



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE, S.C.

---

**Programa de Estudios de Posgrado**

**VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LAS  
ASOCIACIONES DE PECES CRÍPTICOS EN ÁREAS  
ARRECIFALES CORALINAS Y ROCOSAS DE LA  
REGIÓN DE LA PAZ, B.C.S.**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias**

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales  
(Orientación en Biología Marina)

p r e s e n t a

**Alonso González Cabello**

**La Paz, B.C.S., Agosto del 2003.**

Muy a menudo tendemos a preparar estudios para realizar en breves plazos de tiempo, y las conclusiones a las que llegamos con base a los resultados que obtenemos en ellos, toman cuerpo de verdad absoluta.

Tal vez esto tiene el peligro implícito de conducirnos a interpretaciones prematuras y no siempre acordes con la realidad a largo plazo.

La naturaleza nunca tiene prisa y no le preocupa que nosotros siempre la tengamos.

Ella trabaja SIN PAUSA, PERO SIN PRISA.

*Dani Val.*

“No os dejéis corromper por el escepticismo estéril y deprimente; no os desalentéis ante la tristeza de ciertas horas que pasan sobre las naciones. Vivid en la serena paz de los laboratorios y de las bibliotecas. Preguntaos primero: ¿Qué he hecho por instruirme? Y después, a medida que vayáis progresando: ¿Qué he hecho por mi patria? Hasta que llegue el día en que habéis contribuido de alguna manera al progreso y al bienestar de la Humanidad”

*Luis Pasteur*

TOROS.....*DARITH* !!!!!

---

---

## RESUMEN

El componente íctico críptico arrecifal incluye a aquellas especies o estadíos que debido a su tamaño, coloración y/o comportamiento, presentan dificultades en su identificación y cuantificación en los censos visuales. Para entender la dinámica de estas asociaciones y así poder formular hipótesis acerca de los mecanismos que regulan su diversidad y la distribución de sus especies, se contrastan diferencias y similitudes en los patrones “comunitarios” entre dos hábitats complejos como son los arrecifes coralinos y rocosos. Para ello, se realizaron colectas bimestrales con el anestésico Quinaldina en cabezas aisladas de coral y en paredes rocosas en distintos sitios de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Se registraron 93 especies pertenecientes a 27 familias, siendo Gobiidae y Labrisomidae las familias mejor representadas. Las especies dominantes en cabezas de coral fueron *Cirrhitichthys oxycephalus*, *Scorpaenodes xyris* y *Stegastes rectifraenum*; mientras que para paredes fueron *Lythrypnus dalli*, *S. xyris* y *Apogon pacifica*. Diferencias en la composición, densidad y biomasa se encontraron al comparar estos dos hábitats. Variaciones espaciales en cuanto a composición, abundancia, riqueza de especies y diversidad fueron detectadas en corales, pero no en el componente rocoso en la escala espacial analizada, aparentemente la escala local es más importante que la regional. Las características del hábitat que explicaron más variabilidad fueron cobertura de rocas y coral para las asociaciones coralinas y cobertura de algas coralinas para las asociaciones de paredes rocosas. En lo que respecta al efecto temporal, no se observa una correspondencia clara entre densidades y descriptores temporales, sin embargo existen diferencias estacionales en corales, mientras que en paredes prevalece la estabilidad. La comparación del uso de quinaldina contra los censos visuales, muestra diferencias importantes tanto en composición (omisión de hasta 35% del total de especies con censos visuales) de especies como en dominancia de las mismas.

**ABSTRACT**

Cryptic reef fishes have been subestimated in most of the community ecological studies. To understand assemblage dynamics and formulate hypotheses about the mechanisms that regulate diversity and species distribution, differences and similarities in assemblage patterns of two complex habitats (coral and rocky reefs) were compared. Bimonthly samples using quinaldine anesthetic were taken on isolated coral heads and rocky walls in 15 different sites of Bahía de La Paz, B.C.S, México. 93 species represented by 27 families were recorded. Gobiidae and Labrisomidae incorporate the greatest number of species. Dominant species on isolated coral heads were *Cirrhitichthys oxycephalus*, *Scorpaenodes xyris* and *Stegastes rectifraenum*, and on rocky walls were *Lythrypnus dalli*, *S. xyris* and *Apogon pacifica*. Differences in species richness, density and biomass between habitats were determined. Spatial variability in composition, abundance, species richness and diversity were detected on isolated coral heads, but not on rocky walls, the local scale is apparently more important than the regional. Rock and coral cover were the habitat structure characteristics that explained more variability were for coralline assemblages and coralline red algae cover for rocky walls assemblages. Temporal analysis showed no clear relationship between densities and temporal descriptors; however temporal differences exist on isolated coral heads, while stability prevails on rocky walls. A comparison between visual census and quinaldine methods revealed apparent differences in both species composition (visual census omitted up to 35% of the total species number) and dominance.

## *A mis padres...*

Por haberme dado su apoyo incondicionalmente y por enseñarme que para lograr cualquier cosa, hay que trabajar con ahínco y dedicación....

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haber financiado el proyecto de investigación 35103-V “*Peces crípticos asociados a coral, rocas y estructuras artificiales: Un análisis comparativo*” a cargo del M. en C. Eduardo Balart Páez, gracias al cual se pudo realizar este proyecto de tesis. Además, por financiar los estudios correspondientes en este centro por medio de una beca.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) por ofrecerme los cursos, los profesores e instalaciones necesarias para una formación académica adecuada y por proporcionarme los medios necesarios para asistir a dos congresos internacionales y uno nacional a presentar los avances de este trabajo. Por otro lado agradezco al CIBNOR, especialmente a través de los proyectos RP2 y PC4, que se me haya permitido hacer uso de sus instalaciones y equipos, sin los cuales la realización de este trabajo hubiera sido imposible. También agradezco a la Dirección de Posgrado por la ayuda recibida.

A los técnicos de campo del centro: M. en C. Edgar Amador, M. en C. Horacio Bervera, Juan José Ramírez, Genaro Gurrola, Mario Cota y al difunto Federico Macklis; por el apoyo en la colecta de muestras y recolección de datos. Al Laboratorio de Ictiología y Colección Ictiológica del CIBNOR, especialmente a la M. en C. Lucía Campos, por el apoyo técnico y ayuda en la identificación de las muestras.

A mis compañeros del Laboratorio de Ictiología y miembros del equipo de Peces Crípticos: Roberto Carlos Romero, Alfredo Zayas y Manuel Calderón, Mauricio Castrejón y Johath Laudino por su apoyo en campo y en el laboratorio.

A mi director de tesis, M. en C. Eduardo F. Balart por su invaluable ayuda y por alentarme a superarme académica y personalmente. A los miembros del Comité de Tesis M. en C. Octavio, Dr. Juan Antonio de Anda y Dr. Lloyd Findley; los cuales además de aportar con su conocimiento a mis trabajo de tesis, me brindaron su amistad e influyeron en mi actual forma de pensar, gracias a ellos aprendí lo que ahora sé a cerca de la ecología de los peces arrecifales. En particular, quiero agradecer al profesor Balart y a Octavio por los últimos 2 años y medio, en los cuales han estado siempre al pendiente del trabajo que realicé y de los detalles del proyecto.

A mi familia que siempre estuvo a mi lado apoyándome en todos sentidos y motivándome a seguir adelante, gracias a Chacha, Paulino, Andrés, Adán y Chita, sin ellos no hubiera tenido la motivación ni la entereza para lograr este objetivo.

Por último, quiero agradecer a aquellas personas que me brindaron su apoyo, amistad y cariño durante los últimos años y que han hecho de mí, una mejor persona...GRACIAS!!!!!!

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
RESUMEN (Español).....	<i>i</i>
RESUMEN (Inglés).....	<i>ii</i>
DEDICATORIA.....	<i>iii</i>
AGRADECIMIENTOS.....	<i>iv</i>
LISTADO DE FIGURAS.....	<i>viii</i>
LISTADO DE TABLAS.....	<i>xi</i>
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- ANTECEDENTES.....	3
III.- OBJETIVO.....	5
Objetivos Particulares.....	6
IV.- JUSTIFICACIÓN.....	6
V.- HIPÓTESIS.....	7
VI.- ÁREA DE ESTUDIO.....	8
VII.- METODOLOGÍA.....	9
a) Trabajo de campo.....	9
b) Trabajo de laboratorio.....	12
Identificación y toma de datos básicos de muestras.....	12
Análisis de la estructura de las asociaciones ícticas.....	13
VIII.- RESULTADOS.....	16
a) Comparación de métodos de evaluación.....	16
b) Elenco sistemático.....	19
c) Comparación entre paredes rocosas y cabezas de coral.....	31
d) Análisis espacial.....	37
e) Estructura de hábitat.....	45
f) Análisis temporal.....	53
XI.- DISCUSIÓN.....	57
a) Elenco sistemático.....	57
b) Análisis espacial.....	59

---

c)Análisis temporal.....	63
d) Comparación de métodos de evaluación.....	65
e) Estrategias de manejo.....	66
X.- CONCLUSIONES.....	69
XI.- LITERATURA CITADA.....	71
XII.- ANEXOS.....	78

---

**LISTADO DE FIGURAS**

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.-</b> Sitios muestreados en la región de La Paz, B.C.S., México.....	8
<b>Figura 2.-</b> Familias mejor representadas para los muestreos con censos Visuales y muestreos con quinaldina en Los Islotes y La Ballena.....	17
<b>Figura 3.-</b> Comparación entre el número de especies registradas con colectas con quinaldina exclusivamente, censos visuales exclusivamente y con ambos métodos, para 4 sitios.....	18
<b>Figura 4.-</b> Comparación de la abundancia relativa entre las 5 especies más dominantes en censos visuales y en colectas con quinaldina para los Islotes.....	19
<b>Figura 5.-</b> Número de especies por familia colectadas para paredes y Cabezas de coral.....	21
<b>Figura 6.-</b> Densidades promedio de abundancia y biomasa registradas por sitio muestreado para paredes rocosas y cabezas de coral.....	32
<b>Figura 7.-</b> Número de especies y diversidad promedio registradas por sitio muestreado para paredes rocosas y cabezas de coral.....	33
<b>Figura 8.-</b> Comparación de la riqueza específica y la diversidad entre colectas en paredes de coral y paredes rocosas.....	34
<b>Figura 9.-</b> Relación entre la abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia por especie para cabezas de coral.....	35
<b>Figura 10.--</b> Relación entre la abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia por especie para paredes rocosas.....	35
<b>Figura 11.-</b> Comparación en la abundancia relativa de las 7 especies más abundantes en ambos hábitats, en corales y en paredes.....	36
<b>Figura 12.-</b> Diversidades medias para cada localidad en cabezas de coral y paredes rocosas.....	37

<b>Figura 13.-</b> Diversidades medias para cada sitio en cabezas de coral.....	38
<b>Figura 14.-</b> Diversidades medias para cada sitio en paredes rocosas.....	39
<b>Figura 15.-</b> Análisis de clusters por densidad en los sitios muestreados...	40
<b>Figura 16.-</b> Análisis de clusters. Esquema modificado de Arreola y Elorduy (2002).....	41
<b>Figura 17.-</b> Curvas de rarefacción para el número de especies esperado en 3 distintos niveles de cobertura de coral.....	42
<b>Figura 18.-</b> Variación latitudinal en la diversidad íctica arrecifal. <b>A)</b> Esquema modificado de Arreola y Elorduy (2002), <b>B)</b> Diversidades del componente críptico para paredes rocosas, <b>C)</b> Diversidades de las asociaciones crípticas en sitios con cabezas de coral.....	43
<b>Figura 19.-</b> Densidades promedio de las 5 especies más abundantes para cada sitio en cabezas de coral.....	43
<b>Figura 20.-</b> Densidades promedio de <i>C. oxycephalus</i> para cada sitio en cabezas de coral ( <b>A</b> ) y su relación con la cobertura de coral en el sitio ( <b>B</b> ).....	44
<b>Figura 21.-</b> Coberturas de distintos descriptores físicos del hábitat en los distintos sitios muestreados para cabezas de coral.....	46
<b>Figura 22.-</b> Relación entre la diversidad de especies por sitio ( <b>A</b> ), el número de especies promedio colectado por sitio ( <b>B</b> ) con respecto a la diversidad en la estructura de hábitat del mismo.....	46
<b>Figura 23.-</b> Coberturas de distintos descriptores físicos del hábitat en los distintos sitios muestreados para paredes rocosas.....	47
<b>Figura 24.-</b> Variación estacional de la diversidad y de la riqueza específica por sitio en cabezas de coral.....	53

<b>Figura 25.-</b> Comparación de la variación estacional de la diversidad en Los Islotes entre peces conspicuos y crípticos.....	55
<b>Figura 26.-</b> Variación estacional de la densidad numérica, densidad de biomasa, riqueza específica y diversidad por sitio en paredes rocosas.....	56

<b>LISTADO DE TABLAS</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla I.-</b> Lista de especies colectadas para cada localidad.....	22
<b>Tabla II.-</b> Lista de especies colectadas con sus respectivos datos de Longitudes Promedio y Pesos (Min., Max. y Promedio), además del número de sitios en los que se encontró y su abundancia total.....	26
<b>Tabla III.-</b> Lista de la afinidad biogeográfica de las especies crípticas registradas durante las colectas en la región de La Paz, B.C.S.....	29
<b>Tabla IV.-</b> Especies compartidas en todos los sitios (Paredes y corales), por los sitios donde se evaluaron cabezas de coral y por los sitios donde se evaluaron las paredes rocosas.....	30
<b>Tabla V.-</b> Especies exclusivas en cada sitio tanto para cabezas de coral y paredes rocosas.....	30
<b>Tabla VI.-</b> Resultados de ANOVAS aplicadas en diversos trabajos para observar la variabilidad espacial en diversos atributos comunitarios a través de distintos sitios de la región de La Paz.....	40
<b>Tabla VII.-</b> Resultados del análisis de regresión múltiple para los atributos de las asociaciones en cabezas de coral.....	48
<b>Tabla VIII.-</b> Resultados del análisis de regresión múltiple para los atributos de las asociaciones en paredes rocosas.....	50
<b>Tabla IX.-</b> Resultados de ANOVAS (dos vías) en corales para los sitios La Ballena, Los Islotes, El Portugués y San Gabriel.....	54
<b>Tabla X.-</b> Resultados de ANOVAS (dos vías) en Paredes para los sitios La Ballena y Los Islotes.....	57
<b>Tabla XI.-</b> Resultados de ANOVAS aplicadas en diversos trabajos para observar la variabilidad temporal en diversos atributos comunitarios a través de distintos sitios de la región de La Paz y la zona de California EE.UU.....	55

<b>Tabla XII.-</b> Listado de especies con gran demanda acuarofílica con distribución en el Golfo de California.....	68
--	----

## I.- INTRODUCCIÓN

Ecológicamente, se le denomina arrecife a cualquier estructura sumergida que sirva como sustrato para el crecimiento de vida marina. Esta definición incluye todas las superficies rocosas, como las playas de cantos rodados, las playas rocosas consolidadas y las paredes de acantilados, incluye además a las cabezas de coral (Thomson *et al.*, 2000).

Los arrecifes, en especial los coralinos, son los ecosistemas marinos más diversos, y dentro de ellos los peces son los animales móviles más prominentes (Huston, 1998). Por su tamaño, coloración y/o ubicación en el arrecife, una buena parte de los peces no presentan serias dificultades para su identificación y conteo en censos visuales, a estos peces se les denomina “conspicuos”. Sin embargo, existe otro componente íctico en las zonas arrecifales que incluye a aquellas especies que por su pequeño tamaño, por permanecer ocultos la mayor parte del tiempo, o por mimetizarse con el área circundante no son tan fácilmente observables ni cuantificables; a este grupo se le denomina “críptico”. Es decir, los peces crípticos son aquellos que normalmente pasan desapercibidos y presentan dificultades en su identificación y cuantificación en los censos de asociaciones de peces arrecifales (Ackerman y Bellwood, 2000; Allen *et al.*, 1992).

A diferencia de la mayoría de las comunidades terrestres, muchos peces arrecifales tienden a ser sedentarios, limitándose a pequeñas áreas del arrecife donde pueden permanecer como residentes durante largos periodos de tiempo (Greenfield y Johnson, 1990; Williams, 1991). Además, las áreas de actividad de los peces arrecifales son un orden de magnitud más pequeñas que las de otros vertebrados de tamaño similar (Sale y Dybdhal, 1978). Aunado a esto, algunas especies son fuertemente territoriales y defienden

---

vigorosamente sus pequeños parches arrecifales contra intrusos inter e intraespecíficos (e.g. damiselas) (Robertson, 1995). Todas estas características convierten a las comunidades ícticas arrecifales en un tema de estudio muy atractivo, sobre todo en los aspectos relacionados con la elucidación de los mecanismos que determinan la estructura de dichas asociaciones.

Las asociaciones de peces arrecifales están influenciadas fuertemente por las características estructurales del hábitat (Bell y Galzin, 1984; Aburto y Balart, 2001; García y Pérez, 2001), pues éstas últimas definen en gran medida el grado de protección contra el stress físico que sufren dichos taxa, además de que modifican la disponibilidad de recursos alimenticios y sus tasas de adquisición. Las observaciones *in situ* y las comparaciones estadísticas han enfatizado el rol que juega la estructura del hábitat como protección o cobertura (Friedlander y Parrish, 1998). De hecho, se cree que la selección de hábitat de taxa pequeños está definida en términos de tipo de sustrato, relieve físico o profundidad; sin embargo, no se sabe a ciencia cierta la influencia de cada una de estas variables en la estructuración de las asociaciones (Williams, 1991).

Por otro lado, procesos como la depredación diferencial, la competencia por un determinado sustrato o por la utilización de un espacio, Son consideradas la base de la estructura de este tipo de comunidades. Es por ello que numerosos estudios se han enfocado a determinar la relación entre la estructura del hábitat (cobertura de coral, número de agujeros presentes, altura de las formaciones, profundidad, temperatura, fisiografía, oceanografía, etc.) y algunos atributos que definen a la estructura de una comunidad como la riqueza específica, la densidad, diversidad y distribución de los conjuntos de peces

---

asociados a arrecifes (i.e., Roberts y Ormond, 1987; Friedlander y Parrish, 1998; Aburto y Balart, 2001; Gust *et al.*, 2001).

Hay que reconocer, sin embargo, que toda esta información deriva principalmente de estudios comunitarios basados en los peces conspicuos, y muy poco de observaciones o experimentos con peces crípticos. Es fundamental conocer esta porción normalmente ignorada o subestimada en los estudios de peces arrecifales, y más aún establecer si posee un comportamiento ecológico similar o complementario al de los peces conspicuos en los ambientes arrecifales (Ackerman y Bellwood, 2000; Willis, 2001).

## **II.- ANTECEDENTES**

En las últimas dos décadas, gracias a los avances tecnológicos en el buceo autónomo SCUBA, se han realizado un número importante de investigaciones relacionadas a la ecología íctica arrecifal, sobre todo en zonas como la Gran Barrera de Coral en Australia (Anderson *et al.*, 1981; Sale y Douglas, 1984; Syms y Jones, 2000; Gust *et al.*, 2001), el Mar Rojo (Roberts y Ormond, 1987) y el Caribe (Shulman, 1985; Greenfield y Johnson, 1990). Dichos estudios se han encaminado a dilucidar los procesos que determinan la estructura de las asociaciones de peces arrecifales (Mejía y Garzón, 2000). Algunos estudios han demostrado que, a gran escala, los procesos oceanográficos son dominantes para determinar la distribución regional o biogeográfica de las especies, en tanto que a escalas menores los procesos de reclutamiento (denso-dependientes) son los que dominan (Williams, 1991). En lo que respecta a la escala temporal, Sale y Douglas (1984)

---

realizaron un estudio detallado de la variación temporal en la estructura comunitaria de peces arrecifales y su relación con la estructura del arrecife.

En el área del Golfo de California se han realizado algunos estudios en cuanto a ictiofauna arrecifal se refiere, y entre ellos destacan los de Gilligan (1980) y de Thomson y Gilligan (1983) basados en recolectas con rotenona y, de modo más general y mayor cobertura el libro ya clásico de Thomson y colaboradores (1979, 2000). Recientemente Sánchez y colaboradores (1997) enlistan y describen los atributos básicos de este tipo de peces en la región de la Bahía de La Paz, mientras que Molles (1978), Pérez *et al.* (1996), Aburto y Balart (2001) y Arreola y Elorduy (2002), determinaron las variaciones espacio-temporales en la estructura comunitaria y su relación con la complejidad estructural; los tres últimos trabajos se realizaron en la Bahía de La Paz.

Los estudios mencionados anteriormente se han basado en observaciones, censos y experimentos realizados con peces conspicuos, fácilmente identificables por su tamaño, coloración y comportamiento. Esto es contradictorio si tomamos en cuenta que en algunos casos, más del 50% del total de peces asociados a los arrecifes son de naturaleza críptica, es decir, son especies que se refugian dentro o bajo grietas, agujeros o rocas (Allen *et al.*, 1992). Dicho comportamiento ha ocasionado que sean pocos estudiados debido a que son difícilmente observables, identificables y cuantificables. Cabe señalar, sin embargo, que el empleo de ictiocidas como la rotenona, permitió avanzar en la taxonomía y ecología de este tipo de peces (Greenfield y Johnson, 1990; Ackerman y Bellwood, 2000).

---

En lo que se refiere al estudio del componente críptico en arrecifes, existen 3 trabajos en arrecifes templados en la Isla Santa Catalina, California. EE.UU.: Allen y colaboradores (1992), que intenta dilucidar la estacionalidad de las asociaciones crípticas arrecifales en una zona rocosa; Cobb (2002), que intenta lo mismo en un arrecife artificial (King Harbor); y Lindsay (2003), quien estudió los patrones temporales en el asentamiento de peces crípticos en el arrecife. Es importante recalcar que en las metodologías utilizadas para la evaluación de dichas asociaciones se utilizó el ictiocida rotenona.

Recientemente, otros estudios sobre asociaciones crípticas arrecifales han sido publicados, dos de ellos involucran la utilización y selección de hábitat por parte de especies crípticas en las costas del Mar Mediterráneo (Patzner, 1999) y de Nueva Zelanda (Willis y Anderson, 2003). Dos estudios más intentan dilucidar los aspectos tróficos en éstas comunidades (Prochazka, 1998; Depczynski y Bellwood, 2003). Por su parte, Balart y colaboradores (2002), hacen una aproximación al entendimiento de la variabilidad de las asociaciones crípticas de peces en cabezas de coral aisladas en algunas zonas de área de estudio del presente trabajo.

### **III.- OBJETIVO**

Establecer la variabilidad espacio-temporal de las asociaciones de peces crípticos en áreas arrecifales coralinas y rocosas de Bahía de La Paz, B.C.S., y determinar la influencia de la estructura del hábitat y variables ambientales sobre dicha variabilidad.

**Objetivos particulares**

- Determinar el elenco sistemático de peces crípticos asociados a cada localidad y sitio de muestreo de los hábitats bajo estudio.
- Caracterizar las asociaciones de peces crípticos en cada localidad y sitio de muestreo de los distintos hábitats en base a sus atributos comunitarios (abundancia, biomasa, riqueza específica, diversidad y dominancia).
- Caracterizar cada localidad (nivel macro) y sitio (nivel micro) en base a sus condiciones físico-ambientales y topográficas. Las variables que se tomarán en cuenta son: naturaleza y tipo de sustrato (ver Materiales y Métodos), profundidad, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto.
- Determinar y comparar la variabilidad espacio-temporal en los atributos de las asociaciones de peces crípticos entre ambos hábitats.

**IV.- JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo genera una gran cantidad de información que, por un lado, aumenta el conocimiento en cuanto a la taxonomía de un grupo de peces poco conocidos y escasamente representados en las colecciones nacionales, y que además presentan un alto grado de endemismo. Por otro lado, permite contrastar diferencias y similitudes en los patrones “comunitarios” en dos hábitats complejos como son los arrecifes coralinos y rocosos que conllevan a la formulación de hipótesis acerca de los mecanismos que regulan la diversidad y distribución de peces crípticos.

