------|-----|
| 49 | Syllidae indet. | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 |
| 50 | Phoronidae indet. | 60 | 0 | 3 | 0 | 0 | 57 |
| 51 | <i>Daphnia</i> sp. | 51 | 0 | 0 | 0 | 51 | 0 |
| 52 | Holoturoidea indet. | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| 53 | Mysidacea indet. | 34 | 0 | 34 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | Exosphaeroma inornata | 33 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 |
| 55 | <i>Eohaustorius</i> sp. | 31 | 0 | 31 | 0 | 0 | 0 |
| 56 | <i>Cafius luteipennis</i> | 30 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| 57 | <i>Coelopa venduzeei</i> | 30 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | Muscidae indet. | 28 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 |
| 59 | Erythraeidae indet. | 27 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | Cladocera indet. | 26 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 |
| 61 | <i>Garypus californicus</i> | 26 | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | <i>Spiophanes missionensis</i> | 26 | 0 | 2 | 0 | 0 | 24 |
| 63 | Veneridae indet. | 24 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | <i>Dyschirius marinus</i> | 22 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 |
| 65 | Gasteropoda indet. | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| 66 | <i>Exogone verugera</i> | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 67 | <i>Hemigrapsus</i> sp. | 17 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 68 | <i>Fabricia</i> sp. | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| 69 | <i>Nephtys californiensis</i> | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 70 | <i>Hadrotus crassus</i> | 14 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| 71 | <i>Neomolgus littoralis</i> | 13 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 |
| 72 | Ninfa (Hemiptera, Corixidae) | 13 | 1 | 0 | 5 | 7 | 0 |
| 73 | <i>Boccardia</i> sp. | 11 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | Orbiniidae indet. | 11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 10 |
| 75 | Larvas campodeiformes | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 76 | <i>Mytilus</i> sp. | 10 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| 77 | Ninfa (Insecta, Dermaptera) | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | <i>Photis</i> sp. | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 79 | Ninfa (Insecta, Hemiptera) | 9 | 2 | 0 | 4 | 3 | 0 |
| 80 | <i>Gnorimosphaeroma noblei</i> | 8 | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 |
| 81 | Hymenoptera indet. | 8 | 3 | 1 | 0 | 4 | 0 |
| 82 | Spionidae indet. | 8 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| 83 | Ceratopogonidae indet. | 7 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 |
| 84 | Eviphididae indet. | 7 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| 85 | Glyceridae indet. | 7 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| 86 | Mycteridae indet. | 7 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| 87 | Orchestoidea benedicti | 7 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| 88 | <i>Emphiastes fucicola</i> | 6 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| 89 | Formicidae indet. | 6 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | Pupas (Diptera, Chironomidae) | 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 91 | <i>Cafius seminitens</i> | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 92 | Caprellidae indet. | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 93 | <i>Glycera capitata</i> | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 94 | <i>Goniada littorea</i> | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 95 | Hydrophilidae indet. | 4 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 96 | Polychaeta indet. | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |

Tabla III. Tabla estructurada de los datos de abundancia de infauna de los cinco ambientes estudiados (continuación)

| No. | Especie | Totales | E y D | PMa | Cha EPB | L A D | PLo |
|-----|-----------------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 97 | Aranae indet. | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | Desidae indet. | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | Dyctinidae indet. | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | <i>Mandibulophoxus sp.</i> | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 101 | <i>Notomastus sp.</i> | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 102 | Salticidae indet. | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 102 | Aoridae indet. | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 104 | Blepharipoda occidentalis | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 105 | Cicindelidae indet. | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 106 | Clubionidae indet. | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 107 | Coccinellidae indet. | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 108 | Corophidae indet. | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 109 | Curculionidae indet. | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 110 | Dytiscidae indet. | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 111 | Hemiptera indet. | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 112 | Heteroceridae indet. | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 113 | Larvas (Chordata, Gobiidae) | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 114 | <i>Levinsenia gracillis</i> | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 115 | Lumbrineridae indet. | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 116 | Ninfa (Insecta, Odonata) | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 117 | Ophelidae indet. Juv. | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 118 | Phoxocephalidae indet. | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 119 | <i>Prionospio sp.</i> | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 120 | Braconidae indet. | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 121 | <i>Cadulus fusiformes</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 122 | Carabidae indet. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 123 | Clypeasteroidea indet. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 124 | Chironomidae indet. | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 125 | <i>Chone sp.</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 126 | Dipsosoridae indet. | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 127 | Diptera indet. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 128 | Echinoidea indet. | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 129 | Empididae indet. | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 130 | <i>Foxiphalus sp.</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 131 | Harmohtoe cf. lunulata juv. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 132 | <i>Lepas sp.</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 133 | Linyphiidae indet. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 134 | <i>Macoma sp.</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 135 | Magelonidae indet. | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 136 | Maldanidae indet. | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 137 | <i>Mesembriorrhinus sp.</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 138 | <i>Nephtys caecoides</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 139 | <i>Pilumnus sp.</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 140 | <i>Polinices sp.</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 141 | <i>Protothaca sp.</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 142 | Sciaridae indet. | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | No. de individuos | 135601 | 22627 | 61417 | 13944 | 25689 | 11924 |
| | No. de especies | 142 | 42 | 93 | 12 | 33 | 44 |

II.4.2.1 Descriptores en ambientes individuales

Se emplearon los siguientes descriptores numéricos: *Índice de Diversidad*; *Riqueza de Especies*; *Número de Individuos*; *Equitatividad* y *Diversidad Máxima*, así como los siguientes descriptores gráficos: *Curvas de Dominancia*; *Curvas de Rarefacción*, y *Curvas de K-dominancia*.

Se generó una *tabla estructurada* (Pielou, 1984) colocando a los ambientes por orden decreciente del atributo *Riqueza de Especies*, que se enlistó en la primera fila, y los restantes atributos numéricos en las siguientes filas.

Excepto en las situaciones que se indican oportunamente, se utilizaron en forma rutinaria los siguientes programas: *Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research* (PRIMER v5.1.2 para Windows) para análisis de comunidades ecológicas; *BioDiversity Pro v2*; *Multivariate Statistical Package* (MVSP v3.01 para Windows).

II.4.2.1.1 Índice de Diversidad

Para este trabajo se utilizó el índice de Diversidad de Shannon-Weaver (Pielou, 1975), que descansa sobre el supuesto de que los individuos son seleccionados al azar y que la muestra es representativa de la comunidad (Magurran, 1987).

El análisis del valor de diversidad, es una estimación que por sí sola no describe la estructura del conjunto, por lo que es conveniente adoptar la sugerencia de Hulbert (1971) de mostrar por separado los componentes del Índice de Diversidad (*Riqueza de especies* y *Reparto*), como único modo de entender la variación en el valor del índice.

II.4.2.1.2 Equitatividad

Se utilizó el índice J' de equitatividad o reparto de Pielou (1975) para analizar la forma en la que la abundancia de los individuos se repartió entre las especies presentes en cada uno de los ambientes. Este índice es el componente de equitatividad que corresponde en el índice de diversidad de Shannon-Weaver.

II.4.2.1.3 Diversidad máxima

Debido a que los índices de diversidad (Shanon-Weaver y otros varios existentes) varía según dos atributos (riqueza y reparto) no es posible saber si las variaciones en los valores obtenidos se deben al número de especies o al reparto de los individuos entre las mismas. Para solventar este problema se calculó la diversidad máxima ($H'máx$) que hace una descripción numérica de la diversidad de la muestra si el reparto fuera perfecto.

II.4.2.1.4 Curvas de dominancia

Son un método gráfico para observar el reparto de los individuos entre las especies. Las especies presentes en cada ambiente se acomodan por abundancia decreciente, expresando la abundancia en términos relativos (porcentaje del total).

II.4.2.1.5 Curvas de rarefacción

Este método permite comparar gráficamente diferentes ambientes en términos de número de individuos y número de especies (Sanders, 1968). A diferencia de los índices de diversidad, es independiente del tamaño de muestra.

Para cuatro de los cinco ambientes (*planicies lodosas, estuarios y deltas, charcas y lagunas de agua dulce*) las curvas fueron obtenidas con el programa Biodiversity Pro v2. En cambio, dicho programa fue incapaz de resolver los datos de playas marinas, ya que las abundancias obtenidas en este ambiente sobrepasaron el límite de individuos que es posible manejar en el programa, por lo que las curvas se calcularon manualmente de acuerdo con el procedimiento propuesto por Sanders (1968).

II.4.2.1.6 Curvas de K-Dominancia

Las curvas de k-dominancia son un método gráfico, en las que en una ordenada aritmética se registra el porcentaje acumulativo de la abundancia, y en una abscisa logarítmica se disponen las especies en orden decreciente de abundancia. Haciendo este procedimiento con listas de especies provenientes de diferentes localidades, se puede comparar globalmente a los mismos.

Como complemento, las curvas de K-dominancia pueden usarse como paso previo a las curvas de rarefacción. Si las curvas de las diferentes localidades no se cruzan, el método de curvas de rarefacción puede emplearse sin problemas mientras que si se cruzan, indicaría que el tamaño de muestra no fue el adecuado (Téllez, 1988).

En este trabajo se utilizó este método específicamente como prueba previa a las curvas de rarefacción.

II.4.2.2 Comparaciones entre ambientes

En este apartado se compararon simultáneamente todos los ambientes con el método de *Rigor-Predictibilidad*, con el *Análisis de Agrupamiento*, y con la *Diversidad Beta*.

Igualmente, se emplearon dos métodos: la prueba estadística de *Chi cuadrada* y el *criterio de especialidad* propuesto por Croonquist y Brooks (1991).

Para aplicar estos dos métodos se eliminaron de la lista total las especies muy poco abundantes, es decir, aquellas que tuvieron menos de 10 individuos.

II.4.2.2.1 Método Rigor Predictibilidad

El modelo de Rigor-Predictibilidad (Alcolado, 1992, con base en Preston y Preston, 1975) propone que el comportamiento de los índices de diversidad y de equitatividad varía en distintos regímenes de tensión ambiental, como reflejo de cómo la fauna de organismos sésiles responde a su medio.

Este modelo relaciona los valores de equitatividad (abscisas) y de diversidad (ordenadas) definiendo campos o *áreas de inferencia ambiental* según la tensión o favorabilidad del medio, y su grado de pronosticabilidad o constancia.

II.4.2.2.2 Análisis de agrupamiento

Con la ayuda del programa MVSP v2 se aplicó un análisis de agrupamiento cuali-cuantitativo y un análisis cualitativo. Para el análisis cuali-cuantitativo, se seleccionó el Coeficiente General de Similitud de Gower como medida de similitud. Su utilidad descansa en que no hace supuestos sobre la naturaleza de los datos con los que se trabaja, los cuales pueden ser nominales, ordinales o jerárquicos (Davis, 1986). Para el análisis de agrupamiento cualitativo, se utilizó el Coeficiente de Similitud de Jaccard. Para ambos tipos de análisis se escogió el WPGMA (Weighted Pair-Group using Arithmetic Average)

como estrategia de encadenamiento. Los valores de estos coeficiente de similitud varían entre 0 (total disimilitud) y 1 (total similitud).

II.4.2.2.3 Diversidad Beta

Con base en los registros de cada ambiente, se calculó la diversidad Beta a través de una gráfica que muestra el número de especies acumuladas a medida que se van incorporando los diferentes ambientes.

II.4.2.2.4 Especialidad de Hábitat

Para realizar la prueba de χ^2 y el criterio de especialidad, se utilizaron los datos organizados en la tabla estructurada descrita en el inciso *II.1*.

II.4.2.2.4.1 Prueba de χ^2

Esta prueba estadística es utilizada para medir cómo se desvía la distribución de una muestra respecto a una distribución teórica (Zar, 1999). En este caso, se utilizó para determinar si la abundancia de cada una de las especies fue significativamente diferente entre ambientes.

II.4.2.2.4.2 Criterio de especialidad

Este método, fue diseñado por Croonquist y Brooks (1991) como una aplicación para protección y conservación de humedales costeros. Clasifica a las especies según su porcentaje de abundancia relativa en diferentes hábitat, distinguiendo las siguientes categorías: *obligadas de un hábitat*, cuando entre el 90 y 100% de la abundancia total se encuentra en ese hábitat; *facultativas de un hábitat*, cuando del 50 al 89% de la abundancia

total se encuentra en ese hábitat, y *facultativas* cuando menos del 50% de la abundancia total se encuentra en cualquiera de los hábitat.

II.4.2.3 Comparación con otra información existente para los mismos ambientes y localidades.

En esta sección se realizaron comparaciones con otra información biológica existente en las mismas localidades y ambientes de estudio, y se contextualizaron los sitios en términos de cambios de uso de suelo en el entorno.

II.4.2.3.1 Comparación con otra información biológica (aves playeras)

El propósito de este análisis fue por un lado, comparar los agrupamientos de los ambientes con base en la infauna respecto al agrupamiento de los mismos ambientes con base en otro segmento de la biota, y por otro, identificar las especies de infauna reportadas como presas de aves playeras.

Se realizó un análisis de agrupamiento cuali-cuantitativo, y un análisis cualitativo, utilizando datos de aves playeras del mismo proyecto, tomando la base de datos de Contreras (1999) ([Anexo III](#)) y siguiendo el mismo procedimiento explicado en el inciso *II.4.2.2.2*. Asimismo, se documentaron bibliográficamente las especies de infauna reportadas como presas de aves playeras en cada uno de los ambientes estudiados, y se asociaron con el criterio de especialidad de Croonquist y Brooks (1991).

Tabla IV. Mapa de métodos utilizados en el análisis de la infauna dentro de cada ambiente y entre ambientes. Se describen: el propósito de cada método, sus limitaciones, la manera de solventarlas y, la fórmula para su cálculo.

| | MÉTODO | PROPÓSITO O PRINCIPIO DEL MÉTODO | ATRIBUTO DE LA COMUNIDAD EN EL QUE PONE ÉNFASIS Número de individuos (Ni) Número de especies (N) Identidad de las especies (I) Reparto de individuos entre las especies (R). | PRINCIPALES LIMITACIONES Y FORMAS DE SOLVENTARLAS | FÓRMULA |
|--------------------------------|----------------------------|--|---|---|--|
| Dentro de cada ambiente | Índice de Diversidad (H') | Descripción numérica unificada del número de especies y el reparto de los individuos entre las especies | N; R | * No tiene distribución teórica. Este problema puede solventarse con una prueba de significancia para diferencia entre dos índices de diversidad (Zar, 1999; Magurran, 1987) * Varía según dos atributos, por lo que no es posible saber si el valor obtenido se debe al reparto o al número de sp. Para solventar este problema se calcula Hmax. * No refleja el cambio cualitativo en la composición de sp. Dos listas con elencos de especies diferentes podrían tener el mismo valor de H'. | $H' = -\sum p_i \ln p_i$ donde: H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiever p _i = Proporción de individuos hallados en la i-ésima sp. N = Número de individuos de la i-ésima sp. N = Número total de individuos en la unidad de estudio determinada. |
| | Número de especies (S) | Componente del índice de diversidad que hace una descripción numérica del número de especies en una unidad de estudio determinada (muestra, localidad, tipo de hábitat, etc) | N | | |
| | Equitatividad (J') | Componente del índice de diversidad que hace una descripción numérica del reparto de los individuos entre las especies. Valores cercanos a 0 indican bajo reparto, y valores cercanos a 1 alto reparto | R | | $J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$ Donde: J' = Índice de equidad S = Número total de especies |
| | Diversidad máxima (H' max) | Descripción numérica de la diversidad de la muestra si el reparto fuera perfecto | N; R | | $H'_{\max} = \ln(S)$ Donde: H' max = Diversidad máxima teórica posible S = Número de especies |
| | Diversidad alfa | * Descripción del número de especies en una unidad de estudio determinada. | N | | |

| | MÉTODO | PROPÓSITO O PRINCIPIO DEL MÉTODO | ATRIBUTO DE LA COMUNIDAD EN EL QUE PONE ÉNFASIS Número de individuos (Ni) Número de especies (N) Identidad de las especies (I) Reparto de individuos entre las especies (R). | PRINCIPALES LIMITACIONES Y FORMAS DE SOLVENTARLAS | FÓRMULA |
|-------------------------|---|---|--|---|---|
| Dentro de cada ambiente | Curva de Dominancia | * Descripción gráfica del reparto de individuos entre las especies. Formas parecidas a una L indican alta dominancia y bajo reparto. Formas parecidas a una diagonal indican baja dominancia, y alto reparto. * Equivalente gráfico del reparto | R | | |
| | Curvas de Rarefacción (Sanders, 1968) | Descripción gráfica del número de individuos y el número de especies * Calcula el número esperado de especies en muestras hipotéticas que tienen progresivamente menor número de individuos respecto a la original * Es independiente del tamaño de muestra, permitiendo comparaciones entre comunidades. * Esta asociado a una hipótesis sobre rigor ambiental (curvas cercanas a la abscisa, mayor rigor; curvas cercanas a la ordenada, menor rigor). | N; Ni | * Solo se puede interpolar para obtener el número esperado de especies, pero no extrapolar (Sanders, 1968). * A pesar de que es independiente del tamaño de muestra, puede ser que el tamaño de muestra sea demasiado pequeño y para verificar esto existe el uso de las curvas de K-dominancia. | $E(S) = \sum 1 - \frac{\left[\frac{N - n_i}{n} \right]}{\left(\frac{N}{n} \right)}$ <p>Donde: E(S)= número esperado de especies N = Número total de individuos en la muestra ni = Número de individuos de la i-ésima sp. n = tamaño de la muestra estandarizado</p> |
| Entre ambientes | Método Rigor-Predictibilidad (Alcolado, 1992) | * Descripción gráfica de la relación entre la equitatividad o reparto (J') y la Diversidad (H') * Consiste en graficar los diferentes valores de diversidad (ordenadas) y equitatividad (abscisas) en un espacio bivariado. Se definen campos de favorabilidad o severidad del ambiente. | R; H' | | |
| | Criterio de especialidad de hábitat (Croonquist y Brooks, 1991) | * Determina el grado de uso de un hábitat a través del porcentaje de abundancia respecto de otros hábitat. * Distingue tres grupos de especies: (a) obligadas de un hábitat (dependen esencialmente de el, y reúnen del 90 al 100% de su abundancia); (b) facultativas de (ocupan otro tipo de hábitat pero reúnen entre el 50 y el 89% de la abundancia de ese hábitat); (c) facultativas (<50% de su abundancia en esos ambientes). | N; Ni | | |

| | MÉTODO | PROPÓSITO O PRINCIPIO DEL MÉTODO | ATRIBUTO DE LA COMUNIDAD EN EL QUE PONE ÉNFASIS Número de individuos (Ni) Número de especies (N) Identidad de las especies (I) Reparto de individuos entre las especies (R). | PRINCIPALES LIMITACIONES Y FORMAS DE SOLVENTARLAS | FÓRMULA |
|-----------------|----------------------------|---|---|--|---|
| | Prueba de Chi ² | *Consiste en determinar como la distribución de una muestra se desvía de una distribución teórica (Zar, 1999) * Describe la distribución de la abundancia en diferentes condiciones, y determina la significancia de la variación. | N; Ni | | $X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - \bar{f}_i)^2}{\bar{f}_i}$ Donde: \bar{f}_i = frecuencia observada en la clase i f_i = frecuencia esperada en la clase i si la hipótesis nula es verdadera. |
| Entre ambientes | Similitud | * Comparación de dos o mas muestras con base en especies comunes y especies exclusivas. * La fuente de datos puede ser cuali-cuantitativa (sp. y sus abundancias) o cualitativa (presencia/ausencia). * Uno solo de los varios índices existentes permite trabajar atributos cuyo estado se expresa en diferentes escalas (Índice de Similitud de Gower). | I (cualitativos) I; Ni (cuali-cuantitativos) | En los cualitativos todas las especies tienen igual peso (Magurran, 1987). En los cuali-cuantitativos, la presencia de una especie ubicua y muy abundante en varias muestras puede sobreestimar la similitud. | Índice de Jaccard $J = \frac{c}{a + b - c}$ Donde: c= No. de especies en a y b a= No. de especies en a b= No. de especies en b Coefficiente de similitud Bray-Curtis $S_{jk} = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^p y_{ij} - y_{ik} }{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right)$ Donde: j, k = localidades o unidades de muestra que se comparan i = i -ésima especie y_{ij} = abundancia de la especie i en la localidad j y_{ik} = abundancia de la especie i en la localidad k |
| | Diversidad Beta | * Descripción numérica y gráfica de los cambios cualitativos en la composición de especies a lo largo de un gradiente ambiental (de una a otra localidad, o de un tipo o de un tipo de hábitat a otro, etc). | I | | |
| | Diversidad gamma | descripción numérica de las especies presentes en un conjunto heterogéneo que comprende varias diversidades alfa. | Ni; N | | |

II.4.2.3.2 Contextualización de los sitios en términos de cambios de uso de suelo en el entorno.

II.4.2.3.2.1 Análisis Cartográfico

Se utilizaron una serie de mapas ilustrando los cambios de uso de suelo ocurridos en el corredor Tijuana-El Rosario en los 26 años transcurridos entre 1973 y 1999.

Los mapas fueron proporcionados por el proyecto “La vegetación costera de noroeste de Baja California: sus posibilidades de conservación” financiado por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Se tomó como base el mapa de uso de suelo de 1990 por ser la fecha más cercana a las de los muestreos, y se les comparó con los anteriores y posteriores.

II.4.2.3.2.2 Verificación en campo.

Se realizaron visitas de corroboración a los sitios de estudio que, de acuerdo con la cartografía revisada en el inciso anterior, hubieran presentado signos evidentes de cambio en el uso de suelo del entorno. En esos sitios, se realizaron inspecciones directas de terreno y documentación fotográfica. Los sitios seleccionados cartográficamente fueron: “*la lagunita*” del Ciprés y *La Misión*. También se realizó la verificación en campo de la *charca del EPB* (ambiente formado por aislamiento debido a la construcción del dique en el Estero de Punta Banda (EPB)), este sitio fue seleccionado por conocimiento directo puesto que no fue perceptible en la escala cartográfica utilizada.

