



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO**

**DE CIENCIAS MARINAS**



**ANÁLISIS TEMPORAL DE LA ESTRUCTURA  
COMUNITARIA DE LOS PECES CRÍPTICOS ASOCIADOS  
A UN ARRECIFE ARTIFICIAL EN PUNTA DIABLO, BAHÍA  
DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

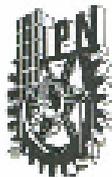
**MAESTRO EN CIENCIAS**

CON ESPECIALIDAD EN

**MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA:

**BIOL. MAR. JUAN ALFREDO ZAYAS ALVAREZ**



03FL14

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**  
**ACTA DE REVISION DE TESIS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 01 del mes de Agosto del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

'ANÁLISIS TEMPORAL DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA DE LOS PECES CRÍPTICOS ASOCIADOS A UN ARRECIFE ARTIFICIAL EN PUNTA DIABLO, BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO'

Presentada por el alumno:

ZAYAS  
Apellido paterno

ALVAREZ  
matrícula

JUAN ALFREDO  
nombre(s)

Con registro: 

B	0	3	1	4	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISION REVISORA**

Director de los  
PRIMER VOCAL

  
MC. EDUARDO FRANCISCO BALART PÁEZ

PRESIDENTE

  
DR. FELIPE GALVÁN MORAÑA

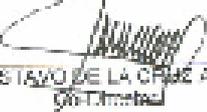
SECRETARIO

  
MC. SERGIO FRANCISCO MARTÍNEZ DÍAZ

SEGUNDO VOCAL

  
DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

TERCER VOCAL

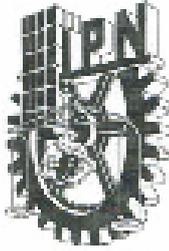
  
MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

  
DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**I. P. N.**  
**CICIMAR**  
**DIRECCION**



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 11 del mes Agosto del año 2005, el (la) que suscribe JUAN ALFREDO ZAYAS ALVAREZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B031467 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: MC. EDUARDO FRANCISCO BALART PÁEZ y cede los derechos del trabajo titulado: "ANÁLISIS TEMPORAL DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA DE LOS PECES CRÍPTICOS ASOCIADOS A UN ARRECIFE ARTIFICIAL EN PUNTA DIABLO, BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: alfredo\_z\_alvarez@hotmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente de mismo.

  
JUAN ALFREDO ZAYAS ALVAREZ

*nombre y firma*

**DEDICATORIA.**

**A mi madre.....!!!!**

**Que difícil y que fácil concluir un sueño  
Cuando me enseñaste que siempre se debe luchar  
por lo que uno desea en la vida.**

**Que difícil y que fácil es andar por caminos sinuosos y veredas estrechas  
Cuando uno recuerda el calor de tu presencia.**

**Que difícil y que fácil es levantarse de los muchos golpes que da la vida  
Al recordar tus palabras de aliento.**

**Que difícil y que fácil sentir esas tardes frías llenas de soledad  
Cuando uno recuerda el amor de tus caricias.**

**Que difícil y que fácil saber que la vida continua.....  
Con la estela de tu amor  
Que perdurara por siempre!!**

**Mil gracias madre....!!!  
Por todo tu amor, paciencia y confianza  
para terminar parte de un sueño que continua.....**

**En Memoria de:**

**Blandina Alvarez Miac**

## **AGRADECIMIENTOS.**

A mi familia por ser la perfecta unión de amor y confianza.

Mamá: Mil gracias por tanto amor y ternura, mil gracias por ser mi mejor amiga, mil gracias por los muchos momentos compartidos, mil gracias por tu cariño, compañía y apoyo durante cada uno de "Mis sueños locos".....SIEMPRE TE RECORDARE!!!

A mi hermano Miguel, por ser la figura paterna, lleno de amor y sabiduría, eres todo un ejemplo a seguir.

A mis sobrinos Rene, Miguel, Maricela y Marco Antonio, por todo su amor, compañía y confianza.

Al M. en C. Eduardo Francisco Balart Páez, por todo su apoyo incondicional, al ser más que un director de tesis, un amigo y todo ser humano. Gracias "Sensei" por ser un ejemplo de vida.

Al M. en C. Gustavo De la Cruz Agüero, por su confianza, dedicación y enseñanzas durante este proyecto de tesis, el cual sin su apoyo no se hubiera llevado a cabo.

Al Dr. Felipe Galván Magaña, por su dedicación e interés en mi formación profesional puesta desde la licenciatura.

Al Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas, por sus enseñanzas y acertadas opiniones en la realización de esta tesis.

Al M. en C. Sergio Francisco Martínez Díaz, porque su apoyo e interés en mi trabajo ayudo enormemente a mejorarlo. Gracias por su tiempo.

A Héctor González Ocampo, Rocio, Enrique Cortés, Saúl Sánchez y Gabriela, por apoyarme en los momento más críticos de mi existencia.

A Ana Maria Torres Huerta, Claudia Alicia Silva y Darla Alejandra Torres, por su amor incondicional, que me ayudo a ser una mejor persona, pero sobre todo, gracias porque siempre creyeron en mi.

A "La Generación espontánea" (Claudia, Susana, Norma, Erick, Elmo, Deivis, Ivan, José Ángel, Rene, Lalo y Carlitos) porque la aventura de la maestría fue menos difícil con su amistad y compañía.

A Enrique Nava, porque su labor como profesor trasciende más allá del salón de clases. Gracias Amigo.

A todos aquellos que me hacen saber que el tesoro más valioso que puede tener uno como ser humano, es la amistad: Bety, Carmen, Jazz, Norma, Monica, Tania, Miriam, Durga, Rosy, Vane, Pablo, Coco, Nico, Arturo, Poot, Vladimir, Yashir y Fer.

A "Los críticos del CIB" (Scarry, Cham, Manolo, Carlos y Alonso) por hacer que las salidas de campo, sean más que terminar un trabajo. " Que sería de la vida sin esos momentos".

A Lucia Campos, Horacio Berbera, Juan Ramírez "Jonhy" y Mario Cota, por su amistad y apoyo logístico para la realización de este trabajo.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste (CIBNOR), por el apoyo de sus instalaciones e integrarme al proyecto "Peces críticos asociados a coral, rocas, y estructuras artificiales".

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por brindarme la oportunidad de realizar mi maestría en sus instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa Institucional para la Formación de Investigadores (PIFI) por el apoyo económico brindado.

## ÍNDICE.

	Página
LISTADO DE FIGURAS.....	I
LISTADO DE TABLAS .....	III
GLOSARIO .....	V
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES .....	2
JUSTIFICACIÓN .....	4
OBJETIVO GENERAL .....	5
Objetivos particulares.....	5
ÁREA DE ESTUDIO .....	6
METODOLOGÍA.....	7
A) Estructura y diseño del arrecife artificial.....	7
B) Método de muestreo .....	9
C) Análisis de datos .....	11
I) Composición y asociación específica de los arrecifes artificial y natural (cabezas de coral y paredes rocosas) .....	11
II) Atributos comunitarios.....	13
III) Análisis Estadísticos.....	15
IV) Estructura de tallas .....	16
RESULTADOS .....	16
A) Composición específica general de los hábitats artificial y natural, correspondiente al ciclo anual 2001-2002.....	16
I) Elenco sistemático.....	16

II) Similitud de los hábitats arrecifales (artificial, cabezas de coral y paredes rocosas) .....	22
B) Comparación de los atributos comunitarios en los hábitats artificial y natural (cabezas de coral y paredes rocosas) correspondiente al ciclo anual 2001-2002 .....	23
I) Dominancia .....	23
II) Densidad.....	25
III) Biomasa.....	27
IV) Riqueza específica.....	28
V) Diversidad.....	30
C) Análisis de la estructura de tallas de las especies dominantes, en los tres hábitats arrecifales (artificial, cabezas de coral y paredes rocosas), correspondientes al ciclo anual 2001-2002.....	33
I) Comparación global de tallas medias entre los tres tipos de hábitat.	33
II) Comportamiento de las tallas medias con respecto al tiempo y tipo de hábitat.....	34
D) Composición específica general en el arrecife artificial, correspondiente al Ciclo 2002-2003.....	43
I) Elenco sistemático.....	43
II) Similitud de los ciclos anuales en el arrecife artificial.....	45
E) Comparación de los atributos comunitarios en los dos ciclos anuales del arrecife artificial.....	46
I) Dominancia.....	46
II) Densidad.....	46
III) Biomasa.....	48
IV) Riqueza específica.....	50
V) Diversidad.....	52

F) Análisis de la estructura de tallas de las especies dominantes, en el arrecife artificial, correspondiente al segundo ciclo 2002-2003.....	54
I) Comparación global de talla medias entre los dos ciclos anuales.....	54
II) Comportamiento de las tallas medias con respecto al tiempo en el arrecife artificial, correspondiente al ciclo anual 2002-2003.....	57
DISCUSIÓN.....	60
A) Composición taxonómica, correspondiente al ciclo anual 2001-2002.....	60
B) Comparación de los atributos comunitarios de los tres tipos de hábitats arrecifales, correspondiente al ciclo anual 2001-2002.....	62
C) Variación temporal correspondiente al ciclo anual 2001-2002.....	65
D) Estructura de tallas de las especies dominantes correspondientes al ciclo anual 2001-2002.....	68
E) Variación interanual en el arrecife artificial.....	70
CONCLUSIONES.....	72
LITERATURA CITADA.....	73
ANEXO.....	80

## LISTADO DE FIGURAS.

	Página
<b>Figura 1.-</b> Localización del área de estudio.....	7
<b>Figura 2.-</b> Estructura de la plataforma submarina .....	8
<b>Figura 3.-</b> Diseño de los módulos arrecife artificial .....	8
<b>Figura 4.-</b> Distribución del número de especies por Familia de peces asociados a los tres tipos de arrecife en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	17
<b>Figura 5.-</b> Abundancia relativa entre las especies registradas en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	21
<b>Figura 6.-</b> Abundancia relativa entre las especies registradas en cabezas de coral, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	21
<b>Figura 7.-</b> Abundancia relativa entre las especies registradas en paredes rocosas, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	21
<b>Figura 8.-</b> Valores promedio de densidades estandarizadas (ind/0.05 m <sup>2</sup> ) de los tres habitats arrecifales.....	26
<b>Figura 9.-</b> Densidades promedio en los tres tipos de arrecife a lo largo del primer ciclo anual (2002 – 2002) en Punta diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	26
<b>Figura 10.-</b> Valores promedio de biomasa estandarizadas (ind/0.05 m <sup>2</sup> ) de los tres habitats arrecifales.....	28
<b>Figura 11.-</b> Biomasa en los tres tipos de arrecife a lo largo del primer ciclo anual (2002 – 2002) en Punta diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	28
<b>Figura 12.-</b> Valores promedio de la riqueza específica de los tres hábitats arrecifales	30
<b>Figura 13.-</b> Riqueza específica en los tres tipos de arrecife a lo largo del primer ciclo anual (2002 – 2002) en Punta diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	30
<b>Figura 14.-</b> Valores promedio de la diversidad en los tres hábitats arrecifales .....	32
<b>Figura 15.-</b> diversidad (H') de los tres tipos de arrecife a lo largo del primer ciclo anual (2002 – 2002) en Punta diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	32
<b>Figura 16.-</b> Valores promedio de las tallas de a) <i>Scorpaenodes xyris</i> y b) <i>Elacatinus punctulatus</i> entre los tres tipos de hábitats arrecifales, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S., México.....	34
<b>Figura 17.-</b> Comportamiento de las tallas medias de las especies dominantes en el arrecife artificial, durante el primer ciclo anual 2001-2002 en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S., México.....	37

<b>Figura 18.-</b> Comportamiento de las tallas medias de las especies dominantes en paredes rocosas, durante el primer ciclo anual 2001-2002 en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S., México.....	40
<b>Figura 19.-</b> Comportamiento de las tallas medias de las especies dominantes en cabezas de coral, durante el primer ciclo anual 2001-2002 en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S., México.....	42
<b>Figura 20.</b> Comparación del número de especies registradas por familia, asociados al arrecife artificial durante los dos ciclos anuales de estudio en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	45
<b>Figura 21.-</b> Valores promedio de densidad (ind./0.5 m <sup>2</sup> ) en el arrecife artificial durante los dos ciclos de muestreo.....	47
<b>Figura 22.-</b> Variación de la densidad a lo largo del tiempo, durante los dos ciclos de muestreo en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S.....	48
<b>Figura 23.-</b> Valores promedio de biomasa (gr./0.5m <sup>2</sup> ) en el arrecife artificial durante los dos ciclos de muestreo.....	49
<b>Figura 24.-</b> Variación de la biomasa a lo largo del tiempo, durante los dos ciclos de muestreo en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S.....	49
<b>Figura 25.-</b> Valores promedio de la riqueza específica, en el arrecife artificial durante los dos ciclos de muestreo.....	51
<b>Figura 26.-</b> Variación de la riqueza específica a lo largo del tiempo, durante los dos ciclos de muestreo en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S....	51
<b>Figura 27.-</b> Valores promedio de la diversidad, en el arrecife artificial durante los dos ciclos de muestreo.....	53
<b>Figura 28.-</b> Variación de la diversidad (H') a lo largo del tiempo, durante los dos ciclos de muestreo en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S...	53
<b>Figura 29.-</b> Valores promedio de las tallas de especies dominantes, durante los dos ciclos anuales en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S.....	56
<b>Figura 30.-</b> Comportamiento de las tallas medias de las especies dominantes, en el arrecife artificial, durante el segundo ciclo 2002-2003.....	59

## LISTADO DE TABLAS.

	Página
<b>Tabla I.-</b> Total de especies asociadas a cada tipo de arrecife.....	18
<b>Tabla II.-</b> Especies exclusivas en cada tipo de arrecife, tanto artificial, cabezas de coral y paredes rocosas.....	19
<b>Tabla III.-</b> Especies compartidas en los tres tipos de arrecife (artificial, cabezas de coral y paredes rocosas).....	19
<b>Tabla IV.-</b> Especies semicompartidas entre cada uno de los tipos arrecifes.....	19
<b>Tabla V.-</b> Lista de la afinidad biogeográfica de las especies crípticas registradas durante las colectas en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S. ....	20
<b>Tabla VI.-</b> Matriz del coeficiente de similitud de Morisita para los tres tipos de arrecife.....	22
<b>Tabla VII.-</b> Matriz del coeficiente de similitud de Morisita simplificado para los tres tipos de arrecife.....	22
<b>Tabla VIII.-</b> Valores en porcentajes del I.V.I. de acuerdo con la abundancia y frecuencia de especies en los tres tipos de hábitat arrecifales, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	24
<b>Tabla IX.-</b> Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de las densidades estandarizadas ((ind./0.5m <sup>2</sup> ) entre los tres tipos de arrecife.....	25
<b>Tabla X.-</b> Resultados de la prueba de Tukey HSD sobre densidad ( $p < .05000$ ) entre los tres tipos de arrecife.....	26
<b>Tabla XI.-</b> Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de biomasa (gr/0.5m <sup>2</sup> ) entre los tres tipos de arrecife.....	27
<b>Tabla XII.-</b> Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de riqueza específica entre los tres tipos de arrecife.....	29
<b>Tabla XIII.-</b> Resultados de la prueba de Tukey HSD de la riqueza específica ( $p < .05000$ ) entre los tres tipos de arrecife.....	30
<b>Tabla XIV.-</b> Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de la diversidad ( $H'$ ) entre los tres tipos de arrecife.....	31
<b>Tabla XV.-</b> Resultados de la prueba de Tukey HSD de la diversidad ( $p < .05000$ ) entre los tres tipos de arrecife.....	31

<b>Tabla XVI.</b> Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para probarla diferencias de tallas de las especies dominantes con respecto al tipo de hábitat, durante el primer ciclo anual 2001-2002.....	33
<b>Tabla XVII.-</b> Total de especies asociadas al arrecife artificial durante los dos ciclos anuales de estudio en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	44
<b>Tabla XVIII.-</b> Lista de la afinidad biogeográfica de las especies crípticas registradas durante los dos ciclos anuales en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	45
<b>Tabla XIX.-</b> Matriz de los coeficientes de similitud de Morisita, para el arrecife artificial durante los dos años de estudio.....	45
<b>Tabla XX.-</b> Valores en porcentajes del I.V.I., del arrecife artificial, durante el segundo ciclo anual (2002-2003), en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.....	46
<b>Tabla XXI.-</b> Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de las densidades estandarizadas ((ind./0.5m <sup>2</sup> ) entre los dos ciclos anuales en el arrecife artificial.....	47
<b>Tabla XXII.-</b> Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de biomasa (gr/0.5m <sup>2</sup> ) entre los dos ciclos anuales en el arrecife artificial.....	49
<b>Tabla XXIII.-</b> Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de riqueza específica, entre los dos ciclos anuales en el arrecife artificial.....	50
<b>Tabla XXIV.-</b> Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de diversidad (H'), entre los dos ciclos anuales en el arrecife artificial.....	52
<b>Tabla XXV.</b> Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para probar la diferencia en el arreglo de tallas de las especies dominantes con respecto a los dos ciclos anuales, en el arrecife artificial.....	54

## GLOSARIO.

**Abundancia.** Número de organismos en un lugar determinado.

**Arrecife.** Desde el punto de vista ecológico, es cualquier estructura sumergida que provee de un sustrato duro para el crecimiento de vida marina (Thomson *et al.*, 2000).

**Asociación.** Reunión de organismos, que forman parte de una comunidad, para un fin determinado en un mismo lugar.

**Asentamiento.** Proceso de movilización posterior a la metamorfosis de las larvas de peces, desde el hábitat pelágico al béntico (Vigliola y Harmelin-Vivien, 2001).

**Comunidad.** Grupos de poblaciones de plantas y animales en un sitio dado; unidad ecológica empleada en sentido amplio para incluir grupos de diversos tamaños y grados de integración (Krebs, 2000).

**Peces conspicuos.** Organismos que debido a sus características morfológicas y/o tamaño son fácilmente visibles (González, 2003).

**Peces crípticos.** Organismo que debido a sus características morfológicas, tamaño y/o comportamiento dificultan su identificación y evaluación.

**Densidad.** Número de organismos por unidad de espacio en que están presentes (Krebs, 2000).

**Diversidad.** Valor que representa la riqueza de especies y la distribución de la abundancia entre ellas. Entre mayor es su valor se supone mayor complejidad de la estructura.