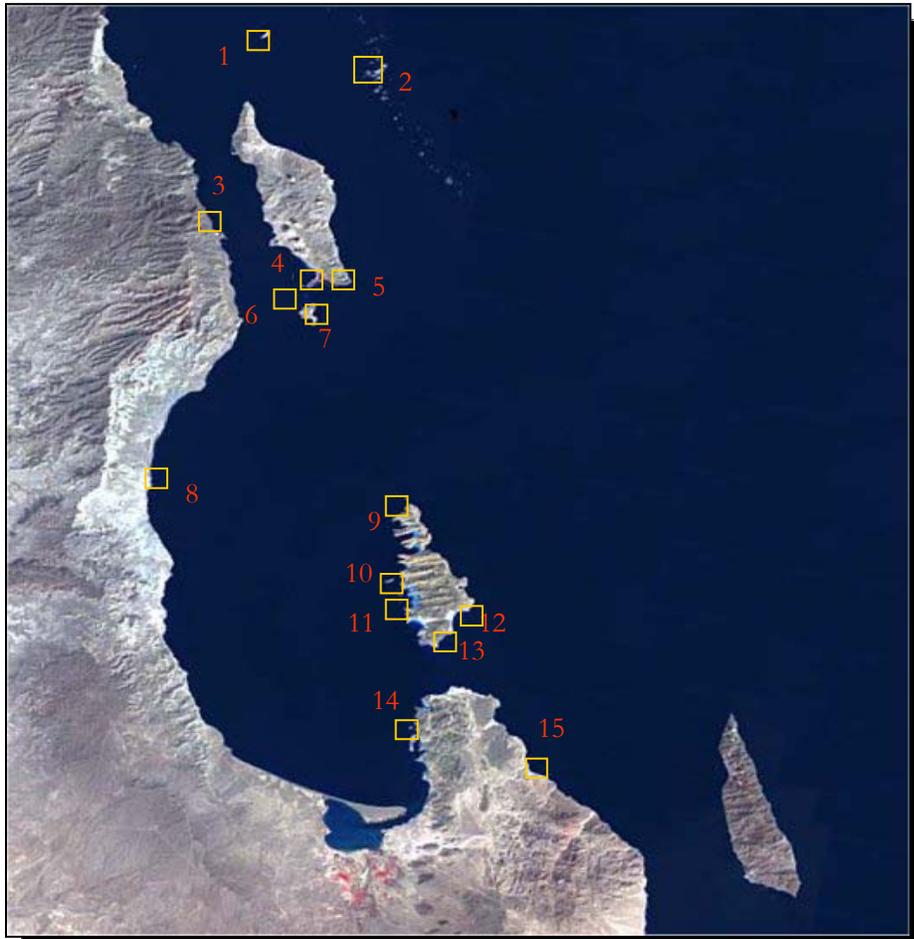
---

Finalmente, hay dos actividades económicas con riesgos potenciales sobre estos ambientes si no son adecuadamente manejadas. Una es la creciente oferta ecoturística en la Bahía de La Paz así como otras áreas del Golfo de California (López-Espinoza, 2002), que si bien genera beneficios económicos importantes, también puede ocasionar problemas como destrucción del hábitat, y por lo tanto una disminución de la biodiversidad. La otra es la presión creciente por una mayor apertura de la pesquería sobre los llamados peces de ornato, que pudiera convertirse en una amenaza real como ocurre en otras latitudes del planeta (Almenara, 2000; Sala y Sánchez, 2000). En ambos casos se hace patente la necesidad de tener un conocimiento más profundo de la biodiversidad con la que contamos, de la ecología de las especies, y en definitiva de los mecanismos que regulan la distribución y abundancia a diferentes escalas en el Golfo de California. Sólo así será posible plantear y planificar, con probabilidades de éxito, las estrategias de preservación y conservación más adecuadas para llevar a cabo un desarrollo sustentable de estos recursos. Este estudio, sobre un grupo de peces poco estudiado, apunta y camina en esa dirección.

## **V.- HIPÓTESIS**

Las asociaciones de peces crípticos presentan patrones temporales y espaciales distintos a los observados en los peces conspicuos, debido a que factores como la complejidad de la estructura del hábitat juegan un papel determinante sobre los atributos de éstas asociaciones.

## VI.- ÁREA DE ESTUDIO



**Figura 1.-** Sitios de estudio en la región de La Paz, B.C.S., México. 1) San Dieguito, 2) Las Ánimas, 3) San Evaristo, 4) Los Cayos, 5) San José, 6) La Lobera, 7) San Francisquito, 8) El Portugués, 9) Los Islotes, 10) La Ballena, 11) San Gabriel, 12) Punta Lobos, 13) La Bonanza, 14) Punta Diablo, 15) Puerto Mexía.

La Bahía de La Paz, es el cuerpo costero más extenso de la costa oriental de la península de Baja California, dentro del Golfo de California. Se encuentra localizada entre los 24°06' - 24°48' de latitud Norte y los 110°15' - 110°39' de longitud Oeste. Su extensión es de 80 kms de Norte a Sur y tiene una anchura promedio de 40 kms. La Bahía se encuentra bordeada por varias islas: Espíritu Santo, La Partida, San José, y otros pequeños

---

islotes. La mayor parte de la línea de costa y márgenes insulares corresponden a sustrato rocoso, exceptuando la parte interior de la Bahía y la ensenada de la Paz, que presentan sustrato arenoso y zonas de manglar (Balart *et al.*, 1995).

En el Noroeste mexicano prácticamente son inexistentes los arrecifes de coral, con la excepción de Cabo Pulmo; Sin embargo, existen parches de diversos tamaños (generalmente de especies del género *Pocillopora*) dispersos en diferentes áreas insulares, peninsulares y continentales, los cuales tienen una gran diversidad de peces asociados a ellos (Brusca y Thomson, 1975; Aburto y Balart, 2001).

## VII.- METODOLOGÍA

### a) Trabajo de Campo

Para tener varias escalas de análisis y ambientes, se realizaron muestreos en diversas áreas insulares de la región de La Paz, B.C.S. (fig. 1), como lo son: Complejo Espíritu Santo-La Partida (San Gabriel, Los Islotes, La Ballena, Punta Lobos y La Bonanza), Complejo San José (Los Cayos, San Francisco, La Lobera, San José, Las Ánimas y San Dieguito), además de zonas costeras continentales como Puerto Mexía, Punta Diablo, El Portugués y San Evaristo.

No existe una metodología específica para la captura de peces crípticos en ambientes marinos. Los censos visuales (técnica no destructiva) han demostrado subestimar la abundancia y diversidad de las especies de peces crípticos arrecifales (Ackerman y Bellwood, 2000; Willis, 2001), sobre todo en zonas donde existen gran cantidad de grietas

---

y resquicios en donde los peces pueden esconderse, por lo que su uso sería inadecuado para el presente estudio.

Una de las técnicas utilizadas hasta hace algunos años, era el uso de del veneno rotenona, el cual fue prohibido por la mayoría de los países por que dañaba e incluso mataba a la fauna no íctica asociada y en particular a los corales. En 1967, Gibson realizó un estudio evaluando el uso del anestésico quinaldina en los trabajos de campo para ecología de peces. Esta sustancia mostró ser poco agresiva hacia la fauna no íctica- al contrario que la rotenona-, por lo que su uso representa una buena opción para la colecta de peces crípticos arrecifales, proponiendo una concentración mínima de 15 ppm. En nuestra experiencia, sin embargo, se ha demostrado su efectividad con concentraciones mucho menores.

La colecta de organismos en la zona coralina se llevó a cabo mediante buceos (con equipo SCUBA). Se cubrieron las cabezas de coral (principalmente del género *Pocillopora*) con una bolsa plástica con cierre inferior. Dichas bolsas presentan cuatro orificios en la línea basal a través de los cuales se rocía la quinaldina al interior. La bolsa evita la excesiva dilución del anestésico y su pérdida en la columna de agua, aumentando así la eficiencia de pequeñas cantidades (y la economía), al tiempo que evita el escape de los peces durante el muestreo. Una vez que el anestésico surtió efecto en los organismos (inmóviles o con nado errático), éstos se colectaron con redes manuales y se colocaron en bolsas plásticas previamente etiquetadas (fecha, localidad, número de muestra). Otros datos que se tomaron en cuenta (y que se anotaron en las hojas o acrílicos para tal efecto) son la altura y diámetro de la cabeza de coral, gracias a los cuales se pudo estandarizar las unidades de muestreo a

---

superficie, y el número de ramas por unidad de superficie (utilizando cuadrantes de 20 x 20 cms).

Con lo que respecta a las zonas rocosas, principalmente paredes, se siguió el mismo procedimiento de colecta. La principal modificación que se realizó es que en éstos casos, el área muestreada fue delimitada por medio de cuadrantes, y que no se utilizaron las bolsas plásticas para cubrir el área, ya que resulta poco práctico por la imposibilidad de cerrar el área. El número de réplicas promedio fue de cinco por sitio específico. Una vez en la superficie, los organismos colectados fueron fijados en formaldehído al 10%.

Además, se tomaron datos sobre temperatura (superficial y de fondo), salinidad y oxígeno disuelto, con la ayuda del aparato YSI-85, registrando también la profundidad (estandarizada con las tablas de marea) y algunas características físicas sobresalientes de cada sitio de muestreo, las cuales se mencionan en el anexo A.

Para la caracterización de los sitios de muestreo, se realizaron buceos en los cuales se utilizaron cuadrantes azarosos de 2 m por lado ( $4 \text{ m}^2$ ) dividido en 4 subcuadrantes (Anexo A). El porcentaje de cobertura de rocas, arena, algas, coral y otros organismos bentónicos se determinó en cada subcuadrante. Para cuantificar la rugosidad, esto es, la proporción entre la distancia del contorno del fondo bajo el cuadrante y la distancia lineal (en este caso siempre de 2 metros), se utilizó una cadena metálica y cinta métrica (Luckhurst y Luckhurst, 1978). Aunado a lo anterior, se utilizaron transectos lineales (de 30 m de longitud) paralelos a la costa a 1-2, 3-5 y 7-10 m. de profundidad, en los cuales se registró el tipo de sustrato cada medio metro; de las rocas, su tamaño de acuerdo a

---

categorías preestablecidas y de las cabezas de coral, su tamaño y grado de agregación (Anexo B).

## **b) Trabajo de laboratorio**

### **Identificación y toma de datos básicos de muestras**

Las muestras fueron preservadas en alcohol etílico al 70%. Se caracterizó taxonómicamente cada organismo con la ayuda de claves de identificación y literatura especializada para cada familia, género y descripciones específicas, según los métodos taxonómicos estándar establecidos por Hubbs y Lagler (1974). Para asegurar la correcta identificación de los individuos, se contó con el acceso a las colecciones ictiológicas del CIBNOR y de la South Academy of Sciences (on line).

Entre los datos básicos a tomar de cada organismo se obtuvo la Longitud Total (LT, distancia del extremo del hocico al extremo de la aleta caudal), Longitud Estándar o Patrón (LS.- distancia del extremo del hocico al extremo de la placa hipural) y peso. Todos estos datos sirvieron para conocer la composición de tallas de las especies por localidad y época del año.

Los organismos colectados, una vez procesados (identificados a nivel especie y etiquetados con datos de colecta) serán ingresados a la colección ictiológica del CIBNOR, con su registro correspondiente, siempre y cuando se encuentren en condiciones óptimas.

### **Análisis de la estructura de las asociaciones féticas.**

Se calculó para cada sitio de muestreo y estación del año, la densidad de individuos y biomasa promedio (individuos/m<sup>2</sup>; biomasa/m<sup>2</sup>), y la riqueza de especies promedio (No de especies). Para determinar la diversidad se utilizó el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), el cual combina tanto el número de especies, como el número de individuos por especie. Todos los cálculos se llevarán a cabo usando el programa ANACOM versión 3.0.

La fórmula para obtener el índice de Shannon Wiener es:

$$H' = \sum_{i=1}^n \left( \frac{ni}{N} \right) \ln \left( \frac{ni}{N} \right)$$

Donde:  $H'$  = Índice de diversidad de Shannon Wiener  
 $ni$  = No. de individuos de la especie  $i$   
 $N$  = No. total de individuos

Para probar la significancia de las diferencias entre localidades, sitios y hábitats de muestreo, se realizaron ANOVAs (Análisis de Variancia), dicha prueba permite probar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, utilizando para ello una comparación de las variancias de dichos tratamientos. Las variables que no se ajustaron a una distribución normal o que no presentaron homocedasticidad, fueron transformados con el método “raíz-raíz” o con el logaritmo de cada dato más uno.

El método de “raíz-raíz” utiliza la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = \sqrt{\sqrt{X_{ij}}}$$

Donde  $Y_{ij}$  = Dato transformado  
 $X_{ij}$  = Dato original

---

El método de transformación logarítmica más uno utiliza la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = \ln(X_{ij} + 1)$$

Donde  $Y_{ij}$  = Dato transformado

$X_{ij}$  = Dato original

Asimismo, se aplicó un Análisis de Regresión Múltiple paso a paso (adicionando variable por variable), para determinar el efecto de las variables (Físico-químicas y topográficas de los sitios) sobre los atributos de las asociaciones para cabezas de coral y paredes rocosas. El Análisis Regresión Múltiple tiene como propósito el determinar la relación que existe entre distintas variable independientes (variables predictoras) y una variable dependiente (variable criterio). Todas las pruebas estadísticas de significancia para un Análisis de Regresión Múltiple, asumen que los datos provienen de muestras azarosas con observaciones independientes. Es por eso que se evaluó la presencia o ausencia de correlación serial en los residuales utilizando para ello la prueba de Durbin-Watson.

Para llevar a cabo el análisis clasificatorio por sitio, se elaboró una matriz con las densidades promedio por sitio de cada especie. Posteriormente dicha matriz fue transformada utilizando el método “raíz-raíz”.

El método “raíz-raíz”, al igual que el método de transformación logarítmica, reduce el efecto de las especies dominantes en la matriz; sin embargo, el primero presenta la ventaja de obtener valores de similitud invariables a los cambios de escala, cuando la matriz de similitud es calculada con medidas de Bray-Curtis (Field *et al.*, 1982).

Para medir la similitud entre sitios se utilizó la medida de Bray-Curtis, la cual presenta la ventaja de no ser afectada por ausencias, siendo lo suficientemente robusta para

ser utilizada con datos marinos. La medida Bray-Curtis da mayor peso a las especies dominantes que a las raras, a diferencia de medidas como la “Canberra metric”, que le da el mismo peso a todas las especies (Field *et al.*, 1982). La medida de Bray-Curtis tiene la siguiente fórmula:

$$\delta_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^s |Y_{ij} - Y_{ik}|}{\sum_{i=1}^s (Y_{ij} + Y_{ik})}$$

Donde:  $\delta_{jk}$  = disimilitud entre la suma de todas las especies  $s$  en las muestras  $j$  y  $k$   
 $Y_{ij}$  = valor de especie  $i$  en la muestra  $j$   
 $Y_{ik}$  = valor de especie  $i$  en la muestra  $k$

La matriz de similitud obtenida se utilizó para realizar un análisis de cluster con método aglomerativo, jerárquico, sin acoplamiento, utilizando distancias euclidianas y siguiendo el criterio de agrupamiento Método de grupos pareados usando medias aritméticas (UPGMA, por sus siglas en inglés), el cual aparenta ser el método más exitoso, ya que junta dos grupos de muestras al nivel de medias de similitud entre todos los miembros de un grupo y todos los miembros del otro (Field *et al.*, 1982).

Para observar el efecto de la distribución en parches del hábitat sobre la estructura de peces crípticos, se comparó la riqueza específica usando curvas de rarefacción con réplicas de 1000 simulaciones en tres distintas coberturas de coral: a) sitios con más de 30% de la cobertura total, b) sitios con coberturas entre 30 y 1%, c) sitios con coberturas de coral menores al 1%, siguiendo el método de Gottelli y Entsminger (1997) y utilizando el programa EcoSim versión 3.0. El método permite comparaciones directas de la riqueza de

---

especies entre sitios con distintas coberturas de coral, gracias a que estima un número de especies esperado y su variancia asociada a partir de submuestras aleatorias de igual número de individuos.

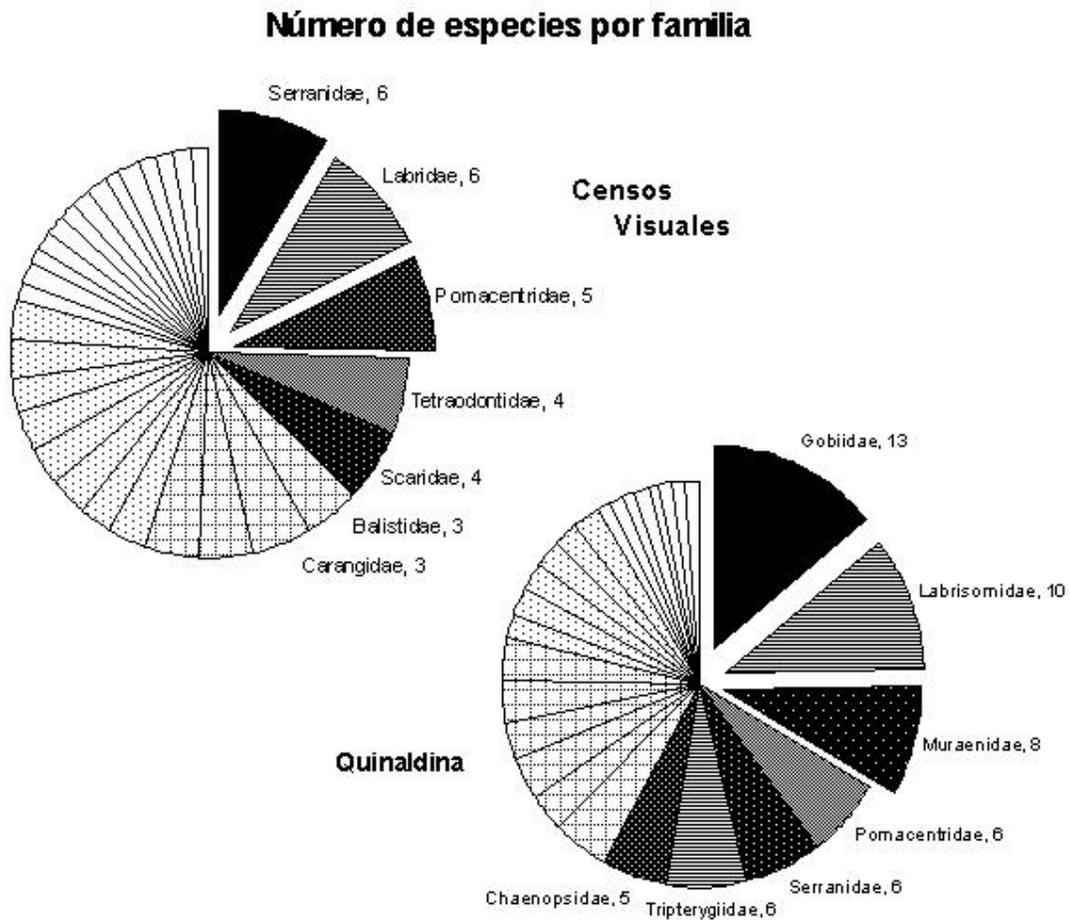
Para los análisis temporales se utilizaron ANOVAS de dos vías para corroborar las diferencias temporales para los distintos hábitats y sitios de muestreo. Todos los análisis estadísticos se efectuaron utilizando el programa Statistica 6.0.

## **VIII.- RESULTADOS**

### **a) Comparación de Métodos de Evaluación**

La utilización de distintos métodos de evaluación del recurso ictiológico en una zona en particular, determina tipo de especies que se van a registrar. Es por lo anterior que este apartado intenta mostrar las diferencias entre el método de evaluación más recurrido en los trabajos ictio-ecológicos y el uso del anestésico quinaldina.

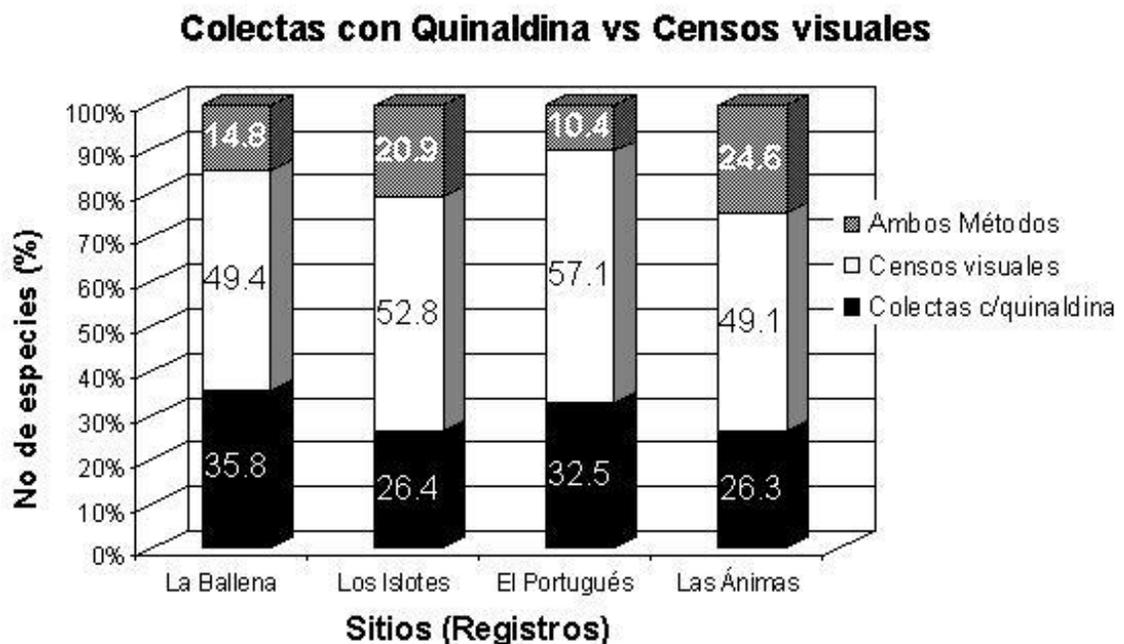
El uso de censos visuales como método de evaluación favorece que se registren especies de naturaleza conspicua (claramente observable), mientras que el uso de la quinaldina (o del aceite de clavo) favorece el registro de especies que no son fácilmente observables. Esto se observa en la figura 2, en la cual se muestran (en orden decreciente) las familias y su número de especies, registradas por método. Las familias mejor representadas en censos visuales fueron Serranidae, Labridae y Pomacentridae, mientras que en los censos con quinaldina fueron Gobiidae, Labrisomidae y Muraenidae.



**Figura 2-** Familias mejor representadas para los muestreos con censos visuales y muestreos con quinaldina en Los Islotes y La Ballena. Las familias con menos de 4 especies registradas no se señalan en los gráficos.

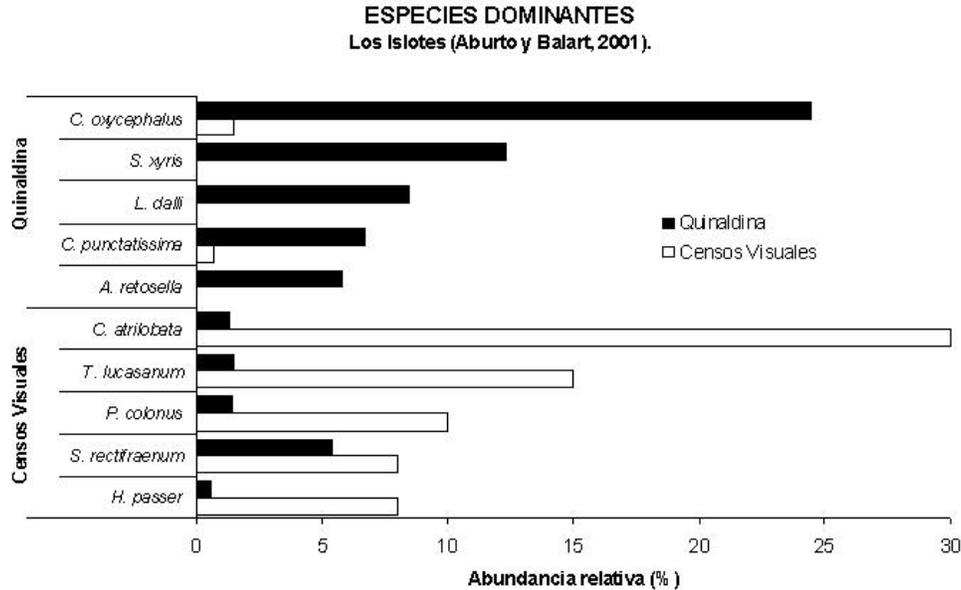
La evaluación del método de colectas con quinaldina y su comparación contra censos visuales realizados en los sitios en fechas similares, muestra una marcada diferencia entre los métodos, aumentando en promedio 30% el número de especies registradas por sitio. La figura 3 muestra ésta comparación y nos indica que los censos visuales subestiman el número de especies de peces arrecifales para los 4 sitios.

Del total de las especies registradas para un sitio, sólo el 17.6 % (promedio) de las especies fueron registradas por ambos métodos. La figura 4 muestra una comparación entre las abundancias relativas para las 5 especies dominantes en censos visuales y colectas con quinaldina en Los Islotes. Las diferencias entre las abundancias relativas son muy evidentes, el ejemplo más ilustrativo es el de *S. xyris*, el cual no fue registrado ninguna vez en censos visuales y sin embargo es la tercera especie más abundante en muestreos con quinaldina, con más del 10% de la abundancia total.



**Figura 3.-** Comparación entre el número de especies (porcentaje) registradas con colectas con quinaldina exclusivamente (área oscura), censos visuales exclusivamente (área clara) y con ambos métodos (área grisácea), para 4 sitios: La Ballena (Arreola y Elorduy, 2002); Los Islotes (Aburto y Balart, 2001); El Portugués (M. en C. Jesús Rodríguez, comm. Pers.); Las Ánimas (M. en C. Octavio Aburto, comm. Pers.)

Con estas comparaciones se demuestra que los censos visuales subestiman no solamente el número de especies para un sitio, sino que además, subestiman las abundancias de las especies registradas.