III. RESULTADOS

III.1. ANÁLISIS DE LA INFAUNA

III.1.1 Análisis en ambientes individuales

Los resultados obtenidos en ambientes individuales se organizaron de la siguiente manera:

1) métodos numéricos (Riqueza de Especies, Número de Individuos, Índice de Diversidad, Equitatividad, y Diversidad Máxima; 2) métodos gráficos (Curvas de Dominancia, Curvas de Rarefacción).

III.1.1.1 Métodos numéricos (Tabla V)

En la tabla estructurada se observa que los valores de Diversidad (H'), de Equitatividad (J') y de Diversidad Máxima guardaron una relación directa con el gradiente de *Riqueza de Especies*. Sin embargo, el *Número de Individuos* no siguió esta correspondencia. Los valores de Diversidad Máxima guardaron en general una relación inversa con los valores de Equitatividad.

Tabla V. Descriptores de la comunidad de infauna en los cinco ambientes estudiados

| | | Playas marinas | Planicies lodosas | Estuarios y Deltas | Lagunas de agua dulce | Charca del EPB |
|------------------------|--|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Diversidad alfa | Riqueza de especies | 93 | 44 | 42 | 33 | 12 |
| | No. Individuos (N) | 61 417 | 11 924 | 22 627 | 25 689 | 13 944 |
| | Diversidad (H') | 2.50 | 1.30 | 1.28 | 0.98 | 0.15 |
| | equitatividad (J') | 0.55 | 0.34 | 0.34 | 0.28 | 0.06 |
| | H' max | 4.53 | 3.78 | 3.73 | 3.49 | 2.48 |
| | Dif H' max-H' | 2.03 | 2.48 | 2.45 | 2.51 | 2.33 |

III.1.1.1.1 Riqueza de especies

La riqueza de especies es la primera aproximación que se obtiene para medir la diversidad de una unidad determinada. Para los cinco ambientes estudiados, las *playas marinas* mostraron la mayor riqueza de especies (93 sp), seguidas por *planicies lodosas* y por *estuarios y deltas* que tuvieron casi el mismo número de especies (44 y 42 sp respectivamente). En el caso de *lagunas de agua dulce* y de la *charca del EPB* la riqueza de especies encontrada fue la menor (33 y 12 sp respectivamente).

III.1.1.1.2 Número de individuos

Playas marinas fue el ambiente que tuvo el mayor número de individuos (61417 individuos), seguido de *lagunas de agua dulce* y de *estuarios y deltas* (25689. y 22627 individuos respectivamente). Finalmente, *charcas* y *planicies lodosas* fueron los ambientes que mostraron el menor número de individuos (13944 y 11924 individuos respectivamente).

III.1.1.1.3 Índice de Diversidad (H'), Equitatividad (J') y Diversidad Máxima ($H'máx$)

Los valores de H' variaron entre 0.15 y 2.5. Los valores de J' variaron entre 0.06 y 0.55, y considerando que los límites del descriptor son 0 y 1, estos valores fueron en general bajos, con uno solo apenas superior al punto medio. En correspondencia con los valores relativamente bajos de J' , los valores de $H'max$ (2.48-4.53) fueron bastante mayores que las respectivas H' .

En lo referente a H' y J' , *playas marinas* tuvo el mayor valor de H' (2.5) y de J' (0.55). *Planicies lodosas* y *estuarios y deltas*, tuvieron el mismo valor de J' (0.34) y valores

similares de H' (1.30 y 1.28 respectivamente). En el caso de la *charca del EPB* y de *lagunas de agua dulce* se encontraron los valores más bajos de H' (0.15 y 0.98 respectivamente) y de J' (0.06 y 0.28).

En lo referente a $H'máx$, *playas marinas* fue el ambiente que más se acercó a su respectiva $H'max$ (4.5) en correspondencia con el mayor valor de J' y, consecuentemente, donde se presentó la menor diferencia entre $H'max$ y H' (2.03). *Planicies lodosas y estuarios y deltas* estuvieron alejados de su respectiva $H'max$ (3.7) en correspondencia con los mismos valores de reparto, ambos bajos, por lo que la diferencia entre $H'max$ y H' fue mayor (2.48 y 2.45 respectivamente). *Lagunas de agua dulce* estuvo muy alejado de su respectiva $H'max$ (3.49), fue el ambiente que mostró un valor bajo de J' , por lo que la diferencia entre $H'max$ y H' (2.51) fue notable. La *charca del EPB*, no mostró ser el ambiente que más se alejó de su respectiva $H'max$ (2.48), a pesar de tener los valores más bajos de J' , por lo que la diferencia entre $H'max$ y H' (2.33) fue menor en comparación con *estuarios y deltas*, con *planicies lodosas* y con *lagunas de agua dulce*.

III.1.1.2 Métodos gráficos

Los métodos gráficos mostraron correspondencia con los resultados numéricos. Las curvas de dominancia, globalmente de tipo “L” aunque con variantes en la acentuación de la curva según los valores singulares, correspondieron con los valores de equitatividad generalmente bajos señalados en el inciso anterior. Las curvas de rarefacción cercanas a la ordenada correspondieron con mayores valores de H' y de J' , mientras que las curvas inclinadas hacia la abscisa correspondieron con la situación inversa. Las curvas de K-dominancia, generadas para verificar la validez de las curvas de rarefacción realizadas, mostraron una

superposición entre la curva de *estuarios y deltas* y la de *planicies lodosas*. Se esperaba obtener esta superposición, puesto que fueron los únicos ambientes con valores semejantes de H' y con el mismo valor de J' .

III.1.1.2.1 Curvas de dominancia

En general la forma que mostraron las curvas de dominancia en los cinco ambientes fue parecida a una “L”, indicando una alta dominancia, y corroborando los valores de reparto descritos en el inciso III.1.1.3 (Fig. 4).

Esta forma de “L” fue mucho más marcada en la *charca del EPB*, donde solamente una especie (el insecto Hemíptero *Trichocorixa* sp, “botero”) comprendió el 97% de la abundancia total (Fig. 4a).

En *lagunas de agua dulce*, la curva fue menos marcada, en correspondencia con que dos taxones reunieron el 88% de la abundancia total: los Anélidos *Oligochaeta* indet. el 73%, y el Oligoqueto *Dero furcatus* el resto (Fig. 4b).

Para *planicies lodosas*, la curva fue similar a la anterior, en correspondencia a que dos especies reunieron el 80 % de la abundancia total: el poliqueto Capitellidae *Mediomastus* sp el 70%, y el isópodo *Porcelio littorina* el resto (Fig. 4c).

Estuarios y deltas también mostró una curva similar a las dos anteriores, en correspondencia a que dos especies reunieron el 81 % de la abundancia total: los crustáceos *Ostracoda* indet. el 62%, y el insecto Hemíptero *Trichocorixa* sp. “botero” el resto (Fig. 4d).

Finalmente, *playas marinas* mostró una curva menos marcada, en correspondencia con que fueron seis especies y un taxón los que reunieron el 76% de la abundancia total. El

anfípodo *Orchestoidea* sp, “pulga de playa” reunió el 30 %; el isópodo *Tylos* sp completó hasta el 46 %; y el crustáceo anomuro *Emerita analoga* completó hasta el 53 %. Luego, el poliqueto Ophelidae *Euzonus mucronata* aumentó la abundancia acumulada hasta el 60 %, y los insectos *Diptera* indet., en su forma de larvas y pupas, completaron hasta el 65 %. Finalmente, el insecto Coleóptero Staphylinidae *Bledius* sp completó hasta el 71 % y el crustáceo anfípodo *Orchestoidea corniculata* hasta el 76 % (Fig. 4e).

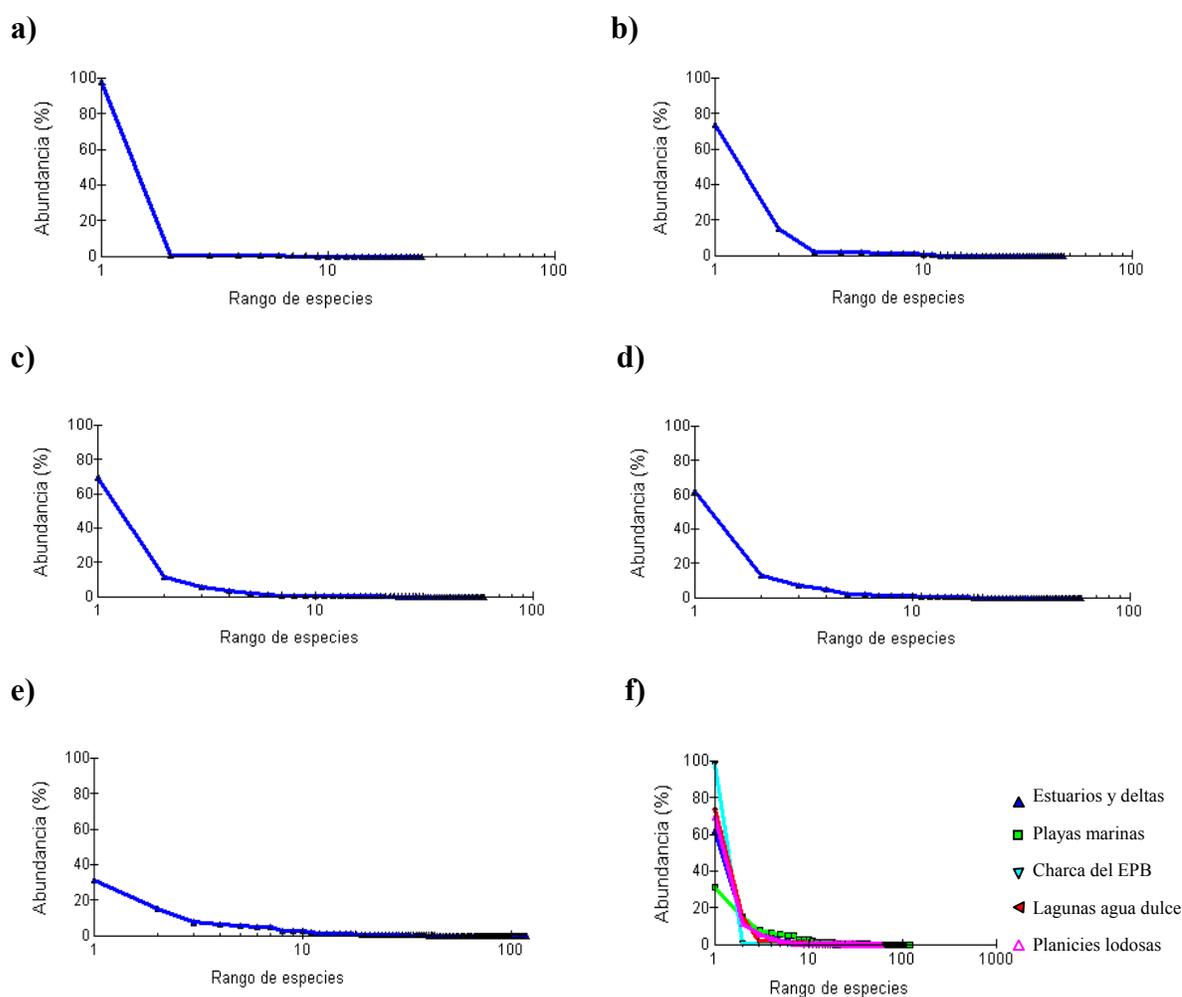


Figura 4. Curvas de dominancia de cada uno de los ambientes estudiados a) charca del EPB, b) lagunas de agua dulce, c) planicies lodosas, d) estuarios y deltas, e) playas marinas y f) los cinco ambientes estudiados.

III.1.1.2.2 Curvas de rarefacción

Los resultados mostraron tres perfiles de curvas diferentes. Una curva más erguida hacia la ordenada, otra curva inclinada hacia la abscisa y las tres curvas restantes se encontraron localizadas en la parte intermedia ([Fig. 5f](#)).

La curva erguida hacia la ordenada (*playas marinas*) indica que ese ambiente se encuentra sometido a un menor rigor ambiental (Fig. 5a). Por el contrario, la curva que se muestra inclinada hacia la abscisa (*charca del EPB*) son los ambientes que se encuentran sometidos a un mayor rigor ambiental (Fig. 5e).

En el caso de las curvas que se encontraron ubicadas en la parte intermedia, la obtenida para *lagunas de agua dulce* se encontró más inclinada hacia la abscisa en comparación con las dos curvas restantes (Fig. 5d). Es importante notar que la curva de *planicies lodosas* se encontró ubicada por encima de la curva de *estuarios y deltas* a pesar de que ambos tuvieron el mismo valor de diversidad y de reparto (Fig. 5b, 5c, 5f). Por tal motivo, se obtuvieron las curvas de K-dominancia para determinar si las curvas de rarefacción obtenidas son comparables.

En las curvas de K-dominancia se observó una superposición de las curvas de *estuarios y deltas* y de *planicies lodosas* indicando que de acuerdo con el método de curvas de rarefacción, la comparación entre estos ambientes no es la adecuada, porque el tamaño de muestra no fue el apropiado ([Fig. 6](#)).

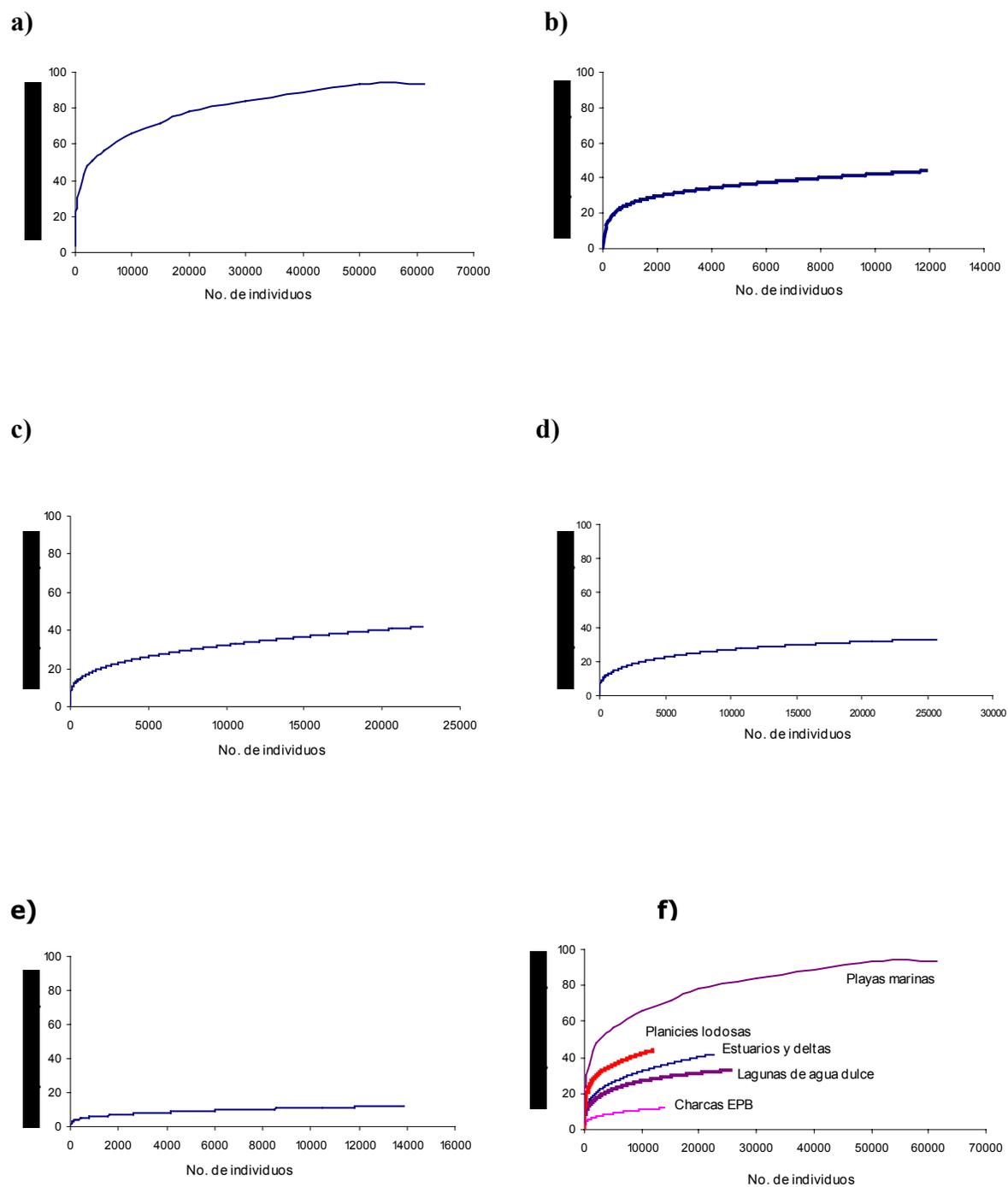


Figura 5. Curvas de rarefacción obtenidas para cada tipo de ambiente. a) playas marinas, b) planicies lodosas, c) estuarios y deltas, d) lagunas de agua dulce, e) charca del EPB, f) los cinco ambientes estudiados.

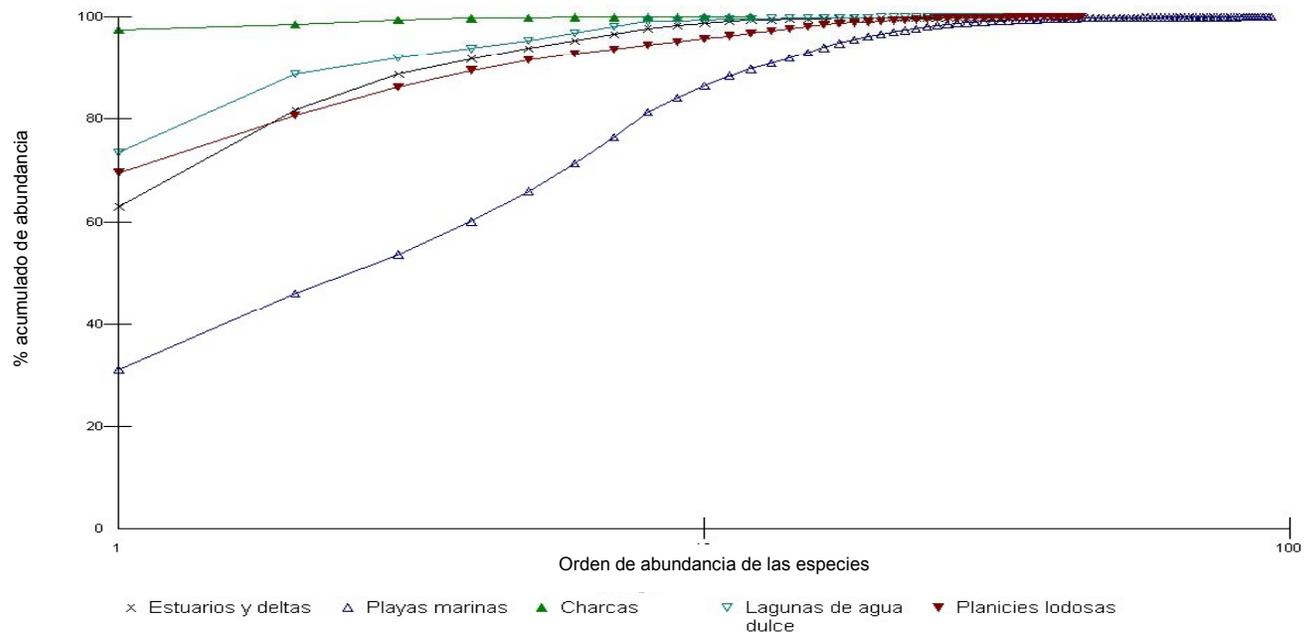


Figura 6. Curva de K-dominancia en los cinco ambientes estudiados (nótese la superposición de las curvas de estuarios y deltas, y de planicies lodosas).

III.1.2 Comparaciones entre ambientes

Para realizar las comparaciones entre ambientes se analizaron los resultados de cinco métodos: *Rigor-Predictibilidad*, *Análisis de Agrupamiento*, *Diversidad Beta* y *Selección de hábitat*.

En el método de *Rigor-predictibilidad* las áreas del gráfico en las que se ubicaron los ambientes correspondieron al orden en que se acomodaron las *Curvas de Rarefacción*, localizándose en la parte inferior los ambientes más tensados, y en la parte superior los ambientes más favorables. En general, el análisis de agrupamiento mostró que *playas marinas* claramente se separó del resto de los ambientes. El número de grupos formados dependió del porcentaje de similitud considerada, sin embargo de manera general se mostró una separación entre ambientes arenosos y ambientes con sedimentos más finos. La gráfica de diversidad beta se relacionó con la singularidad de los ambientes, mostrando que la Diversidad Gamma es alcanzada sólo cuando todos los ambientes son considerados.

III.1.2.1 Método Rigor-predictibilidad

Las comparaciones entre ambientes utilizando el método de *Rigor-predictibilidad* mostraron que dos, de los cinco ambientes estudiados, quedaron claramente situados dentro de los campos ambientales establecidos por este modelo gráfico. Los ambientes restantes se localizaron cercanos o casi en el límite de alguna de los campos definidos en el modelo gráfico.

Lagunas de agua dulce y la *charca del EPB*, con los valores mas bajos de H' y de J' se localizaron en el campo de ambientes muy tensados, y con un comportamiento temporal no

pronosticable. *Estuarios y deltas y planicies lodosas*, con los mismos valores de J' y de H' también se localizaron en el campo de ambientes tensados, y no pronosticables. *Playas marinas*, con los valores más altos de H' y de J' se ubicó en el campo de ambientes favorables, y casi constantes (Fig. 7).