**Dominancia.** Condición en que una o más especies de una comunidad, por virtud de su número, cobertura o tamaño, ejerce influencia considerable sobre las demás especies o controla las condiciones de su existencia (Krebs, 2000).

**Estructura comunitaria.** Estado particular que guarda la comunidad en un espacio y tiempo dados. Se define en términos de sus atributos, tales como riqueza, dominancia, diversidad, biomasa, etc.

**Hábitat.** Espacio utilizado por un organismo en conjunto con otros con los cuales coexiste y los elementos climáticos que lo afectan (Aburto, 1999).

**Ictiofauna.** Fauna que integra el grupo de los peces.

**Índice de valor biológico.** Determina los valores de importancia de las especies de una comunidad definida.

**Población.** Grupo de individuos de una especie que se reproduce entre si en un espacio y tiempo dados (Krebs, 2000).

**Reclutamiento.** Incremento de una población natural usualmente resultante de la entrada y supervivencia de los individuos (post-larvas) que se asientan en un biotopo de la población adulta en un tiempo dado (Pile et al., 1996; krebs, 2000).

**Variaciones temporales.** Cambios estructurales de la comunidad a través de un tiempo determinado.

## RESUMEN.

Se comparo la estructura comunitaria del componente críptico asociado a cabezas de coral, paredes rocosas y un arrecife artificial, así como la variación interanual de un ciclo anual a otro en el sistema artificial. El arrecife artificial estuvo conformado por 24 módulos de cinco cajas nestier por año. Bimensualmente se extrajeron cuatro módulos para la colecta y análisis de los peces asociados. Paralelamente se colectaron organismos en cabezas aisladas de coral y en paredes rocosas, empleando el anestésico quinaldina en zonas cercanas al arrecife artificial en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S., México. En el arrecife artificial se registraron un total de 17 especies, pertenecientes a 10 familias, siendo la familia Gobiidae y Tripterygiidae las más representativas; en cabezas de coral se registraron 29 especies correspondientes a 16 familias; las familia Gobiidae y Labrisomidae fueron las mejor representadas, mientras que en las paredes, se registraron 35 especies correspondiente a 20 familias, siendo la familia Gobiidae la más representativa. Las especies dominantes en el arrecife artificial fueron *Lythrypnus dalli*, *Scorpaenodes xyris* y *Protemblemaria bicirris*. En cabezas de coral dominaron *S. xyris*, *Elacatinus puncticulatus* y *Stegaster rectifraenum*; mientras que en paredes las dominantes fueron *L. dalli*, *Apogon pacifici* y *A. retrosella*. Existe una similitud entre el arrecife artificial y las paredes considerando su densidad, biomasa y especies compartidas. Hay diferencias en la composición de especies, densidad y diversidad fueron detectadas al comparar los arrecifes naturales con el artificial. Se observa un patrón temporal independiente de los descriptores comunitarios en cada tipo de arrecife. Por otro lado, se evidencia que existe variación interanual en la estructura de la comunidad de peces crípticos del arrecife artificial.

## ABSTRACT.

I compare the communitarian structure del component associated cryptic to coral heads, rocky walls and an artificial reef, as well as the interannual variation of an annual cycle to another one in the artificial system. The artificial reef was conformed by 24 modules of five boxes to nestier per year. Semimonthly four modules were extracted for collects and analysis of the fish associate. Parallely organisms in isolated heads of coral and rocky walls collected themselves, using the anesthetic quinaldina in zones near the artificial reef in Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S., México. In the artificial reef a total of 17 species was registered, pertaining to 10 families, being the family most representative Gobiidae and Tripterygiidae; in coral heads 29 species corresponding to 16 families were registered; las familia Gobiidae and Labrisomidae were most representative, whereas in the walls, 35 species were registered corresponding to 20 families, being most representative the Gobiidae family. The dominant species in the artificial reef were *Lythrypnus dalli*, *Scorpaenodes xyris* and *Protemblemaria bicirris*. In coral heads they dominated *S. xyris*, *Elacatinus punctulatus* and *Stegaster rectifraenum*; whereas in walls the dominant ones were *L. dalli*, *Apogon pacifici* and *A. retrosella*. A similarity between the artificial reef and the walls exists considering its density, shared biomass and species. There are differences in the composition of species, density and diversity were detected when comparing natural reefs with the artificial one. An independent temporary pattern of description the communitarian ones in each type of reef is observed. On the other hand, evidence that exists interannual variation in the structure of the community of crípticos fish of the artificial reef.

## **INTRODUCCIÓN.**

Se conoce como arrecifes artificiales a aquellas estructuras construidas por el hombre y colocadas deliberadamente sobre el fondo marino, con el fin de influenciar de manera física, biológica y socioeconómica los procesos relacionados con los recursos de vida marina (Bohnsack y Sutherland, 1985; Pratt, 1994; Carr y Hixon, 1997).

En este contexto podemos decir que un arrecife artificial queda incluido dentro del concepto ecológico de arrecife propuesto por Thomson y colaboradores (2000), quienes lo definen como cualquier estructura sumergida que sirva como sustrato para el crecimiento de la vida marina, incluyendo todas las superficies rocosas, como las playas de cantos rodados, playas rocosas consolidadas y las paredes de acantilados, e incluyen también a los corales. Los procesos ecológicos producidos en los arrecifes artificiales son o pueden ser funcionalmente equivalentes a aquellos sistemas naturales bentónicos en una área determinada (Seaman, 2001).

Las comunidades de peces arrecifales son consideradas como las más complejas y variables dentro de la naturaleza, al presentar una elevada riqueza específica y alta diversidad (Sale, 1991; Ackerman y Bellwood, 2000), atributos establecidos en gran medida por características estructurales del hábitat (Aburto-Oropeza y Balart, 2001).

Por otro lado, procesos como la depredación diferencial, la competencia por sustrato o la utilización de un espacio, son considerados como la base de la estructura de este tipo de comunidades (Chandler, 1985, Potts y Hulbert, 1994; Almany, 2003). Es por ello que numerosos estudios realizados para determinar la relación entre las comunidades de peces en estructuras artificiales, consideran el tamaño y complejidad (material, forma y tamaño de espacios disponibles) de la estructura artificial (Bohnsack y Sutherland, 1985; Danner *et al.*, 1994; Grove y Wilson, 1994; Potts y Hulbert, 1994; Bohnsack *et al.*, 1994; Pickering *et al.* 1998).

El nivel de conocimiento sobre las comunidades de peces arrecifales deriva principalmente de las observaciones de peces conspicuos los cuales, por su tamaño, coloración y ubicación en el arrecife, son identificados y cuantificados a partir de censos visuales. Sin embargo, debido a la diversidad en cuanto a formas, tamaños y coloración existen dificultades con su identificación. Este problema se ve fuertemente acentuado con los peces crípticos, debido a su coloración, tamaño reducido, comportamiento y ubicación en el hábitat, por lo que generalmente son subestimados cuantitativamente y cualitativamente en censos visuales o son erróneamente identificados (Brock, 1982; Ackerman y Bellwood, 2000; Willis, 2001) .

La importancia del componente críptico en las comunidades de peces arrecifales en el Golfo de California, resulta del elevado porcentaje (62%) de especies registradas como endémicas (Thomson y Gilligan, 1983; Thomson *et al.*, 1979; Thomson *et al.*, 2000). Por otro lado, en algunos casos más del 50% del total de especies asociadas a sistemas arrecifales son de naturaleza críptica (Allen *et al.*, 1992).

A pesar de que existen diversos estudios en arrecifes artificiales, pocos son los realizados con perspectivas ecológicas y menos aún los que consideran peces distintos a los conspicuos. La finalidad del presente trabajo es proporcionar información sobre el comportamiento temporal de la estructura de comunidades de peces crípticos en un arrecife artificial con respecto a los que se encuentran en hábitats naturales, así como establecer la variabilidad interanual del arrecife artificial.

## **ANTECEDENTES.**

Los estudios en arrecifes artificiales se han ido incrementado en las últimas décadas, proporcionando información básica sobre aspectos relacionados con la pesca deportiva, buceo recreativo, acuicultura, restauración ambiental, manejo de recursos naturales y experimentación científica. La manipulación en estos sistemas artificiales ha

permitido conocer mejor los procesos ecológicos de las comunidades de peces arrecifales naturales, tales como la importancia en la disponibilidad de refugios (Caley y St. John, 1996); de las relaciones tróficas interespecíficas (Deudero, 2001); asociación de peces a estructuras artificiales referido al tamaño del arrecife (Anderson *et al.*, 1989; Bohnsack, 1994;); uso de distintos materiales en su diseño (Walkert *et al.*, 2002); rehabilitación de comunidades de peces arrecifales (Rilov y Benayahu, 2002), comparaciones de comunidades de peces en arrecifes naturales y artificiales (Abelson y Shlesinger, 2002), y establecer métodos de evaluación para arrecifes artificiales (Beets, 1989, Seaman Jr, 2001).

En cuanto a estudios realizados sobre asociaciones de comunidades de peces crípticos tenemos los desarrollados por Allen y colaboradores (1992) en zonas rocosas y Cobb (2002) en un arrecife artificial, (King Harbord). Por su parte Lindsay (2003) estudia patrones temporales en el asentamiento de peces crípticos en el arrecife. Estos trabajos fueron realizados en arrecifes templados en la Isla Santa Catalina, USA.

Referente a la utilización y selección de hábitat para peces crípticos, se encuentran los trabajos de Patzner (1999) en las costas del Mar Mediterráneo y el de Willis y Anderson (2003) en Nueva Zelanda, quienes además relacionan la densidad de los peces crípticos con la abundancia de depredadores. Con respecto a estudios sobre relaciones tróficas de este tipo de comunidades, se encuentran los desarrollados por Prochazka (1998) en Sudáfrica y Depczynki y Bellwood (2003) en Australia. Finalmente Greenfield (2003) elabora un listado taxonómico, de los peces crípticos en los arrecifes rocosos de Hawai.

En la región del Golfo de California los estudios que sobresalen con respecto a arrecifes artificiales son los desarrollados por Molles (1978), quien analizó las temporadas de asentamiento de peces en arrecifes rocosos y artificiales con respecto a la biogeografía insular en las costas de Guaymas, Sonora. Arreola (1998) incluye como un

sitio de muestreo un arrecife artificial (Pecio Salvatierra) para establecer la variación espacio-temporal de la diversidad de peces en arrecifes de la región de la Paz, mientras que Calderón (2004) realiza un estudio sobre la ictiofauna críptica asociada a tres tipos de arrecifes artificiales en el Merito, Bahía de La Paz.

En lo que se refiere al estudio de la estructura comunitaria de peces crípticos en Bahía de La Paz, se encuentran los trabajos desarrollados por Balart *et al.* (2002) y Romero (2002) en cabezas de coral, mientras que González (2003) determina la variabilidad espacio-temporal en áreas de arrecifes coralinos y rocosos.

## **JUSTIFICACIÓN.**

Con respecto a estudios en arrecifes artificiales, pocos son los que se han hecho con perspectivas ecológicas y menos aún los que consideran peces distintos a los conspicuos. Razón por la cual, en el presente trabajo también se proporciona información de la colonización y asociación de peces crípticos que permitan establecer el funcionamiento de estructuras artificiales y su relación con el comportamiento de las poblaciones naturales de peces. En este sentido, actualmente se manejan dos puntos de vista importantes; por un lado la hipótesis de atracción, que predice una redistribución de peces hacia los arrecifes artificiales, de tal manera que no se da un aumento en su producción y que solo afecta negativamente los ambientes naturales; de manera opuesta esta la hipótesis de producción, la cual predice un incremento en la producción de peces, al ofrecer nuevos hábitats disponibles para aquellos organismos que no alcanzaron un lugar en el medio natural (Carr y Hixon, 1997; Wilson *et al.*, 2001).

Existe una creciente demanda social por la conservación y adecuado manejo de zonas arrecifales en Bahía de La Paz, ya que actualmente son afectadas principalmente por dos actividades económicas. Una, el llamado “ecoturismo”, que si bien, genera beneficios económicos importantes, también ocasiona destrucciones de hábitats y por

ende la disminución en la diversidad. La otra es la presión creciente por una mayor apertura de las pesquerías sobre los llamados peces de ornato. En ambos casos se hace patente la necesidad de tener un conocimiento más profundo sobre la biología y ecología de las especies que conforman estas comunidades, que nos permitan conocer los mecanismos que regulan la distribución y abundancia a diferentes escalas del Golfo de California. Solo 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.

### **OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar el patrón temporal de la estructura comunitaria de peces crípticos asociados a un arrecife artificial y comunidades naturales adyacentes, así como la variabilidad interanual de la estructura comunitaria de peces crípticos en el arrecife artificial.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Establecer la composición taxonómica diferencial de los peces crípticos asociados a un arrecife artificial y natural (paredes rocosas y cabezas de coral) durante un ciclo anual.
  
- Desarrollar un análisis comparativo entre los atributos comunitarios (dominancia, biomasa, densidad, riqueza específica y diversidad) de los peces crípticos asociados a un arrecife artificial y natural (paredes rocosas y cabezas de coral) durante un ciclo anual.

- Analizar la similitud de estructura de tallas de las especies dominantes asociadas a los arrecifes artificiales y naturales
- Evaluar la variabilidad entre dos ciclos anuales de la estructura comunitaria de los peces crípticos asociados a un arrecife artificial entre dos ciclos anuales.

### **ÁREA DE ESTUDIO.**

Punta Diablo se encuentra localizada en la costa sureste de La Bahía de La Paz, sumergida en la última caleta protegida antes de entrar al Canal de San Lorenzo (Fig. 1). Se encuentra localizada en el paralelo 24° 09' 00" Latitud Norte y el meridiano 110° 18' 21" Longitud Oeste. En esta área el CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste) cuenta con una granja submarina dedicada al cultivo de madre perla y ostras perleras, la cual fue utilizada para establecer el arrecife artificial.

El sitio es una caleta semiprotegida de las marejadas y los fuertes vientos que se presentan en la bahía durante el otoño y el invierno. Esta área no tiene playa cercana por lo que su atractivo turístico es mínimo y la pesca ribereña se realiza alejada de la costa. La plataforma de cultivo se encuentra ubicada a aproximadamente 30 m de la costa más cercana y a 10 m de profundidad sobre un fondo arenoso de escasa pendiente.

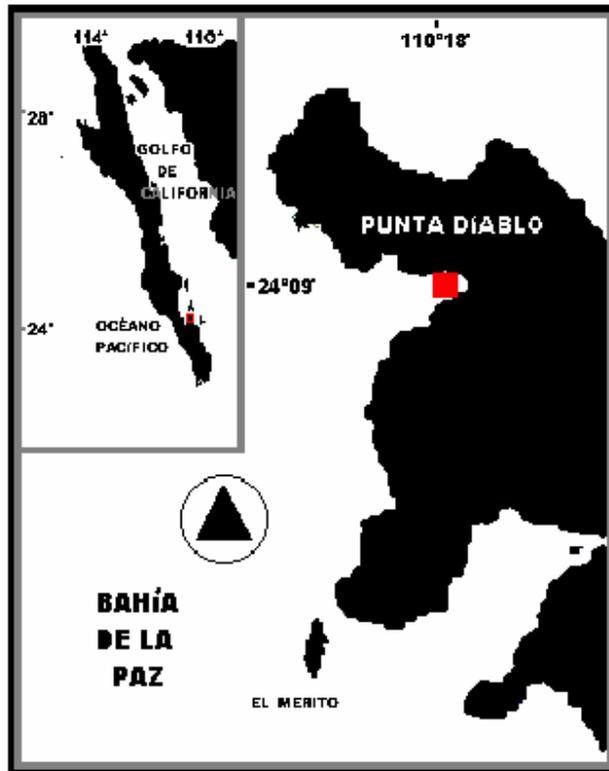
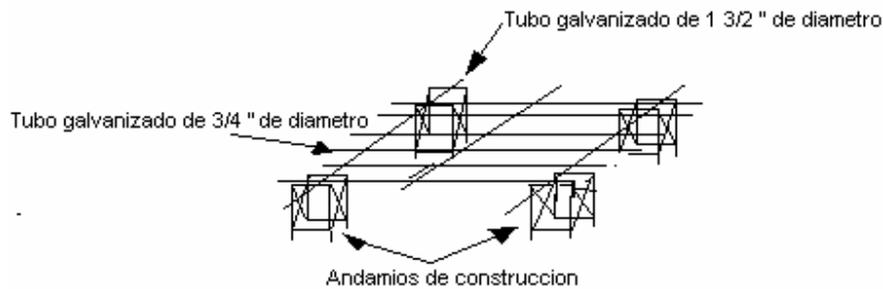


Fig. 1. Localización del área de estudio.

## METODOLOGÍA

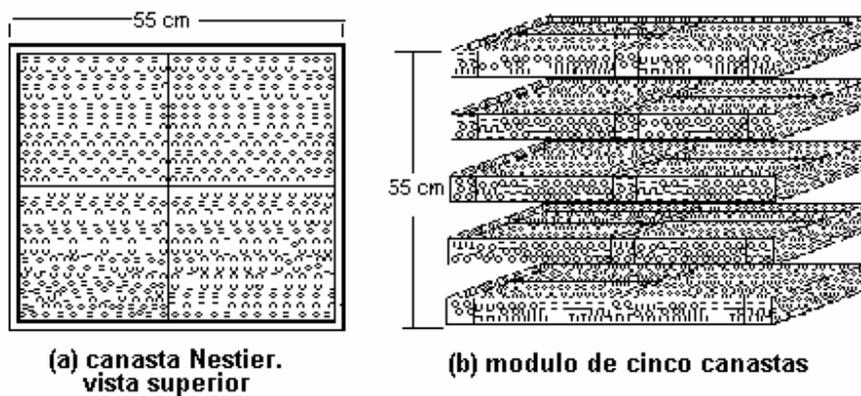
### A) ESTRUCTURA Y DISEÑO DEL ARRECIFE ARTIFICIAL.