**Figura 4.-** Comparación de la abundancia relativa entre las 5 especies más dominantes en censos visuales (Aburto y Balart, 2001) y en colectas con quinaldina para los Islotes. Los valores que se observan a la derecha de las barras claras corresponden a la abundancia relativa observada en censos visuales, mientras que los de las barras oscuras corresponden a los de los censos visuales.

## b) Elenco sistemático

El listado taxonómico de especies registradas se puede observar en el Anexo C. Se registró un total de 93 especies (Tabla I) pertenecientes a 27 familias, 77 de éstas especies estuvieron presentes en colectas en cabezas de coral (26 familias) y 74 en las de paredes rocosas (23 familias). La familia con mayor número de especies para corales fue Gobiidae (13 especies), seguida por Labrisomidae (8), Muraenidae (6), Tripterygiidae (5), y Pomacentridae (5); este mismo orden se presenta en las colectas en paredes rocosas, existiendo solamente cambios en el número de especies de góbidos (9) y de tripterygidos (6). La figura 5 muestra el número de especies por familia en cada hábitat, en ella se observa que en general el número de especies por familia es igual o muy similar en ambos

---

hábitats y que incluso el orden de importancia de las 10 familias con mayor número de especies se conserva.

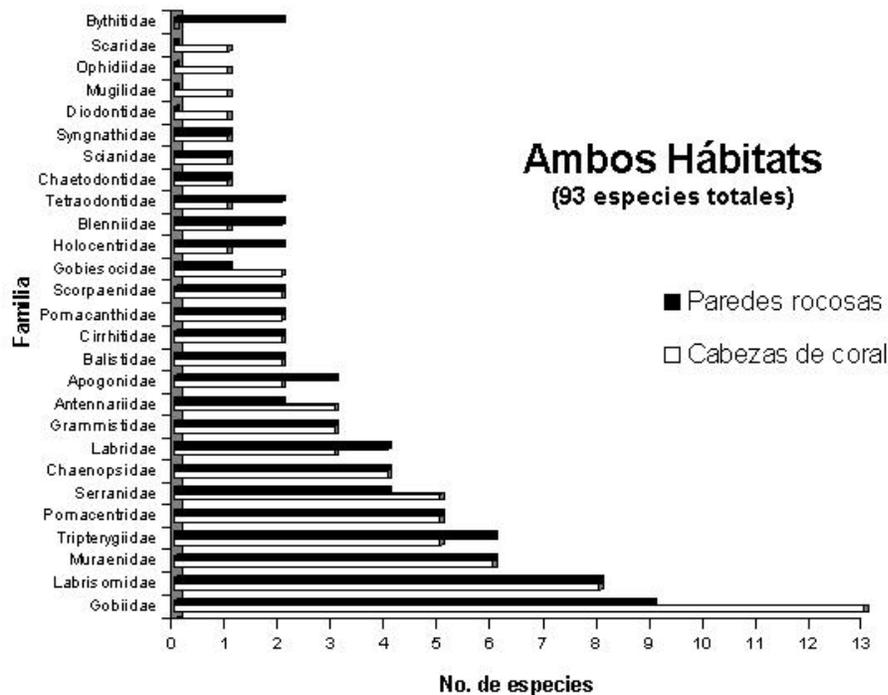
Como era de esperarse, la mayoría de las especies registradas tienen características crípticas, midiendo la mayoría escasos centímetros y teniendo comportamientos poco llamativos, aunque también se registraron peces de mayor tamaño como corresponde a algunos muraénidos. Sin embargo, no todas las especies se presentaron en todos los sitios, por lo que la Tabla I muestra la presencia o ausencia de las especies para cada sitio tanto en hábitats de cabezas de coral como en los de paredes rocosas.

La Tabla II muestra las longitudes y pesos extremos además de los promedios para cada especie, así como las abundancias y el número de sitios en las que fue registrada. *Cirrhichthys oxycephalus* resultó ser la especie más abundante, además de estar presente en todos los sitios muestreados; de igual forma *Scorpaenodes xyris* (segunda especie más abundante) y *Canthigaster punctatissima* estuvieron presentes en todos los sitios muestreados. Por su parte, *Lythrypnus dalli* fue la tercera especie con mayor abundancia.

En la cuestión biogeográfica (Tabla III), de las 93 especies registradas, casi el 80% tiene afinidad a la provincia Panámica y 11 especies son consideradas como endémicas del Golfo de California (Mar de Cortés). La fauna ictiológica de las provincias del Indo Pacífico y Circumtropical estuvo escasamente representada (5 y 1 especie respectivamente).

Al cuantificar las especies presentes en todos los muestreos por hábitat, se observa que un mayor número de ellas suelen encontrarse en paredes rocosas (11 especies),

mientras que en las cabezas de coral sólo 3 especies se colectaron en todos los sitios (Tabla IV).



**Figura 5.-** Número de especies por familia colectadas para paredes (Barras oscuras) y Cabezas de coral (Barras claras).

En lo referente a las especies exclusivas para un hábitat, la mayoría de dichas especies fueron registradas en una sola colecta, esto es, su abundancia total final en los muestreos es de 1 individuo. Es importante mencionar que sitios como Punta Diablo (Corales), y Los Islotes y San Dieguito (Paredes) son sitios con un número alto de especies exclusivas (> 4 especies). En sitios como El Portugués, Puerto Mexía, La Ballena, El Cayo y La Ánimas, se colectaron también especies exclusivas para cada uno de dichos sitios. La lista total de especies exclusivas por hábitat se puede observar en la Tabla V.



Tabla I.- Continuación

Especies	CORAL														PARED				
	CON				IES							ISJ			CON		IES		ISJ
	PO	PM	PD	SE	BA	BO	IS	PL	SG	CA	LL	LA	SF	SJ	PD	BA	IS	LA	SD
<i>Coryphopterus urospilus</i>	P		P		P	P			P	P			P	P	P	P	P		
<i>Crocodilichthys gracilis</i>	P		P	P	P		P	P	P	P	P		P		P	P	P	P	P
<i>Diodon holocanthus</i>										P									
<i>Doryrhamphus excisus</i>	P		P		P		P		P				P	P	P	P	P	P	P
<i>Echidna nocturna</i>	P																		
<i>Elacatinus digueti</i>			P												P				
<i>Elacatinus limbaughi</i>					P	P	P	P					P	P	P	P	P	P	P
<i>Elacatinus punctulatus</i>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P		P		P	P	P		P
<i>Enneanectes reticulatus</i>	P	P	P						P	P			P	P	P	P			P
<i>Enneanectes sexmaculatus</i>															P				P
<i>Epinephelus cf. panamensis</i>									P	P									
<i>Exerpes asper</i>			P																
<i>Gobiidae sp1 (negro)</i>					P														
<i>Gobiidae sp2 (cebra)</i>									P										
<i>Gobiosoma sp1</i>			P													P			
<i>Gobulus hancocki</i>			P																
<i>Gymneleotris seminudus</i>	P																		
<i>Gymnomuraena zebra</i>	P				P	P							P					P	
<i>Gymnothorax panamensis</i>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P		P	P	P			P	P	P
<i>Gymnothorax sp1</i>																			P
<i>Halichoeres melanotis</i>																	P		
<i>Halichoeres nicholsi</i>					P												P		
<i>Holocanthus passer</i>	P		P		P	P	P		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>																		P	
<i>Johnrandallia nigrirostris</i>			P									P					P	P	
<i>Labrisomidae sp1</i>																			P
<i>Labrisomidae sp2</i>																		P	
<i>Labrisomus xanti</i>	P	P				P	P					P	P			P			P
<i>Lythrypnus dalli</i>			P		P	P	P	P	P	P	P			P	P	P	P		P
<i>Lythrypnus pulchellus</i>	P	P	P	P	P		P		P	P	P				P	P	P		P

Tabla I.- Continuación

Especies	CORAL														PARED				
	CON				IES										CON	IES		ISJ	
	PO	PM	PD	SE	BA	BO	IS	PL	SG	CA	LL	LA	SF	SJ	PD	BA	IS	LA	SD
<i>Malacoctenus hubbsi</i>	P															P			
<i>Malacoctenus tetranemus</i>													P						P
<i>Malacoctenus zaca</i>			P																
<i>Microsphotodon dorsalis</i>																	P		
<i>Muraena lentiginosa</i>	P		P		P	P					P				P		P		P
<i>Muraenidae sp1</i>																			P
<i>Myripristis leiognathus</i>							P								P		P	P	P
<i>Nicholsina denticulata</i>							P												
<i>Ogilbia sp.</i>					P			P									P	P	
<i>Oligopus diagrammus</i>																	P		
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	P	P	P		P	P	P	P			P	P	P			P	P	P	P
<i>Oxycirrhites typus</i>			P												P				
<i>Paraclinus sini</i>	P	P	P		P	P			P	P					P				
<i>Paranthias colonus</i>					P		P	P	P	P					P	P	P	P	P
<i>Pareques viola</i>	P														P				
<i>Plagiotremus azaleus</i>							P	P		P									
<i>Pomacanthus zonipectus</i>								P							P				
<i>Protemblemaria bicirris</i>																P			
<i>Pseudogramma thaumasium</i>	P	P			P		P	P	P				P	P					P
<i>Rypticus bicolor</i>	P												P					P	P
<i>Rypticus nigripinnis</i>								P									P		P
<i>Sargocentron suborbitalis</i>																	P	P	P
<i>Scorpaena plumieri mystes</i>	P	P					P						P						P
<i>Scorpaenodes xyris</i>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Serranidae sp1</i>																P			
<i>Serranus psittacinus</i>			P					P					P		P				P
<i>Starskia spinipenis</i>		P		P		P			P	P			P			P	P		
<i>Stegastes flavilatus</i>	P						P	P		P	P						P		P
<i>Stegastes rectifraenum</i>	P	P	P	P	P		P	P	P	P	P	P	P		P	P	P	P	P

**Tabla I.-** Continuación

Especies	CORAL														PARED				
	CON				IES										CON	IES		ISJ	
	PO	PM	PD	SE	BA	BO	IS	PL	SG	CA	LL	LA	SF	SJ	PD	BA	IS	LA	SD
<i>Sufflamen verres</i>																			P
<i>Thalassoma lucasanum</i>	P	P	P		P	P	P		P	P	P		P				P	P	
<i>Tomicodon boehlkei</i>		P																	
<i>Uropterygius versutus</i>							P											P	P
<i>Xenomedea rhodopyga</i>	P				P		P		P				P				P		
<b>No de especies totales</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>9</b>	<b>29</b>	<b>18</b>	<b>29</b>	<b>12</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>29</b>	<b>12</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	<b>25</b>	<b>41</b>
<b>Abundancia Total</b>	<b>458</b>	<b>219</b>	<b>363</b>	<b>52</b>	<b>540</b>	<b>248</b>	<b>576</b>	<b>88</b>	<b>497</b>	<b>283</b>	<b>326</b>	<b>134</b>	<b>498</b>	<b>46</b>	<b>1114</b>	<b>763</b>	<b>515</b>	<b>158</b>	<b>259</b>

**Tabla II.-** Lista de especies colectadas (Orden alfabético) con sus respectivos datos de Longitudes Promedio y Pesos (Min., Max. y Promedio), además del número de sitios en los que se encontró y su abundancia total.

<b>Especie</b>	<b>No. de Sitios</b>	<b>Abundancia Total</b>	<b>Long. Patrón Promedio (mm)</b>	<b>Long. Patrón Max. (mm)</b>	<b>Long. Patrón Min. (mm)</b>	<b>Peso Prom. (g)</b>	<b>Peso Max. (g)</b>	<b>Peso Min. (g)</b>
<i>Abudefduf troschelli</i>	2	6	24.01	43.57	18.00	1.09	4.59	0.30
<i>Acanthemblemaria balanorum</i>	2	32	26.29	44.73	20.46	0.29	1.36	0.10
<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	7	35	27.73	39.64	18.56	0.25	1.5	0.01
<i>Acanthemblemaria macrospilus</i>	2	2	32.19	38.23	26.14	0.47	0.72	0.21
<i>Alphestes immaculatus</i>	1	7	115.86	146.00	102.00	48.37	95.81	33.03
<i>Alphestes multiguttatus</i>	3	3	104.64	123.42	72.10	36.41	52.11	8.25
<i>Anarchias galapagensis</i>	1	1	124.24	124.24	124.24	0.89	0.89	0.89
<i>Antennarius avalonis</i>	2	2	25.46	34.00	16.91	2.29	4.12	0.45
<i>Antennarius sanguineus</i>	3	4	40.37	51.02	27.42	8.04	14.8	2.22
<i>Antennatus strigatus</i>	2	2	30.37	36.40	24.33	3.31	5.93	0.69
<i>Apogon pacifica</i>	6	222	40.83	69.48	9.41	2.36	9.37	0.02
<i>Apogon retrosella</i>	15	415	40.00	75.05	9.00	2.83	16.35	0.02
<i>Apogon sp1</i>	1	1	69.18	69.18	69.18	12.18	12.18	12.18
<i>Arcos erythroptus</i>	3	4	29.64	45.77	19.73	1.07	2.85	0.23
<i>Arothron meleagris</i>	1	1	153.09	153.09	153.09	420	420	420.00
<i>Axoclinus carminalis</i>	7	45	22.77	33.01	11.46	0.25	0.69	0.02
<i>Axoclinus lucillae</i>	4	5	14.68	25.08	11.93	0.09	0.28	0.03
<i>Axoclinus nigricaudus</i>	3	5	29.66	34.22	24.33	0.44	0.67	0.26
<i>Balistes polylepsis</i>	1	1	180.10	180.10	180.10	233.54	233.54	233.54
<i>Barbulifer pantherinus</i>	6	30	20.46	27.99	12.00	0.18	0.43	0.03
<i>Bodianus diplotaenia</i>	5	16	54.99	169.50	21.58	17.58	165.51	0.25
<i>Brotula sp1</i>	1	1	83.00	83.00	83.00	5.08	5.08	5.08
<i>Canthigaster punctatissima</i>	19	480	41.94	65.75	11.00	5.76	19.79	0.13
<i>Chaenomugil proboscoides</i>	1	1	32.40	32.40	32.40	0.80	0.80	0.80
<i>Chaenopsidae sp1</i>	1	1	21.29	21.29	21.29	0.12	0.12	0.12
<i>Chriolepis zebra</i>	3	3	22.42	26.25	19.02	0.17	0.2	0.13
<i>Chromis atrilobata</i>	10	92	55.75	100.20	22.45	7.59	34.04	0.23
<i>Chromis limbaughi</i>	4	76	23.75	84.32	8.50	1.55	31.522	0.02
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	19	1745	41.77	70.40	19.00	2.84	11.1	0.20
<i>Coryphopterus urospilus</i>	11	73	25.75	42.27	9.50	0.39	1.53	0.01

**Tabla II.-** Continuación

<b>Especie</b>	<b>No. de Sitios</b>	<b>Abundancia Total</b>	<b>Long. Patrón Promedio (mm)</b>	<b>Long. Patrón Max. (mm)</b>	<b>Long. Patrón Min. (mm)</b>	<b>Peso Prom. (g)</b>	<b>Peso Max. (g)</b>	<b>Peso Min. (g)</b>
<i>Crocodylichthys gracilis</i>	15	283	30.98	53.55	13.51	0.49	9.67	0.02
<i>Diodon holocanthus</i>	1	1	109.26	109.26	109.26	155.56	155.56	155.56
<i>Doryrhamphus excisus</i>	12	41	42.04	61.49	27.00	0.18	0.6	0.04
<i>Echidna nocturna</i>	1	1	352.00	352.00	352.00	120.92	120.92	120.92
<i>Elacatinus digueti</i>	2	22	16.17	22.38	10.52	0.06	0.17	0.01
<i>Elacatinus limbaughi</i>	11	25	19.83	29.04	12.00	0.17	0.4	0.04
<i>Elacatinus punctulatus</i>	16	393	20.60	33.97	9.65	0.23	1.4	0.02
<i>Enneanectes reticulatus</i>	10	51	28.91	42.24	13.96	0.52	1.1	0.05
<i>Enneanectes sexmaculatus</i>	2	4	20.11	22.24	18.26	0.12	0.178	0.07
<i>Epinephelus cf. panamensis</i>	2	3	41.97	72.12	26.22	3.85	10.49	0.44
<i>Exerpes asper</i>	1	1	27.31	27.31	27.31	0.17	0.166	0.17
<i>Gobiidae sp1 (negro)</i>	1	1	23.00	23.00	23.00	0.31	0.31	0.31
<i>Gobiidae sp2 (cebra)</i>	1	1	29.00	29.00	29.00	0.56	0.56	0.56
<i>Gobiosoma sp1</i>	2	6	19.05	20.82	16.97	0.10	0.129	0.06
<i>Gobulus hancocki</i>	1	3	24.14	27.00	22.64	0.21	0.257	0.14
<i>Gymneleotris seminudus</i>	1	1	30.00	30.00	30.00	0.46	0.46	0.46
<i>Gymnomuraena zebra</i>	5	8	279.75	435.00	150.00	51.58	122.9	7.56
<i>Gymnothorax panamensis</i>	16	82	153.59	299.00	41.12	7.38	42.89	0.08
<i>Gymnothorax sp1</i>	1	1	44.97	44.97	44.97	0.14	0.14	0.14
<i>Halichoeres melanotis</i>	1	11	42.83	57.26	17.47	1.63	3.11	0.08
<i>Halichoeres nicholsi</i>	2	3	66.14	88.15	24.00	9.04	14.17	0.41
<i>Holacanthus passer</i>	16	44	61.75	165.67	19.00	33.51	270	0.54
<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	1	2	34.65	36.03	33.26	1.09	1.24	0.94
<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	4	5	111.74	150.58	67.35	78.99	112.11	18.54
<i>Labrisomidae sp1</i>	1	3	19.60	20.20	18.55	0.10	0.11	0.09
<i>Labrisomidae sp2</i>	1	1	17.15	17.15	17.15	0.07	0.07	0.07
<i>Labrisomus xanti</i>	8	61	48.90	120.00	12.37	5.13	42.26	0.03
<i>Lythrypnus dalli</i>	13	604	16.35	26.17	8.06	0.10	0.34	0.01
<i>Lythrypnus pulchellus</i>	13	241	15.30	24.28	6.68	0.09	0.55	0.00
<i>Malacoctenus hubbsi</i>	2	3	32.68	38.05	26.00	0.79	1.08	0.43
<i>Malacoctenus tetranemus</i>	2	3	41.84	46.82	35.11	1.68	2.12	1.08

Tabla II.- Continuación

Especie	No. de Sitios	Abundancia Total	Long. Patrón Promedio (mm)	Long. Patrón Max. (mm)	Long. Patrón Min. (mm)	Peso Prom. (g)	Peso Max. (g)	Peso Min. (g)
<i>Malacoctenus zacae</i>	1	1	48.52	48.52	48.52	0.30	0.3	0.30
<i>Microsphotodon dorsalis</i>	1	2	98.15	126.85	69.44	99.38	175.55	23.21
<i>Muraena lentiginosa</i>	8	9	252.27	418.82	34.86	79.82	230	5.95
<i>Muraenidae sp1</i>	1	9	116.31	136.50	93.08	2.12	4.05	1.06
<i>Myripristis leiognathus</i>	5	66	52.55	85.57	35.00	7.13	102.93	1.33
<i>Nicholsina denticulata</i>	1	1	30.78	30.78	30.78	0.74	0.74	0.74
<i>Ogilbia sp.</i>	4	6	44.88	52.00	34.28	1.01	1.58	0.31
<i>Oligopus diagrammus</i>	1	3	55.21	75.46	37.71	2.86	5.93	0.73
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	15	159	82.18	128.93	21.75	12.27	36.55	1.83
<i>Oxycirrhites typus</i>	2	9	53.10	74.67	38.49	1.78	4.986	0.47
<i>Paraclinus sini</i>	8	15	28.78	39.00	13.89	0.57	1.24	0.04
<i>Paranthias colonus</i>	10	103	61.13	108.90	28.93	7.41	36.41	0.66
<i>Pareques viola</i>	2	2	70.30	110.00	30.59	16.69	32.8	0.59
<i>Plagiotremus azaleus</i>	3	3	49.68	55.38	45.66	0.95	1.2	0.75
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	2	2	20.27	21.53	19.00	0.51	0.53	0.48
<i>Protemblemaria bicirris</i>	1	1	15.97	15.97	15.97	0.04	0.04	0.04
<i>Pseudogramma thaumasium</i>	9	43	38.72	74.48	11.00	2.18	12.05	0.04
<i>Rypticus bicolor</i>	4	8	97.22	206.43	37.00	78.39	305	1.30
<i>Rypticus nigripinnis</i>	3	4	117.11	145.66	86.99	46.75	76.93	16.08
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	3	7	107.86	137.46	73.28	64.07	105.82	15.92
<i>Scorpaena plumieri mystes</i>	5	5	86.42	119.00	57.61	37.40	87.66	9.36
<i>Scorpaenodes xyris</i>	19	879	30.73	77.31	10.00	1.27	17.05	0.03
<i>Serranidae sp1</i>	1	1	11.51	11.51	11.51	0.03	0.03	0.03
<i>Serranus psittacinus</i>	5	13	40.70	75.68	24.32	1.56	4.54	0.32
<i>Starksia spinipenis</i>	9	37	27.93	36.11	13.74	0.41	0.92	0.13
<i>Stegastes flavilatus</i>	7	19	32.88	70.79	10.10	3.99	17.94	0.04
<i>Stegastes rectifraenum</i>	17	386	38.79	142.93	8.72	6.16	162.9	0.03
<i>Sufflamen verres</i>	1	1	96.87	96.87	96.87	40.87	40.87	40.87
<i>Thalassoma lucasanum</i>	12	105	37.02	84.00	9.52	1.59	11.76	0.02
<i>Tomicodon boehlkei</i>	1	3	16.05	20.94	13.48	0.09	0.2	0.03
<i>Uropterygius versutus</i>	3	4	350.13	440.00	315.50	58.57	139.35	19.65
<i>Xenomedeia rhodopyga</i>	6	11	23.19	31.30	16.00	0.29	0.58	0.10

**Tabla III.-** Lista de la afinidad biogeográfica (según Briggs, 1974; Villarreal *et al.*, 2000) de las especies crípticas registradas durante las colectas en la región de la Bahía de La Paz, B.C.S. Se adjuntan entre paréntesis el número de especies por afinidad y el porcentaje total que representa.