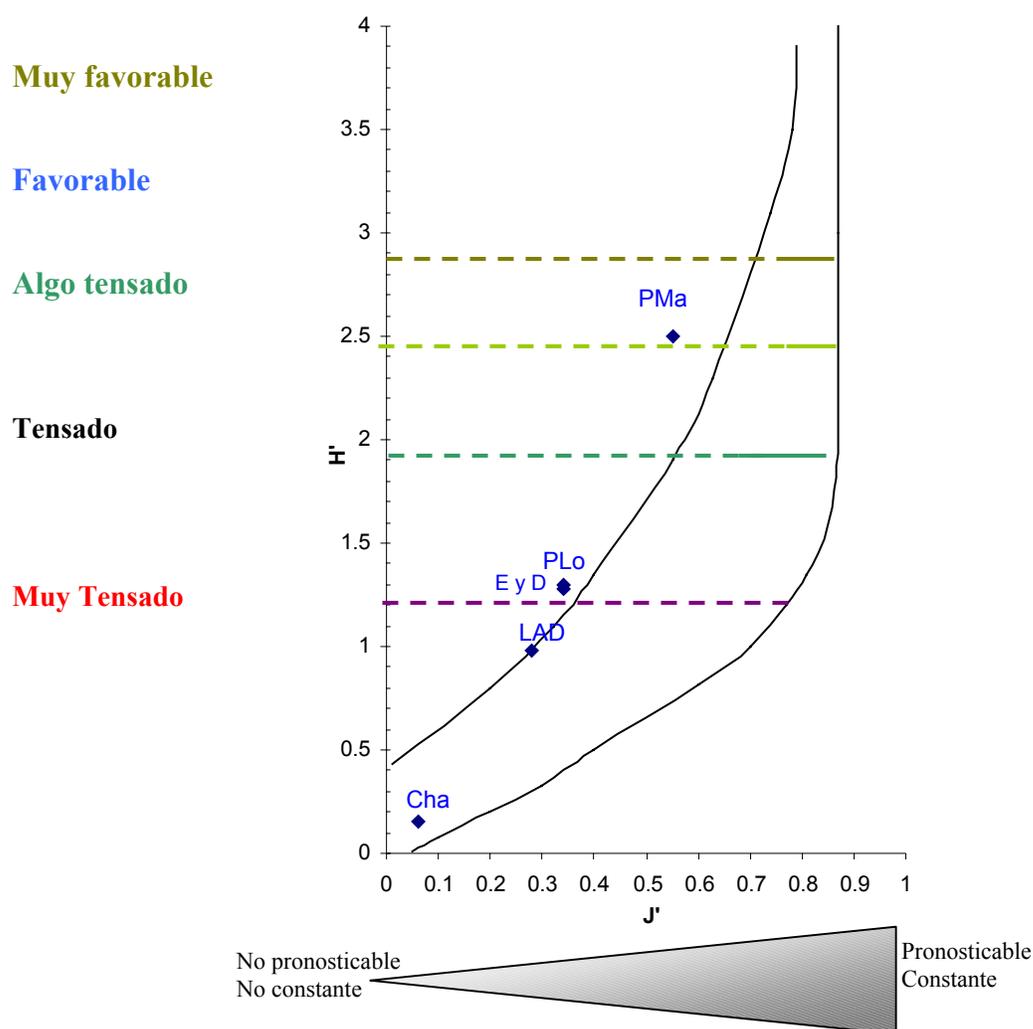


Figura 7. Relación entre los valores de H' y J' obtenidos en los cinco ambientes estudiados (Cha, charca del EPB; LAD, lagunas de agua dulce; E y D, estuarios y deltas; PLo, planicies lodosas; PMa, playas marinas) y áreas de inferencia ambiental.

III.1.2.2 Análisis de agrupamiento

El análisis de agrupamiento de los ambientes con base en la infauna mostró lo siguiente.

En el dendograma resultante del análisis de agrupamiento cuali-cuantitativo, la primera separación, al 29 % de similitud, formó dos grupos: *playas marinas* por un lado, y los restantes cuatro ambientes por el otro. Dentro del segundo grupo ocurrió la segunda separación, al 68 % de similitud, que separa a *planicies lodosas* de los otros tres ambientes. Este grupo, a su vez, se dividió al 79 % de similitud dejando por un lado a *estuarios y deltas* y en el último cluster a *lagunas de agua dulce* y a la *charca del EPB*, que guardan entre si una similitud de 85 %.

De este modo, en un corte al 50% de similitud se distinguen por un lado el ambiente arenoso (*playas marinas*) y por el otro los ambientes con sedimentos más finos.

En un nivel algo más fino, como sería un corte al 70 % de similitud, se distinguirían tres grupos: el de *playas marinas* ya señalado y, dentro de los ambientes con sedimento más fino, el más salino por un lado (*planicies lodosas*) y los tres más salobres por el otro.

En la resolución más fina, al 80 % de similitud, se distinguen cuatro grupos: dos ya señalados (*playas marinas*; *planicies lodosas*) y, dentro de los ambientes más salobres la separan por un lado, los relacionados con cuencas hidrológicas (*estuarios y deltas*) y por el otro los ambientes físicamente aislados de la cuenca (*lagunas de agua dulce* y *charca del EPB*) ([Fig. 8a](#)).

En contraste, en el análisis de agrupamiento cualitativo, el dendograma resultante mostró que al 50% de similitud la singularidad de cada ambiente al no formarse algún agrupamiento entre los ambientes. Así, los agrupamientos que se formaron ocurrieron entre el 10 y el 33% de similitud. La primera separación, al 10 % de similitud, formó dos grupos:

playas marinas y *planicies lodosas* por un lado, y los restantes tres ambientes por el otro. Dentro del primer grupo ocurrió la segunda separación, al 18 % de similitud, separando a las *planicies lodosas* de las *playas marinas*.

En el segundo grupo ocurrió la tercera separación, al 25 % de similitud, que separó a la *charca del EPB* de los otros dos ambientes. Este grupo, a su vez, se dividió al 33 % de similitud dejando por un lado a *lagunas de agua dulce* y por otro a *estuarios y deltas*.

De este modo, en un corte al 10 % de similitud, se distinguen por un lado los ambiente salinos (*playas marinas* y *planicies lodosas*) y por el otro los ambientes salobres-dulces (*charca del EPB*, *lagunas de agua dulce* y *estuarios y deltas*).

En un nivel algo más fino, como sería un corte al 20 % de similitud, se distinguirían tres grupos: el de ambientes con sedimentos más finos (*planicies lodosas*), el de ambientes con sedimentos arenosos (*playas marinas*) y, el grupo de ambientes salobre-dulce ya señalado.

En un nivel más fino, al 30 % de similitud, se distinguen cuatro grupos: dos ya señalados (*playas marinas*; *planicies lodosas*) y, dentro de los ambientes más salobres-dulces se separan por un lado, el ambiente inducido (*charca del EPB*) y por el otro los ambientes de origen natural (*lagunas de agua dulce* y *estuarios y deltas*).

En la resolución más fina, al 40 % de similitud, se distinguen cinco grupos: tres ya señalados (*playas marinas*; *planicies lodosas* y la *charca del EPB*) y, dentro de los ambientes de origen natural se separan por un lado los ambientes dulces (*lagunas de agua dulce*) y por el otro los ambientes más salobres (*estuarios y deltas*) ([Fig. 8b](#)).

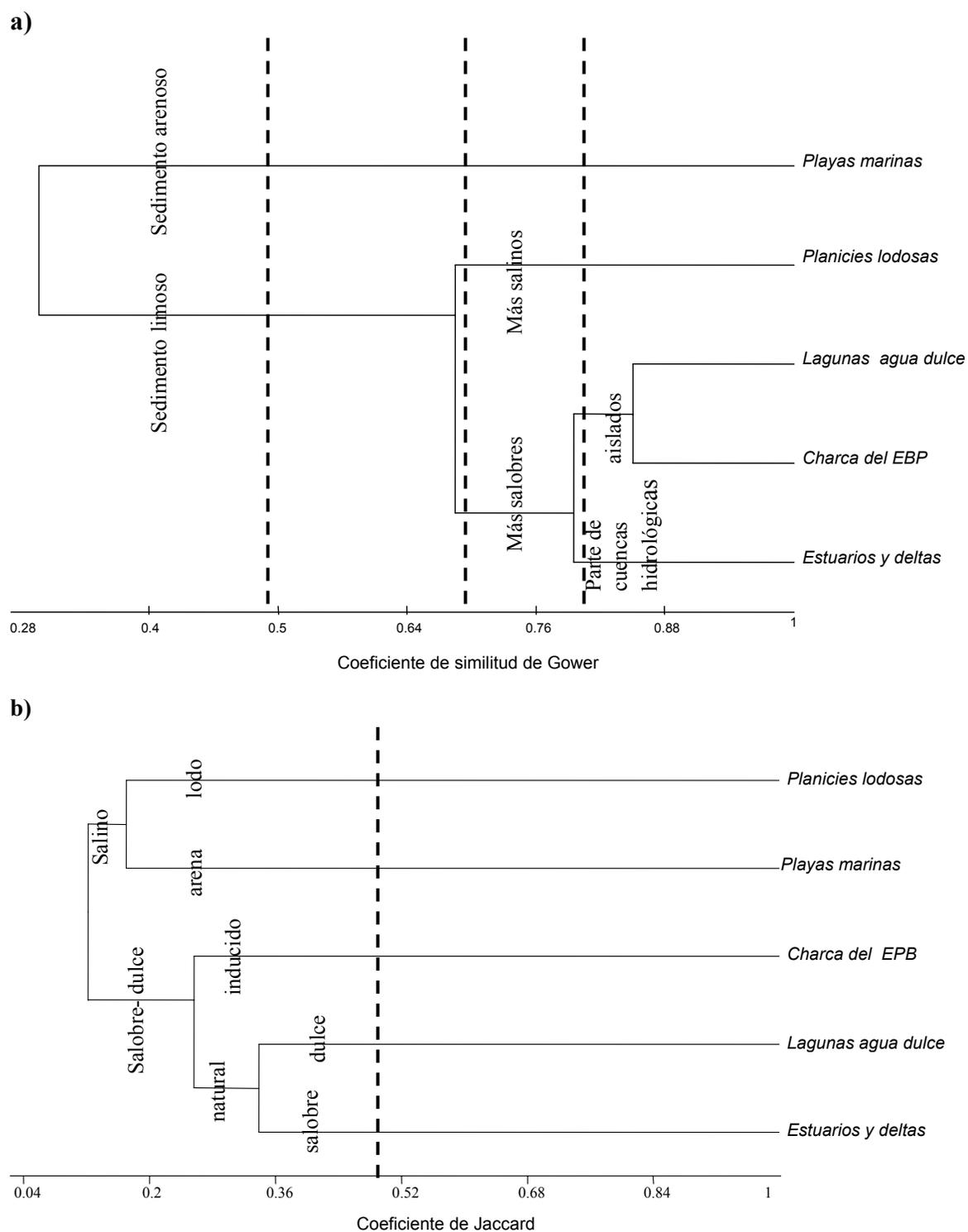


Figura 8. Análisis de similitud de los cinco ambientes estudiados utilizando datos de fauna de fondos blandos. Se muestran dos tipos de análisis de los datos: a) análisis cuantitativo (abundancia) y b) análisis cualitativo (presencia-ausencia).

III.1.2.3 Diversidad Beta

La gráfica de especies acumuladas a medida que se añaden ambientes mostró una pendiente marcada, con una fase constante y una acentuación hacia el final (Fig. 9), indicando que el número de especies a nivel regional (Diversidad Gamma) solo es alcanzado cuando todos los ambientes son considerados. Esto muestra que la adición de hábitat afecta positivamente al número de especies acumuladas a nivel regional.

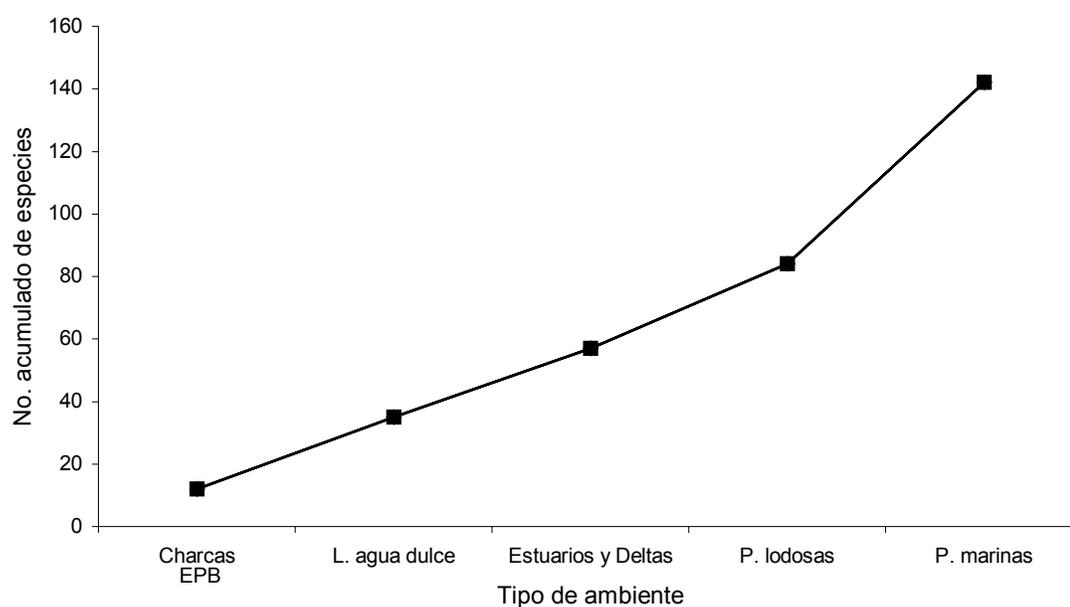


Figura 9. Curva de diversidad Beta entre los cinco ambientes de fondos blandos estudiados. Nótese que al añadir playas marinas el incremento en el número acumulado de especies es notable.

La forma de la gráfica de diversidad beta se relaciona directamente con la singularidad de los ambientes, medida en la proporción de especies exclusivas y de especies compartidas con otros ambientes (Tabla VI).

Como se ve en dicha tabla, a excepción de *charcas*, todos los demás ambientes tuvieron especies exclusivas: *playas marinas* tuvo 58 especies exclusivas de un total de 93, *planicies lodosas* tuvo 19 especies exclusivas de un total de 44, *lagunas de agua dulce* tuvo 11 exclusivas sobre 33 totales, *estuarios y deltas* tuvo 7 exclusivas entre 42 totales.

Tabla VI. Diversidad alfa, número de especies compartidas entre ambientes, y número de especies exclusivas en cada ambiente estudiado.

| | | | Playas marinas | Planicies lodosas | Estuarios y Deltas | Lagunas de agua dulce | Charca del EPB | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|--|--|
| | | Diversidad alfa | 93 | 44 | 42 | 33 | 12 | | |
| | | sp. exclusivas | 58 | 19 | 7 | 11 | 0 | | |
| Especies compartidas | Entre más de 2 ambientes | | 3 | | | | | | |
| | | | 4 | | | | | | |
| | | | 4 | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | |
| | | | 3 | | | | | | |
| | | | 1 | | | | | | |
| | Entre 2 ambientes | | 0 | | | | | | |
| | | Planicies lodosas | 9 | | | | | | |
| | | Estuarios y Deltas | 6 | 5 | | | | | |
| | | Lagunas de agua dulce | 1 | 0 | 3 | | | | |
| | | Charca del EPB | 1 | 0 | 1 | 2 | | | |

* Espacios en gris indican que no hay especies compartidas con ese o esos ambientes

III.1.2.4 Especialidad de Hábitat

Los resultados de la prueba de χ^2 mostraron que las especies presentaron diferencias significativas en la distribución de su abundancia. El criterio de especialidad mostró que la

mayoría de las especies fueron obligadas o facultativas de alguno de los ambientes particulares estudiados.

III.1.2.4.1 Prueba de Chi²

La prueba de Chi² mostró que el 100% de las especies presentaron diferencias significativas en la distribución de su abundancia ($p < 0.05$) (Anexo IV). Debido a que la prueba de Chi² no permitió determinar en que ambientes la abundancia de las especies fue significativamente diferente, se aplicó el criterio de especialidad para especificar los ambientes en donde se encontraron dichas diferencias.

III.1.2.4.2 Criterio de especialidad

En *playas marinas* el 95 % de las especies (38) fueron obligadas de playas marinas, ya que cada una de ellas reunió en ese ambiente del 90 al 100 % de su abundancia total (todos los ambientes juntos). El restante 5% (14 especies) fueron facultativas de playas marinas, ya que cada una reunió en ese ambiente del 50 al 89 % de su abundancia total, estando representadas en otros ambientes con porcentajes menores al 50 % de su abundancia total.

En *estuarios y deltas* el 87 % de las especies (7) fueron obligadas de estuarios y deltas, ya que cada una de ellas reunió en ese ambiente del 90 al 100 % de su abundancia total (todos los ambientes juntos). El restante 13% (1 especie) fueron facultativas de estuarios y deltas, ya que cada una reunió en ese ambiente del 50 al 89 % de su abundancia total, estando representadas en otros ambientes con porcentajes menores al 50 % de su abundancia total.

En *planicies lodosas* 14 especies (82 %) fueron obligadas de planicies lodosas, ya que cada una de ellas reunió en ese ambiente del 90 al 100 % de su abundancia total (todos los ambientes juntos). El restante 18 % (3 especies) fueron facultativas de planicies lodosas, ya

que cada una reunió en ese ambiente del 50 al 89 % de su abundancia total, estando representadas en otros ambientes con porcentajes menores al 50 % de su abundancia total.

En *lagunas de agua dulce* el 67 % de las especies (6) fueron obligadas de lagunas de agua dulce, ya que cada una de ellas reunió en ese ambiente del 90 al 100 % de su abundancia total (todos los ambientes juntos). El restante 33 % (3 especies) fueron facultativas de lagunas de agua dulce, ya que cada una reunió en ese ambiente del 50 al 89 % de su abundancia total, estando representadas en otros ambientes con porcentajes menores al 50% de su abundancia total.

En el caso de la *charca del EPB* no se encontró ninguna especie obligada de charcas, sino que el 100 % de las especies (2) fueron facultativas de charcas, ya que cada una reunió en ese ambiente del 50 al 89 % de su abundancia total, estando representadas en otros ambientes con porcentajes menores al 50 % de su abundancia total ([Anexo V](#)).

III.2 COMPARACIÓN CON OTRA INFORMACIÓN EXISTENTE PARA LOS MISMOS AMBIENTES Y LOCALIDADES

El análisis de agrupamiento de los ambientes con base en datos de las aves playeras mostró bastante correspondencia con los resultados del mismo análisis con base en infauna, aunque la mínima similitud entre ambientes fue mayor, sugiriendo que la singularidad en el uso de los ambientes es menos evidente para aves, y mayor para la infauna. Las relaciones inter-específicas entre los dos sectores de la biota mostraron que las 16 especies de infauna reportadas como presas potenciales de aves playeras se encuentran entre las especies más abundantes de esta tesis.

El análisis de la cartografía en un período de 20 años mostró una tendencia general, en donde el uso de suelo para actividades urbanas, y para actividades agrícolas tiene un gradiente Norte-Sur, siendo mayores las actividades urbanas en el norte y en el sur las actividades agrícolas. Los principales cambios en el uso de suelo en el caso de La lagunita del Ciprés y el Rancho Fernández se deben al crecimiento de la mancha urbana. Para La Misión el principal cambio fue la ruptura del contacto entre el arroyo y la playa arenosa resultando en un cuerpo de agua dulce. Finalmente, la charca del EPB mostró un cambio de ambiente salobre a una planicie de evaporación hipersalina.

III.2.1 Comparación con otra información biológica (aves playeras)

III.2.1.1 Clasificación de los ambientes con base en aves playeras

El dendograma resultante del análisis de agrupamiento cuali-cuantitativo y cualitativo de los ambientes con base en la composición y abundancia de aves playeras mostró lo siguiente. En el caso del análisis de agrupamiento cuali-cuantitativo, al 41 % de similitud, se forman dos grupos: *planicies lodosas* por un lado, y los restantes cuatro ambientes por el otro. Dentro de este segundo grupo hubo una separación, al 46 % de similitud, apartando a *playas marinas* de los otros tres ambientes. Este grupo, a su vez, se dividió al 72% de similitud dejando por un lado a *charca del EPB*, y por otro a *estuarios y deltas* y a *lagunas de agua dulce* con una similitud entre si de 85 %.

De este modo, en un corte al 50% y al 70% de similitud se observa que en ambos niveles se forman tres grupos: por un lado, *planicies lodosas*, el ambiente arenoso (*playas marinas*) y por el otro los tres ambientes mas salobres. En la resolución más fina, al 80 % de similitud,

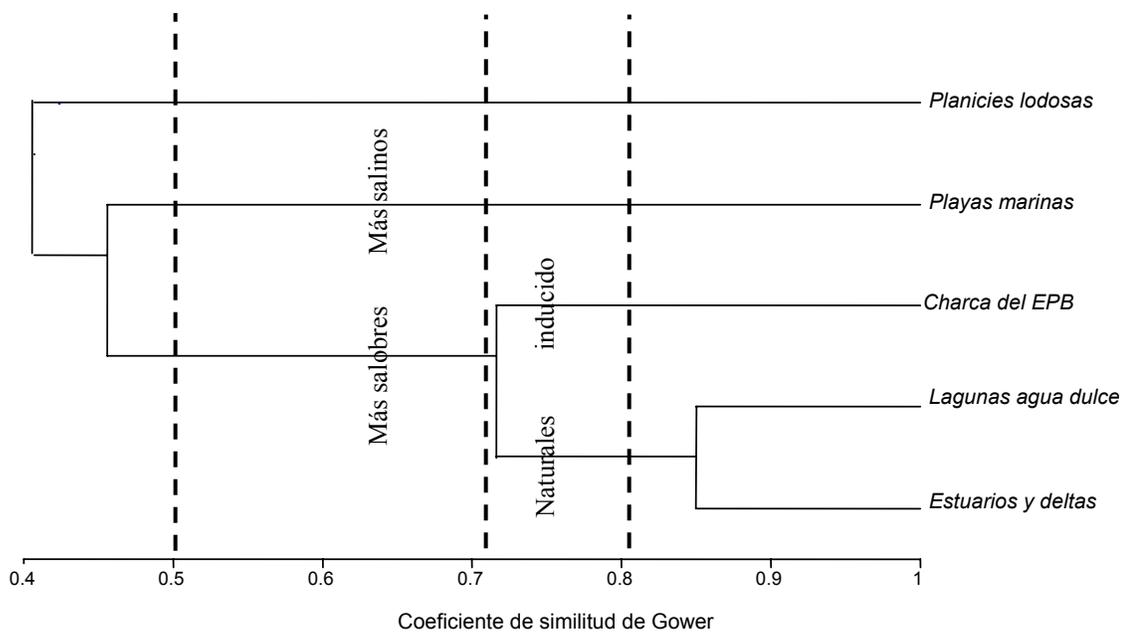
se distinguen cuatro grupos: dos ya señalados (*playas marinas*; *planicies lodosas*) y, dentro de los ambientes más salobres, se encuentra por una lado el ambiente inducido (*charca del EPB*), y por otro los ambientes de origen natural (*lagunas de agua dulce y estuarios y deltas*) ([Fig. 10a](#)).