Se utilizó la plataforma submarina del CIBNOR que es empleada para el cultivo de madre perla y ostras perleras, la cual presenta una área total de 72m<sup>2</sup>, conformada por andamios de construcción y tubos de hierro galvanizado. Los andamios constituyen la base que soporta un enrejado de tubería galvanizada de 5 tubos de 1 ½ " de 6 m de longitud, como estructuras de unión entre los andamios y soporte principal, más 5 tubos galvanizados de 3/4 " de la misma longitud, los cuales descansan sobre los anteriores y dispuestos en forma perpendicular(Fig. 2).



**Fig. 2** Estructura de la plataforma submarina.

Para el análisis del primer ciclo anual (2001-2002) se instalaron 24 módulos el 16 de febrero del 2001; cada módulo estuvo constituido por cinco cajas tipo nestier (Fig. 3). A cada módulo se colocaron conchas de madre perla y ostión para crear una heterogenidad espacial, que proporcionara un sustrato mas complejo que el que presenta simplemente las superficies plásticas. Mediante buceo SCUBA los módulos fueron “colgados” o suspendidos de los tubos, de manera que quedaran en la plataforma a una profundidad aproximada de 9 metros y a un metro del fondo.



**Fig. 3** Diseño de los módulos para el arrecife artificial.

## **B) MÉTODO DE MUESTREO.**

### *I) Arrecife artificial.*

Bimensualmente fueron extraídos cuatro módulos, iniciando el 21 de abril del 2001. Para ello se contó con ayuda de equipo de buceo autónomo y una bolsa de nylon de malla fina para cubrir completamente cada uno de los módulos, facilitando su manejo, así como evitando el posible escape de peces durante su trayecto a la superficie. Posteriormente se revisó cada caja nestier, colectando manualmente los peces, los que fueron colocados en bolsas previamente etiquetadas y conservados con alcohol etílico al 75 %.

Durante el análisis del segundo ciclo anual (2002-2003) se siguió el mismo procedimiento del primer año (2001-2002). La colocación de los 24 módulos se realizó el 15 de marzo del 2002, iniciando los muestreos bimensuales a partir del 23 de mayo del 2002.

### *II) Cabezas de coral y paredes rocosas.*

Paralelamente a las extracciones de los módulos del primer ciclo anual (2001-2002) se realizaron evaluaciones en el arrecife natural adyacente a la granja submarina en dos tipos de ambiente: cabezas de coral (1-3 m de profundidad) y paredes rocosas (a profundidades de 8–10 m).

No existe una metodología específica para la captura de peces crípticos en ambientes marinos. Aunque puede usarse sustancias íctiocidas como rotenona (Greenfield y Jhonson, 1990; Ackerman y Bellwood, 2000), que tienen el inconveniente de dañar a toda la fauna asociada, en particular, a los corales. Por ello en este trabajo se procedió a la utilización del anestésico llamado quinaldina. 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 el estudio de peces crípticos arrecifales, utilizándose una concentración de 15 ppm (Gibson, 1967). Los muestreos se realizaron

bimensualmente mediante buceo autónomo desde abril del 2001 hasta febrero del 2002, excepto en octubre que no se contó con quinaldina.

Las cabezas de coral (la mayoría de la especie *Pocillopora elegans*), se cubrieron con bolsas plásticas, que presentaban cuatro orificios en la línea basal a través de los cuales se rociaba la quinaldina al interior. La bolsa evitó la excesiva dilución del anestésico y su pérdida en la columna de agua, aumentando la eficiencia de pequeñas cantidades, al tiempo que evitaba el escape de peces durante el muestreo. Una vez que el anestésico surtió efecto en los organismos (inmóviles o de nado errático), estos se colectaron con redes manuales y se colocaron en bolsas plásticas previamente etiquetadas (fecha, número de muestra y tipo de sustrato). Otros datos que se tomaron en cuenta fueron la altura y el diámetro de la cabeza de coral para poder calcular posteriormente las densidades.

En las paredes del arrecife rocoso, la aplicación de la solución de quinaldina fue directa, ya que la utilización de las bolsas plásticas resultó poco práctico por la imposibilidad de cerrar el área. El ancho y altura del área de aplicación del anestésico fue medido con cinta métrica para calcular posteriormente la densidad de los individuos.

El número promedio de réplicas fue de cinco en cabezas de coral y de tres en paredes. Una vez en la superficie, los organismos colectados fueron fijados con alcohol etílico al 75%. Además, se tomaron datos sobre temperatura (superficial y de fondo), con ayuda de un aparato YSI-85, registrando también la profundidad (estandarizada con las tablas de marea).

En el laboratorio de Ictiología del CIBNOR, cada organismo se caracterizó taxonómicamente con ayuda de claves de identificación y libros especializados (Eschmeyer *et al.*, 1983, Allen y Robertson, 1998; Fischer *et al.*, 1995 y Thomson *et al.*, 2000). Adicionalmente se utilizó literatura específica para algunos grupos como Gobiidae (Hoese y Reader, 2001; Tassell, 2002), y Chaenopsidae (Stephens, 1963). Las

características morfométricas y merísticas necesarias para la identificación específica correcta se obtuvieron de acuerdo a los métodos establecidos por Hubbs y Langer (1947). Una vez identificados los organismos, se procedió a contarlos, medirlos (Longitud Patrón) con un vernier digital modelo CD-6" CS con precisión de  $\geq 0.02$  mm, y pesarlos en una balanza semi-analítica modelo E 400 D precisión de 0.001 g.

### **C) ANÁLISIS DE DATOS.**

#### **I) Composición y similitud específica de los arrecifes artificial y natural (cabezas de coral y paredes rocosas).**

Las especies identificadas fueron agrupadas por familias y clasificadas en tres grupos de acuerdo al número de sitios donde se registraron. De esta manera se definieron los siguientes grupos:

Especies compartidas: Todas aquellas especies registradas en los tres tipos de hábitat (artificial, paredes y coralino).

Especies semicompartidas: Todas aquellas especies que se presentaron en dos tipos de hábitats.

Especies exclusivas: Aquellas especies presentes en un solo tipo de hábitat.

#### Afinidad Ictiogeográfica:

Con la finalidad de determinar el origen zoogeográfico de las especies presentes en Punta Diablo se estableció la afinidad ictiográfica de cada una de éstas tomando como base los trabajos de Briggs (1974), Villareal *et al.* (2000) y Galván *et al.* (2000).

1. Provincia Californiana: desde Bahía Magdalena a la frontera norte del estado de California, U.S.A.
2. Provincia Mexicana: desde Bahía Magdalena o Cabo San Lucas, B.C.S. al Istmo de Tehuantepec, Oaxaca (Galván et al. 2000).
3. Provincia de Cortes: incluye todo el Golfo de California, al sur limita con Cabo San Lucas y con Mazatlán, Sinaloa al este.
4. Provincia Panámica: desde Bahía Magdalena a Perú.
5. Indopacífico: especies que son originarias de la región del Indopacífico.

Algunas provincias se entremezclan en sus límites, pero las especies solo se asignaron a un área zoogeográfica de acuerdo a la zona en el que su distribución era mayoritaria.

El índice de similitud de Morisita y el índice de Morisita simplificado (Ludwig y Reynolds, 1988; Krebs, 1999), fueron las herramientas utilizadas para conocer el grado de similitud entre los tipos de hábitat arrecifal. El primero se utilizó con la abundancia estandarizada y el segundo con la biomasa estandarizada

El índice de Morisita es utilizado para medir la similitud existente entre dos tipo de comunidades. Los valores que puede tomar varían desde 0 (no hay similitud) a aproximadamente 1 (similitud completa). El índice emplea la abundancia, ya que fue diseñado para el número de individuos y no para otras estimaciones basadas en biomasa, producción o cobertura (Ludwig y Reynolds, 1988; Krebs, 1999). Su fórmula es:

$$C_x = 2 \sum X_{ij} X_{ik} / (\lambda_1 + \lambda_2) N_j N_k$$

Donde:

$$\lambda_1 = \sum [X_{ij} (X_{ij} - 1)] / N_j (N_j - 1)$$

$$\lambda_2 = \sum [X_{ik} (X_{ik} - 1)] / N_k (N_k - 1)$$

$C_x$  = índice de similitud de Morisita entre la muestra j y k.

$X_{ij}$ ,  $X_{ik}$  = número de individuos de la especie i en la muestra j y la muestra k.

$N_j = \sum X_{ij}$  = número total de individuos en la muestra j.

$N_k = \sum X_{ik}$  = total de individuos en la muestra k.

Al igual que el índice de Morisita, el índice Morisita simplificado es utilizado para determinar la similitud entre dos comunidades (Krebs, 1999). En donde:

$$C_H = 2 \sum X_{ij} X_{ik} / [\sum X_{ij}^2 / N_j^2 + \sum X_{ik}^2 / N_k^2] N_j N_k$$

$C_H$  = índice de similitud de Morisita simplificado.

$X_{ij}$ ,  $X_{ik}$  = peso de individuos de la especie i en la muestra j y la muestra k.

$N_j = \sum X_{ij}$  = peso total de individuos en la muestra j.

$N_k = \sum X_{ik}$  = peso total de individuos en la muestra k.

### III) Análisis de los atributos comunitarios.

#### Riqueza específica

Se evaluó contando el número de especies presentes en cada uno de los hábitats arrecifales (artificial, cabezas de coral y paredes rocosas), registrando además, los cambios temporales a lo largo del primer ciclo anual, así como para el segundo ciclo anual en el arrecife artificial, con la finalidad de conocer el patrón temporal.

#### Dominancia.

El análisis de dominancia se realizó utilizando los valores de la abundancia y biomasa estandarizados a 0.5 m<sup>2</sup>. El análisis permitió clasificar las especies por orden de

dominancia en cada tipo de hábitat arrecifal. Se consideró como especie dominante a todas aquellas que presentaron un porcentaje del índice de importancia mayor al 10%.

El índice de importancia (IVI) utilizado proporciona una estimación de la importancia de las especies de la comunidad. Éste incluye en su cálculo las medidas relativas de densidad y distribución espacial (o temporal) de las especies. El índice puede tomar un valor máximo de 200 y está dado por el valor de cada especie como porcentaje del total de la abundancia o biomasa de la matriz (A%) y la frecuencia (número de muestreos, cuyo valor es mayor que cero) con respecto al total de frecuencias para todas ellas (F%). Para su cálculo se empleó el programa ANACOM 3.0 (De la Cruz- Agüero, 1994).

$$\text{IVI} = \text{A\%} + \text{F\%}$$

Densidad.

Se calculó la densidad promedio ( $N/0.5 \text{ m}^2$ ) para los tres tipos de hábitat arrecifal durante el primer ciclo anual, así como para el segundo ciclo anual en el arrecife artificial, con la finalidad de conocer el patrón temporal.

Diversidad.

La diversidad fue analizada para cada tipo de hábitat arrecifal. El análisis se realizó aplicando el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), el cual fue calculado a partir del programa computacional ANACOM versión 3.0 (De la Cruz-Agüero, 1994). Este programa emplea la siguiente fórmula en el cálculo del índice.

$$H' = -\sum_{i=1}^n (n_i / N) \ln (n_i / N)$$

En donde:

$H'$  = índice de diversidad de Shannon-Wiener.

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$ .

$N$  = número total de individuos.

Este índice fue seleccionado debido a que proporciona una buena información sobre la comunidad al considerar tanto el número de especies como la abundancia de cada una de éstas (Ludwig y Reynolds, 1988; Krebs, 1999).

### **III) Análisis Estadísticos.**

El número de especies promedio, biomasa, densidad y diversidad registradas bimensualmente en cada uno de los tipos de hábitats arrecifales (artificial, paredes rocosas y cabezas de coral) fue sometido a un análisis de varianza de una vía. El propósito fue conocer si existía alguna diferencia significativa con respecto al número de especies observadas a lo largo del primero ciclo anual (entre los tres tipos de hábitats) y el segundo ciclo anual del arrecife artificial con respecto al primero. Antes de realizar la prueba, se comprobó si los datos cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas con la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Cochran, respectivamente. Debido a que el análisis de varianza fue significativo, se aplicó la prueba a posteriori de Tukey HSD para la comparación de medias. Todos los análisis estadísticos se efectuaron utilizando el programa Statistica 6.0.

#### **IV) Estructura de tallas.**

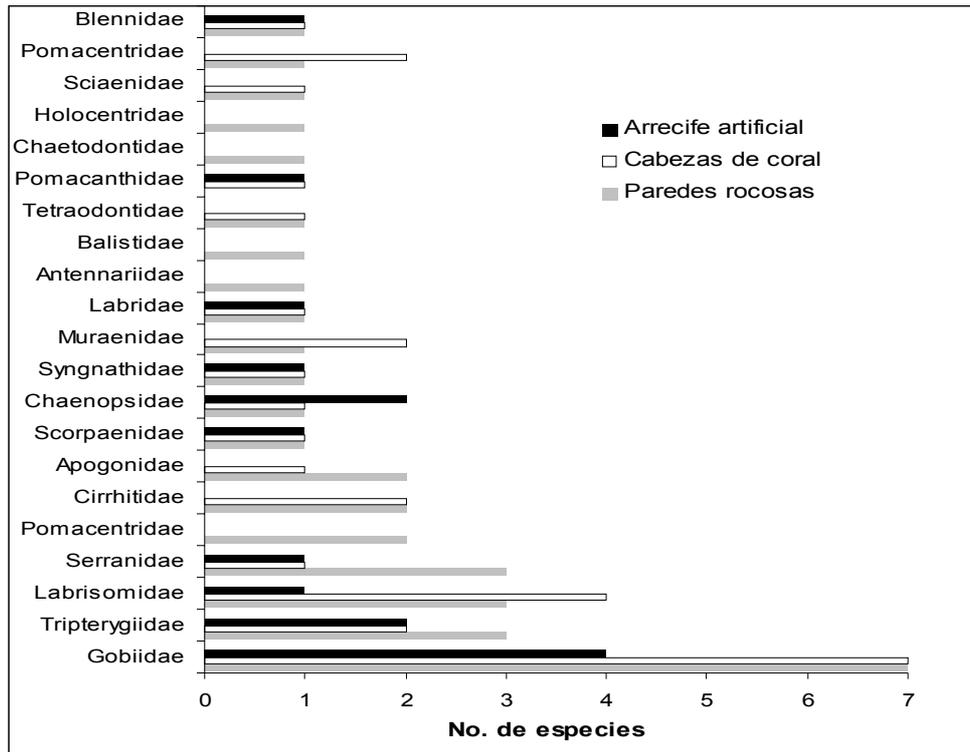
Para determinar la relación que existe entre las tallas de las especies dominantes, respecto a la complejidad de la estructura entre los tres hábitats arrecifales y entre los dos ciclos anuales en el arrecife artificial, se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. Después de conocer que no cumplían con los supuesto de normalidad y homogeneidad de varianza.

### **RESULTADOS.**

#### **A) COMPOSICIÓN ESPECÍFICA GENERAL DE LOS HÁBITATS ARTIFICIAL Y NATURAL (CABEZAS DE CORAL Y PAREDES ROCOSAS), CORRESPONDIENTE AL CICLO ANUAL 2001-2002.**

##### **I) Elenco sistemático.**

Se registraron un total de 46 especies pertenecientes a 40 géneros distribuidos en 21 familias. En el arrecife artificial se registraron un total de 17 especies, correspondientes a 10 familias, siendo la familia Gobiidae (4 especies) y Tripterygiidae (3) las más representadas. En cabezas de coral se registraron 29 especies pertenecientes a 16 familias. La familia con mayor número de especies fue Gobiidae (7), seguida por Labrisomidae (4). Por otro lado, en las paredes rocosas fue donde se registraron más especies, con 35 especies correspondientes a 20 familias, siendo las más representativas Gobiidae (7 especies), Labrisomidae (3), Tripterygiidae (3) y Serranidae (3) (Fig. 4).



**Fig. 4.** Distribución del número de especies por Familia de peces asociados a los tres tipos de hábitats arrecifales en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.

El listado taxonómico de especies registradas se presenta en el Anexo A. Se registró un total de 46 especies consideradas crípticas, midiendo la mayoría escasos centímetros y teniendo comportamientos poco llamativos aunque también se registraron peces de mayor tamaño; 17 de estas especies estuvieron presentes en el arrecife artificial; 29 en cabezas de coral y 35 en paredes rocosas (tabla I). Sin embargo, no todas las especies se presentaron en los tres tipos de hábitat, por ello las tablas II, III y IV muestra las especies exclusivas, compartidas y semicompartidas respectivamente.

Con respecto a la afinidad biogeográfica (tabla V), de las 46 especies registradas, el 67.4% tienen afinidad Pánamica (31 especies), 15.2% (7) son consideradas como endémicas del Golfo de California (Mar de Cortés), mientras que la fauna ictiológica de las provincias de California y de origen Indopacífico estuvieron representada con 3 especies cada una (6.5%) y solo dos especies representaron a la provincia Mexicana (4.3%).

**Tabla I.-** Total de especies asociadas a cada tipo de arrecife

	Especie	Arrecife artificial	Cabezas de coral	Paredes rocosas
1	<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	*	*	*
2	<i>Anarchias galapagensis</i>		*	
3	<i>Antennarius strigatus</i>			*
4	<i>Apogon pacifici</i>			*
5	<i>Apogon retrosella</i>		*	*
6	<i>Axoclinus lucillae</i>	*		*
7	<i>Axoclinus multicinctus</i>	*	*	*
8	<i>Balistes polylepis</i>			*
9	<i>Barbulifer pantherinus</i>	*		*
10	<i>Bodianus diplotaenia</i>		*	*
11	<i>Canthigaster punctatissima</i>		*	*
12	<i>Chirolepis zebra</i>			*
13	<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>		*	*
14	<i>Coryphopterus urospilus</i>		*	*
15	<i>Crocodilichthys gracilis</i>	*	*	*
16	<i>Chromis atrilobata</i>			*
17	<i>Chromis limbaughi</i>			*
18	<i>Doryrhamphus excisus</i>	*	*	*
19	<i>Elacatinus puncticulatus</i>	*	*	*
20	<i>Elacatinus digueti</i>	*	*	*
21	<i>Epinephelus analogus</i>			*
22	<i>Exerpes asper</i>		*	
23	<i>Gobiosoma chiquita</i>		*	
24	<i>Gobulus hancocki</i>		*	
25	<i>Gymnothorax panamensis</i>		*	
26	<i>Holocanthus passer</i>		*	*
27	<i>Hypsoblennius gentilis</i>	*	*	*
28	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>			*
29	<i>Lythrypnus dalli</i>	*	*	*
30	<i>Lythrypnus pulchellus</i>		*	*
31	<i>Malacoctenus zaca</i>		*	
32	<i>Muraena lentiginosa</i>			*
33	<i>Myripristis leiognathus</i>			*
34	<i>Oxycirrhites typus</i>		*	*
35	<i>Paraclinus sini</i>	*	*	*
36	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	*		
37	<i>Paralabrax auroguttatus</i>	*		
38	<i>Paranthias colonus</i>			*
39	<i>Pareques viola</i>		*	
40	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	*		
41	<i>Protoblemaria bicirris</i>	*	*	*
42	<i>Pseudogramma thaumasium</i>	*		
43	<i>Scorpaenodes xyris</i>	*	*	*
44	<i>Serranus psittacinus</i>		*	*
45	<i>Stegastes rectifraenum</i>		*	*
46	<i>Thalassoma lucasanum</i>		*	*

**Tabla II.-** especies exclusivas en cada tipo de hábitat arrecifal, tanto artificial, cabezas de coral y paredes rocosas.