<b>Panamíca</b> <b>(64 spp., 79.01%)</b>		<b>Mar de Cortés</b> <b>(11 spp., 13.58%)</b>		<b>Indo-Pacífico</b> <b>(5 spp., 6.17%)</b>
<i>Abudefduf troschelli</i>	<i>Elacatinus limbaughi</i>	<i>Paraclinus sini</i>	<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	<i>Arothron meleagris</i>
<i>Acanthemblemaria balanorum</i>	<i>Elacatinus punctulatus</i>	<i>Paranthias colonus</i>	<i>Axoclinus nigricaudus</i>	<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>
<i>Acanthemblemaria macrospilus</i>	<i>Gobulus hancocki</i>	<i>Pareques viola</i>	<i>Barbulifer pantherinus</i>	<i>Doryrhamphus excisus</i>
<i>Alphestes immaculatus</i>	<i>Gymneleotris seminudus</i>	<i>Plagiotremus azaleus</i>	<i>Chriolepis zebra</i>	<i>Gymnomuraena zebra</i>
<i>Alphestes multiguttatus</i>	<i>Gymnothorax panamensis</i>	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	<i>Chromis limbaughi</i>	<i>Oxycirrhites typus</i>
<i>Anarchias galapagensis</i>	<i>Halichoeres melanotis</i>	<i>Protemblemaria bicirris</i>	<i>Crocodilichthys gracilis</i>	
<i>Antennarius avalonis</i>	<i>Halichoeres nicholsi</i>	<i>Pseudogramma thaumasium</i>	<i>Enneanectes reticulatus</i>	
<i>Antennatus sanguineus</i>	<i>Holacanthus passer</i>	<i>Rypticus bicolor</i>	<i>Exerpes asper</i>	<b>Circumtropical</b>
<i>Antennatus strigatus</i>	<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	<i>Rypticus nigripinnis</i>	<i>Gobiosoma sp1</i>	<b>(1 sp, 1.23%)</b>
<i>Apogon pacifica</i>	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	<i>Sargocentron suborbitalis</i>	<i>Stegastes rectifraenum</i>	<i>Diodon holocanthus</i>
<i>Apogon retrosella</i>	<i>Labrisomus xanti</i>	<i>Scorpaena plumieri mystes</i>	<i>Tomicodon boehlkei</i>	
<i>Arcos erythroptus</i>	<i>Lythrypnus dalli</i>	<i>Scorpaenodes xyris</i>		
<i>Axoclinus carinalis</i>	<i>Lythrypnus pulchellus</i>	<i>Serranus psittacinus</i>		
<i>Axoclinus lucillae</i>	<i>Malacoctenus hubbsi</i>	<i>Starskia spinipenis</i>		
<i>Balistes polylepsis</i>	<i>Malacoctenus tetranemus</i>	<i>Stegastes flavilatus</i>		
<i>Bodianus diplotaenia</i>	<i>Malacoctenus zacaе</i>	<i>Sufflamen verres</i>		
<i>Canthigaster punctatissima</i>	<i>Microsphotodon dorsalis</i>	<i>Thalassoma lucasanum</i>		
<i>Chaenomugil proboscoidens</i>	<i>Muraena lentiginosa</i>	<i>Uropterygius versutus</i>		
<i>Chromis atrilobata</i>	<i>Myripristis leiognathus</i>	<i>Xenomedeia rhodopyga</i>		
<i>Coryphopterus urospilus</i>	<i>Nicholsina denticulata</i>			
<i>Echidna nocturna</i>	<i>Oligopus diagrammus</i>			
<i>Elacatinus digueti</i>	<i>Ophioblennius steindachneri</i>			

**Tabla IV.-** Especies compartidas en todos los sitios (Paredes y corales), y por sitio de evaluación de cabezas de coral y por los sitios donde se evaluaron las paredes rocosas

<b>Especies compartidas</b>		
<b>CORADES Y PAREDES</b>	<b>CORALES</b>	<b>PAREDES</b>
<i>Canthigaster punctatissima</i>	<i>Canthigaster punctatissima</i>	<i>Canthigaster punctatissima</i>
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>
<i>Scorpaenodes xyris</i>	<i>Scorpaenodes xyris</i>	<i>Scorpaenodes xyris</i>
		<i>Stegastes rectifraenum</i>
		<i>Holacanthus passer</i>
		<i>Apogon retrosella</i>
		<i>Crocodilichthys gracilis</i>
		<i>Doryrhamphus excisus</i>
		<i>Elacatinus limbaughi</i>
		<i>Chromis atrilobata</i>
		<i>Paranthias colonus</i>

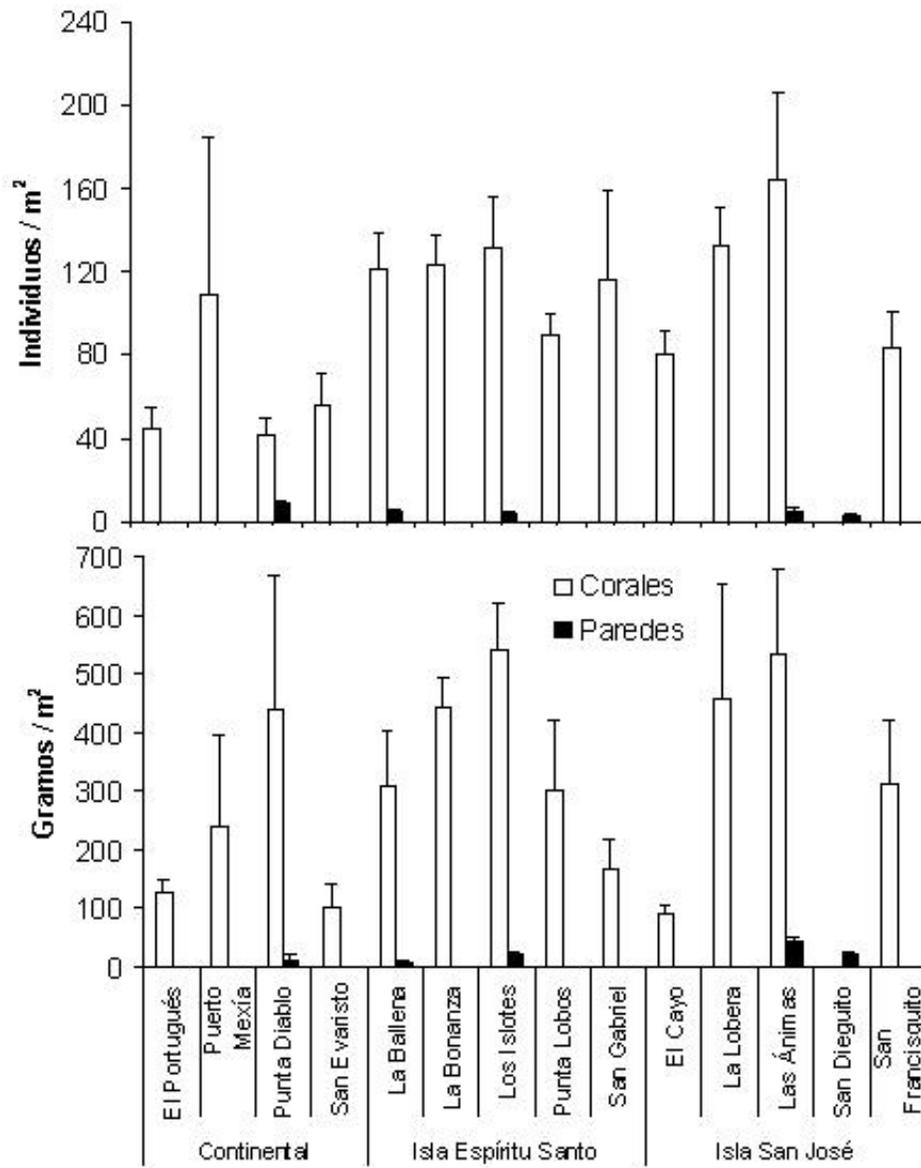
**Tabla V.-** Especies exclusivas en cada sitio tanto para cabezas de coral y paredes rocosas

<b>Especies exclusivas</b>		
	<b>CORAL</b>	<b>PARED</b>
<b>El Portugués</b>	<i>Alphestes immaculatus</i> <i>Echidna nocturna</i> <i>Gymneleotris seminudus</i>	
<b>Puerto Mejía</b>	<i>Chaenomugil proboscidentis</i> <i>Chaenopsidae sp1</i> <i>Tomicodon boehlkei</i>	
<b>Punta Diablo</b>	<i>Anarchias galapagensis</i> <i>Exerpes asper</i> <i>Gobulus hancocki</i> <i>Malacoctenus zaca</i>	<i>Balistes polylepsis</i>
<b>La Ballena</b>	<i>Gobiidae sp1</i>	<i>Halichoeres melanotis</i> <i>Protemblemaria bicirris</i> <i>Serranidae sp1</i>
<b>Los Islotes</b>	<i>Brotula sp1</i> <i>Nicholsina denticulata</i>	<i>Apogon sp1</i> <i>Microsphaetodon dorsalis</i> <i>Oligopus diagrammus</i> <i>Sufflamen verres</i>
<b>San Gabriel</b>	<i>Gobiidae sp2</i>	
<b>El Cayo</b>	<i>Diodon holocanthus</i>	
<b>Las Ánimas</b>		<i>Hypsoblennius brevipinnis</i> <i>Labrisomidae sp2</i>
<b>San Dieguito</b>		<i>Arothron meleagris</i> <i>Gymnothorax sp1</i> <i>Labrisomidae sp1</i> <i>Muraenidae sp1</i>

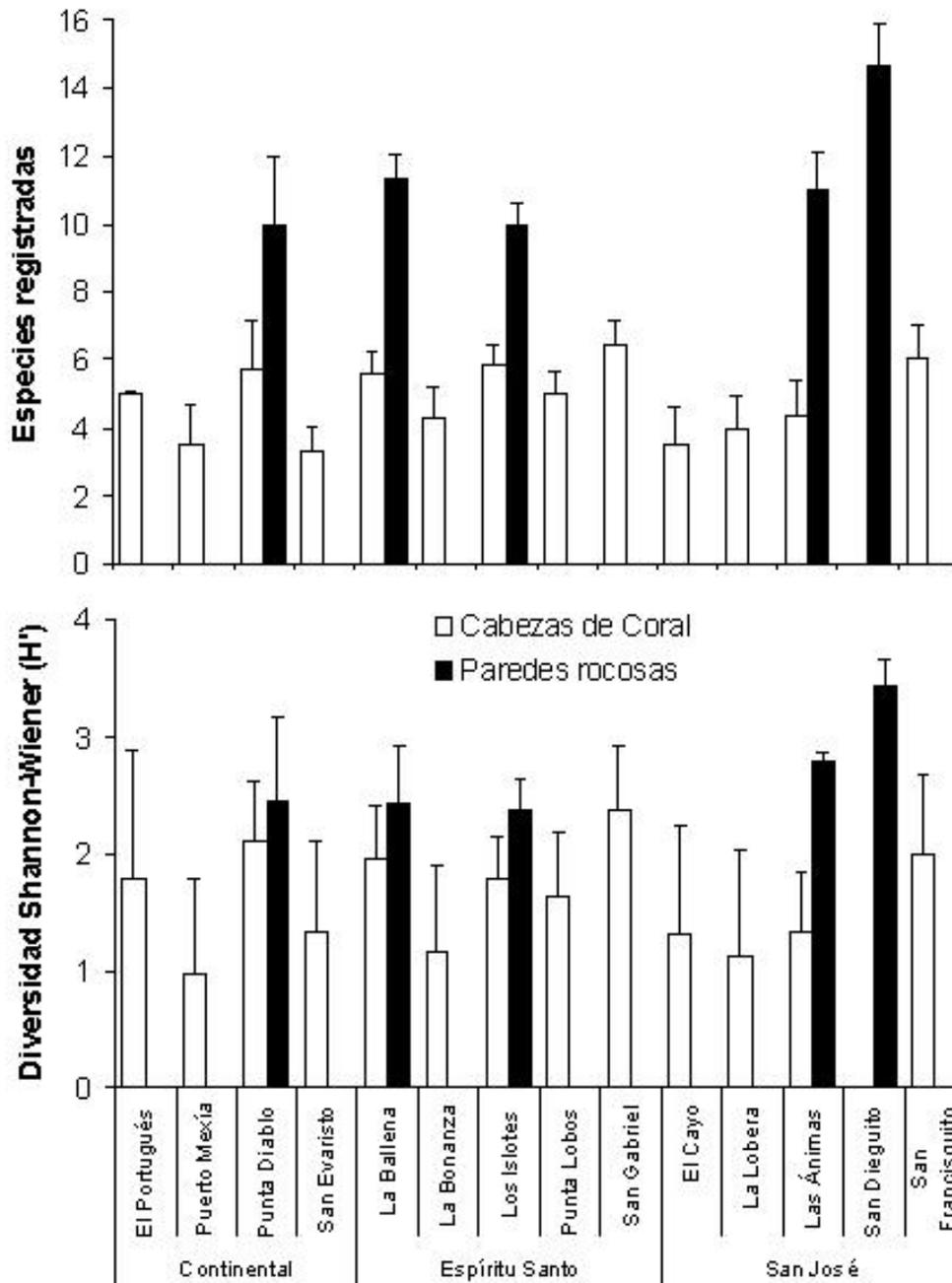
### **c) Comparación entre Paredes rocosas y Cabezas de coral**

Para comprobar la diferencia entre los hábitats analizados, se realizaron diversas comparaciones de los atributos comunitarios. Dichas comparaciones arrojaron diferencias significativas, justificando así, el análisis individual por hábitat en los aspectos espaciales y temporales.

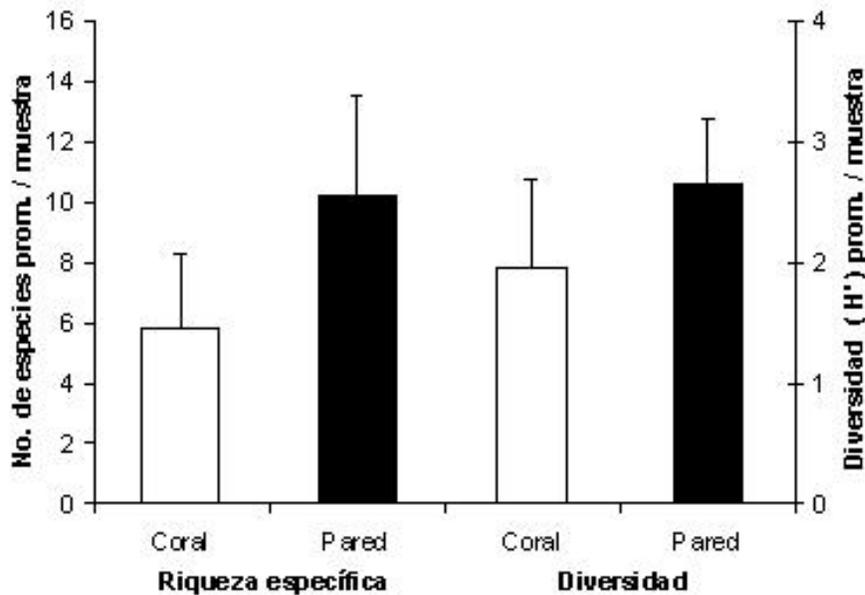
La comparación de densidades promedio tanto de número individuos como de biomasa entre sitios con ambos tipos de hábitat se puede ver claramente en la figura 6. Al aplicar las pruebas de diferencias de medias para muestras independientes para ambos atributos, se obtuvieron valores de significancia bastante bajos ( $p= 0.000$ ). La prueba antes mencionada, señala que las medias de ambas densidades son ampliamente mayores en las cabezas de coral con respecto a las encontradas en paredes rocosas. Sin embargo, al tomar en cuenta la riqueza de especies y diversidad promedio por sitio (con ambos hábitats) se invierten los papeles, encontrando un mayor número promedio de especies en paredes rocosas ( $p=0.0076$ ) y de la misma forma una mayor diversidad promedio ( $p= 0.0202$ ), las figuras 7 y 8 ilustran dichas diferencias. Esto nos indica que cada hábitat confiere a las comunidades que en él se encuentran, características claramente distintas.



**Figura 6.-** Densidades promedio de abundancia (A) y biomasa (B) registradas por sitio para paredes rocosas (Barras oscuras) y cabezas de coral (Barras claras). Las líneas indican el error estándar.



**Figura 7-** Número de especies (A) y diversidad promedio (B) registradas por sitio para paredes rocosas (Barras oscuras) y cabezas de coral (Barras claras). Las líneas indican el error estándar.

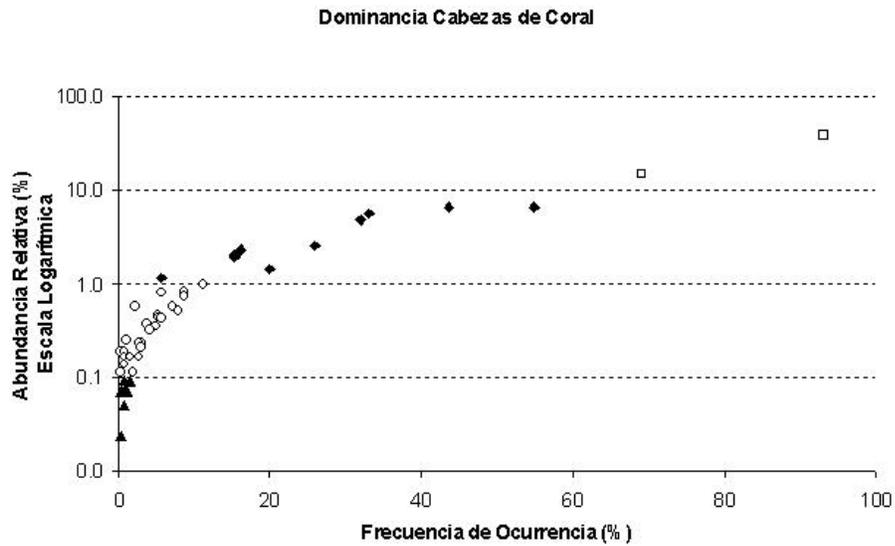


**Figura 8.-** Comparación de la riqueza específica y la diversidad entre colectas en paredes de coral (Barras claras) y paredes rocosas (Barras oscuras). Las líneas indican el error estándar.

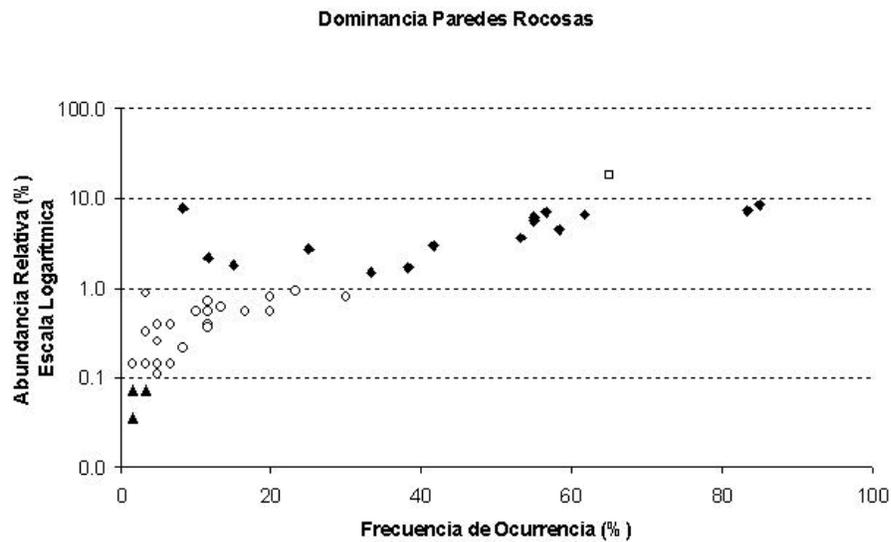
Al contrastar la abundancia relativa contra la frecuencia de ocurrencia relativa, se obtuvieron las figuras 9 (Corales) y 10 (Paredes), que ilustran el grado de dominancia de las especies. Para el caso de las cabezas de coral (figura 9), dos especies se ubicaron dentro del grupo de especies dominantes (más del 10% de la abundancia total), estas especies fueron *C. oxycephalus* y *S. xyris*, en conjunto dichas especies corresponden a más del 50% de los organismos colectados. En el caso de las paredes (figura 10), sólo una especie se consideró dentro del grupo de especies dominantes: *L. dalli*. (18.3 %), sin embargo, *S. xyris* (8.4 %) fue la segunda especie con mayor abundancia relativa registrada.

Estas figuras nos muestran una alta dominancia en las asociaciones de hábitats de cabezas de coral y una asociación de pared rocosa con una menor dominancia. Por lo tanto,

el efecto de las especies dominantes en los atributos comunitarios será menor en las asociaciones de paredes rocosas que en las de ambientes coralinos.

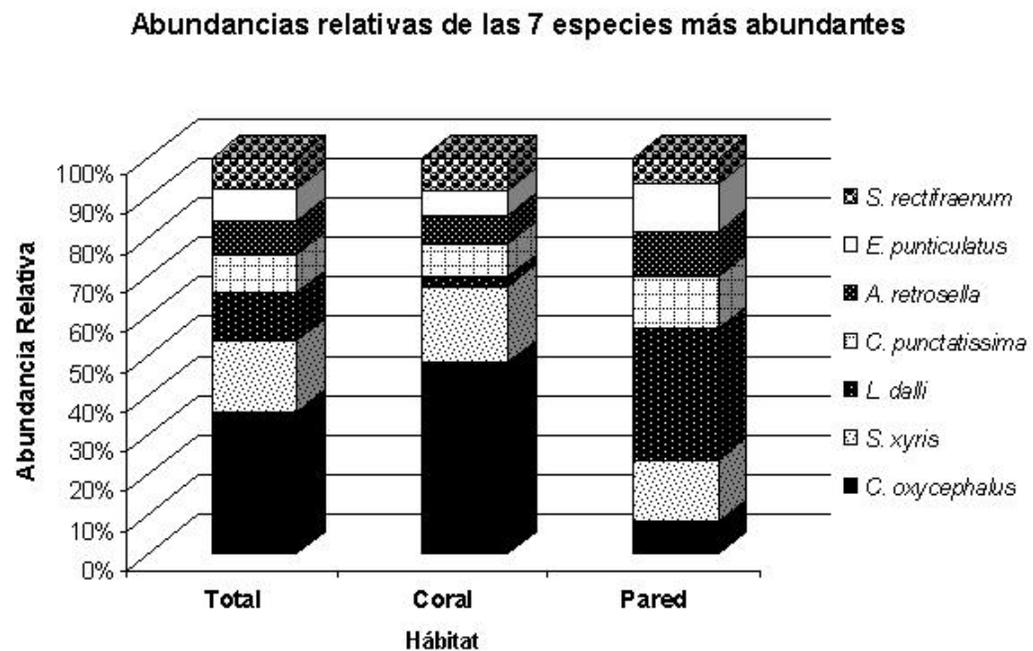


**Figura 9.-** Relación entre la abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia por especie para cabezas de coral: □ Especies dominantes (>10 % de la abundancia total); ◆ Especies frecuentes (entre el 10 y 1%); ○ Especies Comunes (entre 1 y 0.1 %); ▲ Especies Raras (<.1 %).



**Figura 10.--** Relación entre la abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia por especie para paredes rocosas: □ Especies dominantes (>10 % de la abundancia total); ◆ Especies frecuentes (entre el 10 y 1%); ○ Especies Comunes (entre 1 y 0.1 %); ▲ Especies Raras (<.1 %)

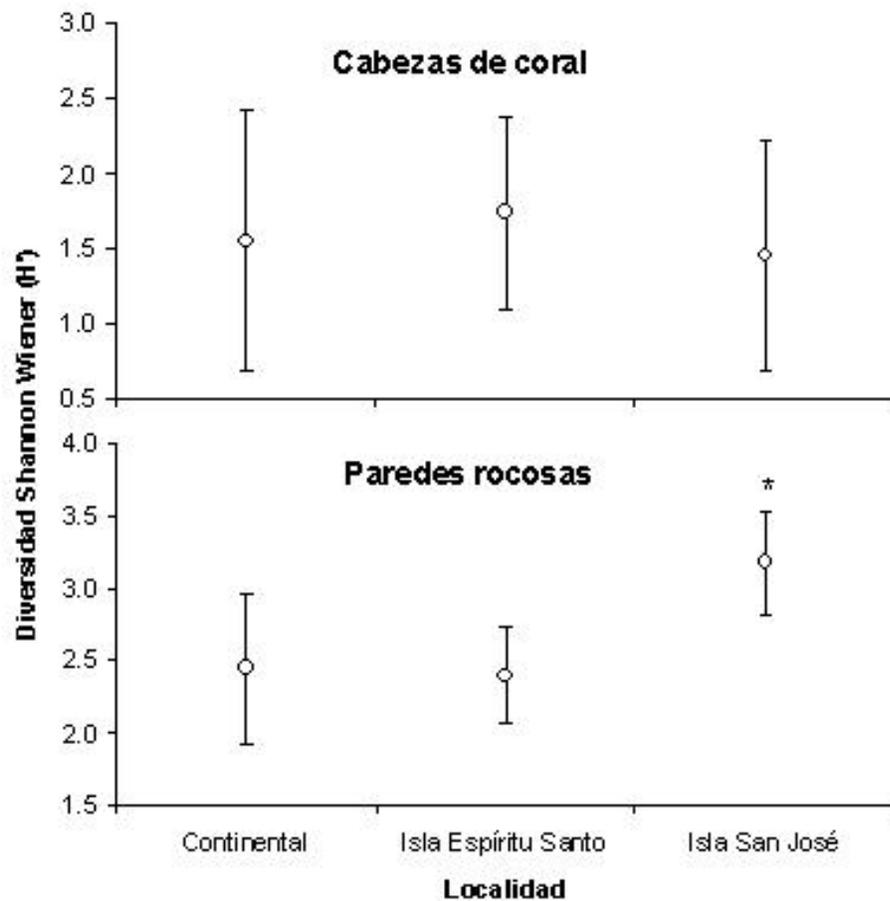
Se identificaron diferencias significativas entre las densidades (de abundancia y de biomasa), riqueza específica, diversidad y dominancia. Aunado a esto, las diferencias entre las abundancias de las 7 especies más abundantes en el total de muestreos (más del 5% de abundancia total) son evidentes (figura 11). Existe variación importante en las abundancias relativas de dichas especies. Un ejemplo de este cambio es *C. oxycephalus*, el cual es muy abundante en corales, más no así en paredes; el caso contrario es *L. dalli*, pues su abundancia es alta en paredes y no en corales. A pesar de que se encontraron altas variaciones en algunas especies, otras como *S. xyris* mantienen sus niveles de abundancia. El cambio o no cambio en dichas abundancias relativas entre hábitats, nos indica en cierto grado la afinidad que tienen las especies por un hábitat particular.