En el caso del análisis de agrupamiento cualitativo, (solo presencia-ausencia de especies) el dendograma resultante mostró que al 44 % de similitud, ocurrió la primera separación, formándose dos grupos: *lagunas de agua dulce* por un lado, y los restantes cuatro ambientes por el otro. Dentro del segundo grupo, ocurrió la segunda separación, al 52 % de similitud, apartando a la *charca del EPB* de los otros tres ambientes. Este grupo, a su vez, se dividió al 66 % de similitud dejando por un lado a *playas marinas*, y por otro a *estuarios y deltas* y a *planicies lodosas* con una similitud entre si de 73 %.

De este modo, en un corte al 50 % de similitud se forman dos grupos: por un lado, el ambiente dulce (*lagunas de agua dulce*) y por el otro los cuatro ambientes mas salobres-salinos. En un nivel algo más fino, al 60 % de similitud, se distinguen tres grupos: uno ya mencionado (*lagunas de agua dulce*), y dentro de los ambientes salobres-salinos se separa por un lado a los ambientes inducidos (*charca del EPB*), y por el otro a los ambientes de origen natural (*playas marinas, planicies lodosas y estuarios y deltas*).

En la resolución más fina, al 70 % de similitud, se distinguen cuatro grupos: dos ya señalados (*lagunas de agua dulce; charca del EPB*) y, dentro de los ambientes de origen natural, se encuentra por una lado el ambiente con sedimento arenoso (*playas marinas*) y por otro los ambientes con sedimentos más finos (*planicies lodosas y estuarios y deltas*) ([Fig. 10b](#)).

a)



b)

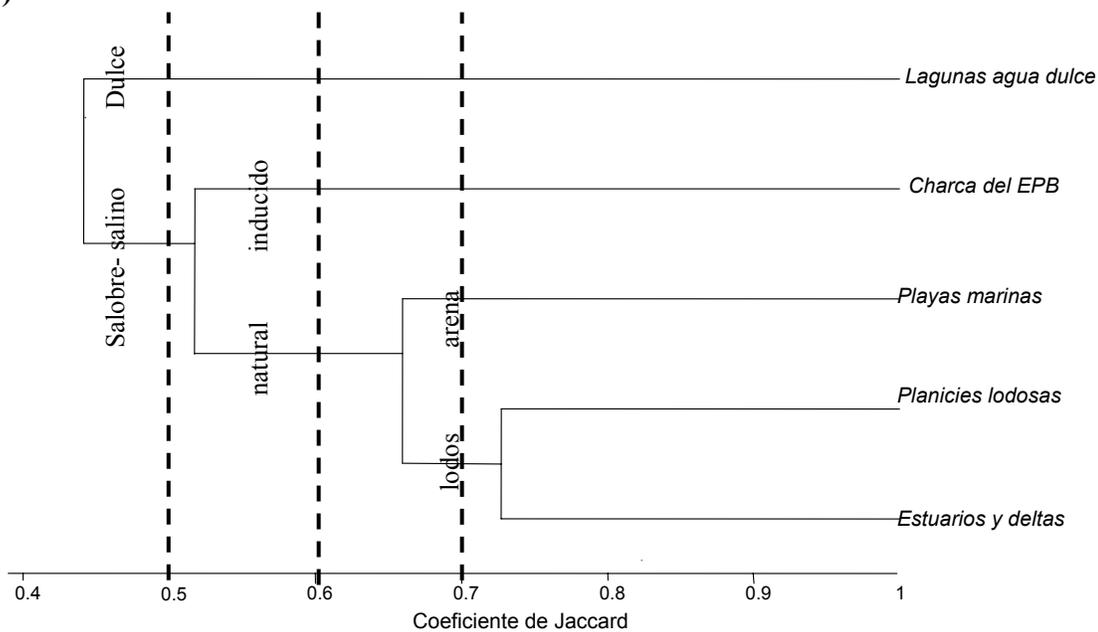


Figura 10. Análisis de similitud de los cinco ambientes estudiados utilizando datos de censos de aves playeras. Se muestran dos tipos de análisis de los datos: a) análisis cuantitativo (abundancia) y b) análisis cualitativo (presencia-ausencia).

III.2.1.2 Comparación entre el uso de los ambientes por parte de la infauna y de aves playeras

El agrupamiento de los ambientes con base en la infauna señala la singularidad de los ambientes, mostrando una diferencia en la composición de especies, muchas especies exclusivas de cada ambiente, y un uso especialista de los mismos. Por tanto, para mantener la diversidad regional de infauna es necesario considerar los cinco tipos de ambiente.

En cambio, el agrupamiento de los ambientes con base en las aves playeras mostró menos singularidad de los mismos, con más especies compartidas entre los diferentes ambientes, y un uso menos especialista de los mismos. Específicamente, los resultados sugieren que los mayores intercambios ocurrirían entre *planicies lodosas* y *estuarios y deltas*, que fueron los ambientes más similares en el agrupamiento, señalando que estos ambientes podrían ser utilizados de manera alternativa si existiera la pérdida de alguno de ellos.

III.2.1.3 Los datos de infauna como insumo para el análisis de relaciones inter específicas

Se documentaron las especies de infauna reportadas como alimento potencial para aves playeras en los ambientes estudiados y se asociaron con el criterio de especialidad para la infauna establecido en esta tesis.

Se encontró que 16 especies/entidades taxonómicas de la infauna fueron reportadas como presas potenciales: una especie en la *charca del EPB*, ocho en *playas marinas*, y nueve en *planicies lodosas*. La totalidad de esas 16 especies. se encuentran entre los organismos más abundantes, y son obligados o facultativos de algún ambiente particular (Tabla VII).

Tabla VII. Presas de la infauna reportadas como alimento potencial para aves playeras. Se anexa información sobre la composición de la infauna encontrada en los ambientes estudiados, y sobre el criterio de especialidad de Croonquist y Brooks (1991) correspondiente a la infauna y, el proporcionado por Contreras (1999) para las aves playeras (*Obligada de playas marinas (OPMa)*; *facultativa de playas marinas (FPMa)*; *facultativa de planicies lodosas (FPLo)*; *facultativa (F)*; *facultativa de estuarios y deltas (FEyD)*).

| INFAUNA | | AVIFAUNA PLAYEROS | |
|---|--|--|---|
| Especie infauna | Datos esta tesis | Playero que consume | Fuente |
| <i>Trichocorixa</i> sp (Insecta, Hemiptera) | Especie <i>facultativa de charcas</i> (reunió en ese ambiente el 76% de su abundancia total, y 24% en estuarios y deltas). 1 ^{er} lugar en charcas (97% de la abundancia relativa), 2 ^{do} lugar en estuarios y deltas (18 % de la abundancia relativa) | <i>Recurvirostra americana</i> ^{a + b} (FPLo) (Avoceta americana) | (^a) Grover y Knof (1982) para lagunas costeras de California (USA). (+) González-Guzmán (1996) en charca EPB (BC, México). (^b) Palacios et al (1991) en el EPB (BC., México). |
| <i>Euzonus mucronata</i> (Polychaeta, Ophellida) | Especie <i>obligada de playas marinas</i> (reunió en ese ambiente el 100 % de su abundancia total, ocupando el 4 ^{to} lugar de abundancia, con 6% de abundancia relativa) | <i>Calidris alba</i> * ^ (OPMa) (Correlimos tridáctilo) <i>Catoptrophorus semipalmatus</i> * (FPMa) (Francolín) <i>Pluvialis squatarola</i> * (FPMa) (Chorlito gris) <i>Limosa fedoa</i> * (F) (La Aguja) <i>Charadrius semipalmatus</i> * (FEyD) (Chorlito semipalmeado) <i>Calidris alpina</i> * (F) (Correlimos común) <i>Limnodromus</i> sp * (FPLo) (Agachonas piquilargo) | (*) López- Uriarte (1994) en Punta Cabra (BC., México): observación directa de consumo de adultos. (^) Ricketts (1985) en California (USA). |
| <i>Orchestoidea corniculata</i> , <i>O. californica</i> , <i>O.</i> spp (juveniles ambas especies) (Crustacea, Amphipoda) | Especies <i>obligadas de playas marinas</i> (reunieron en ese ambiente el 100 % de su abundancia total, ocupando los juveniles el 1 ^{er} lugar de abundancia, con 31 % de abundancia relativa, adultos de <i>O. corniculata</i> el 7 ^o lugar, con 5% de abundancia relativa y, <i>O. californiana</i> el 20 ^o lugar con 1% de abundancia relativa). | <i>C. alba</i> * (OPMa) <i>P. squatarola</i> * (FPMa) <i>L. fedoa</i> * (F) <i>Ch. semipalmatus</i> * (FEyD) <i>Arenaria interpres</i> * (FPMa) (Vuelvepiedras) <i>A. melanocephala</i> * (OPMa) (Vuelvepiedras negro) | (*) López- Uriarte (1994) en Punta Cabra (BC., México): observación directa de consumo de adultos. |

Tabla VII. Presas de la infauna reportadas como alimento potencial para aves playeras. (Continuación)

| INFAUNA | | AVIFAUNA PLAYEROS | |
|---|--|---|--|
| <i>Emerita analoga</i> (Crustacea, Decapoda) | Especie <i>obligada de playas marinas</i> (reunió en ese ambiente el 100 % de su abundancia total, ocupando el 3 ^{er} lugar de abundancia, con 8 % de abundancia relativa) | <i>C. alba</i> * • (OPMa) <i>C. semipalmatus</i> *(FPMa) | (*) López- Uriarte (1994) en Punta Cabra (BC., México): observación directa de consumo de adultos. (•) Myers (1979) |
| <i>Tylos</i> sp (Crustacea, Isopoda) | Especie <i>obligada de playas marinas</i> (reunió en ese ambiente el 100 % de su abundancia total, ocupando el 2 ^{do} lugar de abundancia, con 15 % de abundancia relativa) | <i>A. interpres</i> ≈ (FPMa) <i>A. melanocephala</i> ≈ (OPMa) | (≈) Evans <i>et al</i> (1976) |
| <i>Excirolana</i> sp (Crustacea, Isopoda) | Especie <i>facultativa de playas marinas</i> (reunió en ese ambiente el 76 % de su abundancia total, y 24 % en planicies lodosas). 22 ^{vo} lugar en playas marinas (1% de la abundancia relativa), 10 ^o lugar en planicies lodosas (1 % de la abundancia relativa) | <i>C. alba</i> * • (OPMa) | (*) López- Uriarte (1994) en Punta Cabra (BC., México): observación directa de consumo de adultos. (•) Myers (1979) |
| <i>Bledius</i> sp (Insecta, Coleóptera) | Especie <i>obligada de playas marinas</i> (reunió en ese ambiente el 100 % de su abundancia total, ocupando el 6 ^{to} lugar de abundancia, con 5 % de abundancia relativa) | <i>Charadrius alexandrinus</i> ^{a ∞ *} (FPMa) (Chorlito nevado) | (^a) Grover y Knof (1982) lag. costeras de California (USA). (∞) González- Yajimovich (1993) en el EPB (BC., Méx.). (*) López-Uriarte (1994) en Punta Cabra (BC., México). |
| Mediomastus sp; Notomastus sp; <i>Capitella capitata</i> ; (Polichaeta Capitellidae) | 2 ^o , 22 y 33 lugares por abundancia en planicies lodosas, con 11%, 0.2 % y 0.1% de abundancia relativa. Las dos primeras especies fueron <i>facultativa de planicies lodosas</i> , donde reunieron respectivamente 84 % y 67 % de su abundancia total, con solo 15% en playas marinas la primera especie, y 33 % en estuarios y deltas la segunda. La tercera especies fue <i>obligada de estuarios y deltas</i> , con 95 % de su abundancia total en ese ambiente, y sólo 5 % en planicies lodosas. | <i>L. fedoa</i> (F) <i>C. mauri</i> <i>C. alpina</i> (F) <i>P. squatarola</i> (FPMa) | Maimone-Celorio (2000) , poliquetos y crustáceos como alimento potencial de aves playeras en planicies lodosas del EPB, y observación directa de consumo. |

Tabla VII. Presas de la infauna reportadas como alimento potencial para aves playeras. (Continuación)

| INFAUNA | | AVIFAUNA PLAYEROS | |
|--|--|--|--|
| Magelona californica; Spiophanes missionensis; <u>Polydora</u> sp (Polychaeta, Spionidae) | 7º, 1 y 37 lugares por abundancia en planicies lodosas, con 1 %, 0.2% y 0.08% de abundancia relativa. Las dos primeras especies fueron <i>obligada de planicies lodosas</i> (reunieron respectivamente el 100% y el 92 % de su abundancia total, con solamente 8% en playas marinas la segunda especie). La tercera especie fue obligada de estuarios y deltas (reunió en ese ambiente el 98% de su abundancia total, con solo 0.2% en planicies lodosas). | <u>L. fedoa</u> (F) | Maimone-Celorio (2000) , poliquetos y crustáceos como alimento potencial de aves playeras en planicies lodosas del EPB, y observación directa de consumo. |
| <i>Orbiinidae</i> indet. (Polychaeta) | 42º lugar por abundancia en planicies lodosas, con 0.08% de abundancia relativa. <i>Obligada de planicies lodosas</i> , reunió en ese ambiente el 91% de su abundancia total, con solo 9% en playas marinas. | <u>C. alpina</u> (F) <u>Limnodromus</u> sp. (FPLo) <u>P. squatarola</u> (FPMa) | |
| Cumacea indet. (Custracea, Cumacea) | 8º lugar por abundancia en planicies lodosas, con 0.81% de abundancia relativa. Obligada de planicies lodosas, reunió en ese ambiente el 100% de su abundancia total. | <u>C. mauri</u> (F) | |
| <u>Paraphoxus</u> sp. (Crustacea, Amphipoda) | 9º lugar por abundancia en planicies lodosas, con 0.63% de abundancia relativa. Especie obligada de planicies lodosas, reunió en ese ambiente el 100% de su abundancia total. | <u>C. minutilla</u> (F) <u>Limnodromus</u> sp (FPLo) | |

III.2.2 Contextualización de los sitios en términos de cambios de uso de suelo en el entorno

El análisis de la cartografía mostró dentro de la tendencia general de un gradiente Norte-Sur dos sitios, en los que el cambio en el uso de suelo del entorno podría significar potenciales agentes de cambio en el tipo de ambiente presente. Las visitas de campo a dichos sitios permitieron corroborar lo anterior.

III.2.2.1 Análisis cartográfico

III.2.2.1.1 Tendencias

La secuencia histórica consultada (1973-1999) muestra que a nivel regional y de manera general, existe un gradiente Norte-Sur, con mayor desarrollo urbano en la parte norte (Tijuana y Ensenada), y mayor desarrollo de la agricultura de temporal hacia la región sur, desde Punta Banda y hasta El Rosario.

En la parte norte, el desarrollo urbano se encuentra concentrado en las zonas de Tijuana y Ensenada, mostrando un incremento progresivo no sólo en ambas cabeceras sino también en la zona intermedia (El Descaso, La Misión y La Salina). En general, el desarrollo urbano ha avanzado sobre el matorral costero y, en el caso de Ensenada, sobre playa con dunas. En la parte sur, la agricultura de temporal ha incrementado ligeramente en la secuencia de años observada, y también se notan nuevos manchones aislado de desarrollo urbano. En general, la agricultura ha avanzado sobre áreas con matorral costero deteriorado y/o vegetación escasa. Los asentamientos urbanos se han dado sobre la costa, avanzando sobre matorral

costero, y en la zona de El Rosario ha avanzado sobre terrenos de agricultura a lo largo del arroyo.

III.2.2.1.2 Verificación en sitios selectos

Los resultados de la verificación de campo se presentan en la Tabla VIII y la documentación fotográfica muestra en el [Anexo VI](#).

En uno de los sitios seleccionado cartográficamente (La Misión) la verificación en campo realizada en noviembre del 2004, mostró que desde hace aproximadamente 3 años el arroyo ya no esta en contacto con la playa marina. Se corroboró el avance del desarrollo urbano en la ribera norte, y se observó que el agua es prácticamente dulce y que la composición de la vegetación del entorno es característica de marisma (*nota: se realizó una visita a este sitio en enero del 2005, ver punto IV.5 de la Discusión y [Anexo VI](#)*).

En el otro sitio seleccionado cartográficamente (el Ciprés) se ubicaron dos localidades de interés en esta tesis: “la lagunita del Ciprés” y el “Rancho Fernández”, en ambos sitios la verificación en campo fue realizada en octubre del 2004. En el primero de estos sitios, se corroboró el avance de los asentamientos humanos sobre el lado norte y este, y un avance reciente de desarrollo urbano en la parte sur. En el segundo sitio, la cartografía mostró su desaparición desde 1993 por lo que en la actualidad el uso de suelo en ese sitio es de tipo industrial (*nota: se realizó una visita a este sitio en enero del 2005, ver punto IV.5 de la Discusión y [Anexo VI](#)*).

En el tercer sitio, seleccionado en forma directa, no cartográfica, (charca del EPB), los cambios más evidentes fueron: la conexión creada entre la charca del EPB y el cuerpo de agua del dique, que posiblemente causó que la charca pasara de ser un ambiente dulce a una planicie de evaporación hipersalina.

Tabla VIII. Descripción de los rasgos mostrados en la cartografía, y de las observaciones verificadas en campo en los tres sitios seleccionados.

| | | Razón de la selección | Verificación en campo | Otras observaciones de campo |
|-------------------------------|--------------------|---|---|--|
| Seleccionados por cartografía | Lagunita El Ciprés | En la cartografía comparativa de la zona de Ensenada (1973-1999) se observó que el entorno de <i>vegetación escasa y matorral costero deteriorado</i> fue sustituido por <i>asentamientos humanos</i> en el norte y este principalmente, y por <i>pastizales inducidos</i> (ganadería) en el sur. | Se corroboró el avance de los asentamientos humanos en lados norte y este (casa habitación hacia el norte, industrial hacia el este). En el lado sur se observó la delimitación de un loteo e inicio de construcción de casas-habitación. Esto no había sido percibido en la cartografía, y aparentemente es un avance reciente de los asentamientos humanos sobre lo que figuraba como el extremo norte del manchón de uso ganadero. Presencia de grandes cantidades de desechos de construcción en la ribera norte (posible fuente de constricción del espejo de agua). En la ribera sur, signos de uso como abrevadero por parte de la ganadería (heces, huellas). | En el límite Oeste, sobre el cordón de dunas, evidente uso recreativo sin vigilancia (paso constante de <i>vehículos para todo terreno</i> , botellas rotas, basura, y visitantes marginales). Las señales de deterioro del cordón de dunas por paso de vehículos es muy evidente (aplastamiento de vegetación, huellas permanente fragmentando el espacio). |

| | Razón de la selección | Verificación en campo | Otras observaciones de campo |
|---------------------------|---|--|---|
| La Misión | <p>En la cartografía comparativa 1993-1999 de la zona El Descanso se observa angostamiento del cauce del arroyo, formación de un humedal en la ribera sur, casi sobre la boca del arroyo, avance del desarrollo urbano sobre campos agrícolas en la ribera norte, y avance de agricultura sobre matorral costero en la ribera sur.</p> | <p>Se recorrió el extremo distal de este arroyo. Se observó que no está en contacto con el mar; de modo que la playa marina y el arroyo están completamente separados, sin presencia de delta. Los lugareños informaron que esta situación está así desde hace 3-4 años, se quejaron de la contaminación del agua, por algunos drenajes domésticos directos y acción del ganado; expresaron necesidad de “una buena lluvia” para que el arroyo se cargara, y se limpiara. Se corroboró el avance del desarrollo urbano en la ribera norte. Se observó mayor azolvamiento en la margen norte, y la presencia de dos islotes, no mostrados en la cartografía, hacia la primera curva continental del arroyo.</p> <p>En la ribera sur, se observó una amplia planicie salina en el extremo adyacente a la playa, que es usada para campismo.</p> <p>El agua es prácticamente dulce, y la composición de la vegetación del entorno es típica de marisma (<i>Dystichlis</i>, <i>Juncus</i>)</p> | <p>Se observaron 26 ejemplares de la Avoceta mexicana (<i>Himantopus mexicanus</i>) particularmente sobre la margen sur, más somera, y muchos patos en el espejo de agua.</p> <p>Se observó sobre la playa arenosa una gran cantidad de pequeños cúmulos de macroalgas y pastos marinos (<i>Macrocystis</i>, <i>Pelagophycus</i>; <i>Philoxpadix</i>). Estos cúmulos estuvieron semi-intemperisados, y asociados a ellos se encontraron organismos del género <i>Orchestoidea</i> sp.</p> |
| Seleccionado directamente | <p>Charca dique EPB</p> <p>Rasgo no perceptible en la escala cartográfica utilizada. La visita fue sugerida por conocimiento informal (otros investigadores, y conocedores del EPB) relatando que la charca ya no estaba aislada dentro de la parte sólida del dique, sino que se le había conectado con el cuerpo de agua del mismo.</p> | <p>Se comprobó la presencia de una zanja conectando en forma permanente la charca con el cuerpo de agua del dique. En lugar del pequeño cuerpo de agua existente, sólo se observó una costra blanquecina, propia de una condición hipersalina, y subyacente a ella, lodo maloliente, posiblemente anóxico.</p> | <p>En la charca, dos ejemplares de <i>Limosa</i> sp. y cuatro de <i>Calidris mauris/minutilla</i> picoteando en el fango, así como un ejemplar de <i>Charadrius vociferous</i> y cantidades de pequeños insectos revoloteando en la superficie.</p> <p>Se verificó la existencia de otra “charca” del lado interno de la barra, así como malos olores en el lado oriente del cuerpo del dique, a diferencia con el lado poniente.</p> |

IV. DISCUSIÓN

Los estudios de las comunidades ecológicas atienden particularmente a dos atributos, por un lado la composición de especies y por otro la abundancia. Los cambios en la composición de especies están asociados con grandes cambios en los factores físicos (Magurran, 1987; Barros *et al.*, 2003; Valesini *et al.*, 2004).