<b>Arrecife artificial</b>	<b>Especies exclusivas Cabezas de coral</b>	<b>Paredes rocosas</b>
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	<i>Anarchias galapagensis</i>	<i>Antennarius strigatus</i>
<i>Paralabrax auroguttatus</i>	<i>Exerpes asper</i>	<i>Apogon pacifici</i>
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	<i>Gobiosoma chiquita</i>	<i>Balistes polylepis</i>
<i>Pseudogramma thaumasium</i>	<i>Gobulos hancocki</i>	<i>Chirolepis zebra</i>
	<i>Gymnothorax panamensis</i>	<i>Chromis atrilobata</i>
	<i>Pareques viola</i>	<i>Chromis limbaughi</i>
		<i>Epinephelus analogus</i>
		<i>Muraena lentiginosa</i>
		<i>Myripristis leiognathus</i>
		<i>Paranthias colonus</i>

**Tabla III.-** especies compartidas en los tres tipos de hábitat arrecifal (artificial, cabezas de coral y paredes rocosas).

<b>Especies compartidas</b>	
<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	<i>Hypsoblennius gentilis</i>
<i>Axoclinus multicolor</i>	<i>Lythrypnus dalli</i>
<i>Crocodilichthys gracilis</i>	<i>Paraclinus sini</i>
<i>Doryrhamphus excisus</i>	<i>Protemblemaria bicirris</i>
<i>Elacatinus punctulatus</i>	<i>Scorpaenodes xyris</i>
<i>Elacatinus digueti</i>	

**Tabla IV.-** especies semicompartidas entre cada uno de los tipos de hábitat arrecifal.

<b>Especies semicompartidas</b>	
<b>Arrecife artificial - paredes rocosas</b>	<b>paredes – corales</b>
<i>Axoclinus lucillae</i>	<i>Apogon retrosella</i>
<i>Barbulifer pantherinus</i>	<i>Bodianus diplotaenia</i>
	<i>Canthigaster punctatissima</i>
	<i>Cirrhichtys oxycephalus</i>
	<i>Coryphopterus urospilus</i>
	<i>Holocanthus passer</i>
	<i>Lythrypnus pulchellus</i>
	<i>Oxycirrhites typus</i>
	<i>Serranus psittacinus</i>
	<i>Stegastes rectifraenum</i>
	<i>Thalassoma lucasanum</i>

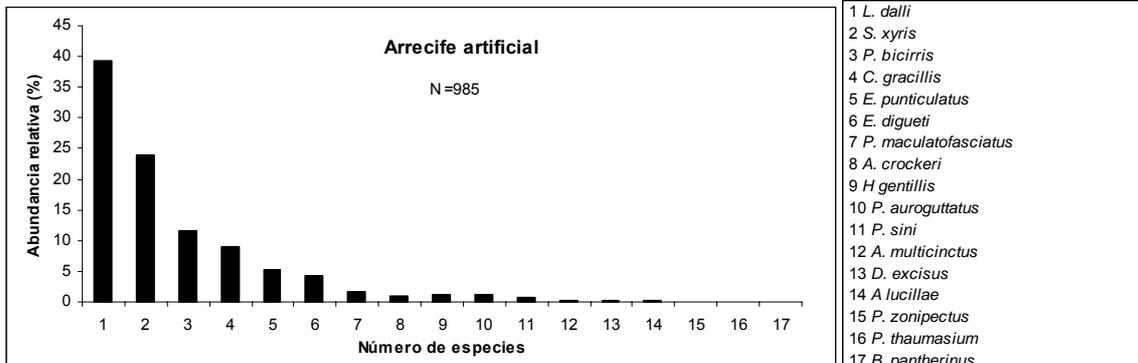
**Tabla V.-** Lista de la afinidad biogeográfica (según Briggs, 1974; Villareal *et al.*, 2000; Galván *et al.*, 2000; Robert y Allen, 2001) de las especies crípticas registradas en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S. Se adjunta entre paréntesis el número de especies por afinidad y el porcentaje total que representa.

<p><b>Provincia Panámica</b> <b>(31 spp., 67.39%)</b></p> <hr/> <p><i>Anarchias galapagensis</i> <i>Antennarius strigatus</i> <i>Apogon pacifici</i> <i>Axoclinus lucillar</i> <i>Axoclinus multicinctus</i> <i>Balistes polylepis</i> <i>Bodianus diplotaenia</i> <i>Canthigaster punctatissima</i> <i>Coryphopterus urospilus</i> <i>Chromis atrilobata</i> <i>Elacatinus puncticulatus</i> <i>Elacatinus digueti</i> <i>Epinephelus analogus</i> <i>Gobulos hancocki</i> <i>Gymnothorax panamensis</i> <i>Holocanthus passer</i> <i>Johnrandallia nigrirostris</i> <i>Lythrypnus dalli</i> <i>Lythrypnus pulchellus</i> <i>Malacoctenus zacaе</i> <i>Muraena lentiginosa</i> <i>Myripristis leiognathus</i> <i>Paraclinus sini</i> <i>Paranthias colonus</i> <i>Pareques viola</i> <i>Pomacanthus zonipectus</i> <i>Protemblemaria bicirris</i> <i>Pseudogramma thaumasium</i> <i>Scorpaenodes xyris</i> <i>Serranus psittacinus</i> <i>Thalassoma lucasanum</i></p>	<p><b>Provincia Mar de Cortés</b> <b>(8 spp., 15.21%)</b></p> <hr/> <p><i>Acanthemblemaria crockeri</i> <i>Barbulifer pantherinus</i> <i>Chirolepis zebra</i> <i>Crocodilichthys gracilis</i> <i>Chromis limbaughi</i> <i>Exerpes asper</i> <i>Gobiosoma chiquita</i></p> <p><b>Origen Indopacífico</b> <b>(3 spp., 6.52%)</b></p> <hr/> <p><i>Cirrhitichthys oxycephalus</i> <i>Doryrhamphus excisus</i> <i>Oxycirrhites typus</i></p> <p><b>Provincia Californiana</b> <b>(3 spp., 6.52%)</b></p> <hr/> <p><i>Hypsoblennius gentilis</i> <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> <i>Paralabrax auroguttatus</i></p> <p><b>Provincia Mexicana</b> <b>(2 spp., 4.34%)</b></p> <hr/> <p><i>Apogon retrosella</i> <i>Stegastes rectifraenum</i></p>
---	---

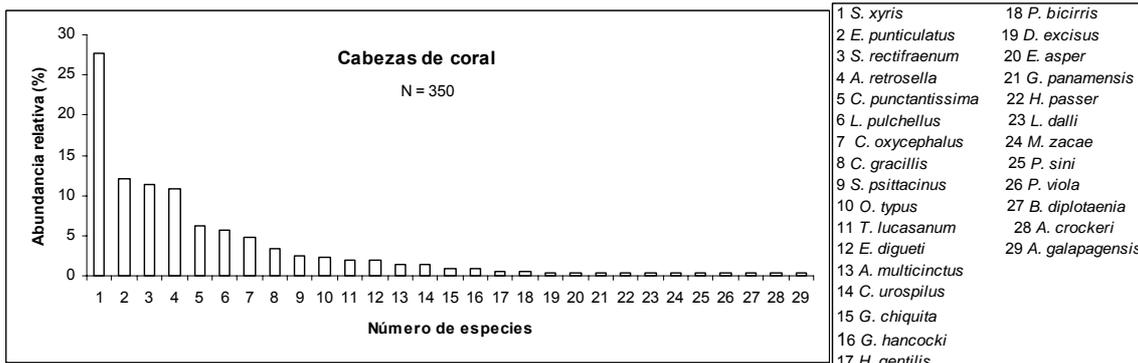
#### Abundancia

Al cuantificar el número de organismos colectados por especie en cada uno de los arrecifes, tenemos un total de 985 organismos para el arrecife artificial siendo las especies mas abundantes *Lythrypnus dalli* y *Scorpaenodes xyris* con el 39.3 % y 29% de los organismos respectivamente (Fig. 5). En cabezas de coral se colectaron 350 organismos, de los cuales el 27.7% correspondieron a *S. xyris* (Fig. 6) Por otro lado las

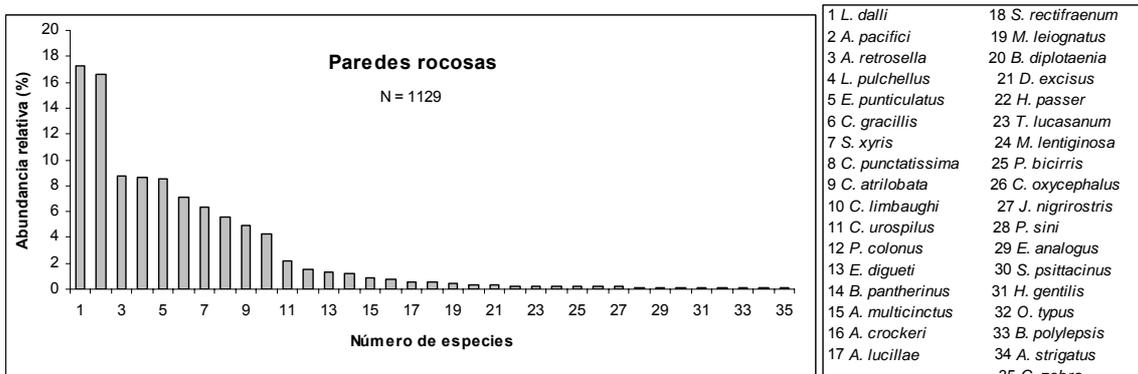
especies más abundantes en paredes rocosas fueron *Lythrypnus dalli* con 17.3% y *Apogon pacifici* con 16.6% de un total de 1129 organismos (Fig. 7).



**Fig. 5.-** Abundancia relativa entre las especies registradas en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.



**Fig. 6.-** Abundancia relativa entre las especies registradas en cabezas de coral, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.



**Fig. 7.-** Abundancia relativa entre las especies registradas en paredes rocosas, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.

## II) Similitud de los hábitats arrecifales (artificial, cabezas de coral y paredes rocosas).

El índice de Morisita determinó que el mayor grado de similitud de la densidad, lo presentó el arrecife artificial y las paredes rocosas, con un valor de 0.5689. En contraste, el arrecife artificial y cabezas de coral fueron los más disimilares con un valor de 0.4302 (Tabla VI).

**Tabla VI.-** Matriz del coeficiente de similitud de Morisita para los tres tipos de arrecife.

<b>Tipo</b>	<b>Artificial</b>	<b>Paredes rocosas</b>	<b>Cabezas de coral</b>
<b>Artificial</b>	<b>1</b>	<b>0.5689</b>	<b>0.4302</b>
<b>Paredes rocosas</b>		<b>1</b>	<b>0.4492</b>
<b>Cabezas de coral</b>			<b>1</b>

La similitud para biomasa a partir del índice de Morisita simplificado mostró que los grados de similitud son mínimos para los tres tipos de hábitats arrecifales, al presentar valores entre el arrecife artificial y paredes rocosas de 0.0897; entre el arrecife artificial y cabezas de coral de 0.1789. Mientras que entre los hábitats naturales el valor de similitud fue de 0.3166 (Tabla VII)

**Tabla VII.-** Matriz del coeficiente de similitud de Morisita simplificado para los tres tipos de arrecife.

<b>Tipo</b>	<b>Artificial</b>	<b>Paredes rocosas</b>	<b>Cabezas de coral</b>
<b>Artificial</b>	<b>1</b>	<b>0.0897</b>	<b>0.1789</b>
<b>Paredes rocosas</b>		<b>1</b>	<b>0.3166</b>
<b>Cabezas de coral</b>			<b>1</b>

**B) COMPARACIÓN DE LOS ATRIBUTOS COMUNITARIOS EN LOS HÁBITATS ARTIFICIAL Y NATURAL (CABEZAS DE CORAL Y PAREDES ROCOSAS), CORRESPONDIENTE AL CICLO ANUAL 2001-2002.**

**I) Análisis de dominancia.**

El análisis de dominancia de las especies en cada uno de los hábitats por arrecife, reveló que las especies dominantes en el arrecife artificial, de acuerdo al valor del I.V.I. fueron *Lythrypnus dalli* con 49.12%, *Scorpaenodes xyris* (33.69%), *Protemblemaria bicirris* (19.77%), *Crocodilichtys gracillis* (18.77%), *Elacatinus punctulatus* (13.37%), *Hypsoblennius gentiles* (11.05%) y *Elacatinus digueti* (10.92%) (Tabla VIII). En cabezas de coral las especies dominantes fueron *S. xyris* (35.65%), *E. punctulatus* (19.93%), *Stegastes rectifraenum* (19.36%), *Apogon retrosella* (18.79%), *Canthigaster punctantissima* (14.22) y *Cirrhichtys oxycephalus* (12.79) (Tabla VIII). Mientras que en paredes rocosas los valores de mayor dominancia los presentaron *L. dalli* (22.59%), *Apogon pacifici* (18.69%), *A. retrosella* (14.08%), *Lythrypnus pulchellus* (13.99%), *E. punctulatus* (13.82%), *C. gracillis* (12.40%), *C. punctantissima* (10.89%) y *S. xyris* (10.54%) (Tabla VIII).

**Tabla VIII.-** Valores en porcentajes del I.V.I. de acuerdo con la abundancia y frecuencia de especies en los tres tipos de hábitat arrecifales, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S. (\* especies con mayor abundancia).

<b>Especie</b>	<b>Arrecife artificial</b>	<b>Cabezas de coral</b>	<b>Paredes rocosas</b>
<i>Lythrypnus dalli</i>	49.125 *	1.873	22.591 *
<i>Scorpaenodes xyris</i>	33.694 *	35.651 *	10.544 *
<i>Protemblemaria bicirris</i>	19.770 *	3.746	2.305
<i>Crocodilichthys gracilis</i>	18.770 *	9.778	12.405 *
<i>Elacatinus punctulatus</i>	13.374 *	19.937 *	13.822 *
<i>Hypsoblennius gentilis</i>	11.054 *	3.746	1.152
<i>Elacatinus digueti</i>	10.923 *	5.175	5.584
<i>Stegastes rectifraenum</i>	-	19.365 *	2.659
<i>Apogon retrosella</i>	-	18.794 *	14.088 *
<i>Apogon pacifici</i>	-	-	18.691 *
<i>Canthigaster punctatissima</i>	-	14.222 *	10.899 *
<i>Lythrypnus pulchellus</i>	-	8.889	13.999 *
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	-	12.794 *	2.305
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	9.923	-	-
<i>Paralabrax auroguttatus</i>	9.313	-	-
<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	7.573	1.873	3.989
<i>Paraclinus sini</i>	5.629	1.873	1.152
<i>Axoclinus multicinctus</i>	1.944	3.016	4.077
<i>Axoclinus lucillae</i>	1.842	-	2.659
<i>Doryrhamphus excisus</i>	1.842	1.873	4.61
<i>Pomacantus zonipectus</i>	1.741	-	-
<i>Pseudogramma thaumasium</i>	1.741	-	-
<i>Barbulifer pantherinus</i>	1.741	-	5.407
<i>Coryphopterus urospilus</i>	-	4.603	6.470
<i>Thalassoma lucasanum</i>	-	5.175	1.330
<i>Oxycirrhites typus</i>	-	5.460	1.152
<i>Serranus psittacinus</i>	-	4.159	1.152
<i>Bodianus diplotaenia</i>	-	2.482	2.482
<i>Holocanthus passer</i>	-	1.873	2.393
<i>Gobiosoma chiquita</i>	-	2.444	-
<i>Gobulus hancocki</i>	-	2.444	-
<i>Anarchias galapagensis</i>	-	1.873	-
<i>Exerpes asper</i>	-	1.873	-
<i>Gymnothorax panamensis</i>	-	1.873	-
<i>Malacoctenus zacaе</i>	-	1.873	-
<i>Pareques viola</i>	-	1.873	-
<i>Chromis atrilobata</i>	-	-	9.215
<i>Chromis limbaughi</i>	-	-	7.443
<i>Paranthias colonus</i>	-	-	5.761
<i>Muraena lentiginosa</i>	-	-	2.305
<i>Myripristis leiognathus</i>	-	-	1.507
<i>Johnrandallia nigrirrostris</i>	-	-	1.241
<i>Antennarius strigatus</i>	-	-	1.152
<i>Balistes polylepsis</i>	-	-	1.152
<i>Chirolepis zebra</i>	-	-	1.152
<i>Epinephelus analogus</i>	-	-	1.152

## II) Análisis de la densidad.

Para conocer si había diferencias significativas en las densidades estandarizadas ( $\text{ind./0.5m}^2$ ) entre los tres tipos de hábitats, se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía (Tabla IX). La ANOVA reveló que si existe diferencias significativas ( $P = 0.0015$ ); por lo que se procedió a realizar una prueba a posteriori de Tukey HSD (Tabla X). El análisis determinó que existen diferencias significativas entre el arrecife artificial con respecto a los arrecifes naturales, mas no hay diferencias significativas entre las cabezas de coral y las paredes rocosas.

El arrecife artificial registró los valores de mayor densidad promedio de  $41.0 \pm 12.3 \text{ ind./0.05m}^2$ , mientras que las paredes rocosas presentaron una densidad de  $9.6 \pm 5.3 \text{ ind./0.05m}^2$  y en las cabezas de coral se registró una densidad promedio de  $13.0 \pm 7.7 \text{ ind./0.5m}^2$  (Fig. 8).