**Figura 11.-** Comparación en la abundancia relativa de las 7 especies más abundantes en ambos hábitats, en corales y en paredes

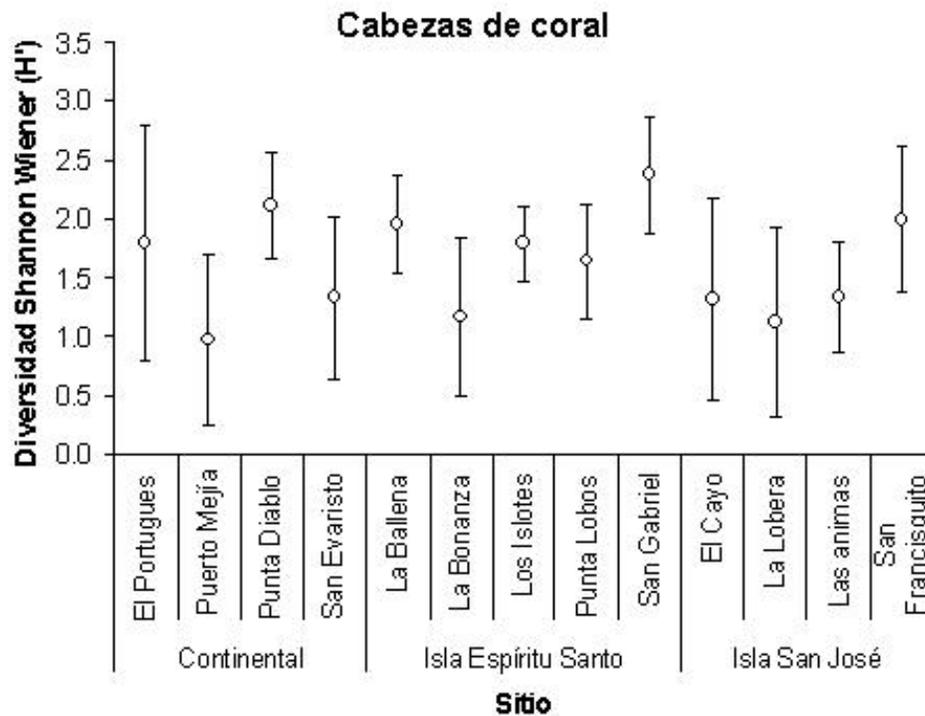
#### d) Análisis Espacial

En lo que respecta al aspecto espacial, se realizaron comparaciones tanto a nivel de localidad como de sitio. Para las localidades no se encontraron diferencias significativas entre densidades ni riqueza específica, sin embargo en lo referente a la diversidad (figura 12) se encontraron diferencias ( $p=0.004$ ) para las paredes rocosas. Esto nos muestra que el efecto de la región en los atributos de las asociaciones no es aparentemente importante, sino que el efecto se observa a una escala diferente, en este caso la escala local.



**Figura 12.-** Diversidades ( $H'$ ) medias (con desviación estándar) para cada localidad en cabezas de coral (arriba) y paredes rocosas (abajo). \* Indica diferencia significativa.

Para las comparaciones entre sitios, las diferencias se encontraron en la densidad por biomasa en corales ( $p= 0.019$ ) y en la diversidad de ambos hábitats (corales  $p= 0.034$ , Figura 13 y paredes  $p= 0.002$ , figura 14). A pesar de que se encontraron tales diferencias en corales, no se identifica alguna afinidad entre los sitios que muestre el porque de su igualdad en estos atributos. En las paredes, las diferencias las dieron los sitios de la localidad de San José (Figura 10), lo cual viene a confirmar la idea de que sí existe un efecto de la región sobre las asociaciones en lo que a diversidad se refiere en este hábitat.



**Figura 13.-** Diversidades ( $H'$ ) medias (con desviación estándar) para cada sitio en cabezas de coral.

Lo anterior sugiere que a esta escala espacial, las asociaciones ícticas de cabezas de coral no son afectadas por las localidades, sino que las características de los sitios en particular pueden ser más importantes que la ubicación de los mismos. En el caso de las paredes la variación parece estar influenciada por la ubicación de los sitios

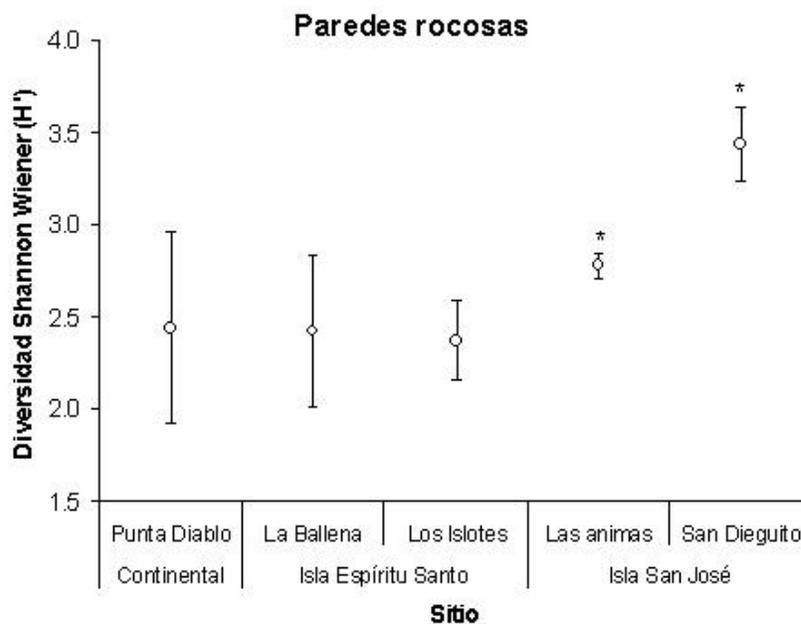


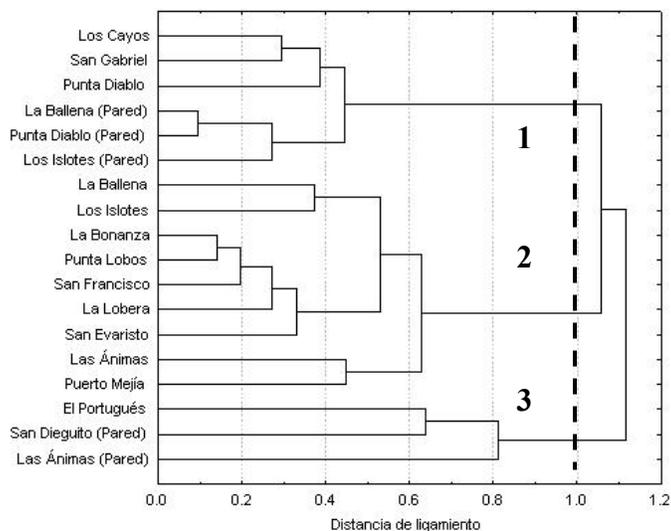
Figura 14.- Diversidades ( $H'$ ) medias (con error estándar) para cada sitio en paredes rocosas.

La tabla VI ilustra los resultados de diversos estudios de la variación espacial en las asociaciones de peces arrecifales llevados a cabo en la región de La Paz. En ella, se puede observar que las asociaciones de peces crípticos en general presentan un número de especies que se conserva a través de la región, lo cual no se observa en las asociaciones de peces conspicuos. Por otro lado, el componente críptico rocoso aparenta ser más estable que el coralino, lo cual se ve reflejado en la constancia de valores de densidad y de riqueza específica.

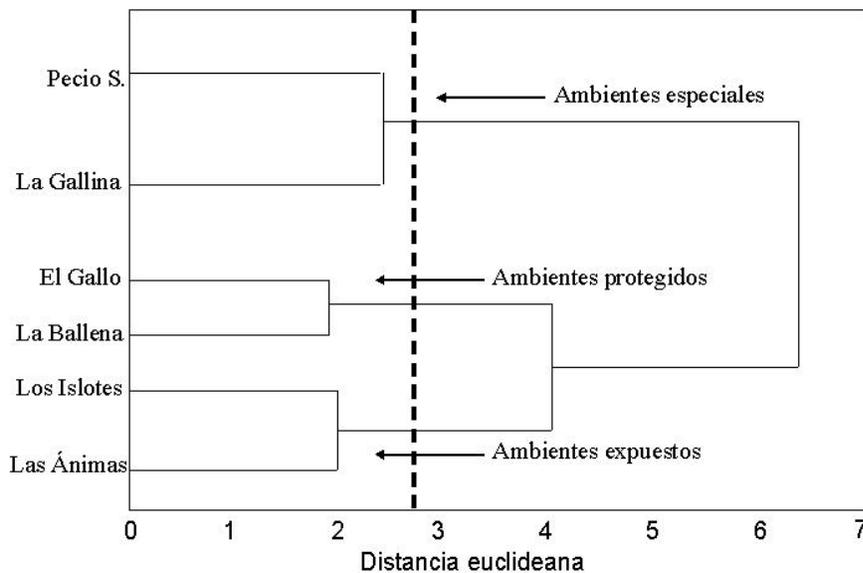
**Tabla VI.-** Resultados de ANOVAS aplicadas en diversos trabajos para observar la variabilidad espacial en diversos atributos comunitarios a través de distintos sitios de la región de La Paz. Diferencias ( $p < 0.05$ ), No diferencias ( $p > 0.05$ ).

Asociación	Arreola y Elorduy	Pérez <i>et al.</i>	Presente Estudio	
	2002	1996	Coral	Pared
	Conspicuos		Crípticos	
<b>Atributo</b>				
<b>Densidad Numérica</b>	Diferencias	-	Diferencias	No diferencias
<b>Densidad Biomasa</b>	-	-	Diferencias	No diferencias
<b>No de especies</b>	Diferencias	Diferencias	No diferencias	No diferencias
<b>Diversidad ( H' )</b>	Diferencias	No diferencias	Diferencias	Diferencias

La aplicación de métodos de clasificación para los datos de densidad registrada por sitio durante el mes de junio del 2001, arrojó la segregación de los sitios en 3 grandes grupos (figura 15). Excluyendo al clado de Los Cayos, el grupo 1 incluye a los muestreos en paredes y las áreas con mayor cobertura de coral en la zona sureña de la región. El grupo 3 incluye a sitios con características similares al 1, pero en sitios norteños. Por su parte, el grupo 2 reúne a los muestreos en cabezas de coral con baja cobertura de coral. Las características que agrupan a los sitios difieren de las observadas por Arreola y Elorduy en el 2002 para peces conspicuos (figura 16).

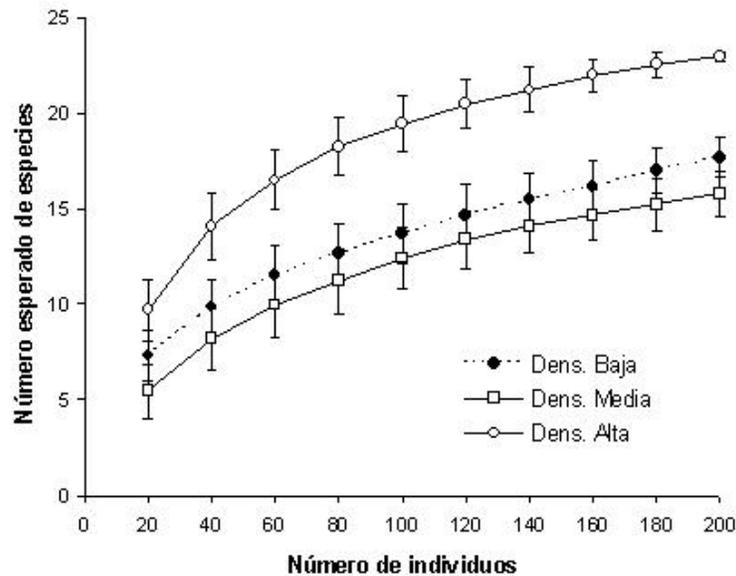


**Figura 15.-** Análisis de clusters por densidad en los sitios muestreados. Esquema obtenido de datos de densidad utilizando el valor recíproco del índice de similitud de Pearson y UPGMA como método de ligamiento (Derecha).



**Figura 16.-** Análisis de clusters. Esquema modificado de Arreola y Elorduy (2002), el cual segrega a los sitios dependiendo de su exposición, utilizando datos de densidad.

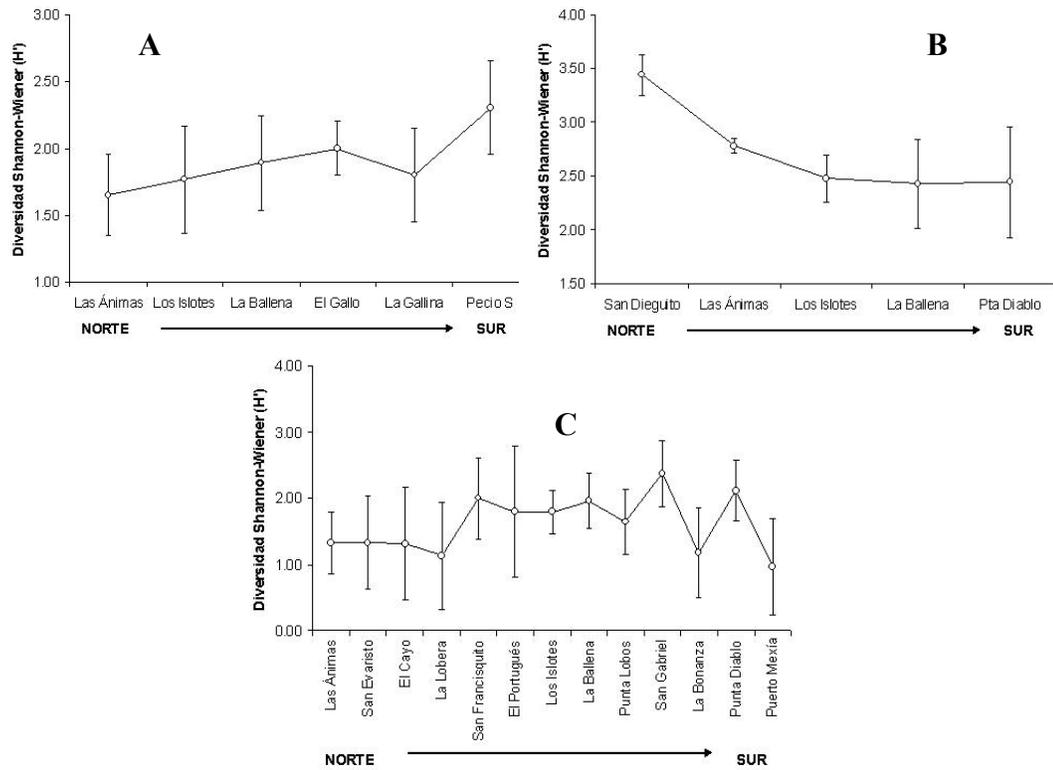
Para el análisis para observar el efecto que tiene la complejidad en la estructura del hábitat sobre las asociaciones y sus atributos, se esquematizaron las curvas de rarefacción obtenidas con el programa ECOSIM (figura 17), mostrando que conforme mayor sea el número de organismos colectados en un muestreo, más grandes van a ser las diferencias en cuanto a número de especies se refiere, entre las áreas con coberturas de coral mayores al 20% y las demás, es decir, las zonas con alta cobertura de coral, presentan un mayor número de especies. Es importante apuntar que no existe traslape de desviaciones estándar después de los 40 individuos, por lo que las diferencias entre sitios con distinta cobertura de coral es significativa.



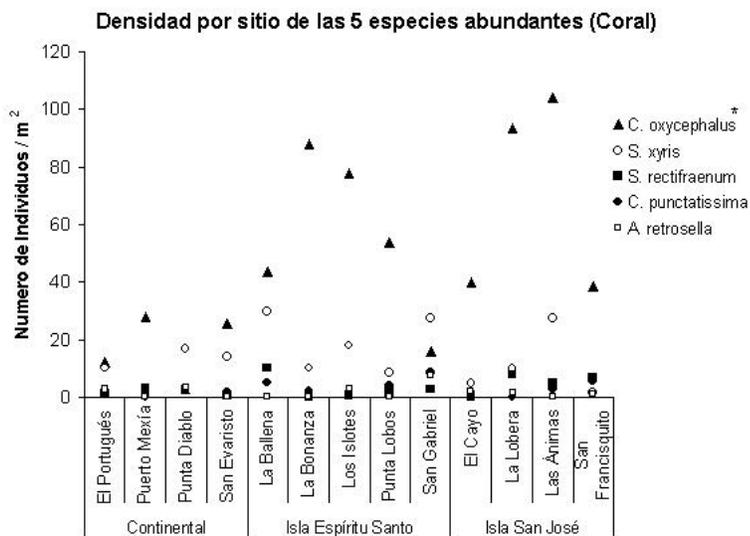
**Figura 17.-** Curvas de rarefacción para el número de especies esperado en 3 distintos niveles de cobertura de coral: alta (>20%), media (1% < >20%) y baja (<1%). Las barras representan la desviación estándar.

Los aparentes gradientes latitudinales que se observan en la figura 18, muestran una contraposición de las pendientes de dichos gradientes al comparar el componente conspicuo y el críptico rocoso. Sin embargo, los resultados de las ANOVAS aplicadas, muestran diferencia solamente entre los sitios más distantes.

Al comparar las densidades promedio por sitio de las 5 especies más abundantes en corales (figura 19), se observó que no hay efecto de los sitios sobre la densidad de las especies, exceptuando a *C. oxycephalus* ( $p= 0.000$ ). Sin embargo, las diferencias no se pueden explicar fácilmente, pues Los Islotes, La Bonanza, La Lobera y Las ánimas fueron distintas a los demás sitios y no existe similitud entre ellos en exposición u oleaje.

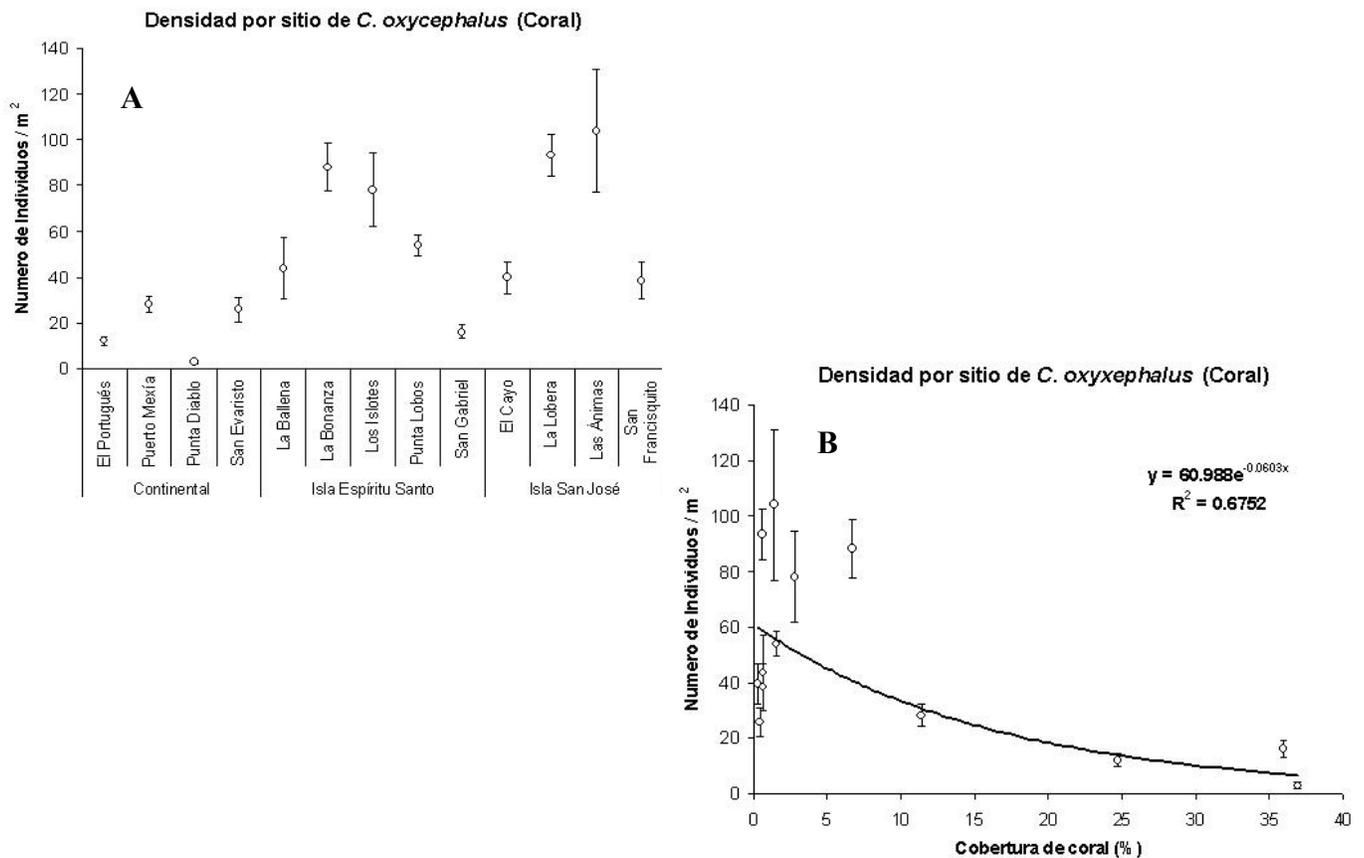


**Figura 18.-** Variación latitudinal en la diversidad íctica arrecifal. **A)** Esquema modificado de Arreola y Elorduy (2002) mostrando mayor diversidad en el sur. **B)** Diversidades del componente críptico para paredes rocosas, presentando un gradiente contrario al observado en la fig A. **C)** Diversidades de las asociaciones crípticas en sitios con cabezas de coral, aparentemente no existe un gradiente.



**Figura 19.-** Densidades promedio de las 5 especies más abundantes para cada sitio en cabezas de coral. \* Denota diferencias significativas

Cuando características de la estructura de hábitat se utilizaron para tratar de explicar la variabilidad espacial de *C. oxycephalus* en corales, se encontró una relación con respecto a la cobertura de coral por sitio, esto es: cuando mayor sea la cobertura de coral en el sitio, menor será la densidad de *C. oxycephalus* que se registrará (figura 20).



**Figura 20.-** Densidades promedio (con error estándar) de *C. oxycephalus* para cada sitio en cabezas de coral (A) y su relación con la cobertura de coral en el sitio (B). Valor de ajuste del modelo en la esquina superior derecha.

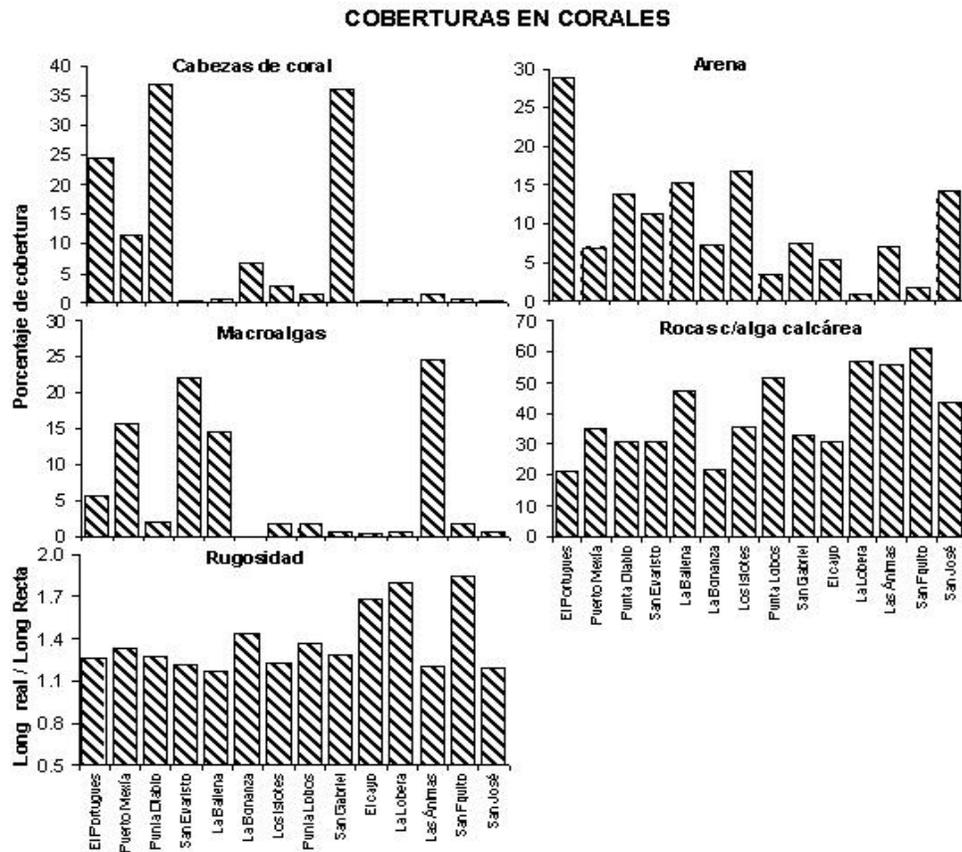
Lo anterior nos indica que el efecto de la estructura del hábitat es mucho mayor que el efecto de ubicación latitudinal o exposición al oleaje. También indica que la especie más abundante de este hábitat (*C. oxycephalus*) está influenciada en gran parte por la cobertura del coral y no por otra característica física del sitio.

### **e) Estructura de hábitat**

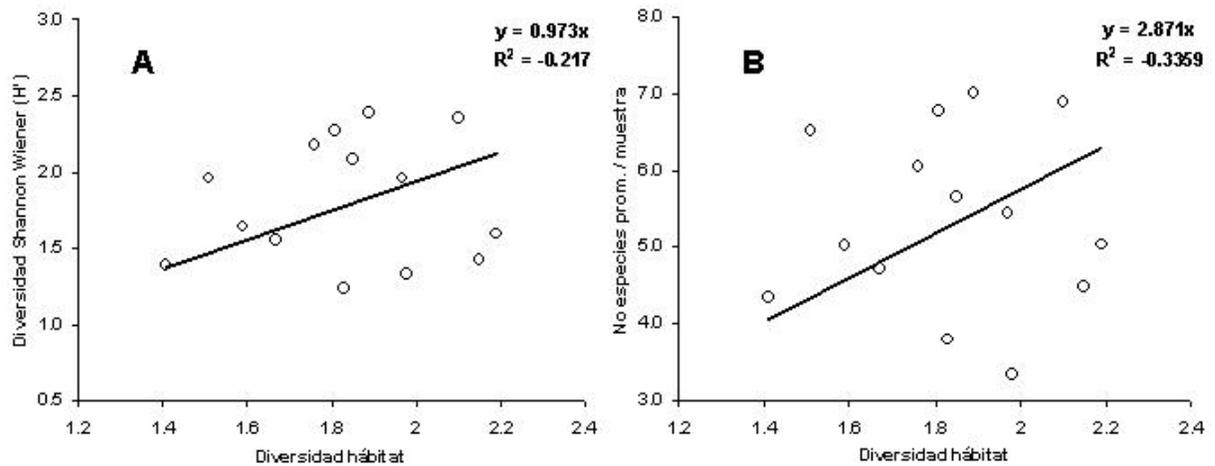
Aparentemente las asociaciones de peces crípticos en ambientes arrecifales están fuertemente influenciadas por cuestiones topográficas y/o físicas de los sitios, por lo que se trató de caracterizar los sitios en base a coberturas de los distintos componentes bióticos y abióticos que en él se encuentran.