Este estudio se enfocó en la descripción y composición de cinco diferentes tipos de ambientes de fondos blandos en el corredor costero Tijuana-El Rosario. En ese sentido, difiere de estudios enfocados a analizar el mismo tipo de ambiente en diferentes localidades (eg., Sinicrope *et al* 2000).

Los resultados de esta tesis aportan principalmente a los grandes cambios en la composición en los cinco ambientes estudiados (*playas marinas, planicies lodosas, estuarios y deltas, lagunas de agua dulce y charca del EPB*). En ese sentido, los datos más claros son los resultantes de análisis basados en diferencias cualitativas, tales como riqueza beta y análisis de agrupamiento cualitativo. Además, esta tesis presenta también un desarrollo bastante completo del repertorio de métodos adecuados para trabajar datos multi-específicos a nivel de ambientes individuales, y a nivel de la comparación entre varios ambientes. En ese sentido, muestra la complementariedad de aproximaciones cuantitativas y cualitativas y, dentro de éstas, la complementariedad entre métodos numérico, tales como índices de diversidad y equitatividad, y métodos gráficos tales como curvas de dominancia y curvas de rarefacción. Igualmente, presenta una panorámica de métodos que relacionan los descriptores comunitarios con hipótesis sobre el rigor ambiental.

Metodológicamente, podría cuestionarse que los datos se hayan trabajado por totales por

tipo de ambiente, sin corrección por el esfuerzo de muestreo. Sin embargo, un ejercicio a posteriori a la defensa de tesis, considerando el esfuerzo de muestreo no mostró diferencias con los resultados obtenidos en esta tesis.

IV.1. DESCRIPTORES DE AMBIENTES INDIVIDUALES, Y DE COMPARACIÓN ENTRE AMBIENTES

El caso de las *planicies lodosas* y de *estuarios y deltas* ilustra dos temas centrales de los índices de diversidad: (1) su comportamiento frente a variaciones en alguna de sus dos componentes (número de especies, número de individuos) y (2) sus limitaciones para reflejar los cambios cualitativos. De igual modo, el caso de esos dos ambientes muestra el valor de los métodos cualitativos como complemento de un valor dado de índice de diversidad.

Planicies lodosas y *estuarios y deltas* tuvieron un valor muy cercano de H' , el mismo valor de reparto, y una ligera diferencia en S . Esto muestra que H' es sensible a cambios en S , aunque sea de sólo dos especies. Sin embargo, fue sólo hasta que se emplearon índices de similitud, que se reveló que estos dos ambientes guardaban poca semejanza entre si, a pesar de lo cercano de sus valores de H' , esto debido a la diferencia en la composición de especies. Este mismo resultado se observó al usar la *diversidad beta*, que pesa solamente los cambios cualitativos, viéndose en ese caso que el tránsito de uno a otro ambiente añadía nuevas especies al registro.

Este ejemplo ilustra, a nivel de los índices de Diversidad, la conveniencia de seguir la recomendación de Hulbert (1971) de presentar por separado los valores de S y de J' , para cada valor de H' , como único modo de entender las razones de su variación. También

ilustra el principio general de que las medidas de diversidad inter-hábitat son el complemento necesario de la diversidad intra-hábitat (Whittaker, 1975; Levin, 1992) y tiene además valor aplicado, porque en el caso en el que se argumentara que no hubo cambios en la comunidad porque los valores de H' son muy cercanos, mostraría las limitaciones de tal argumento.

Los dos métodos utilizados en esta tesis, que incorporan la posibilidad de pesar lo cualitativo, fueron los *índices de similitud* y las *curvas de riqueza beta*. Los primeros, como base de análisis de agrupamiento de los ambientes con base en la composición de especies, y el segundo como expresión gráfica de la respuesta de la riqueza de especies a la incorporación de diferentes ambientes.

El método de agrupamiento es una forma de análisis multivariado que se usa de manera rutinaria en el estudio de comunidades ecológicas. En general, se recomienda utilizarlo en forma complementaria a los análisis de ordenación (Field, 1982) pero Schrimm *et al* (2004) encontraron que el análisis de agrupamiento no sólo confirmó los resultados del análisis de ordenación sino que proporcionó un estimado más preciso de la similitud entre estaciones de muestreo. En el caso de esta tesis, el análisis de agrupamiento se utilizó de manera directa, no como complemento de la ordenación, por tratarse de sólo cinco ambientes, en modo similar a otros autores que comparan pocos puntos en espacio o tiempo (por ejemplo, Machias *et al.*, 2004).

Los análisis de agrupamiento pueden utilizar información cuali-cuantitativa, e información cualitativa. La elección de uno u otro no es excluyente, y de hecho Gauch (1982) aconseja probar varios y escoger el Dendograma más interpretable. Un buen ejemplo de este procedimiento es el trabajo de Alonso-Eguía-Lis (2004) que utilizó el análisis de

agrupamiento cuali-cuantitativo, y de presencia- ausencia, y clasificó los sitios con base en atributos muy variables, tales como abundancia de adultos y de náyades de Odonatos en conjunto y de manera separada. Los dendogramas resultantes fueron utilizados para apoyar diferentes procesos de los sitios estudiados, y el que mejor reflejó la singularidad de los sitios fue aquel realizado con base en presencia ausencia de náyades.

El caso de esta tesis es similar a lo anterior, ya que habiéndose realizado dendogramas con base en datos cualitativos y cuantitativos, se prefirió la interpretación del cualitativo porque resaltó más la singularidad de los ambientes estudiados.

Los análisis de diversidad beta utilizan solamente lo cualitativo. En ese sentido, sus resultados son muy concluyentes para mostrar la *singularidad* de los ambientes, y en el caso de la tesis, fueron los que apoyaron claramente la singularidad mostrada por los dendogramas cualitativos.

El concepto de diversidad beta ha cobrado recientemente mucho auge en los estudios ambientales, por la incorporación de la dimensión paisajística (Arellano y Halffer, 2003). Sin embargo, el concepto es muy antiguo en ecología (Whittaker, 1975) y se relaciona con la heterogeneidad espacial, de tal modo que los métodos de diversidad beta pueden utilizarse aunque no medien grandes distancias geográficas.

Los resultados de esta tesis son similares a los de Sáenz-Chávez (2003) mostrando en forma gráfica la singularidad de los sitios ó ambientes. En cambio, Alonso-Eguía-Lis (2004) prefirió utilizar la diversidad beta en la forma numérica, y asociar sus resultados de diversidad beta con la singularidad demostrada por los análisis de agrupamiento con base cualitativa (sólo presencia-ausencia, lo cual enfatiza lo cualitativo).

IV.2 DESCRIPTORES RELACIONADOS CON EL RIGOR AMBIENTAL

En esta tesis se emplearon dos descriptores que en su concepción incorporan explícitamente la relación con el rigor ambiental. Uno de ellos, las *curvas de rarefacción* (Sanders, 1968), es más conocido, mientras que el otro, el de *rigor-predictibilidad* (Alcolado, 1991), es menos conocido. Lo interesante de estos dos métodos es que se basan en los mismos elementos que componen los índices de diversidad, pero los trabajan gráficamente en relación con el rigor ambiental.

En esta tesis se utilizaron las curvas de rarefacción de la forma tradicional propuesta por Sanders (1968) y no debe confundirse con la modificación de Hulbert (1971) que aunque fue presentada originalmente con el nombre de *curva de riqueza de especies*, figura como *curvas de rarefacción* en algunas publicaciones, (Sinicrope *et al.*, 2000). Sanders (1968) dentro del diseño del método emplea los términos “físicamente controladas” para aquellas comunidades que presentan un rigor ambiental mayor (grandes fluctuaciones en los factores físicos), y “biológicamente acomodadas” para aquellas comunidades en donde el rigor ambiental es menor (factores físicos constantes) siendo las relaciones interespecíficas las que modelan a la comunidad. En ese sentido, en esta tesis se rescata la relación que el método original de Sanders establece entre el posicionamiento de las curvas y el rigor ambiental, siendo en cada caso la tarea del investigador, interpretar los factores de rigor en los escenarios específicos.

Simberloff (1978) resaltó la utilidad de las curvas de rarefacción de Sanders en estudios de contaminación. Herrera y Alcolado (1982) las utilizaron para ilustrar simultáneamente el rigor físico en un gradiente de profundidad y el rigor de la contaminación en un gradiente de distancia a partir del foco de emisión. Muñoz-Palacios (1993) y Persson (1983)

mostraron que el posicionamiento de las curvas de rarefacción se relacionó con la batimetría, de tal forma que las curvas cercanas a la ordenada eran estaciones más profundas, y las curvas con mayor inclinación hacia las abscisas eran las de menor profundidad. En estudios de las comunidades bénticas localizadas en el área de descarga de una termoeléctrica en el Golfo de Follonica (Italia), Crema y Bonvicini (1980) encontraron que los sitios a mayor profundidad, donde el contacto con el efluente fue menor, definían las curvas de rarefacción cercanas a la ordenada, mientras que los sitios más someros, con más contacto con el efluente térmico definía curvas aplanadas hacia la abscisa.

Los resultados obtenidos en esta tesis con las curvas de rarefacción de Sanders son relacionables con el rigor ambiental, cumpliendo uno de los propósitos centrales del método. Asimismo, los resultados con este método fueron similares a los obtenidos a través del método de Rigor-Predictibilidad. En ese sentido, es una aportación haber utilizado ambos métodos, siendo muy sugerente que los resultados de ambos hayan convergido. Por esta razón, se discutirán conjuntamente.

El método de Rigor-Predictibilidad ha sido aplicado en la región por Rodríguez-Villanueva (1997) donde 32 sitios de estudio de fondos submareales de la Bahía Todos Santos quedaron ubicados en cuatro de los campos definidos en el método: *favorable y constante*, *favorable pero no muy constante*, *favorable y casi constante* y, *tensado y no pronosticable*. Encontró que el 70% de sus estaciones se ubicaban en un ambiente favorable y constante, y que el 30% restante se ubicaba en ambientes tensados, bajo la influencia de vertimientos de aguas de desecho, material de dragado, o desechos de cultivo de mejillones.

En el caso de esta tesis, las posiciones de los ambientes en las curvas de rarefacción (*CR*) corresponden con los segmentos a lo largo de la ordenada en el método de rigor-

predictibilidad (*RP*), mientras que el eje de las abscisas del método de *RP* permite introducir un elemento que no está en las *CR*, el de pronosticabilidad. En ese sentido, la curva de *playas marinas* que fue la de menor rigor ambiental en las curvas de rarefacción, correspondió con la zona de *ambiente favorable* en el método de rigor-predictibilidad. El extremo de rigor en las *CR* que fue la *charca del EPB*, correspondió con la zona de *ambiente muy tensado* en la ordenada del método de *RP*, mientras que los tres ambientes restantes se ubicaron en el rigor intermedio de *CR*, y entre *tensado* y *muy tensado* en el método de *RP*.

Con base en lo anterior puede interpretarse que *playas marinas* es el ambiente más favorable, porque, a pesar de tener un rigor físico reconocido tal como: abrasión por el movimiento de la arena, oleaje, exposición y evaporación por acción de la marea, esas condiciones son constantes.

En los tres ambientes intermedios, en cuanto a rigor ambiental definido por *CR*, *estuarios y deltas* y *lagunas de agua dulce*, el rigor podría interpretarse en términos de las fluctuaciones temporales que tienen esos ambientes, que pasan por periodos completos en que no se desarrollan básicamente por escasez de lluvias. Para *planicies lodosas* el factor de rigor no es tan claro.

El caso de la *charca del EPB* por ser un ambiente derivado secundariamente de las actividades antropogénicas, y que se encontraba en su quinto año de formación en el momento en que fueron generados los datos que se analizaron en esta tesis, podría considerarse un ambiente recién formado y en procesos de colonización, lo cual explicaría el bajo número de especies y la alta dominancia. La idea de que se trata de etapas iniciales de la colonización sería apoyada por el trabajo de González-Guzmán (1996) en el cual a lo

largo de un ciclo anual, la *charca del EPB* mostró un incremento en el número de especies de playeros que la utilizaron como sitio de alimentación.

IV.3 DESCRIPTORES/ PRUEBAS RELACIONADOS CON ESPECIALIDAD DE HÁBITAT

En esta tesis se emplearon dos métodos para describir, en cada especie, que tan homogénea o heterogénea era la distribución de sus individuos en los diferentes ambientes. Estos métodos fueron *la prueba estadística de Chi²* (Zar, 1999) y un método menos conocido *el criterio de especialidad* (Croonquist y Brooks, 1992).

El primer método (Chi²) es adecuado cuando se tienen datos totales en los que existen conteos para diferentes condiciones (Zar, 1999). La prueba de Chi² fue empleada por López-Uriarte et al (1997) para identificar cuales especies de playeros tenían abundancia significativamente diferente en dos playas adyacentes. Igualmente, Velázquez-González (2003) utilizó esta prueba para explorar los patrones de abundancia de los anfípodos *Orchestoidea californiana* y *O. corniculata* en playas arenosas donde los cúmulos de macroalgas constituyen un presunto factor de heterogeneidad espacial, encontrando diferencias significativas en la distribución de la abundancia de las dos especies en las dos condiciones contrastantes (bajo macroalgas, y fuera de macroalgas).

En esta tesis, por haberse contrastado cinco ambientes diferentes, los resultados de la Chi cuadrada fueron menos claros que en los dos ejemplos precedentes, en los cuales se contrastaron solamente dos sitios y dos condiciones. En ese sentido, resalta que la prueba indica si existen diferencias cuantitativas, pero no indica el o los ambientes en los cuales la

distribución es heterogénea. Por lo tanto, fue particularmente adecuado haber complementado con el *criterio de especialidad* (Croonquist y Brooks, 1991).

El método antedicho fue diseñado para evaluar los efectos de las actividades humanas sobre hábitat críticos para comunidades de aves y mamíferos en humedales, y trabaja con el porcentaje de la abundancia total que ocurre en cada uno de los diferentes tipos de hábitat. Sin ser una prueba estadística, es interesante porque agrupa las categorías de abundancia relativa en denominaciones conocidas en la biología clásica, que reflejan grados de especialidad en el uso de los recursos (eg., *especies obligadas*, *especies facultativas*).

Por haber sido diseñada para efectos de conservación, posee la aproximación operativa para evaluaciones de grandes espacios con métodos relativamente sencillos que puedan soportar decisiones rápidas sobre los hábitat, sin perjuicio de estudios futuros más profundos. Este método fue aplicado en la región por Contreras (1999) para determinar el grado de especialidad en el uso de hábitat por parte de las aves playeras, y enlazar los resultados con proyecciones de la vulnerabilidad de la biota frente a disturbios específicos que implicaran desaparición de hábitat (modelo de Kolasa, 1989).

En esta tesis ambas pruebas fueron complementarias ya que la prueba de Chi^2 indicó que la abundancia de todas las especies fue significativamente diferente en los ambientes estudiados, y el criterio de especialidad mostró que la mayoría de las especies fueron obligadas o facultativas de alguno de los cinco ambientes estudiados. A su vez, los resultados fueron útiles para relacionarlos con las relaciones interespecíficas y cambios en el uso de suelo que se discutirán en los siguientes incisos.

IV.4 RELACIONES INTER ESPECÍFICAS

Con anterioridad a esta tesis las relaciones de consumo entre aves playeras e infauna de ambientes intermareales había sido referida en varias ocasiones.

González-Yajimovich (1993) y Escofet y Espejel (1999) relacionaron la abundancia de *Charadrius alexandrinus* en la playa externa de la barra del estero de Punta Banda (BC, México) con la presencia del coleóptero Staphylinidae *Bledius* sp. Igualmente, López-Uriarte (1994) y López-Uriarte *et al.* (1997) refinaron la relación entre *Ch. alexandrinus* y *Bledius* sp. en Punta Cabra (BC, México) mostrando que la mayor abundancia del playero en la Playa Norte correspondía con mayor abundancia del insecto. Los mismos autores documentaron en forma directa, en la misma localidad, la relación de consumo entre: *Limosa fedoa*, *Calidris alba*, *C. alpina*, *Catoptrophorus semipalmatus* y *Pluvialis squatarola* sobre el Poliqueto Ophelidae *Eozonus mucronata*; la de *C. semipalmatus* sobre el Crustáceo Anomuro *Emerita análoga*, y la de *C. alba*, *P. squatarola*, *L. fedoa*, *Charadrius semipalmatus*, *Arenaria interpres* y *A. melanocephala* sobre el complejo *Orchestoidea* sp.

En la *charca del EPB*, González-Guzmán (1996) sospechó la relación entre *Recurvirostra americana* y el hemíptero *Trichocorixa* sp, aunque no se identificó al organismo de la infauna. También señala que la abundancia de *C. mauri* difícilmente tendría la misma razón, por su menor tamaño, y debería asociarse con presas más pequeñas, como larvas y pupas de Dípteros Ceratopogonidae o de Coleópteros, que también son muy abundantes y de menor tamaño que *Trichocorixa* sp. Posteriormente Palacios *et al* (1991) interpretaron que la abundancia de ese hemíptero estaba asociada a la abundancia de la avoceta americana (*R. americana*) en la *charca del EPB*.

Finalmente, Maimone-Celorio (2000), y Maimone-Celorio y Mellink (2003) mencionan que en planicies lodosas del EPB, *L. fedoa* se alimentó sobre poliquetos de las familias Onuphidae, Capitellidae y Spionidae, sobre el bivalvo *Macoma* sp y sobre anfipodos. *Numenius americanus* y *N. phaeopus* se alimentaron sobre el cangrejo *Uca crenulata*, *C. semipalmatus* se alimentó del bivalvo *Macoma* spp. y de cangrejos, y *P. squatorola* del gasterópodo *Bulla gouldiana* y de bivalvos.

Los datos de esta tesis contribuyen a este tipo de relaciones específicas con un refinamiento de la abundancia relativa de las especies de infauna y su grado de especificidad con el hábitat, mostrando que las 16 presas citadas como alimento de playeros figuran entre los organismos más abundantes de los ambientes estudiados, y son generalmente especies obligadas o facultativas de ese ambiente.

IV.5 VERIFICACIÓN DEL CAMBIO EN EL USO DE SUELO

El interés por los cambios en el uso de suelo es una constante en los estudios costeros orientados a la evaluación y conservación de hábitat, porque dichos cambios pueden ser tanto o más importantes que los forzamientos naturales como agentes de cambio (Croonquist y Brooks, 1991; Cohen *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2004).

Los resultados de esta tesis indican que el tipo de hábitat más afectado fue el de lagunas de agua dulce, que estaba representada por dos casos (LC y RF) y actualmente se reduce a uno solo (LC). Para explorar el modo en que eso repercutiría sobre la dinámica de los organismos estudiados en esta tesis, pueden incorporarse los siguientes argumentos.

En primer lugar, el ambiente *lagunas de agua dulce* contribuye con 11 especies de infauna exclusivas, de tal modo que su desaparición reduciría en 11 la riqueza regional que

actualmente es de 142 especies. En segundo lugar el ambiente es el menos representado en la región, con solo dos sitios en el momento del estudio, de tal modo que la probabilidad de su desaparición es alta. En ese sentido, aparte de destacar lo prioritario del mantenimiento de la lagunita del Ciprés, es muy interesante que al momento de escribir esta tesis se haya encontrado en una cartografía a escala mucho más detallada (Hinojosa, 2002) un pequeño espacio que sugiere la presencia de un ambiente similar. Esto abre las puertas a estudios a escala cartográfica adecuada, incluyendo la inspección directa en campo, para detectar espacios compensatorios, similares a las pequeñas pozas agrícolas, y a su efecto sobre las poblaciones de anfibios, reportadas por Knutson *et al* (2004). Igualmente, habría que monitorear la formación temporal de ese tipo de ambiente en la orilla continental de la carretera durante temporadas de fuertes lluvias, tales como las detectadas en 1993 (Escofet, Leyva-Aguilera, Gonzales-Guzmán *com. per*).

El modo en que todo lo anterior afectaría a las aves playeras puede explorarse teniendo en cuenta que el ambiente *lagunas de agua dulce*, a diferencia de lo que sucede con la infauna, no tiene ninguna especie de playero obligada de ese ambiente. De tal manera, los efectos cualitativos no serían tan drásticos sino más bien de tipo cuantitativo, posiblemente similares a los reportados por Contreras (1999) mostrando que, en la eventual desaparición del ambiente *lagunas de agua dulce*, la avoceta mexicana *Himantopus mexicanus* sería afectada en un 45 % de su abundancia, ya que por ser una especie facultativa de ese ambiente, reúne allí el 45 % de su abundancia total, y el porcentaje restante en hábitat tales como *estuarios y deltas* y *planicies lodosas*. Es decir, el efecto sobre este playero no implica su desaparición, sino más bien que se concentraría en los otros hábitat. En ese sentido, esta observación coincide con lo encontrado en esta tesis durante la corroboración

en campo del arroyo La Misión, sitio clasificado como ambiente *estuario y delta*, donde se observó un gran número de individuos de la avoceta mexicana.