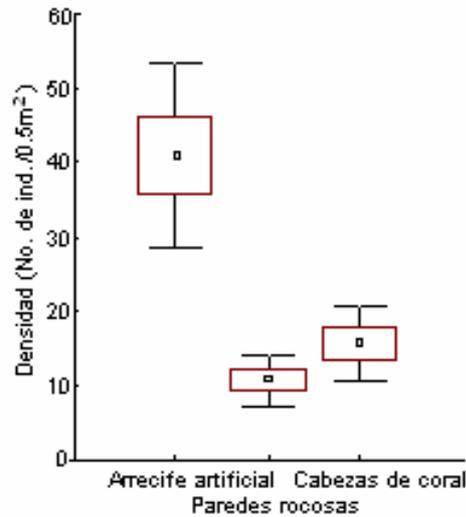
Para el arrecife artificial se registró una densidad inicial de  $37.3 \text{ ind./0.5m}^2$  durante el mes de abril, la cual se fue incrementando hasta agosto ( $42.2 \text{ ind./0.5m}^2$ ) y decreciendo en diciembre ( $25.5 \text{ ind./0.5m}^2$ ) para que posteriormente se incrementara en febrero, con una densidad promedio de  $63 \text{ ind./0.5m}^2$  (Fig. 9). En cabezas de coral se registró una densidad inicial de  $15.1 \text{ ind./0.5m}^2$  para el mes abril, aumentando en junio ( $21.7 \text{ ind./0.5m}^2$ ); posteriormente hubo un decremento de agosto a febrero, siendo este último mes el de menor densidad promedio con  $9 \text{ ind./0.5m}^2$  (Fig. 9). Por otro lado, la densidad inicial registrada para paredes rocosas en abril fue de  $13.6 \text{ ind./0.5m}^2$ , decreciendo hasta agosto ( $7 \text{ ind./0.5m}^2$ ) e incrementandose durante los meses de diciembre ( $13.1 \text{ ind./0.5m}^2$ ) y febrero ( $13 \text{ ind./0.5m}^2$ )(Fig. 9)

**Tabla IX.**- Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de las densidades estandarizadas ( $\text{ind./0.5m}^2$ ) entre los tres tipos hábitats arrecifales.

<b>Factor</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Densidad</b>	2	1360.178	16.217	<b>0.0015</b>

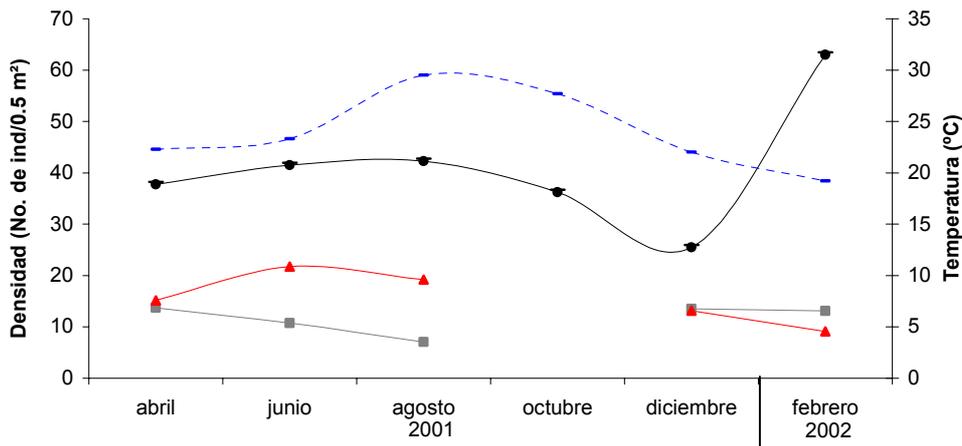
**Tabla X.-** Resultados de la prueba de Tukey HSD sobre densidad ( $p < .05000$ ) entre los tres tipos de hábitats arrecifales.

Tipo	Arrecife artificial	Cabezas de coral	Paredes rocosas
Arrecife artificial		0.0019	0.0047
Cabezas de coral	0.0019		0.7706
Paredes rocosas	0.0047	0.7706	



**Fig. 8.-** Valores promedio de densidades estandarizadas (ind/0.5 m<sup>2</sup>) de los tres hábitats arrecifales.

▣ Media; □ Media ± Error Std; ▮ Media ± Desv Std.



**Fig. 9.-** Densidades promedio en los tres tipos de arrecife a lo largo del primer ciclo anual (2001–2002) en Punta diablo, Bahía de La Paz, B.C.S. —●— Artificial —■— Pared —▲— Coral —--- Temp. (°C)

### III) Análisis de biomasa.

Para conocer si hay diferencias significativas en los valores de biomasa global a lo largo del primer ciclo anual entre los tres tipos de hábitats, se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía (Tabla XI). La ANOVA reveló que no existe diferencias significativas ( $P = 0.7712$ ) entre los arrecifes.

Los valores promedio de mayor biomasa los presentó el arrecife artificial con  $25.5 \pm 13.3$  gr/0.5m<sup>2</sup>, mientras que paredes rocosas registraron una biomasa promedio de  $23.2 \pm 15.9$  gr/0.5m<sup>2</sup>, y en las cabezas de coral se presentó una biomasa promedio de  $24 \pm 19.1$  gr/0.5m<sup>2</sup> (Fig. 10)

Para el arrecife artificial se registró una biomasa inicial de 7gr/0.5m<sup>2</sup> durante el mes de abril, cifra que fue incrementando hasta el mes de agosto (40.9 gr/0.5m<sup>2</sup>), disminuyendo en diciembre (15.7 gr/0.5m<sup>2</sup>) y finalmente incrementándose en febrero (34.3 gr/0.5m<sup>2</sup>) (Fig. 11). Con respecto a cabezas de coral y paredes rocosas presentaron pulsos muy similar a lo largo del tiempo, siendo el mes de junio el de mayor biomasa con 47.23 gr/0.5m<sup>2</sup> para cabezas de coral y 45.88 gr/0.5m<sup>2</sup> en paredes rocosas. El mes con menor biomasa fue agosto con 15.97 gr/0.5m<sup>2</sup> para cabezas de coral y 12.42 gr/0.5m<sup>2</sup> en paredes rocosas. Posteriormente se observa que hay un incremento para los meses de diciembre y febrero, registrando este último valores de 47.31 gr/0.5m<sup>2</sup> en cabezas de coral y 32.77 gr/0.5m<sup>2</sup> para paredes rocosas (Fig. 11).

**Tabla XI.**- Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de biomasa (gr/0.55m<sup>2</sup>) entre los tres tipos de arrecife.

<b>Factor</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Biomasa</b>	2	40.55	0.2683	0.7712

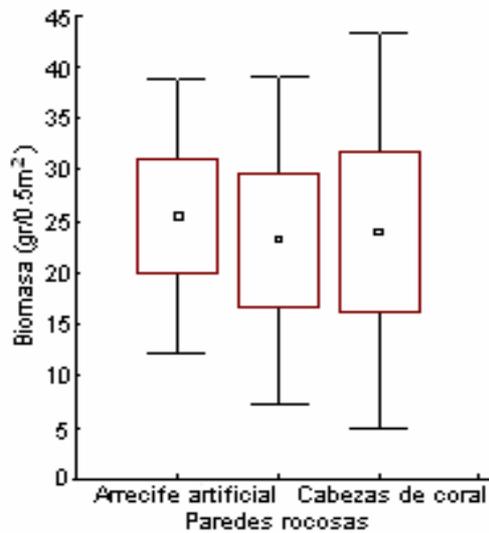


Fig. 10.- Valores promedio de biomasa de los tres habitats arrecifales.  
 ■ Media; □ Media ± Error Std; ▭ Media ± Desv Std.

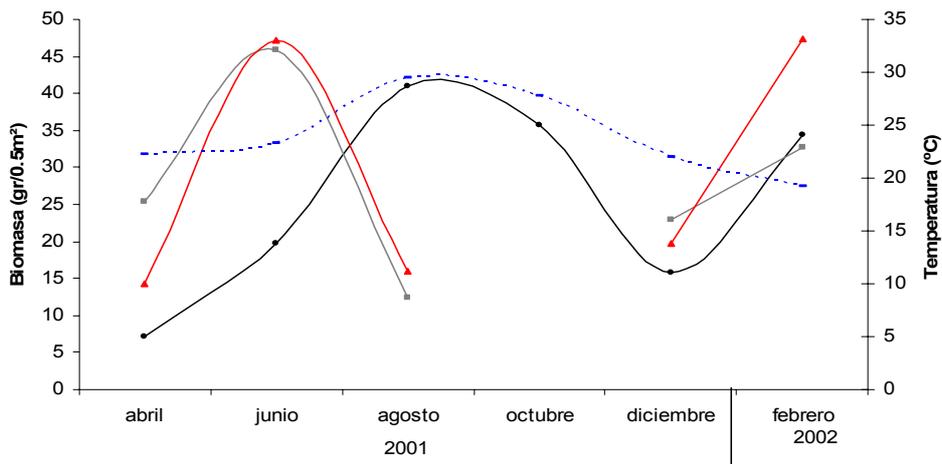


Fig. 11.- Biomasa en los tres tipos de arrecife a lo largo del primer ciclo anual (2001–2002) en Punta diablo, Bahía de La Paz, B.C.S. —●— Artificial —■— Pared —▲— Coral - - - Temp. (°C)

#### IV) Análisis de la riqueza específica.

Para conocer si había diferencias significativas con respecto a la riqueza específica global entre los tres tipos hábitats arrecifales, se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía (Tabla XII). La ANOVA reveló que si existe diferencias significativas ( $P = 0.0019$ ); por lo que se procedió a realizar una prueba a posteriori de

Tukey HSD (Tabla XIII). El análisis determinó que existen diferencias significativas entre las paredes rocosas, con respecto al arrecife artificial y cabezas de coral (Tabla XIII).

La mayor riqueza promedio global la presento las paredes rocosas con  $15.6 \pm 8.6$  especies, mientras que en las cabezas de coral se registró una riqueza promedio de  $10 \pm 5.6$  especies y en el arrecife artificial se registró una riqueza promedio de  $10.1 \pm 2.4$  especies (Fig. 12).

El arrecife artificial presentó una riqueza inicial de 6 especies, que se incrementó hasta con 13 especies en el mes de octubre, disminuyendo ligeramente en los meses de diciembre y febrero (10 especies) (Fig. 13). En cabezas de coral se registró una riqueza inicial de 15 especies, la cual disminuyó en junio (9), aunque posteriormente fue incrementando a lo largo del tiempo, finalizando con 14 especies en el mes de febrero (Fig. 13). Las paredes rocosas registraron durante abril una riqueza de 21 especies, disminuyendo en agosto con 11 especies y aumentando nuevamente en diciembre y febrero con 20 y 21 especies respectivamente (Fig. 13).

**Tabla XII.-** Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de riqueza específica entre los tres tipos de arrecife.

<b>Factor</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Riqueza específica</b>	2	105.458	10.478	<b>0.0019</b>

**Tabla XIII-** Resultados de la prueba de Tukey HSD de la riqueza específica ( $p < .05000$ ) entre los tres tipos de arrecife.

<b>Tipo</b>	<b>Arrecife artificial</b>	<b>Cabezas de coral</b>	<b>Paredes rocosas</b>
<b>Arrecife artificial</b>		<b>0.4375</b>	<b>0.00175</b>
<b>Cabezas de coral</b>	<b>0.4375</b>		<b>0.0219</b>
<b>Paredes rocosas</b>	<b>0.0017</b>	<b>0.0219</b>	

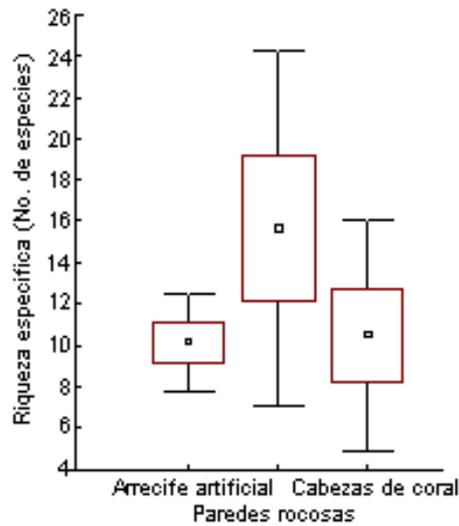


Fig. 12.- Valores promedio de riqueza específica en los tres hábitats arrecifales.  
 ■ Media; □ Media ± Error Std; ▭ Media ± Desv Std.

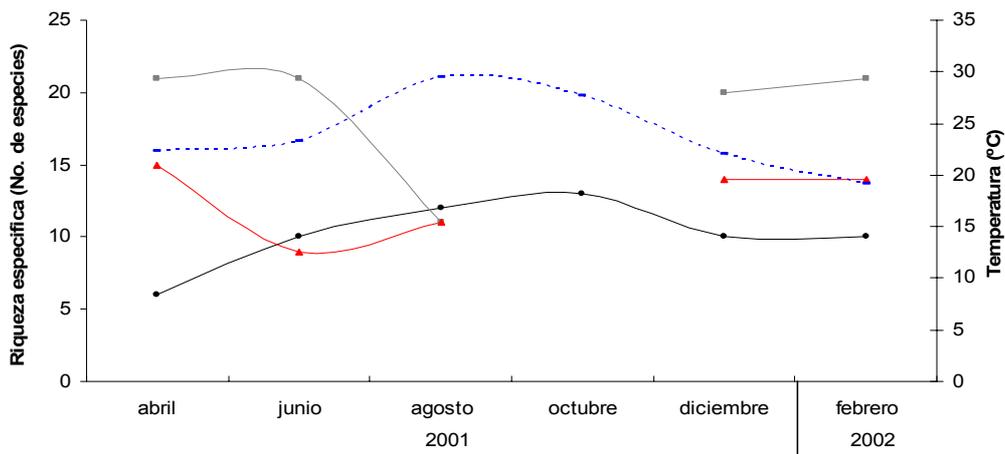


Fig. 13.- Variación temporal de la riqueza específica en los tres tipos de arrecife a lo largo del primer ciclo anual (2001–2002) en Punta diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.  
 —●— Artificial —■— Pared —▲— Coral - - - - Temp. (°C)

## V) Análisis de diversidad.

Para conocer si hubo diferencias significativas en la diversidad entre los tres tipos de hábitat se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía (Tabla XIV). Este análisis reveló que si existen diferencias significativas ( $P = 0.0066$ ); por lo que se procedió a realizar una prueba a posteriori de Tukey HSD (Tabla XV). El análisis determinó que

existen diferencias significativas entre el arrecife artificial con respecto a cabezas de coral y paredes rocosas, pero no hay diferencias significativas entre los hábitats del arrecife natural.

El valor promedio de diversidad más alto se registró en paredes rocosas con  $2.65 \pm 1.31$  bits/ind., mientras que en cabezas de coral se registró un valor de  $2.5 \pm 1.2$  bits/ind. y en el arrecife artificial se registró un valor de diversidad promedio de  $2.3 \pm 0.5$  bits/ind. (Fig. 14).

En el arrecife artificial se registró un valor de diversidad inicial de 1.6 bits/ind. (abril), posteriormente fue incrementando hasta alcanzar la diversidad máxima durante el mes de diciembre (2.8 bits/ind.) finalizando en febrero con un valor de diversidad de 2.2 bits/ind. (Fig. 15). Los valores de diversidad para cabezas de coral fluctuaron entre 3.3 bits/ind. en abril y 3.0 bits/ind en febrero, presentando la menor diversidad durante agosto (2.4 bits/ind.). Los valores de diversidad en paredes rocosas oscilaron entre 3.1 bits/ind en abril y 3.96 bits/ind. en febrero, siendo agosto el mes con menor diversidad registrada (2.8 bits/ind.) (Fig. 15).

**Tabla XIV.-** Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de la diversidad ( $H'$ ) entre los tres tipos de arrecife.

<b>Factor</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Diversidad (<math>H'</math>)</b>	2	1.181	7.54	<b>0.0066</b>

**Tabla XV.-** Resultados de la prueba de Tukey HSD de la diversidad ( $p < .05000$ ) entre los tres tipos de habitat arrecifal en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S., México.

<b>Tipo</b>	<b>Artificial.</b>	<b>Cabezas de coral</b>	<b>Paredes rocosas</b>
<b>Artificial.</b>		<b>0.0301</b>	<b>0.0084</b>
<b>Cabezas de coral</b>	<b>0.0301</b>		<b>0.7903</b>
<b>Paredes rocosas</b>	<b>0.0084</b>	<b>0.7903</b>	

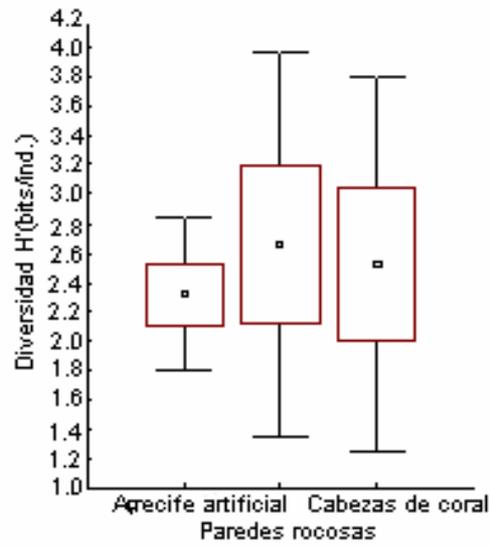


Fig. 14.- Valores promedio diversidad ( $H'$ ) en los tres hábitats arrecifales.  
 ■ Media; □ Media  $\pm$  Error Std; ▭ Media  $\pm$  Desv Std.