A continuación se muestran los gráficos referentes a la cobertura de distintos componentes en los sitios en donde se realizaron muestreos en cabezas de corales (figura 21) y en paredes rocosas (figura 23), registrados con transectos lineales y cuadrantes. La rugosidad no parece mostrar diferencias entre sitios, sin embargo la cobertura de corales, de rocas/algas calcáreas, de macroalgas y de arena, presentan una gran variabilidad entre los distintos sitios.

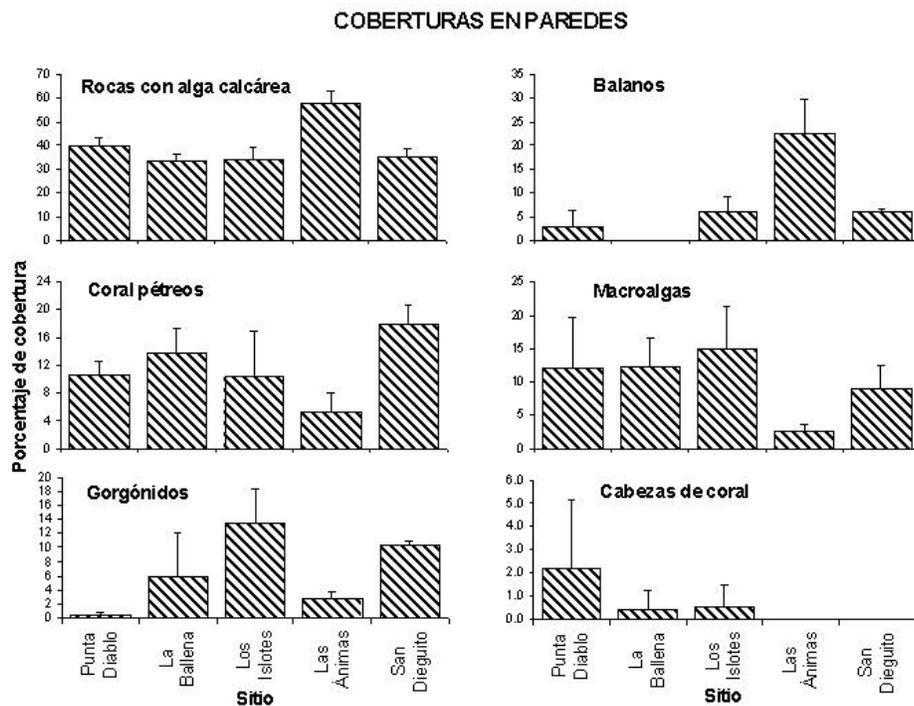
La diversidad de hábitat (figura 22) parece no tener un efecto significativo sobre la diversidad y riqueza de especies de las asociaciones de peces crípticos de cabezas de coral. Esto indica en cierto modo, que las poblaciones y por ende las asociaciones, están siendo afectadas por características específicas del hábitat y que el efecto que se observe a nivel de la asociación, se dará en función del efecto que tengan dichas características sobre las poblaciones y de la dominancia que tengan dichas poblaciones en la estructura de las asociaciones.



**Figura 21.-** Coberturas de distintos descriptores físicos del hábitat en los distintos sitios muestreados para cabezas de coral. Se graficaron también los valores de rugosidad para cada sitio.



**Figura 22.-** Relación entre la diversidad de especies por sitio (A), el número de especies promedio colectado por sitio (B) con respecto a la diversidad en la estructura de hábitat del mismo.



**Figura 23.** Coberturas de distintos descriptores físicos del hábitat en los distintos sitios muestreados para paredes rocosas

Par evaluar adecuadamente el efecto de cada variable estructural o físico-química del área sobre los atributos de las asociaciones. Se aplicó un análisis de regresión múltiple a los datos. Las variables que presentaron correlación seriada con otras fueron eliminadas del análisis, por lo que al correr el análisis los valores de la prueba de Durbin-Watson fueron mayores al 1.4, lo cual indica que es poco probable que exista una correlación entre las variables a analizar. La tabla VII muestra los valores, en orden decreciente, de  $r^2$  para cada variable y los  $r^2$  acumulados para cada uno de los atributos. Las variables con valores remarcados en negritas sugieren ser los más importantes y al realizar un ANOVA a estos datos y los valores del atributo, se obtiene un ajuste estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ).

**Tabla VII.-** Resultados del análisis de regresión múltiple para los atributos de las asociaciones en cabezas de coral. Se muestran los valores de R<sup>2</sup> y R<sup>2</sup> acumulada. Las variables que explican la mayor cantidad de la variación de cada atributo se remarcan con negritas. Los signos del coeficiente por variable se ubican a la izquierda.

NO ESPECIES	R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)	DIVERSIDAD	R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)	EQUITATIVIDAD	R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)
- Lapas	3.9	3.9	- Lapas	6.24	6.24	- Sustrato rocoso	4.69	4.69
- Tapete	3.14	7.04	- Briozoarios	4.33	10.57	+ Coral ( <i>Pocillopora</i> )	3.82	8.51
+ Hidrozoos	1.73	8.77	- Tapete	3.9	14.47	- Lapas	3.3	11.81
- Briozoarios	1.7	10.47	+ Coral pétreo	3.17	17.64	+ Coral pétreo	2.89	14.7
+ Coral pétreo	1.53	12	- Sustrato rocoso	2.57	20.21	+ Arena	2.88	17.58
+ Bivalvos	1.5	13.5	+ Arena	2.35	22.56	- Erizos	2.87	20.45
- Gorgónidos	1.42	14.92	+ Hidrozoos	2.32	24.88	- Tapete	2.62	23.07
+ Alga Roja Calcárea	1.34	16.26	- Erizos	2.15	27.03	+ Caracoles	2.33	25.4
- Holotúridos	1.27	17.53	+ Coral ( <i>Pocillopora</i> )	1.5	28.53	- Briozoarios	2.07	27.47
- Erizos	0.91	18.44	- Gorgónidos	1.44	29.97	+ Poliquetos	1.99	29.46
- Antozoos	0.61	19.05	+ Poliquetos	1.4	31.37	+ Hidrozoos	1.32	30.78
- Cantos	0.53	19.58	- Caracoles	1.21	32.58	- Balanos	1.27	32.05
+ Poliquetos	0.53	20.11	- Anémonas	0.95	33.53	- Anémonas	1.03	33.08
- Anémonas	0.42	20.53	- Holotúridos	0.86	34.39	- Alga Roja Calcárea	0.66	33.74
+ Arena	0.411	20.941	+ Bivalvos	0.76	35.15	- Gorgónidos	0.54	34.28
- Estrellas	0.38	21.321	- Estrellas	0.61	35.76	+ Temperatura sup.	0.44	34.72
- Temperatura sup.	0.34	21.661	- Oxígeno dis. sup	0.5	36.26	- Esponjas	0.43	35.15
+ Esponjas	0.29	21.951	- Macroalgas	0.32	36.58	- Oxígeno dis. sup	0.42	35.57
- Oxígeno dis. sup	0.28	22.231	+ Cantos	0.21	36.79	- Profundidad	0.23	35.8
- Sustrato rocoso	0.24	22.471	+ Salinidad sup.	0.16	36.95	- Rugosidad	0.21	36.01
- Rodolitos	0.19	22.661	- Profundidad	0.13	37.08	+ Antozoos	0.19	36.2
+ Balanos	0.18	22.841	- Antozoos	0.05	37.13	- Estrellas	0.17	36.37
+ Salinidad sup.	0.14	22.981	+ Detritos	0.05	37.18	- Cantos	0.12	36.49
- Macroalgas	0.11	23.091	+ Alga Roja Calcárea	0.04	37.22	+ Bivalvos	0.11	36.6
+ Detritos	0.09	23.181	- Temperatura sup.	0.03	37.25	+ Rodolitos	0.11	36.71
- Caracoles	0.07	23.251	- Balanos	0.02	37.27	- Holotúridos	0.08	36.79
- Profundidad	0.06	23.311	- Rugosidad	0.01	37.28	+ Salinidad sup.	0.05	36.84
+ Coral ( <i>Pocillopora</i> )	0.06	23.371	+ Esponjas	0.005	37.285	- Macroalgas	0.05	36.89
+ Rugosidad	0.06	23.431	- Rodolitos	0.002	37.287	- Detritos	0.0005	36.8905

Tabla VII.- Continuación

DENSIDAD			DENSIDAD BIOMASA		
	R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)		R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)
+ Coral ( <i>Pocillopora</i> )	9.77	9.77	- Coral pétreo	2.2	2.2
- Sustrato rocoso	9.59	19.36	+ Sustrato rocoso	2.09	4.29
+ Profundidad	5.15	24.51	- Poliquetos	1.95	6.24
- Coral pétreo	5.02	29.53	+ Temperatura sup.	1.79	8.03
+ Bivalvos	4.07	33.6	- Coral ( <i>Pocillopora</i> )	1.58	9.61
- Arena	4.04	37.64	- Arena	1.42	11.03
+ Balanos	2.74	40.38	- Hidrozoos	0.86	11.89
+ Alga Roja Calcárea	2.38	42.76	+ Caracoles	0.84	12.73
+ Esponjas	2.3	45.06	+ Tapete	0.64	13.37
+ Erizos	2.23	47.29	+ Profundidad	0.62	13.99
+ Cantos	1.54	48.83	+ Balanos	0.54	14.53
+ Caracoles	1.44	50.27	+ Detritos	0.37	14.9
- Rodolitos	1.27	51.54	- Gorgónidos	0.37	15.27
+ Estrellas	1.19	52.73	+ Rugosidad	0.31	15.58
+ Detritos	1.1	53.83	+ Erizos	0.17	15.75
+ Holotúridos	0.76	54.59	+ Lapas	0.17	15.92
+ Macroalgas	0.67	55.26	- Salinidad sup.	0.14	16.06
- Oxígeno disuelto sup	0.6	55.86	+ Holotúridos	0.09	16.15
+ Rugosidad	0.49	56.35	+ Alga Roja Calcárea	0.04	16.19
- Lapas	0.29	56.64	- Oxígeno disuelto sup	0.02	16.21
+ Antozoos	0.23	56.87	- Cantos	0.01	16.22
- Gorgónidos	0.23	57.1	+ Estrellas	0.01	16.23
+ Anémonas	0.13	57.23	- Briozoarios	0.009	16.239
+ Briozoarios	0.07	57.3	- Antozoos	0.008	16.247
+ Poliquetos	0.07	57.37	- Anémonas	0.008	16.255
+ Salinidad sup.	0.05	57.42	- Esponjas	0.005	16.26
- Temperatura sup.	0.04	57.46	- Macroalgas	0.004	16.264
- Hidrozoos	0.03	57.49	- Bivalvos	0.003	16.267
+ Tapete	0.005	57.495	- Rodolitos	0.0006	16.2676

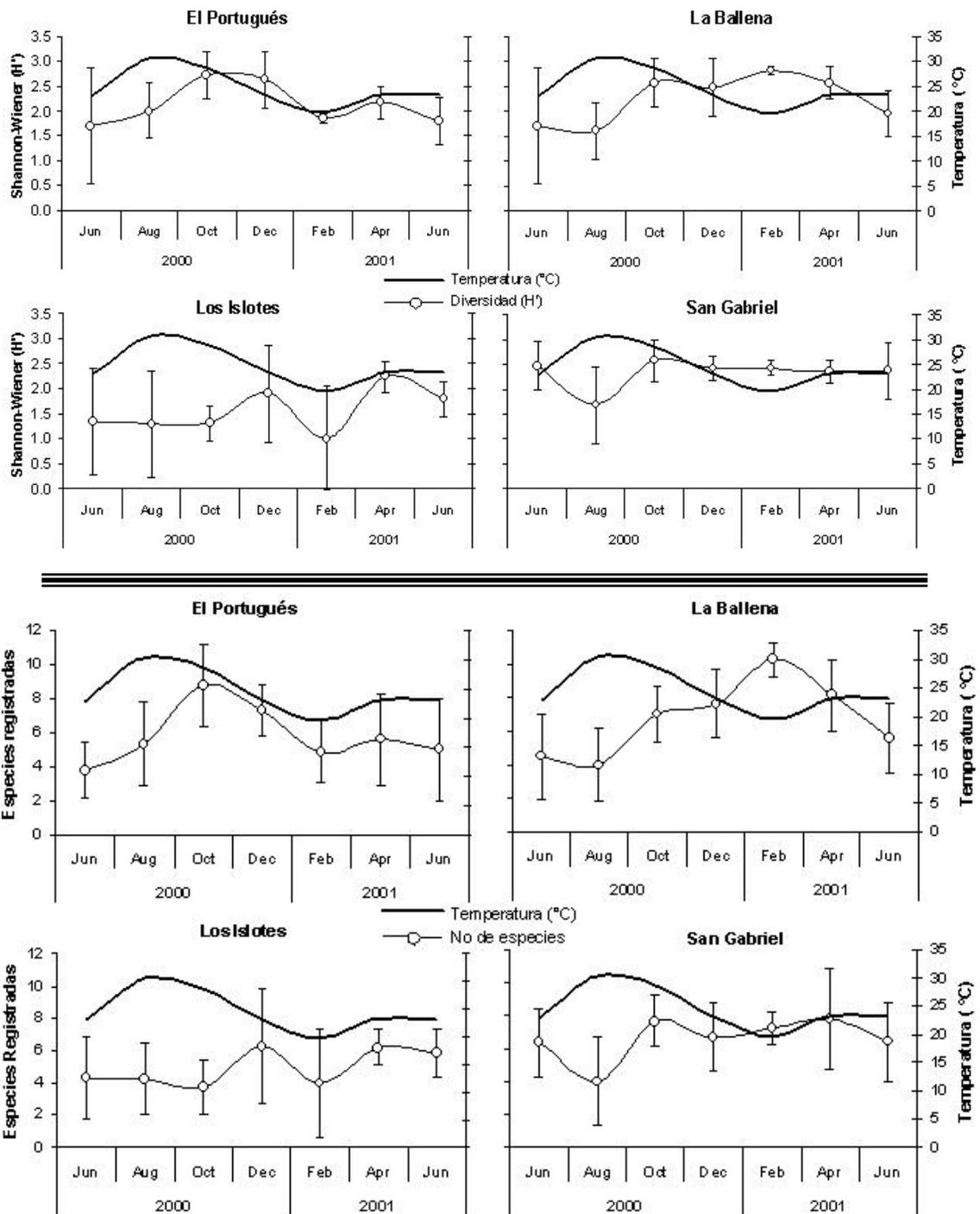
**Tabla VIII.-** Resultados del análisis de regresión múltiple para los atributos de las asociaciones en paredes rocosas. Se muestran los valores de R<sup>2</sup> y R<sup>2</sup> acumulada. Las variables que explican la mayor cantidad de la variación de cada atributo se remarcan con negritas. Los signos del coeficiente por variable se ubican a la izquierda.

NO ESPECIES			R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)	DIVERSIDAD			R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)	EQUITATIVIDAD			R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)
+	Oxígeno disuelto sup	<b>13.46</b>	<b>13.46</b>	-	Alga Roja Calcárea	<b>15.49</b>	<b>15.49</b>	-	Coral ( <i>Pocillopora</i> )	<b>6.32</b>	<b>6.32</b>			
-	Alga Roja Calcárea	<b>12.18</b>	<b>25.64</b>	+	Oxígeno disuelto sup	<b>5.75</b>	<b>21.24</b>	-	Alga Roja Calcárea	<b>5.29</b>	<b>11.61</b>			
+	Profundidad	<b>5.91</b>	<b>31.55</b>	-	Coral ( <i>Pocillopora</i> )	<b>5.61</b>	<b>26.85</b>	-	Antozoos	<b>5.21</b>	<b>16.82</b>			
-	Temperatura sup.	<b>5.71</b>	<b>37.26</b>	+	Gorgónidos	1.76	28.61	+	Gorgónidos	3.94	20.76			
+	Salinidad sup.	2.38	39.64	+	Balanos	1.71	30.32	-	Profundidad	3.52	24.28			
-	Lapas	1.67	41.31	+	Sustrato rocoso	1.56	31.88	+	Sustrato rocoso	3.37	27.65			
-	Coral ( <i>Pocillopora</i> )	1.62	42.93	-	Antozoos	1.53	33.41	+	Temperatura sup.	1.92	29.57			
+	Balanos	0.71	43.64	-	Temperatura sup.	0.66	34.07	+	Coral pétreo	1.31	30.88			
+	Antozoos	0.42	44.06	-	Lapas	0.41	34.48	+	Balanos	0.59	31.47			
-	Coral pétreo	0.21	44.27	+	Coral pétreo	0.2	34.68	-	Oxígeno disuelto sup	0.23	31.7			
+	Sustrato rocoso	0.11	44.38	+	Salinidad sup.	0.15	34.83	+	Salinidad sup.	0.12	31.82			
-	Gorgónidos	0.02	44.4	+	Profundidad	0.12	34.95	+	Lapas	0.04	31.86			
-	Macroalgas	0.007	44.407	-	Macroalgas	0.04	34.99	-	Macroalgas	0.006	31.866			

DENSIDAD			R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)	DENSIDAD BIOM.			R <sup>2</sup> (*100)	R <sup>2</sup> modelo (*100)
+	Profundidad	<b>21.72</b>	<b>21.72</b>	+	Balanos	<b>22.49</b>	<b>22.49</b>		
+	Antozoos	<b>12.75</b>	<b>34.47</b>	+	Profundidad	<b>19.3</b>	<b>41.790</b>		
-	Temperatura sup.	<b>10.55</b>	<b>45.02</b>	-	Alga Roja Calcárea	<b>18.37</b>	<b>60.160</b>		
+	Coral ( <i>Pocillopora</i> )	<b>10.31</b>	<b>55.33</b>	-	microalgas	<b>12.63</b>	<b>72.790</b>		
-	Sustrato rocoso	8.75	64.08	+	Oxígeno disuelto sup	8.23	81.020		
-	Coral pétreo	5.53	69.61	-	Coral pétreo	7.49	88.510		
-	Macroalgas	1.26	70.87	-	Coral ( <i>Pocillopora</i> )	3.09	91.600		
+	Alga Roja Calcárea	1.25	72.12	-	Antozoos	0.56	92.160		
-	Lapas	1.21	73.33	+	Sustrato rocoso	0.43	92.590		
-	Gorgónidos	0.65	73.98	-	Salinidad sup.	0.34	92.930		
+	Oxígeno disuelto sup	0.48	74.46	-	Lapas	0.04	92.970		
-	Balanos	0.15	74.61	+	Gorgónidos	0.008	92.978		
+	Salinidad sup.	0.05	74.66	-	Temperatura sup.	0.000008	92.978		

**f) Análisis Temporal**



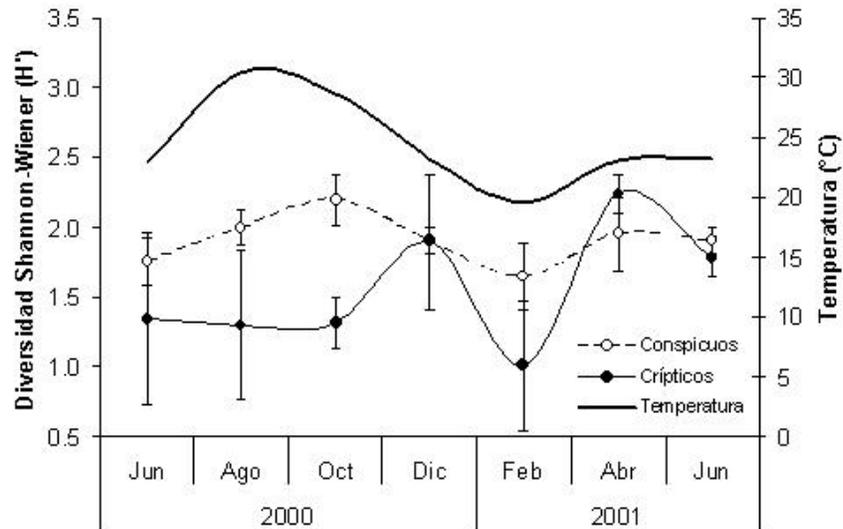
**Figura 24.-** Variación estacional de la diversidad ( $H'$ , Arriba) y de la riqueza específica (Abajo) por sitio en cabezas de coral. Se muestra en cada figura el comportamiento promedio de la temperatura (línea gruesa oscura) y el comportamiento promedio del atributo (línea con círculos claros) por sitio, a través del periodo de muestreo

Para el análisis temporal en cabezas de coral, no se observa un patrón claro en ninguno de los sitios en donde se tenía la serie de tiempo completa, incluso al incluir la temperatura, no se muestra en ningún caso una correspondencia de dicha variable y la diversidad y/o riqueza de especies (figura 24). Esto refuerza la idea de que las asociaciones de peces crípticos son fuertemente influenciadas por las características del hábitat, mas no por efectos temporales.

Los resultados presentados en la Tabla IX, muestran a las asociaciones crípticas coralinas como agrupaciones muy variables, pues se observaron diferencias tanto en la estacionalidad como entre los 4 sitios evaluados, lo cual sugiere que las cabezas de coral son sistemas muy dinámicos tanto en tiempo como espacio.

**Tabla IX.-** Resultados de ANOVAS (dos vías) para la raíz de la raíz de la densidad numérica, el logaritmo de la densidad de biomasa más uno, riqueza específica y el logaritmo de la diversidad (H') más uno en cabezas de corales para los sitios La Ballena, Los Islotes, El Portugués y San Gabriel. Los efectos significativos son marcados en negritas.

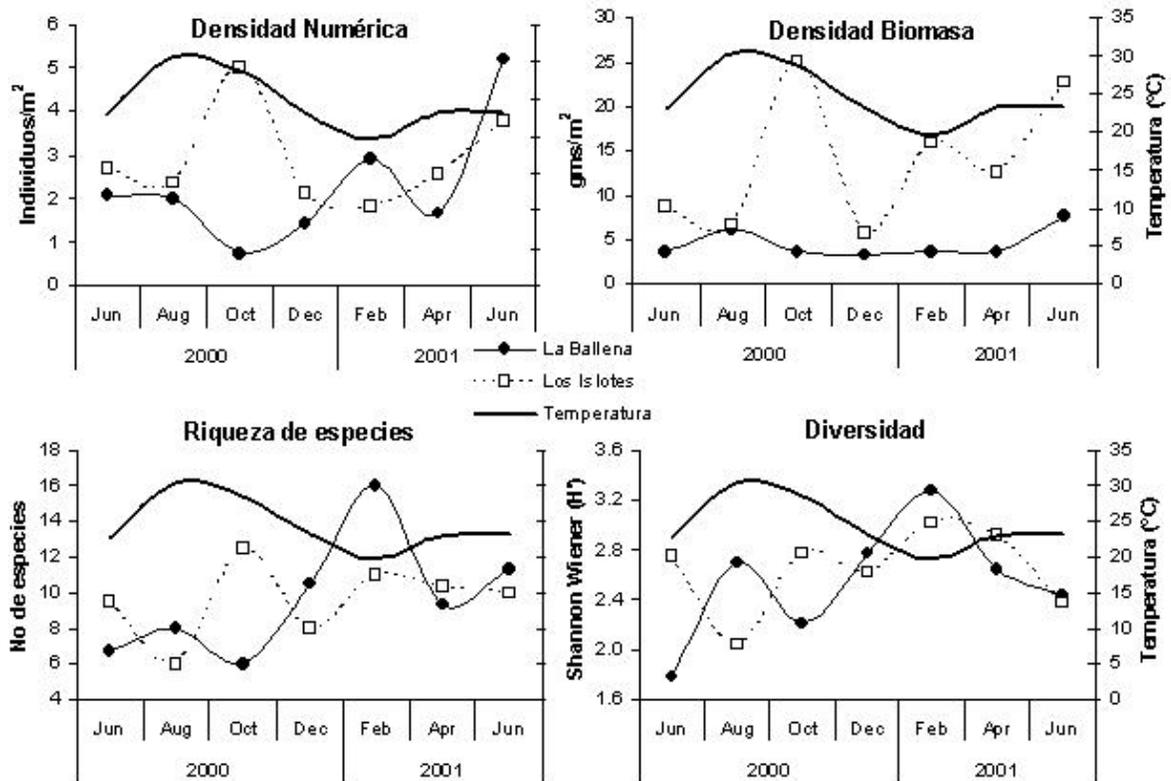
	Variable	SC	° Lib.	F	p
$\sqrt{\sqrt{\text{Dens. Numérica}}}$	<b>Sitio</b>	<b>10.725</b>	<b>3</b>	<b>21.631</b>	<b>0.000</b>
	<b>Mes</b>	<b>4.873</b>	<b>6</b>	<b>4.914</b>	<b>0.000</b>
	<b>Sitio*Mes</b>	<b>6.950</b>	<b>18</b>	<b>2.336</b>	<b>0.004</b>
<b>Log (Dens. Biom. +1)</b>	<b>Sitio</b>	<b>2.106</b>	<b>3</b>	<b>6.880</b>	<b>0.000</b>
	Mes	0.682	6	1.115	0.360
	<b>Sitio*Mes</b>	<b>5.867</b>	<b>18</b>	<b>3.194</b>	<b>0.000</b>
<b>No. De especies</b>	<b>Sitio</b>	<b>58.498</b>	<b>3</b>	<b>3.849</b>	<b>0.012</b>
	<b>Mes</b>	<b>113.038</b>	<b>6</b>	<b>3.719</b>	<b>0.002</b>
	<b>Sitio*Mes</b>	<b>157.482</b>	<b>18</b>	<b>1.727</b>	<b>0.047</b>
<b>Log (Diversidad+1)</b>	<b>Sitio</b>	<b>10.725</b>	<b>3</b>	<b>21.631</b>	<b>0.000</b>
	<b>Mes</b>	<b>4.873</b>	<b>6</b>	<b>4.914</b>	<b>0.000</b>
	<b>Sitio*Mes</b>	<b>6.950</b>	<b>18</b>	<b>2.336</b>	<b>0.004</b>



**Figura 25.-** Comparación de la variación estacional de la diversidad ( $H'$ ) en Los Islotes entre peces conspicuos y crípticos. Se muestra el comportamiento promedio de la temperatura (línea gruesa oscura), el de la diversidad en asociaciones de peces conspicuos (línea delgada con círculos claros) (Aburto y Balart, 2001) y el de las asociaciones de peces crípticos (Línea delgada con círculos oscuros).