Los restantes ambientes (*estuarios y deltas, planicies lodosas, playas marinas y la charca del EPB*) no se pueden relacionar directamente con los cambios en el uso de suelo documentados (agricultura y desarrollo urbano), sino más bien se pueden relacionar con fluctuaciones naturales.

La importancia de las fluctuaciones naturales en la región, se confirmaría con los cambios observados en enero del 2005 en La Lagunita del Ciprés y en el arroyo La Misión como resultado de las intensas lluvias registradas al inicio del año (Anexo VI).

En la Lagunita del Ciprés, el crecimiento del espejo de agua interrumpió el camino vecinal del lado norte, y en el lado sur alcanzó el camino al nuevo fraccionamiento descrito en resultados.

A partir de esto, puede verse que el caso de la se ajusta al de un típico humedal dulceacuícola depresional (Lemly, 1997): cuerpos aislados, no formalmente conectados con un sistema hidrológico, y alimentados solamente por escorrentías superficiales y precipitaciones, en el caso de la Lagunita del Ciprés solamente por precipitaciones.

En el caso del arroyo La Misión, el incremento sustancial en el volumen de agua que se concentra en la boca del arroyo, provocó que los habitantes cuyas viviendas se ubican cercanas a la ribera, realizaran faenas en el lado sur debajo del puente de la carretera, para permitir la libre conexión del arroyo con el mar, con la finalidad de disminuir la cantidad de agua concentrada. Estas observaciones corroboran el hecho de que no fue suficiente el forzamiento natural para romper la berma arenosa que limitaba el contacto con la playa arenosa.

V. CONCLUSIONES

- [En relación con el Objetivo General](#). Los cinco ambientes de fondos blandos estudiados en el corredor costero Tijuana-El Rosario forman un mosaico regional cuya singularidad puede revelarse a través de métodos específicos que incluyan los componentes cuantitativos y cualitativos de la biota.
- [En relación con el Objetivo 1](#). A nivel de cada uno de los ambientes, los índices numéricos adquieren mayor valor descriptivo cuando permiten observar separadamente el número de especies y el reparto de los individuos entre las mismas, así como cuando son complementados por descriptores gráficos.
- [En relación con el Objetivo 2](#). Para que las comparaciones entre ambientes a nivel regional sean complementarias de los datos a nivel de ambientes individuales, es indispensable utilizar métodos que trabajen los cambios cualitativos, y métodos numéricos para describir especialidad de hábitat. Lo mismo se aplicaría, aunque no fue trabajado en esta tesis, si se hicieran comparaciones regionales entre parches de un mismo tipo de ambiente.
- [En relación con el Objetivo 3](#).
 - 3.1. Cuando las diferencias entre ambientes descansan sobre diferencias estructurales, como tipo de sedimento, es esperable que todos los segmentos de la fauna muestren singularidad, aunque ésta no sea con la misma intensidad.
 - 3.2. Los cambios temporales que pueden ocurrir en ambientes individuales, y que eventualmente modificaran el mosaico espacial, pueden ser anticipados solo parcialmente por mapas de cambio de uso de suelo, y no excluyen las certificaciones directas en campo.

VI. LITERATURA CITADA

- Alcolado, M. P. 1992. Sobre la interpretación del ambiente marino mediante el empleo de los índices de diversidad y equitatividad. *Ciencias Biológicas*. 24:124-127p.
- Alonso-Eguía-Lis, E. P. 2004. Ecología de las asociaciones de Odonata en el área de influencia de las microcuencas afectadas por la presa Zimapán, Querétaro e Hidalgo. *Tesis Doctor en Ciencias-Recursos Bióticos. Universidad Autónoma de Querétaro*. Facultad de Ciencias Naturales. Querétaro, Querétaro, México. 218pp.
- Arellano, L. y G. Halfiter. 2003. Gamma Diversity: derived from and a determinant of Alfa Diversity and Beta Diversity, an analysis of three tropical landscapes. *Acta Zoológica Mexicana*. 90:27-76p.
- Bakus, J. G. 1989. The marine biology of southern California. Occasional papers of the Allan Hancock Foundation. L.A. California. (7):61pp.
- Barros, F., A. J. Underwood y P. Archambault. 2004. The influence of troughs and crest of ripple marks on the structure of subtidal benthic assemblages around rocky reefs. *Estuarine Coastal Shelf Science*. 60:781-790p.
- Brown, J. H. 1994. Grand challenges in scaling up environmental research. *En* W. K. Michener, J. W. Brunt y S. G. Stafford (eds). *Environmental Information Management and Analysis: Ecosystem to Global Scales*. Taylor and Francis, London. 21-26p.
- Calderón, L. 1992. Análisis de la infauna béntica de Bahía San Quintín, Baja California, con énfasis en su utilidad en la evaluación de impacto ambiental. *Ciencias Marinas*. 18(4):27-46p.
- Cohen, M. J., S. Carstenn y C. R. Lane. 2004. Floristic quality indices for biotic assement of depressional marsh condition in Florida. *Ecological Applications*. 14(3):784-794p.

- Contreras, R. 1999. Exploración del modelo de estructura jerárquica del ambiente (Kolasa, 1989) en la zona costera del pacífico de Baja California, México. *Tesis Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)*. Dep. Ecología. Ensenada, Baja California, México. 68pp.
- Crema, R y A. M. Bonvicini. 1980. The structure of benthic communities in an area of thermal discharge from a coastal power station. *Marine Pollution Bulletin*.11:221-224p.
- Croonquist, M. y R. Brooks. 1991. Use of avian and mammalian guilds as indicators of cumulative impacts in riparian-wetland areas. *Environmental Management*. 15(5):701-714p.
- Davis, J.1986. Statistics and data analysis in Geology. 2nd edition. John Wiley and sons (eds).USA. 645pp.
- Escofet, A. y I. Espejel. 1999. Conservation and management-oriented ecological research in the coastal zone of Baja California, México. *Journal of coastal conservation*. Sweden. 5:43-50p.
- Escofet, A., J. C. Burgueño., S. González y E. Palacios. 1993. Hábitat no tradicionales para aves playeras en el corredor migratorio del Pacífico: Conservación y manejo. Reporte final. Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (Humedales para las Américas). Baja California, México.
- Escofet, A. 2004. Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la Zona Costera de México: un enfoque sistémico-paisajístico de multiescala. *Tesis de Doctorado en Oceanografía Costera, UABC*. México, 260pp.
- Field, J.G., R.K.Clarke y M.R.Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distributions patterns. *Marine Ecology Progress Series*. 8:37-52pp.

- Gauch, H. G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press. New York. 356pp.
- González-Guzmán, S. 1996. Aves playeras migratorias del estero de Punta Banda, Baja California, a través de un ciclo anual. *Tesis profesional. Universidad Autónoma de Baja California (UABC)*. Facultad de Ciencias. Ensenada, B.C., México. 77pp.
- González-Yajimovich, O. E. 1993. Efectos ecológicos y geomórficos de la destrucción del sistema de dunas costeras en la barra del estero de Punta Banda, Baja California, México. *Tesis de Maestría. CICESE*. Ensenada, B.C., México. 50pp.
- Gray, J. 1981. The Ecology of marine sediments: an introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge studies in modern biology. New York, 177pp.
- Herrera, A. y P. M. Alcolado. 1982. Efecto de la contaminación sobre las comunidades de gorgonáceos en el litoral habanero. III simposio sobre contaminación marina. La Habana, Cuba.
- Hinojosa, A. 2002. Poster Ensenada Ikonos, espaciograma. Depto. Geología, *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)*.
- Hernández-Alcántara, P. 2002. Composición y estructura de las comunidades de poliquetos (*Annelida: Polychaeta*) bénticos de la plataforma continental del Golfo de California. *Tesis Doctor en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México*. México, D. F. 196pp.
- Hurlburt, S. H. 1971. The nonconcept of species diversity and evenness indices. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 54:559-564p
- Knutson, G. M., W. B. Richardson, D. M. Reineke, B. R. Gray, J. R. Parmelee y S. E. Weick. 2004. Agricultural ponds support amphibian populations. *Ecological Applications*. 14(3):669-684p.

- Levin, S. A. 1995. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73 (6): 1943-1967p.
- Lemly, Dennis, A. 199. Risk assessment an environmental management tool: considerations for freshwater wetlands. *Environmental Management* 21(3): 343-358p.
- López, U. E. 1994. Infauna de dos playas arenosas adyacentes a punta cabras (B.C., México) y su relación con el “corredor migratorio del pacífico”. *Tesis Maestría en Ciencias. CICESE*. Dep. Ecología. Ensenada, Baja California, México. 107pp.
- López-Uriarte, E., A. Escofet., E. Palacios y S. González. 1997. Migrant shorebirds at sandy beaches located between two major wetlands on the pacific coast of Baja California (México). *Natural Areas Journal*. 17:212-218p.
- Machias, A., J. Karakassis., M. Labropoulou., S. Somarakis., K. N. Papadopoulou y C. Papaconstantinou. 2004. Changes in wild fish farming zone in a oligotrophic marine ecosystem. *Estuarine Coastal Shelf Science*. 60:771-779p.
- Magurran, A. E. 1987. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral. España. 200pp.
- Maimone-Celorio, M. R. 2000. Uso de las planicies lodosas del estero de punta banda, B.C. por las aves playeras migratorias y su relación con la marea y el bentos. *Tesis Maestría en Ciencias. CICESE*. Dep. Ecología. Ensenada, Baja California, México. 89pp.
- Maimone-Celorio, M.R. y E. Mellink. 2003. Shorebirds and benthic fauna of tidal mudflats in Estero de Punta Banda, Baja California, México. *Bull. Southern California Acad. Sci.* 102(1):26-38p.

- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CYTED), Oficina regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO (ORCYT-UNESCO), Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). *Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Hidalgo, México. (1): 83pp.
- Muñoz-Palacios, L. E. 1993. El sistema bentónico sublitoral en las costas de la frontera México-EUA del Pacífico norte: campañas TOES (febrero 1987). *Tesis Maestría en Ciencias. CICESE*. Dep. Ecología. Ensenada, Baja California, México. 150pp.
- Palacios, E., A. Escofet y D. Loya Salinas. 1991. El Estero de Punta Banda, B.C., México como eslabón del “Corredor del Pacífico”: abundancia de aves playeras. *Ciencias marinas* 17(3):109-131p.
- Pereira, M. H., H.C. Gretchen y J. Roughgarden. 2004. A framework for assessing the relative vulnerability of species to land-use change. *Ecological applications*. 14(3):730-742pp.
- Perssons, LE. 1983. Temporal and spatial variation in coastal macrobenthic community structure, hand bay (Southern Baltic). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 68(1):277-293pp.
- Pielou, E. 1975. Ecological diversity. *A wiley-interscience publication*. Halifax, Nueva Escocia. 165pp.
- Pielou, E. 1984. The interpretation of Ecological Data: A Primer Classification and Prdination. A Wiley-Interscience-Publication. USA.263pp.
- Rodríguez, C. 1972. Las comunidades bentónicas: Fundación La Salle Lid Ciencias Naturales (Ced) Ecología Marina. Monografía No. 14. *Fundación La Salle Lid Ciencias Naturales*, Caracas. 111pp.

- Rodríguez, V. V. 1997. Estudio de la comunidad de anélidos poliquetos de la bahía Todos Santos, Ensenada, Baja California, (México). *Tesis Maestría en Ciencias. CICESE*. Dep. Ecología. Ensenada, Baja California, México. 140pp.
- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist*. 102:243-282p.
- Sáenz-Chávez, M. O. M. 2003. Sitios Ramsar en el Perú: aplicación de técnicas selectas de análisis eco-regional orientado a la gestión y manejo de áreas naturales protegidas. *Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California (UABC)*. Facultad de Ciencias. Ensenada, B. C., México. 146pp.
- Schrimm, M., R. Buscail y M. Adjeround. 2004. Spatial variability of biogeochemical composition of surface sediments in an insular coral reef ecosystem; Moorea, French Polynesia. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 69:515-528p.
- Simberloff, D. 1978. Use of rarefaction and related methods in ecology. En K. L. Dickson, J. Cains y R. J. Livingston (eds). *Biological Data in Water Pollution Assessment: Quantitative and Statistical Analyses*. American society for testing and materials. 150-165p.
- Sinicrope, T. T., P. K. Dayton y S. E. Ibarra-Obando. 2000. Tidal flat macrofaunal communities and their associated environments in estuaries of southern California and northern Baja California, México. *Estuaries*. 23(1):97-114p.
- Scott, D. y M. Carbonell. 1986. Inventario de Humedales de la región neotropical. *IWRB Slimbridge y UICN*. Cambridge, England. 714pp.
- Tellez, D. M. 1988. Paleoecología comparativa de moluscos del pleistoceno en localidades continentales e insulares de Baja California, México. *Tesis Maestría en Ciencias. CICESE*. Dep. Ecología. Ensenada, Baja California, México. 101pp.

- Turner, M. G., G. J. Arthaud, R. T. Engstrom, S. J. Hejl, J. Liu, S. Loeb y K. McKelvet. 1995. Usefulness of spatially explicit population models in land management. *Ecological Applications* 5 (1): 12-16p.
- Valesini, F. J., I. C. Potter y K. R. Clarke. 2004. To what extent are the fish composition at nearshore sites along a heterogeneous coast related to habitat type?. *Estuarine Coastal Shelf Science*. 60:737-754p.
- Velázquez-González, B. B. 2004. Distribución y estructura poblacional de dos especies congénéricas del anfípodo *Orchestoidea* spp en relación con los cúmulos de macroalgas depositadas en la playa de Punta Cabras, B.C. *Tesis Maestría en Ciencias. CICESE*. Dep. Ecología. Ensenada, Baja California, México. 91pp.
- Vegas, V. M. 1980. Introducción a la Ecología del bentos marino. 2^{da} edición. *Serie de Biología*. Montevideo, Uruguay (9): 98pp.
- Westman, W. E. 1885. Ecology, Impact Assessment, and Environmental Planning (Parte 5, Predicting Impacts: The Biota, sección 11, Species and Landscape Diversity). John Wiley & Sons, New York, 532pp.
- Whittaker, R. 1975. Communities and ecosystems. 2^{da} edición. Macmillan publishing. New York. 385pp.
- Zar, H.J. 1999. Biostatistical analysis. Cuarta edición. *Prentice Hall*, New Jersey, E.U. 663pp.

VII. ANEXOS

ANEXO I. PRUEBAS PRELIMINARES CON EL USO DE DESCRIPTORES DE COMUNIDADES ECOLÓGICAS

a) Examen del curso de “Ecología Avanzada de Zonas Áridas”.

1.- ¿Qué programas tienen la capacidad para obtener curvas de rarefacción?

Los programas para obtener las curvas de rarefacción son: Primer, Anacom y Biodiversity Pro.

2.-¿ Qué significan las expresiones “comunidades físicamente controladas” y “comunidades biológicamente acomodadas”?

El término Físicamente controladas se refiere a comunidades expuestas a mucho rigor ambiental es decir están influenciadas por cambios bruscos de factores físicos, tales como la profundidad, oleaje, mareas etc. Esto se puede representar en un gráfico, el cual es llamado curvas de rarefacción; donde se asocian # de individuos y # de especies con el grado de rigor ambiental, en general las curvas resultantes estarían inclinadas o cerradas sobre la abscisa (Fig. 11).

En cuanto al término de biológicamente acomodadas, este se refiere a comunidades que están sometidas a poco rigor físico, es decir no están expuestas a cambios bruscos de factores ambientales; las especies crecen según sus propias capacidades (competencia) y de lo que las demás especies las dejan hacer (depredación). Al representar en un gráfico de rarefacción estas comunidades están dirigidas a la ordenada.

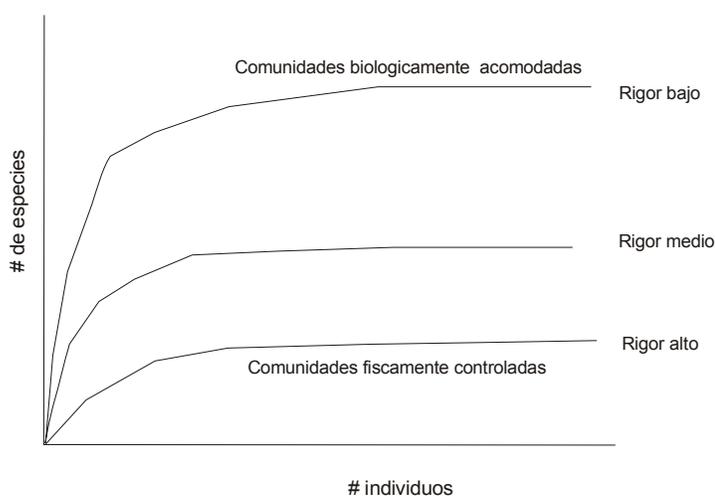


Figura 11 Comportamiento teórico de las Curvas de rarefacción, relación entre # de individuos y # de especies.

3.- ¿El calcular la diversidad regional me ayuda a decidir si se conserva un sitio u otro?

No, el solo calculo de la diversidad regional no es suficiente para tomar una decisión de conserva un sitio u otro, es necesario apoyarnos en otros descriptores de la comunidad, como son riqueza alfa, curva de riqueza beta, índices cualitativos y cuantitativos. En su conjunto todos estos elementos nos dan un panorama mas completo y de esta manera tomar la decisión que menor efecto tenga sobre la comunidad.

4.- Dada una situación como la de la tabla IX. Dar los valores de riqueza Alfa (α), dar el valor de riqueza Gama (γ) o diversidad regional y graficar la curva de riqueza Beta (β)

Tabla IX. Ejercicio mostrando los datos de abundancia de 20 especies en tres diferentes sitios.

| Sitios \ Especies | A | B | C |
|------------------------------------|----|----|----|
| 1 | 10 | | |
| 2 | 10 | | |
| 3 | 10 | | |
| 4 | 10 | | |
| 5 | 10 | | |
| 6 | 10 | | 10 |
| 7 | 10 | | 10 |
| 8 | 10 | | 10 |
| 9 | 10 | | 10 |
| 10 | 10 | | 10 |
| 11 | | 10 | 10 |
| 12 | | 10 | 10 |
| 13 | | 10 | 10 |
| 14 | | 10 | 10 |
| 15 | | 10 | 10 |
| 16 | | 10 | |
| 17 | | 10 | |
| 18 | | 10 | |
| 19 | | 10 | |
| 20 | | 10 | |
| Riqueza α | 10 | 10 | 10 |
| Diversidad Regional | 20 | | |

Como se observa en esta tabla la riqueza alfa es igual para cada uno de los sitios (10 especies). La diversidad regional es de 20 especies

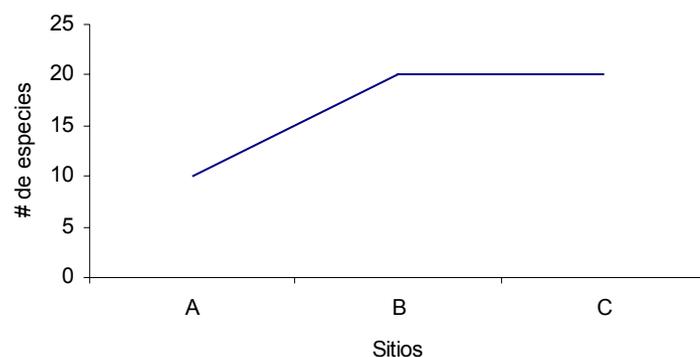


Figura 12. Curva de *Diversidad Beta* de tres diferentes sitios, con una diversidad regional de 20 especies.

En la figura. 12 se muestra la curva de diversidad beta, en ella se observa que el sitio A cuenta con 10 especies, el sitio B contribuye con 10 especies más y el sitio C no contribuye con ninguna especie nueva.

Con base en lo anterior contesta la siguiente pregunta: Si no hubiera alternativa para conservar todos los hábitat y necesariamente hubiera que perder uno de ellos, ¿Cuál sería el hábitat que podría desaparecer ocasionando la menor pérdida posible a la riqueza regional?

El hábitat que menor pérdida de especies ocasionaría sería el “C”. La diversidad regional o diversidad gamma de los tres sitios es de 20 especies. Al eliminar el sitio C la diversidad regional se mantiene ya que, cinco de las especies del sitio C están compartidas con el sitio A y las otras cinco están compartidas con el sitio B. Lo anterior se apoya en la curva de riqueza Beta en donde se observa que el sitio A tiene 10 especies nuevas, el sitio B agrega otras 10 especies y el sitio C no agrega ninguna especie. Por lo tanto la desaparición de este sitio no afecta la diversidad regional.

5.- En el lado oeste de la Sierra Nevada de California, cuatro especies de ardillas del género *Eutamias* ocupan hábitat adyacentes de los cuales una y otra especie se excluyen por agresión directa. En las montañas de San Jacinto del sur de California, otras tres especies de *Eutamias* también ocupan hábitat adyacentes, pero no se observa agresión interespecífica; cada especie simplemente permanece en su mismo hábitat. ¿Cuál de esos dos conjuntos o elencos dirías que es el más viejo? ¿Por qué?.

El conjunto de ardillas más viejo es el que se encuentra en el lado oeste de la Sierra Nevada de California. Al paso del tiempo las poblaciones comienzan a crecer demandando más alimento y espacio, por lo tanto las relaciones interespecíficas se ven afectadas incrementándose la competencia por dichos recursos.

b) Ejercicios de aplicación e interpretación de diferentes escenarios donde se pueden aplicar descriptores comunitarios.

6.- A ocurrido un disturbio ambiental por causa antropogénica, la empresa responsable alude que no hay problema por que la diversidad antes del evento y después del evento es la misma. La matriz de resultados se presenta en la tabla X. Calcula el índice de Diversidad (H'), equidad (J') y de similitud, e indica si este es suficiente resultado para justificar a la empresa.