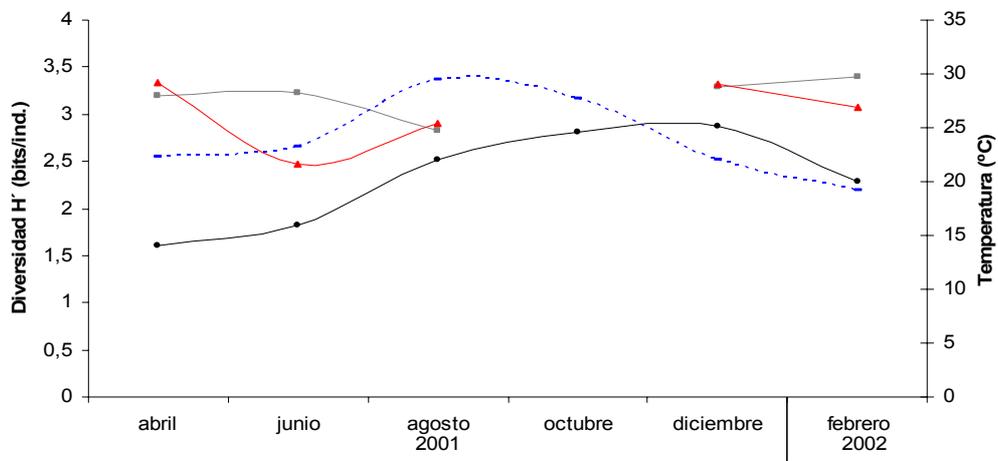


Fig. 15.- Diversidad ( $H'$ ) de los tres tipos de arrecife a lo largo del primer ciclo anual (2001–2002) en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.  
 —●— Artificial —■— Pared —▲— Coral - - - - Temp. (°C)

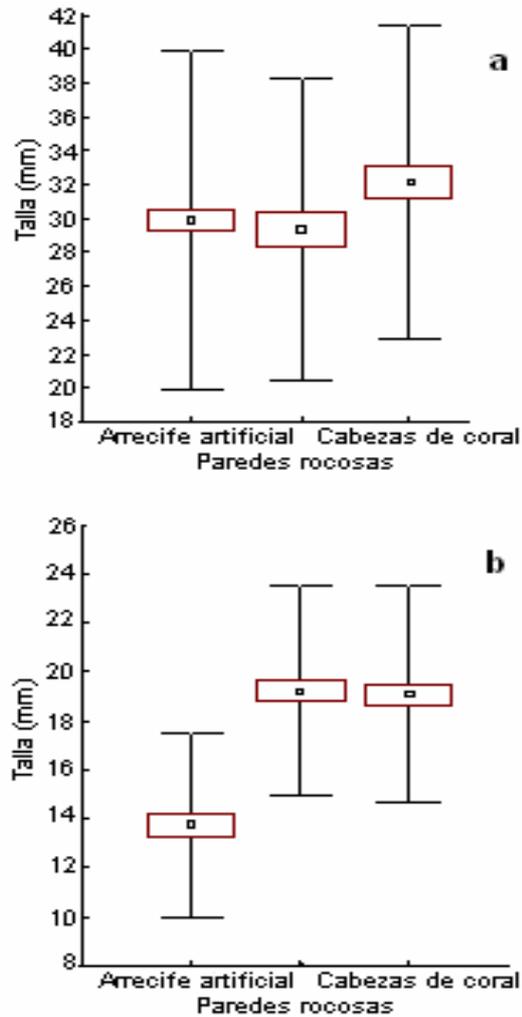
**C) ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE TALLAS DE LAS ESPECIES DOMINANTES, EN LOS TRES HÁBITATS ARRECIFALES, CORRESPONDIENTES AL CICLO ANUAL 2001-2002.**

**I) Comparación global de las tallas medias entre los tres hábitats arrecifales.**

De manera general las especies dominantes que estuvieron presentes en los tres hábitats arrecifales fueron *Scorpaenodes xyris* y *Elacatinus punctulatus*. Con el fin de determinar si había diferencias en la estructura de tallas con respecto al tipo de hábitat, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis. La prueba reveló que *E. punctulatus* presentó diferencias significativas ( $P = 0.0000$ ) respecto al arreglo de sus tallas medias entre los tres tipos de hábitats arrecifales (Tabla XVI), mientras que *S. xyris*, no presentó diferencias significativas ( $P = 0.1042$ ) (Tabla XVI). De manera global la talla promedio de *S. xyris* en el arrecife artificial fue de  $28.8 \pm 1$ mm, en cabezas de coral de  $29.3 \pm 8.9$ mm y en paredes rocosas de  $32.1 \pm 9.2$ mm (Fig. 16a), mientras que *E. punctulatus* presentó una talla promedio de  $13.7 \pm 3.7$ mm en el arrecife artificial,  $19.2 \pm 4.2$ mm en cabezas de coral y  $19 \pm 4.4$ mm para paredes rocosas (Fig. 16b).

**Tabla XVI.** Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para probarla diferencias de tallas de las especies dominantes con respecto al tipo de hábitat, durante el primer ciclo anual 2001-2002

Especie	factores	alfa	df	H	p
<i>Scorpaenodes xyris</i>	talla/hábitat	0.05	2	4.52	0.1042
<i>Elacatinus punctulatus</i>	talla/hábitat	0.05	2	62.01	0.0000



**Fig.16.-** Valores promedio de las tallas de **a)** *Scorpaenodes xyris* y **b)** *Elacatinus puncticulatus* entre los tres tipos de hábitats arrecifales, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S., México.

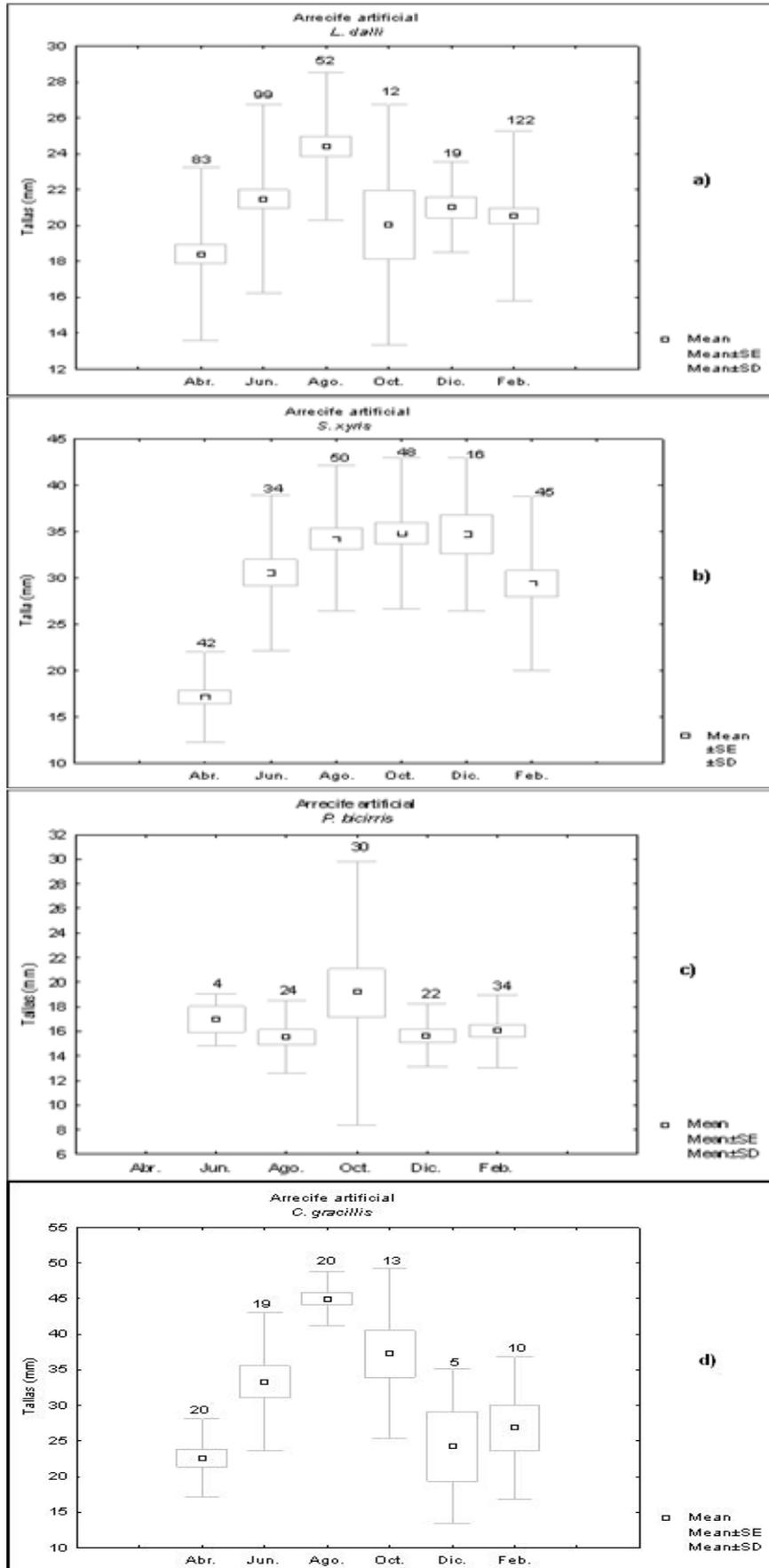
▪ Media; □ Media ± Error Std; ┆ Media ± Desv Std.

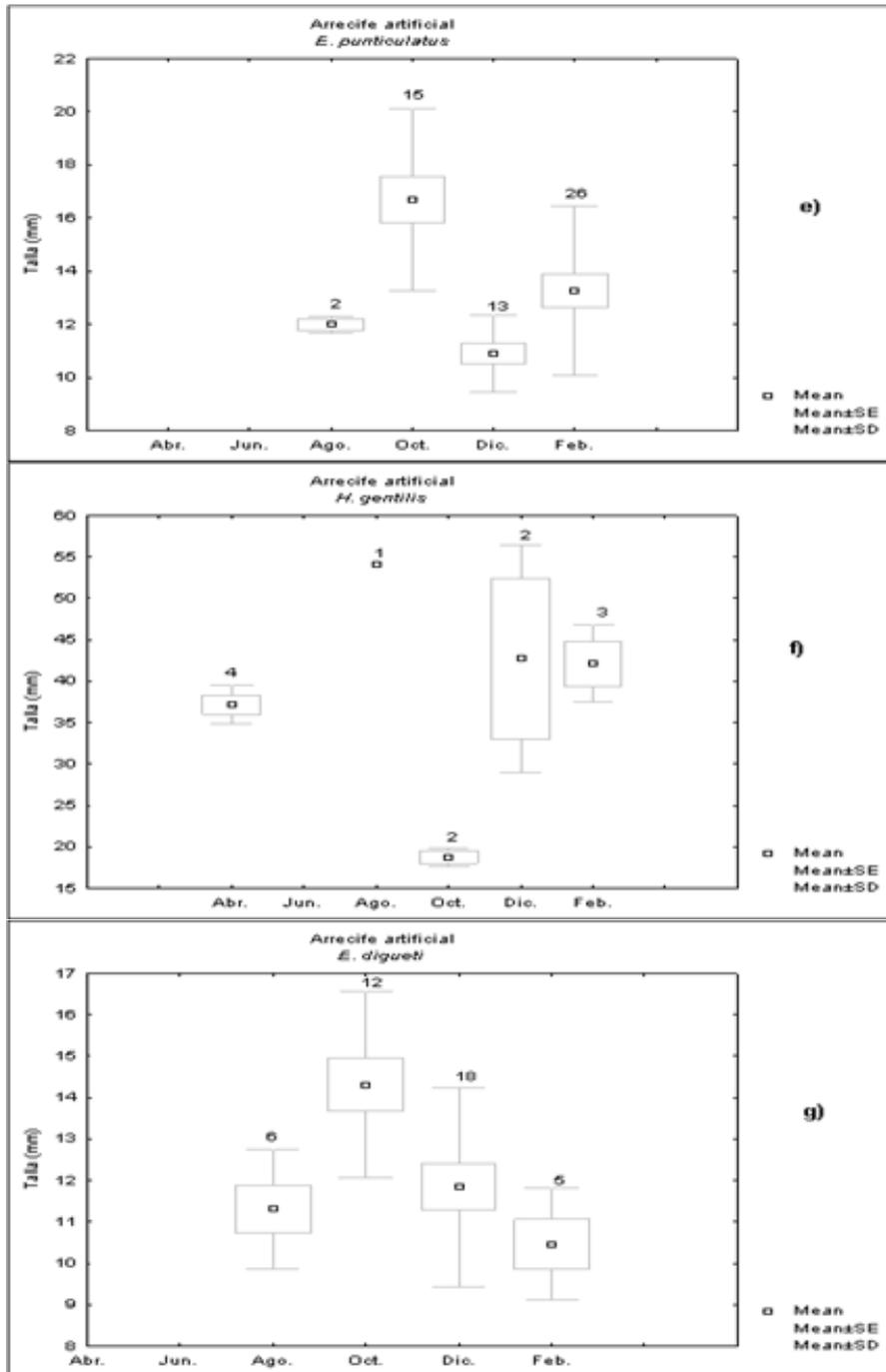
## II) Comportamiento de las tallas medias con respecto al tiempo y tipo de hábitat.

### a) Arrecife artificial.

*Lythrypnus dalli* mostró en abril las tallas más pequeñas ( $18.4 \pm 4.3\text{mm}$ ) y en agosto las tallas mayores ( $24.4 \pm 4.2\text{mm}$ ); en octubre disminuyen ligeramente a  $20 \pm 6.3\text{mm}$ ; finalmente, en diciembre y febrero se registraron tallas de  $21 \pm 2.3\text{mm}$  y  $20.5 \pm 4.2\text{mm}$  respectivamente (Fig.17a). La estructura de tallas en *Scorpaenodes xyris* registró para abril las tallas mínimas de  $17.1 \pm 4.8\text{mm}$ , posteriormente las tallas registradas se

incrementaron paulatinamente hasta octubre ( $34.2 \pm 8.1$ mm) y diciembre ( $34.7 \pm 8.2$ mm), mientras que en febrero se registró una talla de  $29.4 \pm 9.4$ mm (Fig.17b). *Protemblemaria bicirris* registró en junio tallas de  $17.6 \pm 1.2$ mm, siendo octubre el mes que registró las mayores tallas  $19.8 \pm 8.7$ mm y febrero las de menor tamaño ( $15.9 \pm 2.3$ mm) (Fig.17c). Para *Crocodilichthys gracilis* las menores tallas registradas ocurrieron en abril ( $22.5 \pm 5.5$ mm) y las mayores en agosto ( $44.9 \pm 3.8$ mm), posteriormente se observa un decremento paulatino en sus tallas hasta el mes de diciembre ( $24.2 \pm 10.8$ mm); finalmente, en febrero se registran tallas  $26.8 \pm 9.9$ mm (Fig.17d). *Elacatinus puncticulatus* registró en agosto una talla de  $11.9 \pm 0.3$ mm, siendo octubre el mes que registró las mayores tallas ( $16.6 \pm 3.4$ mm) y diciembre las de menor tamaño ( $10.8 \pm 1.4$ ), para febrero se registraron tallas de  $17.3 \pm 2.3$ mm (Fig.17e). *Hypsoblennius gentiles* presentó una talla de  $37.1 \pm 2.3$ mm en abril, registrando la talla máxima en agosto (54.1mm) y la mínima en octubre ( $18.7 \pm 1$ mm), para diciembre y febrero las tallas registradas fueron de  $42.7 \pm 13.7$ mm y  $42.1 \pm 4.7$ mm respectivamente (Fig.17f). Finalmente *Elacatinus digueti* presentó en agosto una talla de  $11.3 \pm 1.4$ mm, registrando en octubre las mayores tallas con  $14.3 \pm 2.2$ mm, posteriormente se observa un decremento paulatino de sus tallas hasta el mes de febrero con  $10.4 \pm 1.3$ mm (Fig.17g).

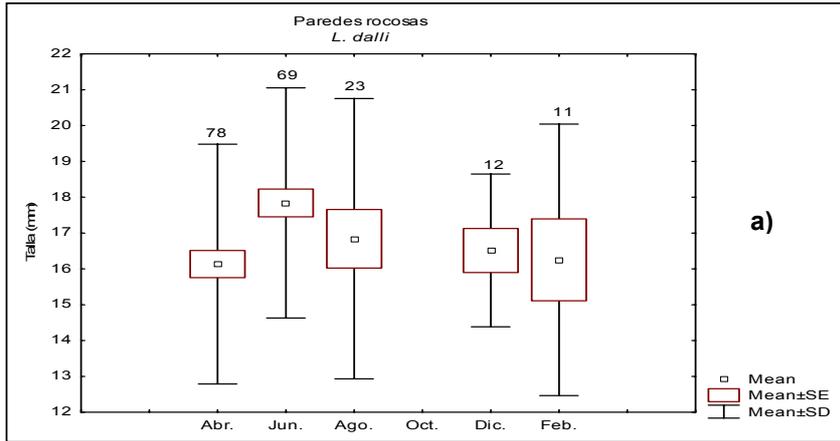




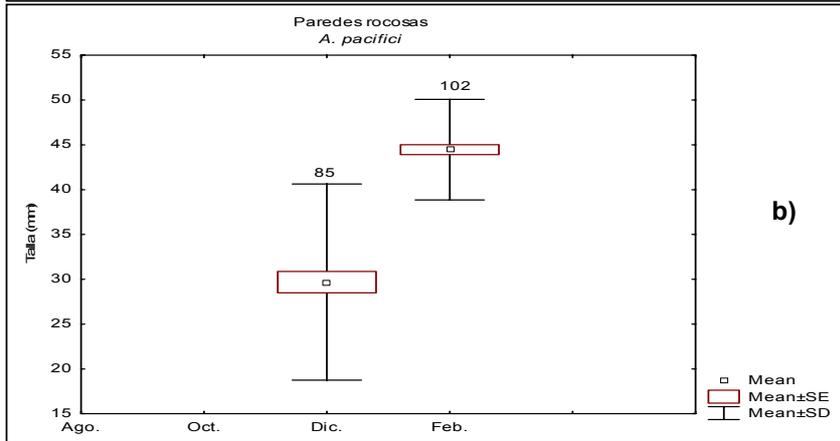
**Fig. 17.-** Comportamiento de las tallas medias de las especies dominantes en el arrecife artificial, durante el primer ciclo anual 2001-2002 en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S., México.

b) Paredes rocosas.