Al comparar las tendencias de la diversidad obtenidas por Aburto y Balart (2001) contra lo observado durante el estudio (figura 25), se observa que no se sigue la misma tendencia, y que la temperatura parece no tener la misma influencia sobre las asociaciones crípticas de Los Islotes.

La figura 26 muestra claramente el comportamiento de la densidad numérica, densidad de biomasa, riqueza específica y diversidad ( $H'$ ) en dos sitios de la Bahía de La Paz. En ninguna de estas gráficas se observa alguna relación clara con la temperatura superficial del agua, además de que los ANOVAS aplicados (tabla X) indican que no existen diferencias significativas entre meses (excepto para densidad numérica).



**Figura 26.-** Variación estacional de la densidad numérica, densidad de biomasa, riqueza específica y diversidad ( $H'$ ) por sitio en paredes rocosas. Se muestra en cada figura el comportamiento promedio de la temperatura (línea gruesa obscura) y el comportamiento promedio de los atributos por sitio, a través del periodo de muestreo

La tabla X muestra los análisis de variancia aplicados sobre los valores temporales y espaciales de distintos atributos en las asociaciones de peces crípticos en dos sitios. En ella, se puede observar que las asociaciones de peces crípticos de paredes son muy estables, tanto en la escala temporal como en la espacial. Aunado a lo anterior, estudios previos sobre asociaciones crípticas en arrecifes rocosos templados (Allen *et al.*, 1992; Tabla XI) encontraron también la misma constancia.

**Tabla X.-** Resultados de ANOVAS (dos vías) para la densidad numérica, raíz de la raíz de la densidad de biomasa, riqueza específica y diversidad ( $H'$ ) en Paredes para los sitios La Ballena y Los Islotes. Los efectos significativos son marcados en negritas.

	Variable	SC	° Lib.	F	p
<b>Densidad Numérica</b>	Sitio	2.727	1	2.447	0.134
	<b>Mes</b>	<b>26.353</b>	<b>6</b>	<b>3.942</b>	<b>0.010</b>
	<b>Sitio*Mes</b>	<b>21.820</b>	<b>6</b>	<b>3.264</b>	<b>0.022</b>
$\sqrt{\sqrt{\text{Dens. Biomasa}}}$	<b>Sitio</b>	<b>1.408</b>	<b>1</b>	<b>18.570</b>	<b>0.000</b>
	Mes	0.665	6	1.461	0.244
	Sitio*Mes	0.427	6	0.939	0.490
<b>No. De especies</b>	Sitio	0.037	1	0.005	0.946
	Mes	84.999	6	1.841	0.144
	Sitio*Mes	83.696	6	1.813	0.150
<b>Diversidad (<math>H'</math>)</b>	Sitio	0.064	1	0.164	0.690
	Mes	2.096	6	0.893	0.520
	Sitio*Mes	1.768	6	0.753	0.615

**Tabla XI.-** Resultados de ANOVAS aplicadas en diversos trabajos para observar la variabilidad temporal en diversos atributos comunitarios a través de distintos sitios de la región de La Paz y la zona de California EE.UU. Diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), No diferencias ( $p > 0.05$ ).

Asociación	Aburto y Balart	Pérez <i>et al.</i>	Allen <i>et al.</i>	Presente Estudio	
	2001	1996	1992	Coral	Pared
	Conspicuos		Crípticos	Crípticos	
<b>Atributo</b>					
<b>Dens. Numérica</b>	-	-	Diferencias	Diferencias	Diferencias
<b>Densidad Biomasa</b>	-	-	Diferencias	No diferencias	No diferencias
<b>No de especies</b>	Diferencias	Diferencias	No diferencias	Diferencias	No diferencias
<b>Diversidad (<math>H'</math>)</b>	Diferencias	No diferencias	No diferencias	Diferencias	No diferencias

## IX.- DISCUSIÓN

### a) Elenco sistemático

Existen aproximadamente 333 especies de peces considerados arrecifales en el Golfo de California, las cuales pertenecen a 37 familias (Thomson *et al.*, 2002), por lo tanto en el presente trabajo se registró el 27.92% (93 spp.) de las especies reportadas para el golfo y el 72.97% (27) para las familias. Para la región de La Paz específicamente, Sánchez y colaboradores (1997), reportan 101 especies pertenecientes a 40 familias a lo largo de

---

todos los sitios de muestreo utilizando censos visuales. En el presente trabajo se registró el 41.58% (42 spp.) de esas especies y el 47.5% (19) de las familias. Sin embargo al verlo en otra perspectiva, solo el 45.16% de las especies crípticas de la región fueron registradas por dichos autores, lo que habla del sesgo del método de muestreo hacia las especies conspicuas.

La afinidad biogeográfica de las especies registradas (Tabla III), muestra una clara dominancia de las especies de la provincia Panámica (79% de las especies) tal y como lo encontraron Villarreal y colaboradores (2000) en el área de Cabo Pulmo, seguido por las especies de la provincia del Mar de Cortés (13.58%). Sin embargo, la representación de las especies del Indo-Pacífico en Cabo Pulmo dobló el porcentaje observado en la región de La Paz (6.17%).

Allen y colaboradores (1992), en un trabajo con peces crípticos en un arrecife rocoso templado en la Isla Santa Catalina, EE.UU., encontró que el 90% del total de individuos colectados pertenecían a 5 especies; En un lugar muy cercano, Cobb (2002) encontró algo similar (5 especies, 98% de la abundancia total). Esto contrasta con lo observado en el presente trabajo, pues las 5 especies más abundantes en cabezas de coral y paredes rocosas representaron el 70 y 48 % de la abundancia total respectivamente. Éstas altas dominancias numéricas se reflejan en los valores de diversidad bajos, y explican también las diferencias en los valores de diversidad ( $H'$ ) entre los muestreos en la zona californiana (1.5 bits/ind en promedio) y las del Golfo de California (2.3 bits/ind en promedio), y entre las áreas coralinas (1.9 bit/ind) y rocosas (2.7 bits/ind) de la Bahía de La Paz.

---

La mayoría de los estudios que se han realizado con el componente críptico arrecifal, han sido llevados a cabo en zonas templadas por lo que es difícil comparar los datos en términos de riqueza de especies. Sin embargo se puede observar una constante en la presencia de especies de familias específicas como góbidos, labrisómidos y tripterygidos las cuales generalmente son representadas por el mayor número de especies (Allen *et al.*, 1992).

El listado de especies dominantes registradas en los distintos hábitats (corales y paredes) varía mucho de acuerdo al sitio y fecha de muestreo, dándose cambios de ausencia presencia o en las abundancias relativas registradas. Especies como *C. oxycephalus*, *S. xyris* y *S. rectifraenum* estuvieron presentes en todos los sitios y en todas las temporadas, sin embargo, las diferencias en las abundancias son claras, pues a pesar de que se encuentra en todos los hábitats, la afinidad con un hábitat en particular acentúa su abundancia

#### **b) Análisis espacial**

Las abundancias de algunos peces arrecifales coralinos en una escala local y regional, ha sido ligada a la disponibilidad de hábitat adecuado (Munday *et al.*, 1997; Bellwood y Huges, 2001); Sin embargo, estudios sugieren que el efecto de la disponibilidad de hábitat en las abundancias de peces arrecifales disminuye conforme aumenta la escala espacial (Caselle y Warner, 1996). En el caso de los arrecifes coralinos, se ha observado en algunas especies la existencia de selección de hábitat a la escala de una cabeza de coral (Munday, 2002) y esto se hace más evidente en zonas en donde el coral es un hábitat raro, como es el caso del Golfo de California (Sala *et al.*, 2002).

---

Para observar el efecto de la distribución en parches de esos hábitats raros sobre las comunidades arrecifales, Acosta y Robertson (2002) realizaron un estudio en atolones (excluyendo a las especies de hábitos crípticos), a partir del cual concluyeron que no existe variación en los patrones de diversidad y estructura de comunidades de peces entre áreas grandes y la suma de varias áreas pequeñas (de dimensiones similares). Sin embargo, al realizar el mismo análisis tomando en cuenta la cobertura de coral en lugar de área (figura 17), las conclusiones cambian, indicando que la distribución en parches del recurso coral, influye no solamente en algunas poblaciones, sino que tiene un efecto importante en la diversidad y estructura de las asociaciones de peces arrecifales.

El efecto que tiene la disponibilidad de hábitat (en este caso cabezas de coral) sobre la abundancia de *C. oxycephalus* es muy claro (figura 20): Conforme aumenta la disponibilidad de hábitat adecuado (cabezas de *Pocillopora*) en un área determinada, la densidad de *C. oxycephalus* disminuirá exponencialmente. Esto provoca que en los sitios con alto porcentaje de cobertura de coral, la dominancia numérica de ésta especie disminuya, permitiendo así, la llegada de nueva especies y el incremento en la abundancia de otras.

Por otro lado, la plasticidad en el uso del hábitat puede favorecer que las especies usen nuevos hábitats o incluso hábitats abundantes pero no tan adecuados (Munday, 2002). *S. xyrus* aparenta ser una especie con esta característica, ya que es una especie que está presente en todos los sitios y temporadas, presentando densidades similares. Según Munday (2002), el ser generalista en el uso de hábitat, podría ser un mecanismo para reducir la competencia por espacio, especialmente en zonas donde un hábitat es escaso.

---

VARIABLES ESTRUCTURALES COMO LA COBERTURA DE CORAL, ARENA, ALGAS O ROCAS Y LA ABUNDANCIA DE INVERTEBRADOS, además de otras características topográficas como la profundidad y rugosidad, parecen tener un efecto plausible en las poblaciones de muchos peces arrecifales (Luckhurst y Luckhurst, 1978; Bell y Galzin, 1984; Friedlander y Parrish, 1998; Prochazka, 1998, Ferreira *et al.*, 2001), especialmente en aquellas especies que tienen rangos de movimiento reducidos. Patzner (1999), en un estudio con blénidos, gobiesócidos, tripterygidos y góbidos en el Mediterráneo, determinó la afinidad de distintas especies crípticas con ciertos hábitats e incluso en estadíos particulares. También resalta la alta fidelidad a un hábitat por parte de las especies especialistas y la baja fidelidad de las especies generalistas.

Al contrastar los datos obtenidos en los análisis de regresión múltiple contra los obtenidos por Friedlander y Parrish (1998) para peces conspicuos en áreas arrecifales coralinas en Hawai, se observó que no existe similitud en las variables que afectan a cada uno de los atributos. Para las asociaciones de peces hawaianas, la rugosidad, la distancia desde los límites del arrecife, la distancia hacia la costa y variables de microescala como el volumen medio de los hoyos y el número de los mismos, parecen determinar la magnitud de las variables ecológicas. Lo encontrado en el presente trabajo sugiere que las coberturas de coral (*Pocillopora* y otros corales pétreos), coberturas de rocas, profundidad y temperatura tienen un efecto importante sobre los atributos de las asociaciones de peces crípticos en corales; Por su parte en las paredes rocosas, la cobertura de algas roja calcáreas y la profundidad aparentan ser las variables que más variancia explican. Esto, nuevamente, apoya la hipótesis de que: 1) las asociaciones crípticas y las conspicuas son afectadas por

---

distintas variables y 2) Las asociaciones crípticas coralinas y rocosas tienen dinámicas distintas.

Por su parte, Prochazka (1998) estudio la partición de espacio que tienen las asociaciones crípticas en arrecifes rocosos en Sudáfrica y encontró que si existe la partición del recurso espacio en estas asociaciones, y además, que el factor que tiene más relevancia en la estructuración de estas comunidades es la cobertura algal, lo cual viene a confirmar lo encontrado en las asociaciones de peces crípticos en paredes rocosas.

Los estudios antes mencionados, al igual que el presente, muestran la fuerte influencia que la estructura de hábitat tiene sobre las asociaciones de peces crípticos. Sin embargo, la ventaja del presente estudio es que en él, la escala a la que se llevaron a cabo los muestreos fue más amplia, lo cual permite hacer conjeturas con distinta perspectiva.

Otro factor que influye de manera importante en la estructura comunitaria del componente críptico es indudablemente el reclutamiento de larvas a las distintas áreas arrecifales. Lindsay (2003) monitoreó el asentamiento de peces asociados a un arrecife templado artificial, encontrando que la mayoría de las larvas de peces crípticos, son transportadas a las costas por procesos oceanográficos que también causan grandes fluctuaciones en la temperatura del agua en el fondo.

Así pues, la variación en los atributos comunitarios en la escala espacial de este estudio, parece ser el resultado de procesos locales más que de procesos regionales o de gran escala. Procesos como depredación y competencia por espacio o por alimento, además de la variabilidad en disponibilidad del hábitat (ya sea rocoso o coralino), podrían provocar los cambios en riqueza de especies y abundancia de las mismas entre sitios.

Los resultados obtenidos sugieren una alta estabilidad tanto espacial como temporal de las asociaciones que habitan en las áreas rocosas de la bahía de La Paz, mientras que las asociaciones de zonas coralinas, presentan una alta variabilidad espacio-temporal. Sugieren también, que conforme aumente la cobertura de corales, las asociaciones que en esa área habiten, tenderán a presentar características más parecidas a las de zonas rocosas (figura 18).

A pesar de que no es muy claro, Arreola y Elorduy (2002) esquematizan la diversidad encontrada en un gradiente latitudinal, encontrando mayor diversidad en las áreas sureñas que en las norteñas (figura 13). Dicho gradiente es inverso al encontrado en los sitios de paredes rocosas, pues las diversidades altas se registraron en los sitios sureños y las bajas en los norteños. Es importante recalcar que hay que tomar con suma cautela esta conclusión, pues no hay evidencias contundentes que este gradiente es en verdad una tendencia. En lo que respecta a las cabezas de coral, no se observó tendencia alguna.

### **c) Análisis temporal**

Existen diversos trabajos que intentan evaluar la variación temporal en los atributos de las asociaciones de peces arrecifales (Sale y Douglas, 1984; Pérez *et al.*, 1996; Aburto y Balart, 2001; Arreola y Elorduy, 2002). Algunos de ellos han encontrado una estacionalidad marcada en las densidades, riqueza de especies y diversidad de las asociaciones ícticas arrecifales; algunos de esos atributos se han correlacionado con la temperatura (Pérez *et al.*, 1996; Aburto y Balart, 2001). Sin embargo, ninguno de estos

---

trabajos intenta elucidar los patrones temporales en las asociaciones crípticas en ninguno de sus atributos

Arreola y Elorduy (2002) mencionan que a pesar de que la estacionalidad no tiene un efecto significativo sobre los atributos de las asociaciones de peces conspicuos, en cuestiones poblacionales tiene un efecto claramente visible. Esto es contrario a lo encontrado en las cabezas de coral, ya que se registró variación en todos los atributos de las asociaciones en la escala temporal analizada. Sin embargo, en las asociaciones de peces crípticos de paredes rocosas, observó la misma tendencia, ya no se registró variación significativa en la riqueza de especies ni en la diversidad, pero sí en las abundancias y biomásas, lo anterior se debe que algunas especies tienen pulsos de reclutamiento importantes.

Los resultados arrojan una variabilidad temporal alta para las zonas coralinas y una muy baja variabilidad en zonas de paredes rocosas (tablas IX y X), eso habla del dinamismo al que están sometidas las agrupaciones de peces de zonas coralinas. Lo anterior apoya la hipótesis de que comunidades más complejas son menos variables en el tiempo (Cottingham *et al.*, 2001), pues las asociaciones ícticas arrecifales de sistemas rocosos poseen riquezas específicas y diversidades más altas que las registradas en los sistemas coralinos.

Allen y colaboradores (1992) estudiaron las variaciones temporales de peces crípticos en un arrecife rocoso templado. Dicho trabajo es el único antecedente que se tiene en el estudio temporal de este tipo de peces. Las conclusiones a las que se llegó en ese trabajo son similares a las que se encontraron en el presente trabajo, mostrando la

---

estabilidad tanto en número de especies como en diversidad de las asociaciones en este hábitat. Incluso, en el actual estudio se observó que las diferencias en diversidad entre los sitios rocosos en distintas épocas son pequeñas, por lo que resultaría interesante ver el efecto de escalas espaciales mayores sobre esta característica.

#### **d) Comparación de métodos de evaluación**

Los métodos de censos visuales han demostrado ser efectivos en la evaluación del componente íctico conspicuo, sin embargo, la evaluación del componente críptico con ésta técnica arroja resultados sesgados y pobres en número y abundancia de especies (Allen *et al.*, 1992; Ackerman y Bellwood, 2000; Willis, 2001). Por su parte, el uso de la quinaldina ha resultado ser eficiente para la evaluación cualitativa y cuantitativa del componente críptico. Por lo tanto el uso de ambos métodos es complementario y podría permitir una evaluación objetiva del recurso ictiológico.

Se muestran claramente las diferencias que resultan de la utilización de uno u otro método (figuras 3 y 4), además de que se evidencian los inconvenientes del uso de los censos visuales. Existen 3 inconvenientes: 1) Los censos visuales subestiman el número de especies significativamente (50% registrado por Allen *et al.*, 1992; 40.4% por Ackerman y Bellwood (2000); 30% promedio en el presente estudio ); 2) Subestiman también la abundancia de aquellas especies crípticas registradas (55% en *Forsterygian varium* por Willis, 2001; >90% en *C. oxycephalus* en Los Islotes, comparando los datos registrados con Aburto y Balart, 2001); 3) Los censos visuales sesgan el elenco sistemático que se registra, dándole más énfasis a las familias con especies grandes.

---

A pesar de que existen diferencias claramente observables en las densidades numéricas, número de especies y diversidades que se registran con ambos métodos, la densidad de biomasa no podría aumentar significativamente al incluir las especies crípticas, debido a que la mayoría de las especies que se incorporan al listado son pequeñas, sin embargo, estudios de ecología trófica ligando la biomasa y los demás atributos para corroborarlo.

En lo que se refiere a la escala temporal, es importante tomar en cuenta que las especies pequeñas tienen ciclos de vida cortos y que los cambios en las asociaciones se pueden dar en periodos cortos de tiempo, a pesar de esto, en las paredes rocosas no se observan cambios sustanciales a través del tiempo ni en diversidad ni en riqueza de especies, ni en densidad de biomasa (Tabla X).

#### **e) Estrategias de manejo**

Familias como Gobiidae, Tripterygiidae, Blennidae, Mureanidae, Syngnathidae, Labrisomidae, Gobiesocidae, entre otras, son las familias a las que generalmente están enfocados los muestreos de peces crípticos (sea con rotenona, aceite de clavo o quinaldina). Estas familias juegan un rol muy importante en los procesos que se llevan a cabo en los arrecifes, ya que juegan un rol como potenciales presas, presentan demandas energéticas relativamente altas y tienen altas tasas de renovación (Ackerman y Bellwood, 2000).

Es por lo anterior que se vuelve imperativa la adecuada evaluación de este componente, para así, poder establecer estrategias de manejo más adecuadas e integrales, sobre todo si se conoce que el número de empresas y operadores de actividades eco

---

turísticas en la región se ha cuadruplicado en los últimos 20 años (López-Espinosa, 2002), lo cual implica una mayor perturbación a las distintas zonas arrecifales de la zona y una búsqueda por nuevos sitios para llevar a cabo éstas actividades.

Un ejemplo de la utilidad de este tipo de estudios lo dan Willis y Anderson (2003), quienes compararon la fauna críptica dentro y fuera de una zona de reserva neozelandesa, encontrando que las abundancia de las especies crípticas son más altas fuera de la reserva debido a que en el área protegida no existe pesca de los potenciales depredadores de dichas especies. Lo anterior muestra el impacto que tienen las reservas naturales sobre este componente en dicha región.

En lo referente a la explotación de especies marinas crípticas como especies de ornato, Dawes (2000) señala que más del 90% de las especies ornamentales marinas son colectadas del medio natural (a diferencia de los dulceacuícolas, en donde existe una gran cantidad de cultivos con éste propósito). Aunado a lo anterior, de las especies de peces ornamentales marinos con mayor demanda en el mercado acuarofílico para la región, el 41.5% (17) de las especies fueron registradas en los muestreos realizados, siendo por lo menos 3 especies endémicas del Golfo de California (Almenara, 2000). A excepción de *L. dalli*, *T. lucasanum* y *E. punctulatus*, las 17 especies antes mencionadas son especies raras en las áreas arrecifales de la región (<1.0% del total de individuos colectados), La tabla XII muestra el listado de especies (o géneros) de importancia comercial en cuestiones ornamentales, que se distribuyen en el Golfo de California y su correspondiente abundancia relativa.

**Tabla XII.-** Listado de especies (o géneros) con gran demanda acuarofílica con distribución en el Golfo de California según Alemana (2000). La abundancia relativa (AR%) se indica a la derecha del nombre de la especie.

<b>Especie</b>	<b>AR%</b>	<b>Especie</b>	<b>AR%</b>	<b>Especie</b>	<b>AR%</b>
<i>Acanthemblemaria</i>	0.03-0.45	<i>Gymnomuraena zebra</i>	0.11	<i>Muraena lentiginosa</i>	0.13
<i>Antennarius sanguineus</i>	0.06	<i>Holacanthus passer</i>	0.62	<i>Oxycirrhites typus</i>	0.13
<i>Arothron meleagris</i>	0.01	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	0.07	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	0.03
<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.22	<i>Lythrypnus dalli</i>	8.46	<i>Thalassoma lucasanum</i>	1.47
<i>Chromis limbaughi</i>	1.06	<i>Lythrypnus pulchellus</i>	3.38	<i>Trypterygiidae</i>	0.01-0.07
<i>Elacatinus punctulatus</i>	5.51	<i>Microsphotodon dorsalis</i>	0.03		

Con el presente estudio no se resolverá la problemática referente a la pesca con fines ornamentales, sin embargo, sí se logra sentar un precedente en estudios ecológicos orientados a las especies de este tipo, lo cual puede ser utilizado para diseñar futuros estudios en aras de tomar decisiones para la apertura o no apertura de esta pesquería sobre especies en particular.

---

## X.- CONCLUSIONES

- 93 especies registradas (27 familias) totales, 77 especies en cabezas de coral y 74 en paredes rocosas.
- 12 especies son probables nuevos registros o nueva especies. Existe falta en el estudio de la sistemática de éstos grupos.
- Las familias mejor representadas fueron Gobiidae (13 spp), Labrisomidae (10 spp) y Muraenidae (8 spp).
- Se registró el 27.92% del total de especies registradas para el Golfo de California.
- *C. oxycephalus*, *S. xyris* y *S. rectifraenum*, fueron las especies dominantes en cabezas de coral, mientras que *L. dalli*, *S. xyris* y *A. pacifica*, lo fueron para las paredes rocosas.
- La mayor parte de las especies registradas (79%) son de afinidad biogeográfica Panámica. También se registraron con afinidad al Indo-Pacífico, endémicas del Golfo y circumtropicales.
- La diversidad y riqueza encontrada es más alta que la encontrada en regiones templadas.
- Existen diferencias en los atributos de las asociaciones coralinas y rocosas en la zona.
- La escala local aparenta tener mayor efecto en las asociaciones de peces crípticos, específicamente la complejidad del hábitat es de suma importancia.