Tabla X. Matriz de resultados del disturbio ambiental ocurrido. Se muestran la lista de especies y su abundancia.

| Especies | Sitio A | Sitio B |
|-----------|---------|---------|
| 1 | 10 | |
| 2 | 10 | |
| 3 | 10 | |
| 4 | 10 | |
| 5 | 10 | |
| 6 | 10 | |
| 7 | 10 | |
| 8 | 10 | |
| 9 | 10 | |
| 10 | 10 | |
| 11 | | 10 |
| 12 | | 10 |
| 13 | | 10 |
| 14 | | 10 |
| 15 | | 10 |
| 16 | | 10 |
| 17 | | 10 |
| 18 | | 10 |
| 19 | | 10 |
| 20 | | 10 |
| H' | 1 | 1 |
| S | 10 | 10 |
| J' | 1 | 1 |
| N | 100 | 100 |

La similitud encontrada entre estos dos sitios fue igual a 0. Se obtuvo este resultado a pesar de que los dos sitios tienen un índice de diversidad exactamente igual ($H'=1$). Sin embargo, los dos sitios contienen un elenco de especies totalmente diferentes por tanto los sitios no se parecen entre sí.

Los resultados obtenidos muestran que en cada sitio hay 100 individuos con 10 especies, repartidas de manera equitativa ($J'=1$). En este ejercicio se ejemplifica como los índices de diversidad por su estructura no permiten ver cambios cualitativos.

Con estos resultados la empresa se puede amparar diciendo que no hay cambios en la diversidad de especies, sin embargo como se puede observar el cambio en la comunidad fue total

7.- Dada una matriz de datos como la siguiente, calcula el índice de diversidad, equidad y similitud y genera la curva de dominancia para cada sitio.

Tabla XI. Matriz de datos de 20 especies distribuidas en dos sitios, para realizar el cálculo de H' , J' y similitud.

| Especie | Sitio C | Sitio D |
|-----------|---------------|---------------|
| 1 | 50 | |
| 2 | 25 | |
| 3 | 10 | |
| 4 | 5 | |
| 5 | 5 | |
| 6 | 1 | |
| 7 | 1 | |
| 8 | 1 | |
| 9 | 1 | |
| 10 | 1 | |
| 11 | | 50 |
| 12 | | 45 |
| 13 | | 40 |
| 14 | | 35 |
| 15 | | 30 |
| 16 | | 25 |
| 17 | | 20 |
| 18 | | 15 |
| 19 | | 10 |
| 20 | | 5 |
| H' | 0.6311 | 0.9342 |
| S | 10 | 10 |
| J' | 0.6311 | 0.9342 |
| N | 100 | 275 |

Como se observa en la Tabla XI En cada uno de los sitios se cuenta con 10 especies. En el sitio C se tienen 100 individuos y en el sitio D 275 individuos.

El índice de diversidad en cada sitio es diferente siendo el sitio D más diverso que el sitio C. Este resultado se observa debido a que en el sitio D el reparto es mucho mayor (0.93) que en otro sitio (0.63) y considerando que para obtener el índice de diversidad se deben tomar en cuenta tanto la riqueza específica (d) como el reparto (J') y al estar el sitio D repartido más proporcionalmente la diversidad por tanto es mayor.

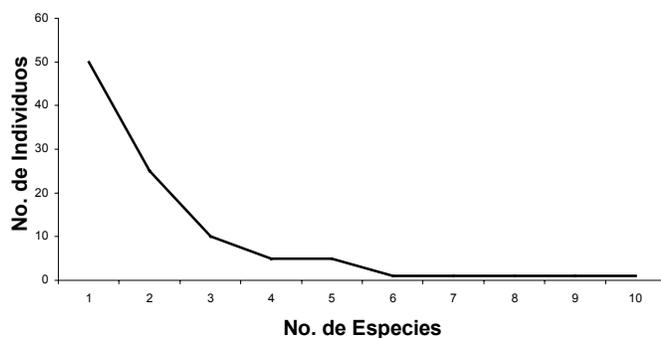


Figura 13. Curva de dominancia Sitio C

Como se observa en la Fig 13. hay dominancia de la especie 1, le siguen las especies 2 y 3, y el resto de especies presenta solo un individuo. Por el contrario en la Fig. 14 la pendiente de la

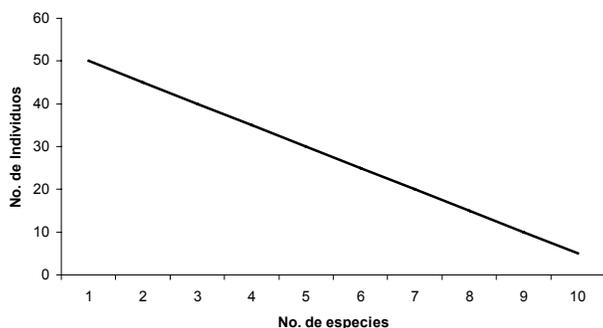


Figura 14. Curva de dominancia sitio D.

curva cae de forma lineal indicando el reparto proporcional que presenta este sitio.

ANEXO II. PRUEBAS PARA VER EL GRADO DE RESOLUCIÓN DE DIFERENTES PROGRAMAS DE CÓMPUTO FRENTE A UN MISMO JUEGO DE DATOS.

El propósito general de este inciso es mostrar que las preguntas de investigación en el nivel de organización de los seres vivos que conocemos como comunidades ecológicas hay un abanico de técnicas que en conjunto permiten estructurar una respuesta ala pregunta que tengo, ninguno de estos métodos por si solos permite esta estructuración. Se realizaron dos ejercicios que, en conjunto, permitieron familiarizarse y profundizar en el conocimiento de los programas de computación y de los descriptores como herramienta para el análisis de comunidades, para de esta manera poder manejar con mayor facilidad y con menos errores la base de datos a utilizar en el desarrollo de la tesis.

a) Exploración de datos cualitativos (presencia / ausencia).

La idea que oriento este inciso es que mediante la aplicación de métodos adecuados es posible obtener información adicional a partir de datos poco estructurados y/o respaldados solo por descripciones verbales. Por ejemplo, un simple listado de especies, sin ninguna expresión numérica de abundancia, puede aumentar su capacidad descriptiva si se utilizan los métodos adecuados.

En primer lugar se trabajo un caso publicado donde los únicos datos que se tenían eran una lista de especies de fauna en tres localidades diferentes (Calderón-Aguilera y Campoy-Favela, 1993) y, no como lista si no como parte del texto, referencias verbales de uso de suelo en las localidades.

El ejercicio consistió en darle forma estructurada a la lista de especies, en formalizar las expresiones verbales sobre uso de suelo, y aumentar la capacidad descriptiva de los datos mediante el uso de descriptores específicos.

a.1) Organización de datos originales de manera tratable en diferentes programas de computación para el análisis de comunidades ecológicas

Para iniciar el análisis de la comunidad se organizaron los datos de este trabajo en una tabla estructurada, organizada en modo de mostrar la presencia de las diferentes especies en cada una de las localidades y de esta manera permitir el análisis con varios programas de computación para análisis de comunidades.

a.2) Organización de datos de uso de suelo expresados en forma verbal para ser tratados de manera analítica

En este caso particular de estudio en cada una de las localidades se contó con la descripción de diferentes atributos tales como: descarga de agua contaminada y modificación antropogénica, entre otros. A cada uno de estos atributos se les asignó una escala de 0 y 1 para indicar respectivamente ausencia o presencia de ese atributo, y los números 1, 2 y 3 para indicar el grado (poco, mediano y mucho) (tabla XII). Esta codificación se realizó con la finalidad de asociar la información contenida en la descripción de los sitios de estudio a la lista de especies en cada localidad, a través de paquetes de computación para el análisis de comunidades ecológicas.

Tabla XII. Codificación de atributos en cada sitio de estudio (0= ausencia, 1= presencia, 2= mediano, 3= mucho)

| SITIOS | Lobos | Algodones | Guásimas |
|--|-------|-----------|----------|
| Descarga de agua contaminada | 3 | 2 | 0 |
| Modificación antropogénica | 3 | 2 | 0 |
| Manglar | 1 | 0 | 1 |
| Marisma | 0 | 1 | 0 |
| Distancia de Guaymas | 100 | 80 | 60 |
| Fácil acceso | 1 | 0 | 1 |
| Difícil acceso | 0 | 1 | 0 |
| Poblados de pescadores | 1 | 0 | 1 |
| Sobre explotación pesquera Jaiba | 1 | 0 | 1 |
| Máximo nivel de explotación Camarón | 1 | 0 | 0 |
| Máximo nivel de explotación Ostión | 1 | 0 | 0 |
| Máximo nivel de explotación Cayo de hacha | 1 | 0 | 0 |
| Descarga de agua contaminada del río Yaqui | 0 | 1 | 0 |
| Descarga de drenes agrícolas | 1 | 0 | 0 |
| Descarga de drenes domésticos | 1 | 0 | 0 |
| Basura | 1 | 0 | 0 |

a.3) Selección de los métodos de análisis de comunidades apropiados a los datos existentes.

Los datos se encontraban del siguiente modo: la lista de especies estaba expresada en presencia/ ausencia y los datos de uso de suelo pudieron ser expresados como presencia o ausencia (1 y 0), y de acuerdo a su grado (poco, mediano, mucho). Una vez identificadas las escalas y los grados de las diferentes variables se desprendió la búsqueda de métodos de similitud adecuados.

En principio, se encontró que al nivel de comunidad ecológica el tipo de dato existente (presencia/ ausencia en tres diferentes sitios) se puede tratar con el índice de Jaccard que utiliza especialmente este tipo de datos. Sin embargo, si se deseara analizar también los datos de uso de suelo se encontró

que este índice no sería apropiado; ya que los datos de uso de suelo estaban expresados en diferentes escalas, para esto se encontró que el índice de Gower en palabras propias del autor permite analizar datos conjuntamente cuyo estado se expresa en diferentes escalas. Una vez generado el agrupamiento se buscó observar el cambio en la composición de especies a escala regional a través de la diversidad Beta que permite apreciar este cambio con datos relativamente pobres.

a.4) Principales resultados obtenidos

Los resultados obtenidos con el índice de Gower (Fig. 15) muestran que la bahía de las Guásimas y el estero los Algodones son los sitios más parecidos entre sí, y que la bahía de Lobos es el sitio menos parecido. Es importante mencionar que los autores de este trabajo destacan el hecho de que Bahía de Lobos a pesar de ser el sitio más contaminado tuvo la mayor cantidad de especies. Sin embargo con este análisis se muestra que la diferencia es cualitativa, que hay una lista de especies totalmente diferente a la encontrada en Guásimas y Algodones.

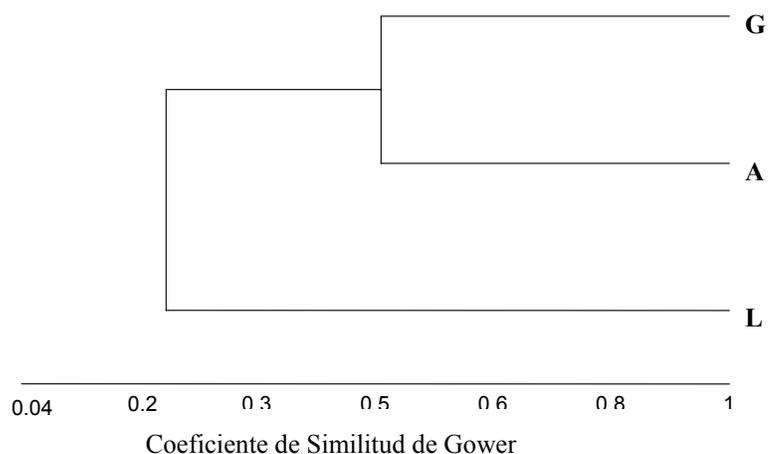


Figura 15. Dendrograma del análisis de agrupamiento utilizando datos de invertebrados en tres sitios del estado de Sonora

En la tabla XIII se muestran los resultados obtenidos en la diversidad alfa (diversidad de especies de cada sitio), las especies exclusivas de cada uno de los sitios y las especies comunes entre localidades.

Tabla XIII. Diversidad alfa, especies exclusivas y especies comunes entre sitios

| | Lobos | Algodones | Guásimas |
|--|-------|-----------|----------|
| Diversidad alfa (α) | 232 | 111 | 152 |
| sp. exclusivas | 88 | 14 | 27 |
| sp. comunes | 68 | | |
| sp. compartidas | 24 | | |
| | | 5 | |
| | 52 | | |

En la Fig. 16 se muestran que el cambio en el número de especies al pasar de Bahía de Lobos al Estero los Algodones es pequeño solo se agregan 19 nuevas especies. Como se observa en esta gráfica el sitio con mayor riqueza específica es bahía de Lobos.

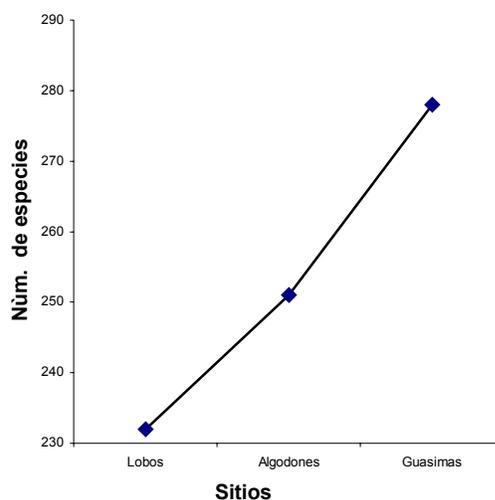


Figura 16. Curva de diversidad Beta de invertebrados de tres localidades del estado de Sonora

Como se mostró en este ejercicio se puede agregar información a un simple listado de especies sin expresión numérica de abundancia, información que muestra las diferencias cualitativas entre sitios utilizando las herramientas adecuadas a los datos existentes.

b) Exploración de datos cuantitativos (lista de especies mas alguna medida de abundancia)

La finalidad de explorar este ejercicio es familiarizarse con las herramientas de análisis de comunidades para datos donde se tiene alguna media de abundancia y obtener con las herramientas adecuadas información adicional a los datos ya publicados. Para este ejercicio, se utilizaron datos publicados de tres comunidades macrofaunales y sus ambientes asociados en estuarios del Sur de California y el norte de Baja California (Sinicrope *et al.*, 2000). Los hábitat de estudio incluyeron dos localidades de interés para el trabajo de tesis (Estero de Punta Banda y Bahía San Quintín).

b.1) Organización de datos originales de manera tratable en diferentes programas de computación para el análisis de comunidades ecológicas

El ejercicio consistió en darle forma estructurada a los datos y aumentar su capacidad descriptiva con el uso de los métodos específicos. Los datos originales se encontraban organizados en un listado de especies y su promedio de abundancia. Estos datos se transformaron a números enteros y se organizaron de tal manera que la base de datos pudiera ser tratable de manera analítica por cualquier programa.

b.2) Selección de los métodos de análisis de comunidades apropiados a los datos existentes.

Los datos se encontraron como promedios de abundancia para cada especie en cada sitio. Una vez organizados se transformaron a números enteros y se obtuvieron los valores de los descriptores adecuados al uso de una lista de especies mas alguna medida de abundancia. Primero se buscaron los descriptores que permitieran trabajar con estas condiciones y se encontró que los índices de diversidad y equidad son específicos para este caso. Una vez obtenidos los valores de los descriptores se busco un método que al comparar diferentes localidades la diversidad pudiera analizarse en tamaños comparables con la finalidad de minimizar el sesgo provocado por las variaciones en el tamaño de muestra. Uno de los métodos gráficos utilizado para estos fines es el de curvas de rarefacción de Sanders (1968). Finalmente una vez obtenidos los descriptores y la curva de rarefacción se busco un método de agrupamiento adecuado a estos fines.

b.3) Principales resultados obtenidos

En la Tabla XIV se muestran los resultados obtenidos con los descriptores. Como se observa en esta tabla los sitios que presentaron una mayor diversidad y un valor mayor del reparto fueron bahía Falsa (San Quintín) y bahía Misión, y los menos diversos fueron los del estero de Punta Banda (La boca y Campo Chanoc).

Tabla XIV. Resultados obtenidos con el índice de diversidad de Shannon-Wiener y los elementos asociados a su cálculo.

| | Muestra | Diversidad (H') | Equidad (J') | S (Num. de especies) | N |
|-----------------------|---------------|-----------------|--------------|----------------------|-----|
| | Bahía Misión | 1.223 | 0.754 | 42 | 288 |
| Estero de Punta Banda | La Boca | 0.611 | 0.47 | 20 | 135 |
| | Campo Chanoc | 0.968 | 0.643 | 32 | 151 |
| Bahía San Quintín | Tombolo | 1.096 | 0.684 | 40 | 354 |
| | Bahía Falsa | 1.264 | 0.812 | 36 | 143 |
| | Este Kenton | 0.887 | 0.736 | 16 | 74 |
| | Marisma norte | 1.03 | 0.746 | 24 | 87 |

En la figura 7 se muestra la curva de rarefacción obtenida, en donde se corroboran los resultados obtenidos con el índice de diversidad de Shannon-Wiener, siendo Bahía Misión y Bahía Falsa los sitios mas diversos.

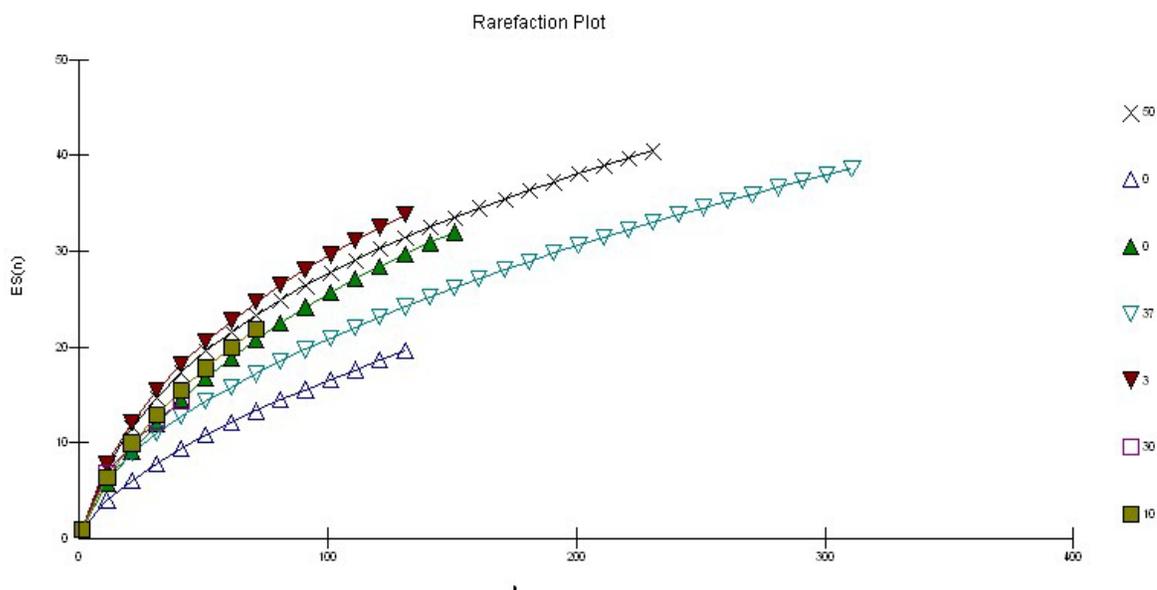


Figura 7. Curva de rarefacción del número esperado de especies para cada localidad de estudio

ANEXO III. DATOS ORIGINALES DE CENSOS DE AVES PLAYERAS EN EL CORREDOR COSTERO TIJUANA-EL ROSARIO (CONTRERAS, 1999).