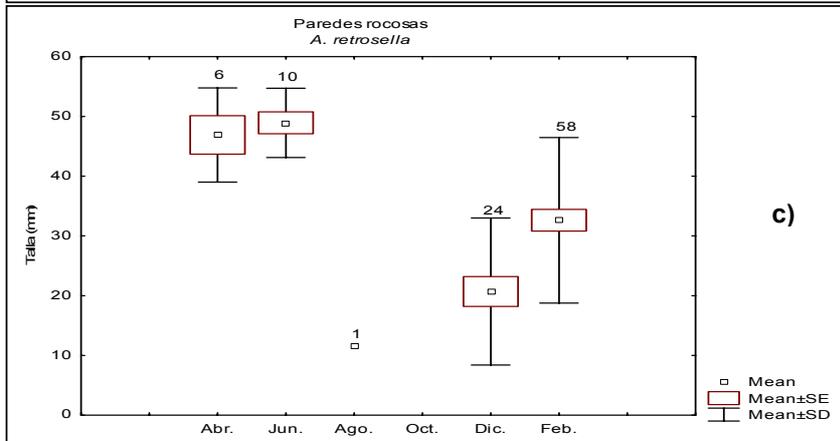
El comportamiento de sus tallas de *Lythrypnus dalli* varió ligeramente a lo largo del tiempo, abril registró las menores tallas ( $16.1 \pm 3.3 \text{mm}$ ) y junio las de mayor tamaño ( $17.8 \pm 3.2 \text{mm}$ ), de agosto a febrero registraron tallas de  $16.8 \pm 3.9 \text{mm}$  a  $16.2 \pm 3.7 \text{mm}$  (Fig.18a). La estructura de tallas en *Apogon pacifici* se registró únicamente durante los meses de diciembre y febrero, presentando el primero tallas de  $29.6 \pm 10.9$  y el segundo tallas de  $44.4 \pm 5.6 \text{mm}$  (Fig.18b ). *Apogon retrosella* registró las tallas mayores en junio ( $48.9 \pm 5.7 \text{mm}$ ) y las menores en agosto ( $11.5 \text{mm}$ ), incrementando en diciembre ( $22.7 \pm 10.5 \text{mm}$ ) y febrero ( $32.6 \pm 13.8 \text{mm}$ ) (Fig.18c). *Lythrypnus pulchellus* presentó las tallas de mayor tamaño en los meses de abril ( $17 \pm 3 \text{mm}$ ) y junio ( $17.4 \pm 1.8 \text{mm}$ ), disminuyendo considerablemente en octubre ( $11.6 \pm 3.5 \text{mm}$ ) (Fig.18d). Por otro lado, *Elacatinus punctulatus* presentó las mayores tallas en abril ( $20.4 \pm 1.8 \text{mm}$ ), junio ( $20.8 \pm 3.4 \text{mm}$ ) y febrero ( $20.2 \pm 3.9 \text{mm}$ ), mientras que las más pequeñas se registraron en diciembre ( $16.7 \pm 4.8 \text{mm}$ ) (Fig.18e). *Crocodilichthys gracilis* registró las menores tallas en abril ( $25.8 \pm 6.6 \text{mm}$ ) y las mayores tallas en diciembre ( $37.2 \pm 4.8 \text{mm}$ ) (Fig.18f). En *Canthigaster punctatissima* las tallas mas pequeñas se registraron en abril ( $41.9 \pm 13.5 \text{mm}$ ) y las mayores en agosto ( $52.8 \pm 5.6 \text{mm}$ ), posteriormente se observó una disminución paulatina hasta el mes de febrero ( $43.1 \pm 16.5 \text{mm}$ ) (Fig.18g). Finalmente en *Scorpaenodes xyris* registró sus tallas mas pequeñas en abril ( $26.8 \pm 9.9 \text{mm}$ ), mientras que las mayores fueron registradas en junio ( $33.3 \pm 7.8 \text{mm}$ ). Para los meses de diciembre y febrero el arreglo de las tallas fue de  $28.9 \pm 4.3 \text{mm}$  y  $29.3 \pm 8.9 \text{mm}$  respectivamente (Fig.18h).



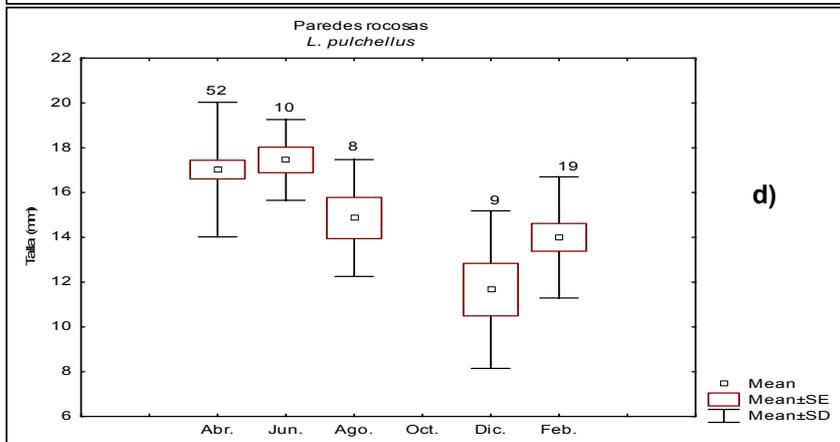
a)



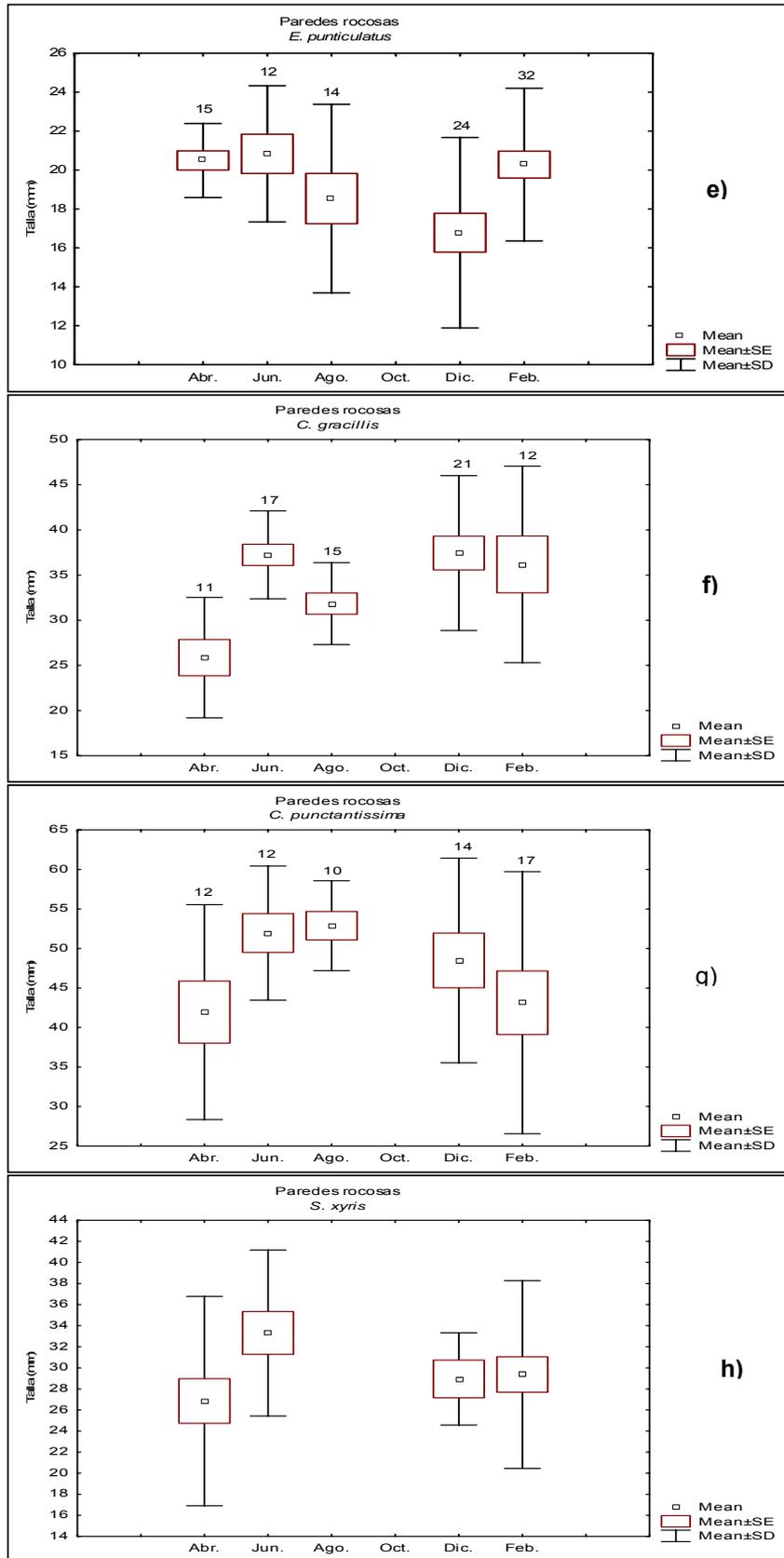
b)



c)



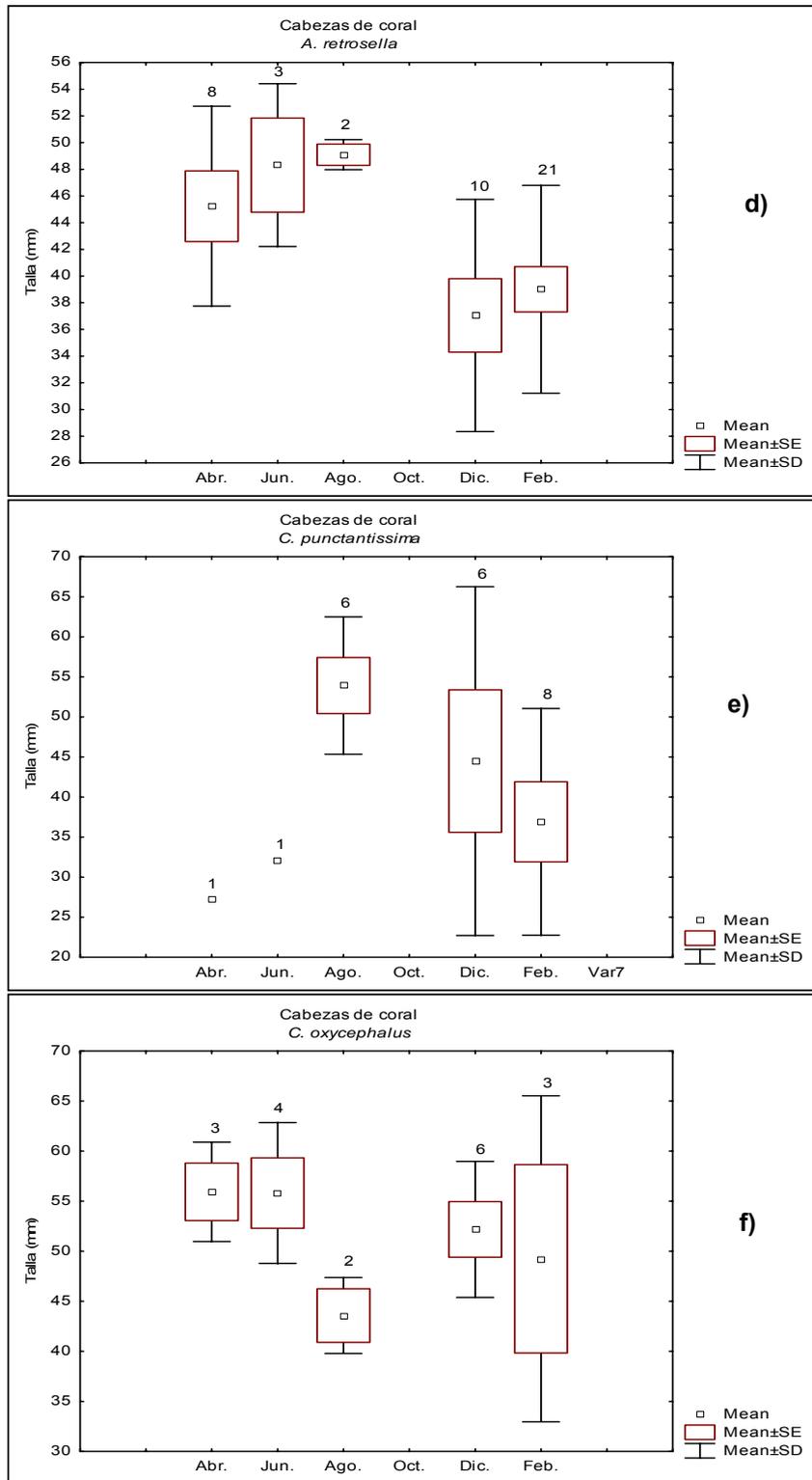
d)



**Fig. 18.-** Comportamiento de las tallas medias de las especies dominantes en paredes rocosas, durante el primer ciclo anual 2001-2002 en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S., México.

c) Cabezas de coral.

*Scorpaenodes xyris* registró durante el mes de junio los valores de mayor talla con  $38.4 \pm 6.3$  mm, mientras que las tallas más pequeñas se registraron en febrero con  $23.7 \pm 10.4$  mm (Fig.19a). *Elacatinus punctulatus* registró las mayores tallas en junio ( $22.8 \pm 2.6$  mm) y las menores en diciembre ( $17.4 \pm 5.6$  mm), mientras que febrero registró tallas de  $18.9 \pm 3.4$  mm (Fig 19b). *Stegastes rectifraenum* registró sus mayores tallas en junio ( $58 \pm 22.5$  mm) y las más pequeñas en agosto ( $40.1 \pm 15.3$  mm) y diciembre ( $39.4 \pm 14.2$  mm), febrero registró una estructura de tallas de  $52.6 \pm 38.2$  mm (Fig.19c). *Apogon retrosella* registró durante abril un tamaño de  $45.2 \pm 9.2$  mm, el cual se incrementó paulatinamente hacia agosto ( $49 \pm 1.3$  mm); por otro lado, las tallas más pequeñas se registraron en diciembre ( $37 \pm 9.1$  mm), mientras que febrero registró una estructura de tallas de  $39 \pm 12.2$  mm (Fig.19d). Para *Canthigaster punctatissima* se registró la menor talla en abril (27.2 mm) y las mayores en agosto ( $53.9 \pm 8.5$  mm), disminuyendo paulatinamente en diciembre ( $44.4 \pm 21.7$  mm) y febrero ( $36.9 \pm 11.4$  mm) (Fig.18e). Finalmente, *Cirrhichtys oxycephalus* registró durante abril ( $55.9 \pm 4.9$  mm) y junio ( $55.8 \pm 7$  mm) las tallas de mayor tamaño y las más pequeñas en agosto ( $43.5 \pm 3.7$  mm), para diciembre y febrero se registraron tallas de  $52.1 \pm 6.7$  mm y  $49.2 \pm 16.2$  mm respectivamente (Fig.18f).



**Fig. 19.-** Comportamiento de las tallas medias de las especies dominantes en cabezas de coral, durante el primer ciclo anual 2001-2002 en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S., México.

## **D) COMPOSICIÓN ESPECÍFICA GENERAL CORRESPONDIENTE AL CICLO ANUAL 2002-2003.**

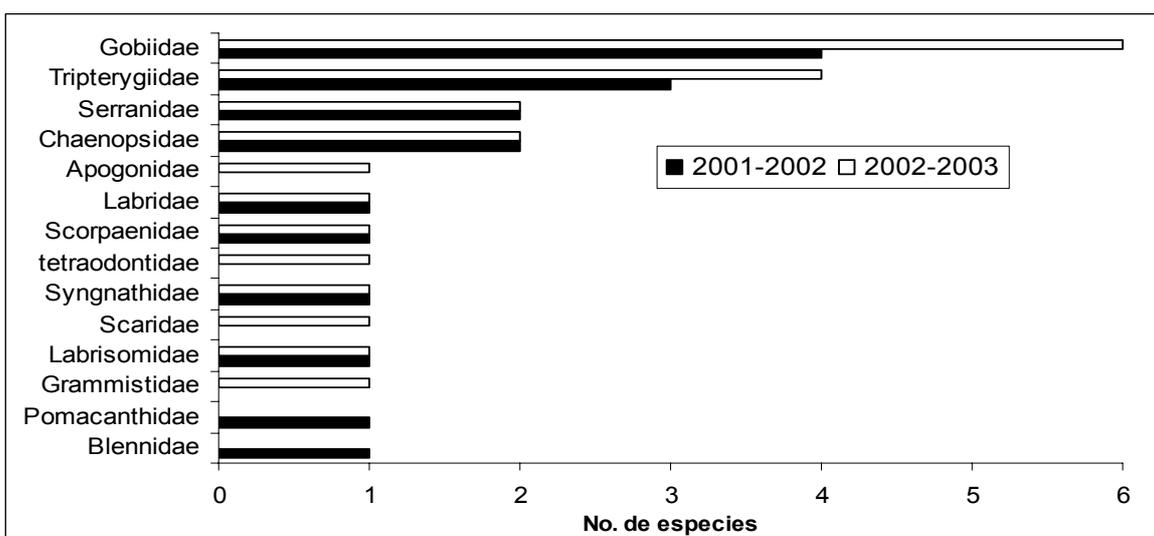
### **I) Elenco Sistemático.**

Durante el segundo ciclo de estudio en el arrecife artificial, se registró un total de 22 especies (Tabla XVII) pertenecientes a 19 géneros y 12 familias (Fig. 20), durante. La mayoría de las especies registradas son consideradas como crípticas y características de arrecifes rocosos (Balart *et al.*, 2002; Romero, 2002; González, 2003). Las familias con mayor representación específica fueron Gobiidae (6 especies) y Tripterygiidae (4), representando ambas el 46.07 % del total de las especies registradas durante el segundo ciclo anual. A diferencia del primer ciclo anual donde ambas familias representaron el 41.16%.

El listado taxonómico de especies registradas se presenta en el anexo A. Durante el segundo ciclo anual se observó un incremento de cinco especies con respecto al primero (Tabla XVII). Las siguientes especies sólo se registraron durante el segundo ciclo anual, *Apogon retrosella*, *Canthigaster punctatissima*, *Enneanectes sexmaculatus*, *Lythrypnus pulchellus*, *Mycteroperca prionura* y *Scarus ghobban*. Las especies que sólo aparecieron en el primer ciclo anual fueron *Hypsoblennius gentilis*, *Paralabrax auroguttatus*, *Paralabrax maculatofasciatus* y *Pomacanthus zonipectus*.