- 
- Las coberturas de coral y rocas tienen fuerte influencia en la estructuración de las asociaciones crípticas en cabezas de coral, mientras que la cobertura de algas coralinas y la profundidad lo son para dichas agrupaciones en paredes rocosas.
  - Las asociaciones de zonas con coberturas altas de coral tienen patrones distintos a las de las demás y son más parecidas a las asociaciones de paredes rocosas.
  - Aparentemente existe un patrón latitudinal en las zonas rocosas, el cual es inverso al encontrado en asociaciones de peces conspicuos.
  - Existen diferencias temporales en cabezas de coral, más no en paredes. No existe una termo-dependencia.
  - Las asociaciones de peces crípticos parecen ser más estables que las de los peces conspicuos.
  - Las asociaciones de peces crípticos de paredes de coral parecen ser más estables que las de las cabezas de coral aisladas.
  - Los censos visuales subestiman el número de especies (hasta en un 35%) y la abundancia de las mismas (hasta 90%).
  - 17 especies registradas son potencialmente explotables en las pesquerías con fines ornamentales. La mayoría fueron consideradas especies raras en la zona (<1% de la abundancia total).
  - Existe rezago a nivel mundial en el estudio de este tipo de fauna, por lo que no es considerada en el diseño de estrategias de manejo para las áreas arrecifales.

---

---

## XI.- LITERATURA CITADA

- Aburto, M.O. y E.F. Balart. 2001. Community structure of reef fish habits of a rocky reef in the Gulf of California. *Marine Ecology*. **22(4)**: 238-305.
- Acosta, A.C. y D.N. Robertson. 2002. Diversity in coral reef fish communities: the effects of habitat patchiness revisited. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **227**: 87-96.
- Ackerman, J.L. y D.R. Bellwood. 2000. Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **206**: 227-237.
- Allen, G.R. y D.R. Robertson. 1994. **Peces del Pacífico Oriental Tropical**. CONABIO. México. 327 pp.
- Allen, L.G., L.S. Bouvier y R.E. Jensen. 1992. Abundance, diversity and seasonality of cryptic fishes and their contribution to a temperate reef fish assemblage off Santa Catalina Island, California. *Bull. So. Calif. Acad. Sci.* **91(2)**: 55-69.
- Almenara, S.C. 2000. International demand of ornamental species of the Gulf of California. 39-47 pp. **En:** Aburto, M.O. y C.A. Sánchez (Eds.). *Reef Resources of the Gulf of California. Management Strategies for the Marine ornate Species*. U.A.B.C.S. México. 138 pp.
- Anderson, G.R.V., A.H. Ehrlich, P.R. Ehrlich, J. Roughgarden, B.C. Russell y F.H. Talbot. 1981. The community structure of coral reef fishes. *Am. Nat.* **117**: 476-495.
- Arreola, J.L. y J.F. Elorduy. 2002. Reef fish diversity in the region of La Paz, Baja California Sur, México. *Bull. Mar. Sci.* **70(1)**: 1-18.

- 
- Balart, E.F., J.L. Castro-Aguirre y F. de Lachica-Bonilla. 1997. Análisis comparativo de las comunidades ícticas de fondos blandos y someros de la Bahía de La Paz. 163-176 pp. **En:** Urbán, J.R. y M. Ramírez (Eds.). *La Bahía de La Paz, investigación y conservación*. UABCS, CICIMAR y SCRIPPS. México
- Balart, E.F., R.C. Romero-Ponce, L. Campos, O. Aburto-Oropeza, J.L. Castro Aguirre, L.T. Findley, E. Amador, A. González y G. Paredes-Ríos. Reef fish diversity and abundance on isolated coral heads in Bahía de La Paz, Gulf of California, Mexico. 88-89 pp. **En:** *Resúmenes del 2002 Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists*. University of Kansas. E.U.A.
- Bell, J.D. y R. Galzin. 1984. Influence of live coral cover on coral-reef fish communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **15**: 265-274.
- Bellwood D.R. y T.P. Huges. 2001. Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. *Science*. **292**: 1532-1534.
- Briggs, J.C. Marine zoogeography. Mc Graw Hill. E.U.A. 475 pp.
- Brusca, R.C. y D.A. Thomson. 1975. Pulmo Reef: The only “Coral Reef” in the Gulf of California. *Cien. Mar.* **1(3)**:37-53.
- Caselle J.E. y R.R. Warner. 1996. Variability in recruitment of coral reef fishes: the importance of habitat at two spatial scales. *Ecology*. **77**: 2488-2504.
- Cobb, J.R. 2002. Population dynamics and productivity of cryptic fishes. 118 pp. **En:** *Resúmenes del 2002 Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists*. University of Kansas. E.U.A.
-

- 
- Dawes, J. 2000. International experience in ornamental marine species management. 30-38 pp. **En:** Aburto, M.O. y C.A. Sánchez (Eds.). *Reef Resources of the Gulf of California. Management strategies for the marine ornate species*. U.A.B.C.S. México. 138 pp.
- Depczynski, M y D.R. Bellwood. 2003. The role of cryptobenthic reef fishes in coral reef trophodynamics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **256**: 183-191.
- Ferreira, C.E.I., J.E.A. Gonçalves y R. Coutinho. 2001. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Env. Biol. Fish.* **61**: 353-369.
- Field, J.C., K.R. Clarke y R.M. Warwick. 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **8**: 37-52.
- Friedlander, A.M. y J.D. Parrish. 1998. Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian Coral Reef. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **224**: 1-30.
- García, J.A. y A. Pérez. 2001. Spatial pattern and the habitat structure of a mediterranean rocky reef Fish local assemblage. *Mar. Biol.* **138**: 917-934.
- Gibson, R.N. 1967. The use of the anesthetic Quinaldine in fish ecology. *J. Anim. Ecol.* **36**:215-234.
- Gilligan, M.R. 1980. Beta diversity of a Gulf of California rocky-shore fish community. *Env. Biol. Fish.* **5(2)**:109-116.
- Gotelli, N.J. y G.L. Etsminger. 1997. EcoSim: Null models software for ecology. Acquired Intelligence Inc and Kesey-Bear, Burlington, VT.
- Greenfield, D.W. y WR.K. Johnson. 1990. Community structure of western Caribbean blennioid Fishes. *Copeia.* **2**: 433-448.
-

- 
- Gust, N., J.H. Choat y M.I. McCormick. 2001. Spatial variability in reef distribution, abundance, size and biomass: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **214**: 237-251.
- Huston, M.A. 1998. **Biological Diversity**. Cambridge University Press. Reino Unido. 681 pp.
- Hubbs, C.L. y K.F. Lagler. 1974. **Fishes of the Great Lakes Region**. Ann Arbor: University of Michigan Press. 18 pp.
- Lindsay, J.B. 2003. Temporal patterns in the settlement of cryptic reef fish. 42 pp. **En:** *Resúmenes del 2003 Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists*. INPA. Brasil.
- López-Espinoza, R. 2002. Evaluating ecotourism in natural protected areas of La Paz Bay, Baja California Sur, México: ecotourism or nature-based tourism? *Biodiversity and conservation*. **11**: 1539-1550.
- Luckhurst, B.E. y K. Luckhurst. 1978. Analysis of the Influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Mar. Biol.* **49**: 289-305.
- Mejía, L.S. y J. Garzón. 2000. Estructura de comunidades de peces arrecifales en cuatro atolones del Archipiélago de San Andrés y Providencia (Caribe sur occidental). *Rev. Biol. Trop.* **48(4)**: 883-896.
- Molles, M.C. Jr. 1978. Fish species diversity on model and natural reef patches: experimental insular biogeography. *Ecol. Monogr.* **48**: 289-305.
- Munday, P.L. 2002. Does habitat availability determine geographical-scale abundances of coral-dwelling fishes?. *Coral Reefs*. **21**: 105-116.
-

- 
- Munday, P.L., G.P. Jones y M.J. Caley. 1997. Habitat specialization and the distribution and abundance of coral dwelling gobies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **152**: 227-239.
- Nelson, J.S. 1994. **Fishes of the world**. John Wiley & Sons. E.U.A. 600 pp.
- Patzner, R.A. 1999. Habitat utilization and depth distribution of small cryptobenthic fishes (Blennidae, Gobiesocidae, Gobiidae, Tripterygiidae) in Ibiza (western Mediterranean Sea). *Env. Biol. Fish.* **55**: 207-214.
- Pérez, H., F. Galván y L.A. Abitia. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces arrecifales rocosos del sur-oeste del Golfo de California, México. *Cien. Mar.* **22(3)**: 273-294.
- Prochazka, K. 1998. Spatial and trophic partitioning in cryptic fish communities of shallow subtidal reefs in False Bay, South Africa. *Env. Biol. Fish.* **55**: 207-214.
- Roberts, C.M. y R.F.G. Ormond. 1987. Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **41**: 1-8.
- Robertson, R. 1995. Competitive ability and the potential for lotteries among territorial reef fishes. *Oecologia.* **103**: 180-190.
- Robertson, D.R. y G.R. Allen. 2002. **Shore fishes of the Tropical Eastern Pacific: an information system**. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panamá.
- Sala, E. y C.A. Sánchez. 2000. El "Proyecto Fauna Arrecifal" y la investigación científica aplicada a la gestión de las especies marinas de ornato en el Mar de Cortés. 55-60 pp.  
**En:** Aburto, M.O. y C.A. Sánchez (Eds.). *Recursos Arrecifales del Golfo de California. Estrategias de Manejo para las Especies Marinas de Ornato*. U.A.B.C.S. México.
-

- 
- Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J.C. Barrera y P.K. Dayton. 2002. A General Model for Designing Networks of Marine Reserves. *Science*. **298**:1991-1993.
- Sale, P.F. y W.A. Douglas. 1984. Temporal variability in the community structure of fish on coral patch reefs and the relation of community structure. *Ecology*. **65(2)**: 409-422.
- Sale, P.F. y R. Dybdhal. 1978. Determinants of community structure for coral reef fishes in isolated coral heads at lagoonal and reef slope sites. *Oecologia*. **34**: 57-74.
- Sánchez, O.C., J.L. Arreola, M.O. Aburto y M. Cortés. 1997. Peces de arrecife en la región de La Paz, B.C.S. 177-188 pp. **En:** Urbán, J.R. y M. Ramírez (Eds.). *La Bahía de La Paz, investigación y conservación*. UABCS, CICIMAR y SCRIPPS. México.
- Schulman, M.J. 1985. Coral reef fish assemblages: intra- and interspecific competition for shelter sites. *Env. Biol. Fish.* **13(2)**: 81-92.
- Syms, C. y G.P. Jones. 2000. Disturbance, Habitat structure, and the dynamics of a coral-reef fish community. *Ecology*. **8(10)**: 2714-2729.
- Thomson, D.A. y M. Gilligan. 1983. The rocky-shore Fishes. **En:** Case T.J. y M.L. Cody (Eds.). *Island Biogeography in the Sea of Cortez*. University of California Press. E.U.A. 508 pp.
- Thomson, D.A., L.T. Findley y A.N. Kerstitch. 1979. Reef Fishes of the Sea of Cortez: The Rocky-Shore Fishes of the Gulf of California. John Wiley and Sons. E.U.A. 302 pp.
- Thomson, D.A., L.T. Findley y A.N. Kerstitch. 2000. Reef Fishes of the Sea of Cortez: The Rocky-Shore Fishes of the Gulf of California. University of Texas Press. E.U.A. 374 pp.
-

- Villareal, A, H. Reyes, B. Bermúdez y O. Arizpe. 2000. Los peces del arrecife de Cabo Pulmo, Golfo de California, México: Lista sistemática y aspectos de abundancia y biogeografía. *Rev. Biol. Trop.* **48(2/3)**: 413-424.
- Williams, D.M. 1991. Patterns and processes in the distribution of coral reef fishes. 437-475 pp **En:** Sale, P.F. (Ed.). *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*. Academic Press. E.U.A.
- Willis, T.J. 2001. Visual census methods underestimate density and diversity of cryptic reef fishes. *J. Fish Biol.* **59 (4)**: 1408-1411.
- Willis, T.J. y M.J. Anderson. 2003. Structure of cryptic reef fish assemblages: relationships with habitat characteristics and predator density. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **257**: 209-221.
-

**XII.- ANEXOS**

**Anexo A.-** Hojas de registro para caracterización de hábitat (cuadrantes)

FORMA 2				
FECHA: _____				
HABITAT: _____				
LOCALIDAD: _____				
PROFUNDIDAD: _____				
TEMPERATURA: _____				
VISIBILIDAD: _____				
OBSERVADOR: _____				
cuadrantes				
<b>COBERTURA:</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
ANTOZOO				
ARENA				
BALANOS				
BIVALVOS				
BRIOZOOS				
CANTOS				
CORAL NEGRO				
CORAL CABEZA				
OTRO CORAL PETREO				
DETRITOS				
ERIZOS				
ESPONJA				
ESTRELLAS				
GORGONIDO				
HIDROZOOO				
HOLOTURIDO				
MACROALGA				
POLIUQUETO				
ROCAS				
RODOLITOS				
TAPETE				
TUNICADOS (ascidias)				
ALGA ROJA CALCAREA				
No. AGUJEROS				
No. GRIETAS				
CUEVAS				
<b>LONGITUD CADENA</b> (EN CMS)				
<b>OBSERVACIONES:</b>	_____			
	_____			
	_____			
	_____			

**ANEXO B.-** Hojas de registro para caracterización de hábitat (transectos).

FECHA:	PROFUNDIDAD:	No. REPLICA:
HABITAT:	OBSERVADOR:	TEMPERATURA:
LOCALIDAD:		VISIBILIDAD:

<b>COBERTURA:</b>	
ANTOZOO	
ARENA	
BALANOS	
BIVALVOS	
BRIOZOOS	
CANTOS	
CORAL NEGRO	
CORAL CABEZA	
OTRO CORAL PETREO	
DETRITOS	
ERIZOS	
ESPONJA	
ESTRELLAS	
GORGONIDO	
HIDROZOOO	
HOLOTURIDO	
MACROALGA	
POLIQUETO	
ROCAS	
RODOLITOS	
TAPETE	
TUNICADOS	
ALGA ROJA CALCAREA	

<b>ROCOSIDAD (MTS):</b>	
0.1 - 0.5	
0.5 - 1.0	
1.0 - 2.0	
2.0 - 3.0	
3.0 - 4.0	
4.0 - 5.0	
> 5.0	

<b>GRIETAS:</b>	
5 - 10 CM	
10 - 50 CM	
>50 CM	

<b>TAMAÑO CABEZAS DE CORAL (DIAMETRO MAYOR) (CMS):</b>	
5 - 10 CM	
10 - 30 CM	
30 - 50 CM	
50 - 70 CM	
70 - 100 CM	
> 100 CM	

<b>LOCALIZACION CABEZA DE CORAL</b>																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

**ANEXO C**

Listado taxonómico de especies registradas en este estudio (Clasificación según Nelson, 1994; Robertson y Allen, 2002).

Phylum: Chordata  
 Subphylum: Vertebrata  
 Superclase: Gnathostomata  
 Grado: Teleostomi  
 Clase: Actinopterygii  
 Subclase: Neopterygii  
 División: Teleostei  
 Subdivisión: Elopomorpha  
 Orden: Anguilliformes  
 Suborden: Muraenoidei  
 Familia: Muraenidae  
 Subfamilia: Uropterygiinae

*Anarchias* Jordan y Starks 1906  
*galapagensis* (Seale 1940)

*Uropterygius* Rüppell 1838  
*versutus* Bussing 1991

Subfamilia: Muraeninae

*Echidna* Forster 1777  
*nocturna* (Cope 1872)

*Gymnomuraena* Lacépède 1803  
*zebra* (Shaw, 1797)

*Gymnothorax* Bloch 1795  
*panamensis* (Steindachner 1876)  
*sp1*

*Muraena* Linnaeus 1758  
*lentiginosa* Jenyns 1842  
*sp1*

Subdivisión: Euteleostei  
 Superorden: Paracanthopterygii  
 Orden: Ophidiiformes  
 Suborden: Ophidioidei  
 Familia: Ophidiidae  
 Subfamilia: Brotulinae

*Brotula* Cuvier 1829  
*sp1*

## ANEXO C.- Continuación.....

Suborden: Bythitoidei  
 Familia: Bythitidae  
 Subfamilia: Bythitinae

*Oligopus* Gill 1896  
*diagrammus* (Heller y Snodgrass 1903)

Subfamilia: Brosmophycinae  
 Tribu: Dinematchthyini

*Ogilbia* Jordan y Evermann 1898  
*sp1*

Orden: Lophiiformes  
 Suborden: Antennarioidei  
 Familia: Antennariidae  
 Subfamilia: Antennariinae

*Antennarius* Daudin 1816  
*avalonis* Jordan y Starks 1907  
*sanguineus* Gill 1863

*Antennatus* Schultz 1957  
*strigatus* (Gill 1863)

Superorden: Acanthopterygii  
 Serie: Mugilomorpha  
 Orden: Mugiliformes  
 Familia: Mugilidae

*Chaenomugil* Gill 1863  
*proboscideus* (Günther 1861)

Serie: Percomorpha  
 Orden: Beryciformes  
 Suborden: Holocentroidei  
 Familia: Holocentridae  
 Subfamilia: Holocentrinae

*Sargocentron* Fowler 1904  
*suborbitalis* (Gill 1863)

Subfamilia: Myripristinae

*Myripristis* Cuvier 1829  
*leiognathus* Valenciennes 1846

## ANEXO C.- Continuación.....

Orden: Gasterosteiformes  
 Suborden: Syngnathoidei  
 Infraorden: Syngnatha  
 Superfamilia: Syngnathoidea  
 Familia: Syngnathidae  
 Subfamilia: Syngnathinae  
 Tribu: Doryhamphini

*Doryhamphus* Kaup 1856  
*excisus* Kaup 1856

Orden: Scorpaeniformes  
 Suborden: Scorpaenoidei  
 Familia: Scorpaenidae  
 Subfamilia: Scorpaeninae

*Scorpaena* Linnaeus 1758  
*plumieri mystes* Jordan y Starks 1895

*Scorpaenodes* Bleeker 1857  
*xyris* (Jordan y Gilbert 1882)

Orden: Perciformes  
 Suborden: Percoidei  
 Superfamilia: Percoidea  
 Familia: Serranidae

*Serranidae sp1*

Subfamilia: Epinephelinae  
 Tribu: Epinephelini

*Alphestes* Bloch y Schneider 1801  
*immaculatus* Breder 1936  
*multiguttatus* (Günther 1867)

*Epinephelus* Bloch 1793  
*cf panamensis*

*Paranthias* Guichenot 1868  
*colonus* (Valenciennes 1846)

Tribu: Grammistini

*Pseudogramma* Bleeker 1875  
*thaumasium* (Gilbert 1900)

## ANEXO C.- Continuación.....

*Rypticus* Cuvier 1829  
*bicolor* Valenciennes 1846  
*nigripinnis* Gill 1861

Subfamilia: Serraninae

*Serranus* Cuvier 1816  
*psittacinus* Valenciennes 1855

Familia: Apogonidae  
 Subfamilia: Apogoninae

*Apogon* Lacépède 1801  
*pacifica* (Herre 1935)  
*retrosella* (Gill 1862)  
*sp1*

Familia: Sciaenidae  
 Subfamilia: Sciaeninae  
 Tribu: Equitini

*Pareques* Gill 1876  
*viola* (Gilbert, 1898)

Familia: Chaetodontidae

*Johnrandallia* Nalbant 1974  
*nigrirostris* (Gill 1862)

Familia: Pomacanthidae

*Holacanthus* Lacépède 1802  
*passer* Valenciennes 1846

*Pomacanthus* Lacépède 1802  
*zonipectus* (Gill 1862)

Superfamilia: Cirrhitoidae  
 Familia: Cirrhitidae

*Cirrhichthys* Bleeker 1857  
*oxycephalus* (Bleeker 1855)

*Oxycirrhites* Bleeker 1857  
*typus* Bleeker 1857

**ANEXO C.-** Continuación.....

Suborden: Labroidei

Familia: Pomacentridae

Subfamilia: Chrominae

***Chromis*** Cuvier 1814***atrilobata*** Gill 1862***limbaughi*** Greenfield y Woods 1980

Subfamilia: Pomacentrinae

***Abudefduf*** Forsskäl 1775***troscheli*** (Gill 1862)***Microspathodon*** Günther 1862***dorsalis*** (Gill 1862)***Stegastes*** Jenyns 1842***flavilatus*** (Gill 1862)***rectifraenum*** (Gill 1862)

Familia: Labridae

Tribu: Hypsigenyini

***Bodianus*** Bloch 1790***diplotaenia*** (Gill 1862)***Halichoeres*** Rüppell 1835***melanotis*** (Gilbert 1890)***nicholsi*** (Jordan y Gilbert 1882)***Thalassoma*** Swainson 1839***lucasanum*** (Gill 1862)

Familia: Scaridae

Subfamilia: Sparisomatinae

***Nicholsina*** Fowler 1915***denticulata*** (Evermann y Radcliffe 1917)

Suborden: Blennioidei

Familia: Tripterygiidae

***Axoclinus*** Fowler 1944***carminalis*** (Jordan y Gilbert 1882)***lucillae*** Fowler 1944***nigricaudus*** Allen y Robertson 1991

## ANEXO C.- Continuación.....

*Crocodilichthys* Allen y Robertson 1991  
*gracilis* Allen y Robertson 1991

*Enneanectes* Jordan y Evermann 1895  
*reticulatus* Allen y Robertson 1991  
*sexmaculatus* (Fowler 1944)

Familia: Labrisomidae

*Labrisomidae sp1*  
*Labrisomidae sp2*

Tribu: Labrisomini

*Labrisomus* Swainson 1839  
*xanti* Gill 1860

*Malacoctenus* Gill 1860  
*hubbsi* Springer 1959  
*tetranemus* (Cope 1877)  
*zaca* Springer 1959

Tribu: Paraclinini

*Exerpes* Jordan y Evermann 1896  
*asper* (Jenkins y Evermann 1889)

*Paraclinus* Mocquard 1888  
*sini* Hubbs 1952

Tribu: Starksini

*Starksia* Jordan y Evermann 1896  
*spinipenis* (Al-Uthman 1960)

*Xenomede*a Rosenblatt y Taylor 1971  
*rhodopyga* Rosenblatt y Taylor 1971

Familia: Chaenopsidae

Subfamilia: Chaenopsinae

*Chaenopsidae sp1*

*Acanthemblemaria* Metzelaar 1919  
*balanorum* Brock 1940  
*crockeri* Beebe y Tee-Van 1938  
*macrospilus* Brock 1940

## ANEXO C.- Continuación.....

*Protemblemaria* Stephens 1963  
*bicirris* (Hildebrand 1946)

Familia: Blenniidae  
 Tribu: Nemophini

*Plagiotremus* Gill 1865  
*azaleus* (Jordan y Bollman 1890)

Tribu: Parablenniini

*Hypsoblennius* Gill 1861  
*brevipinnis* (Günther 1861)

Tribu: Salariini

*Ophioblennius* Gill 1860  
*steindachneri* Jordan y Evermann 1898

Suborden: Gobiesocoidei  
 Familia: Gobiesocidae  
 Subfamilia: Gobiesocinae

*Arcos* Schultz 1944  
*erythrops* (Jordan y Gilbert 1882)

*Tomicodon* Brisout de Barneville 1846  
*boehlkei* Briggs 1955

Suborden: Gobioidei  
 Familia: Gobiidae

*Gobiidae sp1*  
*Gobiidae sp2*

Subfamilia: Gobiinae

*Barbulifer* Eigenmann y Eigenmann 1888  
*pantherinus* (Pellegrin 1901)

*Chriolepis* Gilbert 1892  
*zebra* Ginsburg 1938

*Coryphopterus* Gill 1863  
*urospilus* Ginsburg 1938

## ANEXO C.- Continuación.....

**Gobiosoma** Girard 1858  
*sp1*

**Gobulus** Ginsburg 1933  
*hancocki* Ginsburg 1938

**Gymneleotris** Bleeker 1874  
*seminudus* (Günther 1864)

**Lythrypnus** Jordan y Evermann 1896  
*dalli* (Gilbert 1890)  
*pulchellus* Ginsburg 1938

Subfamilia: Gobionellinae

**Elacatinus** Jordan 1904  
*puncticulatus* (Ginsburg 1938)  
*digueti* (Pellegrin 1901)  
*limbaughi* Burgess y Axelrod 1984

Serie: Percomorpha  
Orden: Tetraodontiformes  
Suborden: Tetraodontoidei  
Superfamilia: Balistoidea  
Familia: Balistidae

**Balistes** Linnaeus 1758  
*polylepis* Steindachner 1876

**Sufflamen** Jordan 1916  
*verres* (Gilbert y Starks 1904)

Superfamilia: Tetraodontoidea  
Familia: Tetraodontidae  
Subfamilia: Tetraodontinae

**Arothron** Müller 1841  
*meleagris* (Lacépède 1798)

Subfamilia: Canthigasterinae

**Canthigaster** Swainson 1839  
*punctatissima* (Günther 1870)

Familia: Diodontidae  
**Diodon** Linnaeus 1758  
*holocanthus* Linnaeus 1758