| Habitats | Playas marinas | | | | | | | | | | | | | | Estuarios y deltas | | | | | | | | Lagunas y bañados costeros, de agua salobre o salada | | | | Lagunas de agua dulce | | Total | | | | | |
|----------------------------|---------------------|---------|-------------|-----------|-----------|-----------|------|-------------|-------------------|-----------------|----------|-----------|-------------|------------|--------------------|-------------|-----------|--------------------|-------------|----------|-----------|-------------|--|-------|--------------|-----------|-----------------------|-------|-------------|-------|------------------|-----------|-------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P. lodosas naturales | | artificiales | | | | | | | | | |
| Localidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Especie | Sn. Antonio del Mar | Popotla | El Descanso | La Misión | La Salina | El Ciprés | EPB | Santo Tomás | Punta Cabra Norte | Punta Cabra sur | Eréndira | San Telmo | Santa María | El Rosario | Total | El Descanso | La Misión | Ext. Universitaria | Santo Tomás | Eréndira | San Telmo | Santa María | El Rosario | Total | EPB | La Salina | Bahía San Quintín | Total | Charca, EPB | Total | Rancho Fernández | El Ciprés | Total | |
| Calidris mauri/minutilla | 7 | 4 | 0 | 0 | 18 | 0 | 506 | 0 | 7 | 11 | 50 | 0 | 0 | 0 | 603 | 1 | 14 | 255 | 0 | 11 | 20 | 0 | 5 | 306 | 2502 | 92 | 45 | 2639 | 2123 | 2123 | 0 | 34 | 34 | 5772 |
| Calidris alba | 40 | 40 | 12 | 54 | 62 | 0 | 4036 | 0 | 232 | 267 | 32 | 0 | 0 | 0 | 4775 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 123 | 0 | 0 | 123 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4931 |
| Limosa fedoa | 40 | 1 | 8 | 10 | 22 | 0 | 278 | 1 | 29 | 89 | 37 | 4 | 2 | 0 | 521 | 30 | 0 | 31 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 77 | 3798 | 0 | 44 | 3842 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4815 |
| Catoptrophorus semipalmat | 113 | 1 | 13 | 7 | 23 | 0 | 459 | 0 | 33 | 58 | 76 | 3 | 0 | 0 | 786 | 36 | 0 | 10 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 52 | 1928 | 0 | 67 | 1995 | 6 | 6 | 0 | 1 | 1 | 2935 |
| Calidris alpina | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 1 | 0 | 87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 | 1019 | 0 | 0 | 1019 | 479 | 479 | 0 | 0 | 0 | 1640 |
| Limnodromus spp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 0 | 49 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 61 | 831 | 26 | 95 | 952 | 0 | 0 | 1 | 50 | 51 | 1321 |
| Pluvialis squatarola | 18 | 1 | 16 | 4 | 20 | 0 | 122 | 0 | 43 | 38 | 59 | 1 | 0 | 0 | 322 | 6 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 36 | 634 | 0 | 30 | 664 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1050 |
| Charadrius alexandrinus | 4 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 | 294 | 0 | 6 | 6 | 10 | 0 | 0 | 0 | 327 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 449 | 2 | 0 | 451 | 38 | 38 | 0 | 1 | 1 | 825 |
| Arenaria interpres | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 297 | 0 | 7 | 1 | 5 | 11 | 0 | 0 | 321 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 350 | 0 | 0 | 350 | 14 | 14 | 0 | 0 | 0 | 685 |
| Recurvirostra americana | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 58 | 0 | 0 | 58 | 358 | 358 | 0 | 13 | 13 | 434 |
| Numenius phaeopus | 7 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 78 | 14 | 6 | 1 | 6 | 0 | 120 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 233 | 0 | 11 | 244 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 415 |
| Calidris canutus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 15 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 264 |
| Numenius americanus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 190 | 0 | 0 | 190 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 244 |
| Charadrius semipalmatus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 24 | 12 | 0 | 0 | 0 | 53 | 0 | 0 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 | 1 | 0 | 0 | 1 | 73 | 73 | 0 | 2 | 2 | 171 |
| Arenaria melanocephala | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 75 | 25 | 0 | 0 | 0 | 165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169 |
| Himantopus mexicanus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 12 | 8 | 17 | 0 | 25 | 3 | 3 | 1 | 98 | 99 | 156 |
| Charadrius vociferus | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 | 5 | 46 | 1 | 4 | 22 | 0 | 14 | 3 | 95 | 2 | 4 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 22 | 22 | 142 |
| Charadrius wilsonia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 111 | 111 | 0 | 0 | 0 | 115 |
| Tringa melanoleuca | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 6 | 2 | 0 | 5 | 7 | 78 | 78 | 0 | 0 | 0 | 91 |
| Tringa flavipes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 0 | 0 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 |
| Aphriza virgata | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 |
| Actitis macularia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| Heteroscelus incanus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Calidris himantopus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Numero total de individuos | 225 | 50 | 50 | 76 | 150 | 0 | 6324 | 3 | 533 | 604 | 316 | 20 | 8 | 0 | 8359 | 81 | 60 | 500 | 4 | 96 | 22 | 17 | 8 | 788 | 12228 | 141 | 297 | 12666 | 3287 | 3287 | 3 | 231 | 234 | 26309 |
| Numero total de especies | 8 | 7 | 5 | 5 | 6 | 0 | 13 | 2 | 15 | 16 | 12 | 5 | 2 | 0 | 20 | 7 | 2 | 13 | 1 | 11 | 2 | 3 | 2 | 18 | 20 | 5 | 7 | 20 | 13 | 13 | 3 | 9 | 10 | 24 |
| Número total de censos | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 6 | 39 | 1 | 11 | 11 | 3 | 1 | 1 | 1 | 83 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 14 | 39 | 3 | 1 | 43 | 39 | 39 | 1 | 6 | 7 | 218 |

ANEXO IV. SE MUESTRA, LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES EN CADA UNO DE LOS AMBIENTES, Y LA ABUNDANCIA TOTAL DE CADA ESPECIE. TAMBIÉN SE MUESTRA EL VALOR DE PROBABILIDAD (*P*) DE LA PRUEBA ESTADÍSTICA DE χ^2 .

| Especie | Estuarios y Deltas | Playas marinas | Charca del EPB | Lagunas de agua dulce | Planicies lodosas | Totales | <i>P</i> |
|---|--------------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------------|---------|----------|
| Oligochaeta indet. | 1591 | 632 | 0 | 18887 | 12 | 21122 | 0 |
| Orchestoidea sp. | 1 | 19054 | 0 | 0 | 3 | 19058 | 0 |
| Trichocorixia sp | 4231 | 0 | 13593 | 3 | 0 | 17827 | 0 |
| Nematoda indet. | 336 | 3007 | 0 | 3906 | 8291 | 15540 | 0 |
| Ostracoda indet | 14253 | 20 | 2 | 472 | 66 | 14813 | 0 |
| Tylos sp. | 0 | 9305 | 0 | 0 | 17 | 9322 | 0 |
| Diptera (pupas y larvas) | 125 | 3622 | 112 | 829 | 151 | 4839 | 0 |
| Emerita analoga | 0 | 4593 | 0 | 0 | 0 | 4593 | 0 |
| Euzonus mucronata | 0 | 3927 | 0 | 0 | 0 | 3927 | 0 |
| Bledius sp | 5 | 3338 | 0 | 0 | 2 | 3345 | 0 |
| Orchestoidea corniculata | 0 | 3096 | 0 | 0 | 0 | 3096 | 0 |
| Diptera, ceratopogonidae (pupas y larvas) | 709 | 788 | 157 | 50 | 44 | 1748 | 0 |
| Ephydriidae indet. | 3 | 1699 | 2 | 1 | 0 | 1705 | 0 |
| Mediomastus sp. | 0 | 251 | 0 | 0 | 1334 | 1585 | 0 |
| Staphylinidae sp | 0 | 1453 | 0 | 8 | 4 | 1465 | 0 |
| Donax sp. | 0 | 1234 | 0 | 0 | 0 | 1234 | 0 |
| Harpacticoida indet. | 106 | 10 | 0 | 11 | 664 | 791 | 0 |
| Coleóptera (pupas y larvas) | 10 | 718 | 1 | 7 | 0 | 736 | 0 |
| Halacaridae indet. | 0 | 639 | 0 | 0 | 0 | 639 | 0 |
| Cercyon sp. | 0 | 635 | 0 | 0 | 0 | 635 | 0 |
| Thinoseius sp. | 0 | 527 | 0 | 0 | 0 | 527 | 0 |
| Capitella capitata | 452 | 0 | 0 | 0 | 13 | 465 | 0 |
| Acarina indet. | 18 | 414 | 0 | 8 | 5 | 445 | 0 |
| Conchostraca indet. | 0 | 0 | 0 | 421 | 0 | 421 | 0 |
| Tanaidacea indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 385 | 385 | 0 |
| Dero furcatus | 0 | 0 | 0 | 382 | 0 | 382 | 0 |
| Phaleria rotundata | 5 | 373 | 0 | 0 | 0 | 378 | 0 |
| Aphididae indet | 1 | 0 | 0 | 319 | 0 | 320 | 0 |
| Excirolana sp. | 2 | 226 | 0 | 0 | 70 | 298 | 0 |
| Cyclopoida indet. | 54 | 0 | 0 | 242 | 0 | 296 | 0 |
| Polydora sp. | 292 | 0 | 0 | 0 | 1 | 293 | 0 |
| Orchestoidea californiana | 0 | 277 | 0 | 0 | 1 | 278 | 0 |
| Diptera, Ephydriidae (pupas y larvas) | 263 | 0 | 0 | 0 | 1 | 264 | 0 |
| Porcellio litorina | 0 | 0 | 0 | 0 | 241 | 241 | 0 |
| Synchelidium sp. | 0 | 225 | 0 | 0 | 0 | 225 | 0 |
| Nyctunguis heathii | 0 | 224 | 0 | 0 | 0 | 224 | 0 |
| Collembola indet. | 5 | 209 | 0 | 6 | 0 | 220 | 0 |
| Nemertea indet. | 20 | 52 | 0 | 0 | 46 | 118 | 0 |
| Magelona californica | 0 | 0 | 0 | 0 | 111 | 111 | 0 |

| Especie | Estuarios y Deltas | Playas marinas | Charca del EPB | Lagunas de agua dulce | Planicies lodosas | Totales | P |
|---------------------------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------------|---------|-----------|
| Dasyceridae indet. | 82 | 2 | 22 | 1 | 0 | 107 | 0 |
| Alloniscus perconvexus | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| Cumacea indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 97 | 0 |
| Neopachylopus sp. | 0 | 81 | 0 | 0 | 0 | 81 | 0 |
| Nerinides acuta | 0 | 79 | 0 | 0 | 0 | 79 | 0 |
| Epantius sp. | 0 | 77 | 0 | 0 | 0 | 77 | 0 |
| Paraphoxus sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 75 | 0 |
| Ligia occidentalis | 2 | 72 | 0 | 0 | 0 | 74 | 0 |
| Larvas (Coleoptera, Dytiscidae) | 0 | 2 | 44 | 19 | 0 | 65 | 0 |
| Syllidae indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 | 64 | 0 |
| Phoronidae indet. | 0 | 3 | 0 | 0 | 57 | 60 | 0 |
| Daphnia sp. | 0 | 0 | 0 | 51 | 0 | 51 | 0 |
| Holoturoidea indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 0 |
| Mysidacea indet. | 0 | 34 | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 |
| Exosphaeroma inornata | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 33 | 0 |
| Eohaustorius sp. | 0 | 31 | 0 | 0 | 0 | 31 | 0 |
| Cafius luteipennis | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 |
| Coelopa venduzeei | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 |
| Muscidae indet. | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 |
| Erythraeidae indet. | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 |
| Spiophanes missionensis | 0 | 2 | 0 | 0 | 24 | 26 | 0 |
| Cladocera indet. | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 26 | 0 |
| Garypus californicus | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 |
| Veneridae indet. | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 |
| Gasteropoda indet | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 22 | 0 |
| Dyschirius marinus | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 |
| Exogone verugera | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 18 | 0 |
| Hemigrapsus sp. | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 |
| Fabricia sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 15 | 0 |
| Nephtys californiensis | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| Hadrotes crassus | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 |
| Ninfa (Hemiptera, Corixidae) | 1 | 0 | 5 | 7 | 0 | 13 | 0.0034032 |
| Neomolgus littoralis | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 |
| Orbiniidae indet. | 0 | 1 | 0 | 0 | 10 | 11 | 1.10E-06 |
| Boccardia sp. | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| Photis sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 1.00E-07 |
| Larvas campodeiformes | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 1.00E-07 |
| Mytilus sp | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 1.00E-07 |
| Ninfa (Insecta, Dermaptera) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 1.00E-07 |
| No. de individuos | 22605 | 61304 | 13938 | 25666 | 11904 | 135417 | |
| No. de especies | 27 | 52 | 9 | 22 | 32 | 78 | |

ANEXO V. CRITERIO DE ESPECIALIDAD CROONQUIST Y BROOKS (1991) DE CADA ESPECIE DE INFAUNA. SE MUESTRA LA ABUNDANCIA DE CADA ESPECIE Y EL PORCENTAJE QUE REPRESENTA EN CADA UNO DE LOS AMBIENTES ESTUDIADOS.

| Especie | Estuarios y deltas | | Playas marinas | | Charcas | | Lagunas agua dulce | | Planicies lodosas | | Totales | Croonquis y Brooks |
|---|--------------------|-------|----------------|--------------|---------|-------|--------------------|-------|-------------------|-------|---------|--------------------------------------|
| | | % | | % | | % | | % | | % | | |
| Oligochaeta indet. | 1591 | 7.53 | 632 | 3 | 0 | 0 | 18887 | 89.41 | 12 | 0.06 | 21122 | facultativa de lagunas de agua dulce |
| Orchestoidea sp. | 1 | 0.005 | 19054 | 99.39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0.01 | 19058 | Obligada de playas marinas |
| Trichocorixia sp | 4231 | 23.73 | 0 | 0 | 13593 | 76.25 | 3 | 0.01 | 0 | 0 | 17827 | facultativa de charcas |
| Nematoda indet. | 336 | 2.16 | 3007 | 19.35 | 0 | 0 | 3906 | 25.13 | 8291 | 53.35 | 15540 | facultativa de planicies lodosas |
| Ostracoda indet | 14253 | 96.21 | 20 | 0.13 | 2 | 0.01 | 472 | 3.2 | 66 | 0.44 | 14813 | obligada de estuarios y deltas |
| Tylos sp. | 0 | 0 | 9305 | 99.81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0.18 | 9322 | Obligada de playas marinas |
| Diptera (pupas y larvas) | 125 | 2.58 | 3622 | 74.85 | 112 | 2.31 | 829 | 17.13 | 151 | 3.12 | 4839 | facultativa de playas marinas |
| Emerita analoga | 0 | 0 | 4593 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4593 | Obligada de playas marinas |
| Euzonus mucronata | 0 | 0 | 3927 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3927 | Obligada de playas marinas |
| Bledius sp | 5 | 0.15 | 3338 | 99.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0.06 | 3345 | Obligada de playas marinas |
| Orchestoidea corniculata | 0 | 0 | 3096 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3096 | Obligada de playas marinas |
| Diptera, ceratopogonidae (pupas y larvas) | 709 | 41 | 788 | 45 | 157 | 9 | 50 | 2.86 | 44 | 2.51 | 1748 | facultativa |
| Ephydriidae indet. | 3 | 0.17 | 1699 | 99.64 | 2 | 0.11 | 1 | 0.06 | 0 | 0 | 1705 | Obligada de playas marinas |
| Mediomastus sp. | 0 | 0 | 251 | 15.83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1334 | 84.16 | 1585 | facultativa de planicies lodosas |
| Staphylinidae sp | 0 | 0 | 1453 | 99.2 | 0 | 0 | 8 | 0.55 | 4 | 0.27 | 1465 | Obligada de playas marinas |
| Donax sp. | 0 | 0 | 1234 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1234 | Obligada de playas marinas |
| Harpacticoida indet. | 106 | 13.4 | 10 | 1.3 | 0 | 0 | 11 | 1.4 | 664 | 83.94 | 791 | facultativa de planicies lodosas |
| Coleóptera (pupas y larvas) | 10 | 1.4 | 718 | 97.55 | 1 | 0.13 | 7 | 0.95 | 0 | 0 | 736 | obligada de playas marinas |
| Halacaridae indet. | 0 | 0 | 639 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 639 | obligada de playas marinas |
| Cercyon sp. | 0 | 0 | 635 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 635 | obligada de playas marinas |
| Thinoseius sp. | 0 | 0 | 527 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 527 | obligada de playas marinas |
| Capitella capitata | 452 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 2.80 | 465 | obligada de estuarios y deltas |
| Acarina indet. | 18 | 4.04 | 414 | 93 | 0 | 0 | 8 | 1.8 | 5 | 1.12 | 445 | obligada de playas marinas |
| Conchostraca indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 421 | 100 | 0 | 0 | 421 | obligada de lagunas de agua dulce |

| Especie | Estuarios y deltas | | Playas marinas | | Charcas | | Lagunas agua dulce | | Planicies lodosas | | Totales | Croonquis y Brooks |
|---------------------------------------|--------------------|-------|----------------|-------|---------|------|--------------------|-------|-------------------|------|---------|--------------------------------------|
| | | % | | % | | % | | % | | % | | |
| Tanaidacea indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 385 | 100 | 385 | obligada de planicies lodosas |
| Dero furcatus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 382 | 100 | 0 | 0 | 382 | obligada de lagunas de agua dulce |
| Phaleria rotundata | 5 | 1.32 | 373 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 378 | obligada de playas marinas |
| Aphididae indet. | 1 | 0.31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 319 | 99.7 | 0 | 0 | 320 | obligada de lagunas de agua dulce |
| Exciroloana sp. | 2 | 0.67 | 226 | 75.83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 | 24 | 298 | facultativa de playas marinas |
| Cyclopoida indet. | 54 | 18.24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 81.06 | 0 | 0 | 296 | facultativa de lagunas de agua dulce |
| Polydora sp. | 292 | 99.66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.34 | 293 | obligada de estuarios y deltas |
| Orchestoidea californiana | 0 | 0 | 277 | 99.64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.4 | 278 | obligada de playas marinas |
| Díptera, Ephydriidae (pupas y larvas) | 263 | 99.63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.4 | 264 | obligada de estuarios y deltas |
| Porcellio litorina | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 241 | 100 | 241 | obligada de planicies lodosas |
| Synchelidium sp. | 0 | 0 | 225 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 225 | obligada de playas marinas |
| Nyctunguis heathii | 0 | 0 | 224 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224 | obligada de playas marinas |
| Collembola indet. | 5 | 2.72 | 209 | 95 | 0 | 0 | 6 | 2.73 | 0 | 0 | 220 | obligada de playas marinas |
| Nemertea indet. | 20 | 16.95 | 52 | 44.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 | 39 | 118 | facultativa |
| Magelona californica | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 111 | 100 | 111 | obligada de planicies lodosas |
| Dasyceridae indet. | 82 | 76.63 | 2 | 1.9 | 22 | 21 | 1 | 0.93 | 0 | 0 | 107 | facultativa de estuarios y deltas |
| Alloniscus perconvexus | 0 | 0 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | obligada de playas marinas |
| Cumacea indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 100 | 97 | obligada de planicies lodosas |
| Neopachylopus sp. | 0 | 0 | 81 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 81 | obligada de playas marinas |
| Nerinides acuta | 0 | 0 | 79 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79 | obligada de playas marinas |
| Epantius sp. | 0 | 0 | 77 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | obligada de playas marinas |
| Paraphoxus sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 100 | 75 | obligada de planicies lodosas |
| Ligia occidentalis | 2 | 2.7 | 72 | 97.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 | obligada de playas marinas |
| Larvas (Coleoptera, Dytiscidae) | 0 | 0 | 2 | 3.08 | 44 | 67.7 | 19 | 29.23 | 0 | 0 | 65 | facultativa de charcas |
| Syllidae indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 | 100 | 64 | obligada de planicies lodosas |
| Phoronidae indet. | 0 | 0 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | 95 | 60 | obligada de planicies lodosas |
| Daphnia sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | 100 | 0 | 0 | 51 | obligada de lagunas de agua dulce |
| Holoturoidea indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 100 | 50 | obligada de planicies lodosas |

| Especie | Estuarios y deltas | | Playas marinas | | Charcas | | Lagunas agua dulce | | Planicies lodosas | | Totales | Croonquis y Brooks |
|------------------------------|--------------------|-----|----------------|-----|---------|------|--------------------|-------|-------------------|-------|---------|--------------------------------------|
| | | % | | % | | % | | % | | % | | |
| Mysidacea indet. | 0 | 0 | 34 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | obligada de playas marinas |
| | | % | | % | | % | | % | | % | | |
| Exosphaeroma inornata | 0 | 0 | 33 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | obligada de playas marinas |
| Eohaustorius sp. | 0 | 0 | 31 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | obligada de playas marinas |
| Cafius luteipennis | 0 | 0 | 30 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | obligada de playas marinas |
| Coelopa venduzeei | 0 | 0 | 30 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | obligada de playas marinas |
| Muscidae indet. | 0 | 0 | 28 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | obligada de playas marinas |
| Erythraeidae indet. | 0 | 0 | 27 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | obligada de playas marinas |
| Garypus californicus | 0 | 0 | 26 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | obligada de playas marinas |
| Spiophanes missionensis | 0 | 0 | 2 | 7.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 92.31 | 26 | obligada de planicies lodosas |
| Cladocera indet. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 100 | 0 | 0 | 26 | obligada de lagunas de agua dulce |
| Veneridae indet. | 0 | 0 | 24 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | obligada de playas marinas |
| Dyschirius marinus | 0 | 0 | 22 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 22 | obligada de playas marinas |
| Gasteropoda indet | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 100 | 22 | obligada de planicies lodosas |
| Exogone verugera | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 100 | 18 | obligada de planicies lodosas |
| Hemigrapsus sp. | 17 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | obligada de estuarios y deltas |
| Nephtys californiensis | 0 | 0 | 15 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | obligada de playas marinas |
| Fabricia sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 100 | 15 | obligada de planicies lodosas |
| Hadrotres crassus | 0 | 0 | 14 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | obligada de playas marinas |
| Neomolgus littoralis | 0 | 0 | 13 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | obligada de playas marinas |
| Hemiptera, Corixidae (ninfa) | 1 | 7.7 | 0 | 0 | 5 | 38.5 | 7 | 53.85 | 0 | 0 | 13 | facultativa de lagunas de agua dulce |
| Orbiniidae indet. | 0 | 0 | 1 | 9.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 90.91 | 11 | obligada de planicies lodosas |
| Boccardia sp. | 11 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | obligada de estuarios y deltas |
| Mytilus sp | 0 | 0 | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | obligada de playas marinas |
| Photis sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 100 | 10 | obligada de planicies lodosas |
| Larvas campodeiformes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 100 | 0 | 0 | 10 | obligada de lagunas de agua dulce |
| Ninfa (Insecta, Dermaptera) | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | obligada de estuarios y deltas |
| NO. DE INDIVIDUOS | 22627 | | 61427 | | 13944 | | 25689 | | 11924 | | 135601 | |

VI. ANEXO FOTOGRÁFICO DE LOS SITIOS VERIFICADOS EN CAMPO.

A) Lagunita del Ciprés (octubre, 2004)



Espejo de agua



Cordón de dunas

B) La Charca del EPB (Octubre, 2004)



Remanente de la charca



Conexión de la charca con el dique

C) Arroyo La Misión (Octubre, 2004)



Boca del arroyo la Misión



Berma arenosa vista desde el arroyo

VI. ANEXO FOTOGRÁFICO (continuación)

A) Lagunita del Ciprés (26-Enero-2005)



Vista de la Lagunita el Ciprés.



Aumento del espejo de agua de la Lagunita El Ciprés

B) Arroyo La Misión (25-Enero-2005)



Boca del arroyo La Misión, desde el arroyo.



Boca del arroyo La Misión, desde la playa marina. Nótese la erosión de la playa y la formación de un barranco de aproximadamente 1.30 m.