Con respecto a la afinidad biogeográfica global de los dos ciclos en el arrecife artificial (Tabla XVIII) de las 26 especies registradas, el 65.39% presentó afinidad Panámica (17 especies); 4 especies representaron la provincia del Mar de Cortes (15.38%); 3 especies con afinidad Californiana (11.54%) y 2 de origen del Indopacífico (7.69%).

Durante el segundo ciclo anual, se registró un total de 1411 organismos; siendo las especies más abundantes *Protemblemaria bicirris* (38.55%) y *Scorpaenodes xyris* (21.89%).



**Fig. 20.** Comparación del número de especies registradas por familia, asociados al arrecife artificial durante los dos ciclos anuales de estudio en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.

**Tabla XVII.-** Total de especies asociadas al arrecife artificial durante los dos ciclos anuales de estudio en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S. (\* presencia).

AÑO	2001-2002	2002-2003
<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	*	*
<i>Apogon retrosella</i>		*
<i>Axoclinus lucillae</i>	*	*
<i>Axoclinus multicinctus</i>	*	*
<i>Barbulifer pantherinus</i>	*	*
<i>Canthigaster punctatissima</i>		*
<i>Coryphopterus urospilus</i>		*
<i>Crocodilichthys gracilis</i>	*	*
<i>Doryrhamphus excisus</i>	*	*
<i>Elacatinus punctulatus</i>	*	*
<i>Elacatinus diqueti</i>	*	*
<i>Enneanectes sexmaculatus</i>		*
<i>Halichoeres melanotis</i>		*
<i>Hypsoblennius gentilis</i>	*	
<i>Lythrypnus dalli</i>	*	*
<i>Lythrypnus pulchellus</i>		*
<i>Mycteroperca prionura</i>		*
<i>Paraclinus sini</i>	*	*
<i>Paralabrax auroguttatus</i>	*	
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	*	
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	*	
<i>Protemblemaria bicirris</i>	*	*
<i>Pseudogramma thaumasium</i>	*	*
<i>Scarus ghobban</i>		*
<i>Scorpaenodes xyris</i>	*	*
<i>Serranus psittacinus</i>		*

**Tabla XVIII.-** Lista de la afinidad biogeográfica (según Briggs, 1974; Villareal *et al.*, 2000; Roberts y Allen, 2001) de las especies crípticas registradas durante los dos ciclos anuales en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S. Se adjunta entre paréntesis el número de especies por afinidad y el porcentaje total que representa.

<b>Provincia Panámica (17 spp., 65.39%)</b>	<b>Provincia Mar de Cortes (4 spp., 15.38%)</b>
<i>Apogon retrosella</i>	<i>Acanthemblemaria crockeri</i>
<i>Axoclinus lucillae</i>	<i>Barbulifer pantherinus</i>
<i>Axoclinus multicinctus</i>	<i>Crocodilichthys gracilis</i>
<i>Canthigaster punctatissima</i>	<i>Mycteroperca prionura</i>
<i>Coryphopterus urospilus</i>	
<i>Elacatinus puncticulatus</i>	
<i>Elacatinus digueti</i>	
<i>Enneanectes sexmaculatus</i>	
<i>Halichoeres melanotis</i>	
<i>Lythrypnus dalli</i>	
<i>Lythrypnus pulchellus</i>	
<i>Paraclinus sini</i>	
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	
<i>Protemblemaria bicirris</i>	
<i>Pseudogramma thaumasium</i>	
<i>Scorpaenodes xyris</i>	
<i>Serranus psittacinus</i>	
	<b>Provincia Californiana (3 spp., 11.54%)</b>
	<i>Paralabrax auroguttatus</i>
	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>
	<i>Hypsoblennius gentilis</i>
	<b>Origen Indopacífico (2 spp., 7.69%)</b>
	<i>Doryrhamphus excisus</i>
	<i>Scarus ghobban</i>

## II) Similitud de los ciclos anuales en el arrecife artificial.

A partir del índice de Morisita se determinó que la densidad entre los dos ciclos anuales presentó un grado de similitud intermedio, con un valor de 0.575 (Tabla XIX), con respecto a la biomasa, el índice de Morisita simplificado determinó un mayor grado de similitud entre ambos ciclos, con un valor de 0.820 (Tabla XIX).

**Tabla XIX.-** Matriz de los coeficientes de similitud de Morisita, para el arrecife artificial durante los dos años de estudio.

<b>DENSIDAD</b>	<b>2001-2002</b>	<b>2002-2003</b>	<b>BIOMASA</b>	<b>2001-2002</b>	<b>2002-2003</b>
<b>2001-2002</b>	1	<b>0.575</b>	<b>2001-2002</b>	1	<b>0.820</b>
<b>2002-2003</b>		1	<b>2002-2003</b>		1

## E) COMPARACIÓN DE LOS ATRIBUTOS COMUNITARIOS EN LOS DOS CICLOS ANUALES DEL ARRECIFE ARTIFICIAL.

### I) Análisis de dominancia.

El análisis de dominancia del segundo ciclo anual (2002-2003) reveló que las especies dominantes de acuerdo al I.V.I. (Tabla XX) fueron *Protemblemaria bicirris* (45.87%), *Scorpaenodes xyris* (29.21%), *Elacatinus punctulatus* (20.28%), *Lythrypnus dalli* (12.39%), *Lythrypnus pulchellus* (11.35%), *Elacatinus digueti* (10.01%) y *Paraclinus sini* (10.01%). Al comparar estas especies dominantes con las registradas durante el primer ciclo anual, observamos que hay diferencias en dos especies, puesto que las especies dominantes fueron *L. dalli* (49.12%), *S. xyris* (33.69%), *P. bicirris* (19.77%), *Crocodilichthys gracillis* (18.77%), *E. punctulatus* (13.37%), *Hypsoblennius gentiles* (11.05%) y *E. digueti* (10.92%).

**Tabla XX.**- Valores en porcentajes del I.V.I. de acuerdo con la abundancia de especies en el arrecife artificial, durante el segundo ciclo anual (2002-2003), en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S. (\* especies con mayor abundancia).

Especie	I. V. I.	Especie	I. V. I.
<i>Protemblemaria bicirris</i> *	45.87	<i>Axoclinus lucillar</i>	5.30
<i>Scorpaenodes xyris</i> *	29.21	<i>Coryplopterus urospilus</i>	4.01
<i>Elacatinus punctulatus</i> *	20.28	<i>Apogon retrosella</i>	3.94
<i>Lythrypnus dalli</i> *	12.39	<i>Canthigaster punctatissima</i>	2.65
<i>Lythrypnus pulchellus</i> *	11.35	<i>Scarus ghobban</i>	2.65
<i>Elacatinus digueti</i> *	10.01	<i>Mycteroperca prionura</i>	2.58
<i>Paraclinus sini</i> *	10.01	<i>Serranus psittacinus</i>	1.36
<i>Barbulifer pantherinus</i>	8.94	<i>Halichoeres melanotis</i>	1.36
<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	8.38	<i>Doryrhamphus excisus</i>	1.36
<i>Crocodilichthys gracilis</i>	7.94	<i>Eneantes sexmaculatus</i>	1.29
<i>Axoclinus multicinus</i>	7.78	<i>Pseudogramma thaumasium</i>	1.29

### II) Análisis de densidad.

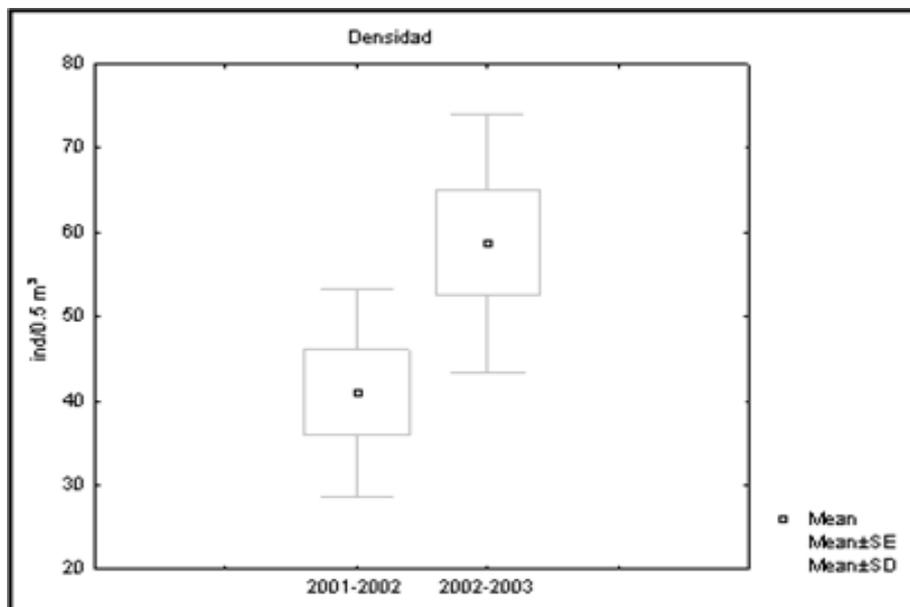
Para conocer si había diferencias significativas en las densidades estandarizadas (ind./0.5m<sup>2</sup>) de los dos ciclos anuales, se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía (Tabla IX). La ANOVA reveló que no hay diferencias significativas ( $P = 0.051$ ) entre un ciclo y otro en el arrecife artificial.

La densidad global entre los dos ciclos anuales registró que el valor más alto se presentó durante el segundo ciclo (2002-2003) con una densidad promedio de  $58 \pm 7$  ind./ $0.5\text{m}^2$ , con respecto al primer ciclo anual (2001-2002) de  $41$  ind./ $0.5\text{m}^2$  (Fig. 21).

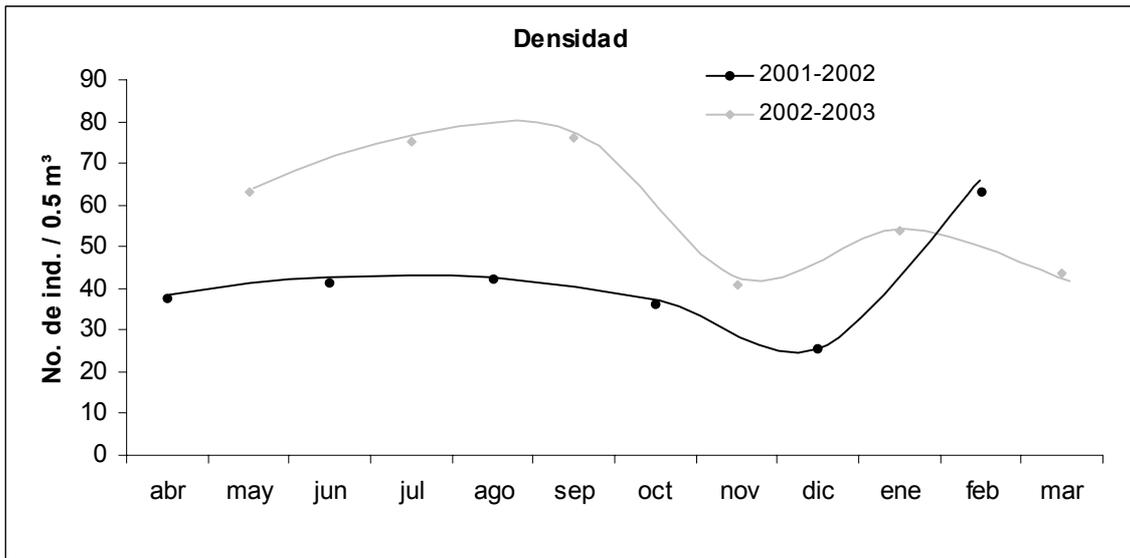
Las densidades a lo largo del primer ciclo anual fluctuaron entre  $25.5$  y  $63$  ind./ $0.5\text{m}^2$  y en el segundo entre  $43.5$  y  $76.25$  ind./ $0.5\text{m}^2$ . De manera general, ambos ciclos presentaron una disminución en la densidad durante los meses octubre, noviembre y diciembre, siendo más marcado para el primer ciclo anual, posteriormente se incremento hacia los meses de enero y febrero (Fig. 22).

**Tabla XXI.**- Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de las densidades estandarizadas ((ind./ $0.5\text{m}^2$ ) entre los dos ciclos anuales en el arrecife artificial..

Factor	df	MS	F	P
Densidad	1	9.45.19	4.8851	0.0515422



**Fig. 21.**- Valores promedio de densidad (ind./ $0.5\text{m}^2$ ) en el arrecife artificial durante los dos ciclos de muestreo.



**Fig. 22.** Variación de la densidad a lo largo del tiempo, durante los dos ciclos de muestreo en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S.

### III) Análisis de la biomasa.

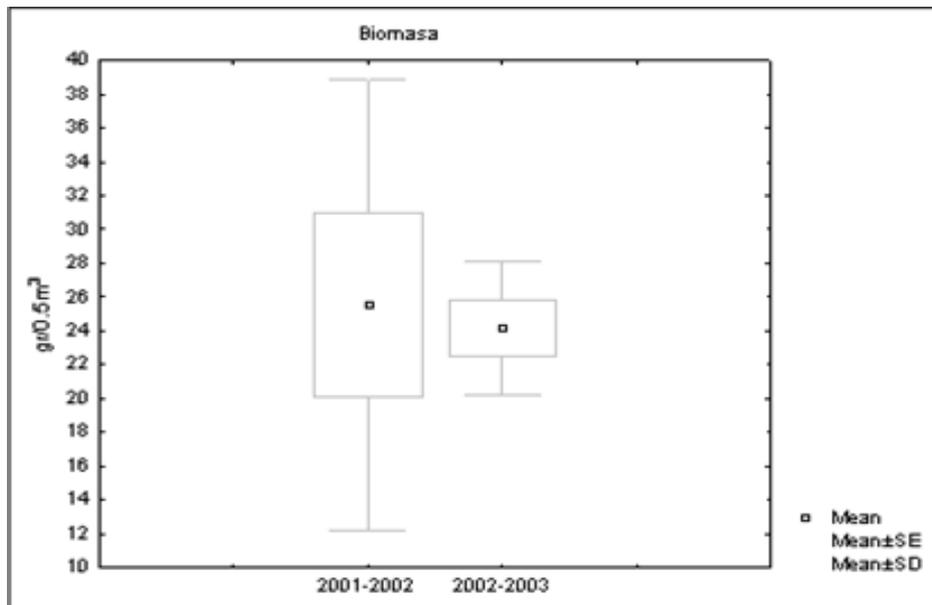
Para conocer si había diferencias significativas en la biomasa de los dos ciclos anuales, se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía (Tabla XXII). La ANOVA reveló que no existe diferencias significativas ( $P = 0.812$ ) entre un ciclo y otro en el arrecifes artificial.

La biomasa global registró entre los dos ciclos anuales valores muy similares, con una biomasa promedio de  $25.9 \pm 9 \text{ gr}/0.5 \text{ m}^2$  durante el primer ciclo (2001-2002), mientras que el segundo (2002-2003) registró una biomasa promedio de  $24.5 \pm 9 \text{ gr}/0.5 \text{ m}^2$  (Fig. 23).

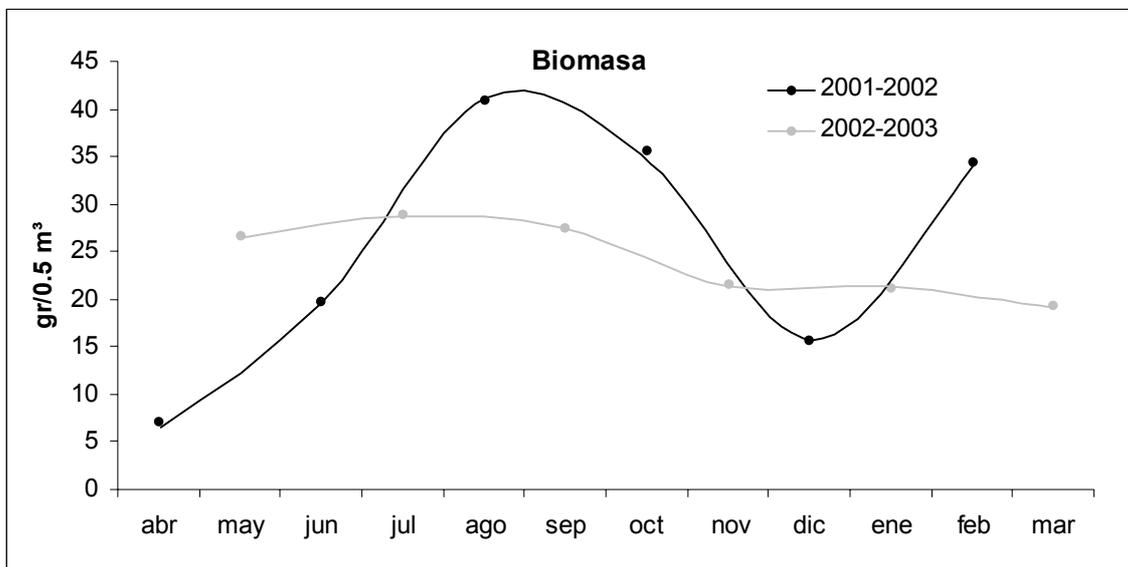
Durante el primer ciclo los valores de biomasa fluctuaron entre 7.06 y 40.92  $\text{gr}/0.5 \text{ m}^2$ , registrando un incremento considerable de abril a agosto y disminuyendo fuertemente hacia diciembre (Fig. 24), por otro lado, el segundo ciclo presentó fluctuaciones entre 19.26 y 28.95  $\text{gr}/0.5 \text{ m}^2$ . La tendencia general de los valores de biomasa durante este ciclo, mostró una disminución paulatina de julio a marzo (Fig.24).

**Tabla XXII.-** Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de biomasa ( $\text{gr}/0.5\text{m}^2$ ) entre los dos ciclos anuales en el arrecife artificial.

<b>Factor</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Biomasa</b>	<b>1</b>	<b>5.748</b>	<b>0.0594</b>	<b>0.0812</b>



**Fig. 23.-** Valores promedio de biomasa ( $\text{gr}/0.5\text{m}^2$ ) en el arrecife artificial durante los dos ciclos de muestreo



**Fig. 24.** Variación de la biomasa a lo largo del tiempo, durante los dos ciclos de muestreo en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S.

#### IV) Análisis de la riqueza específica.

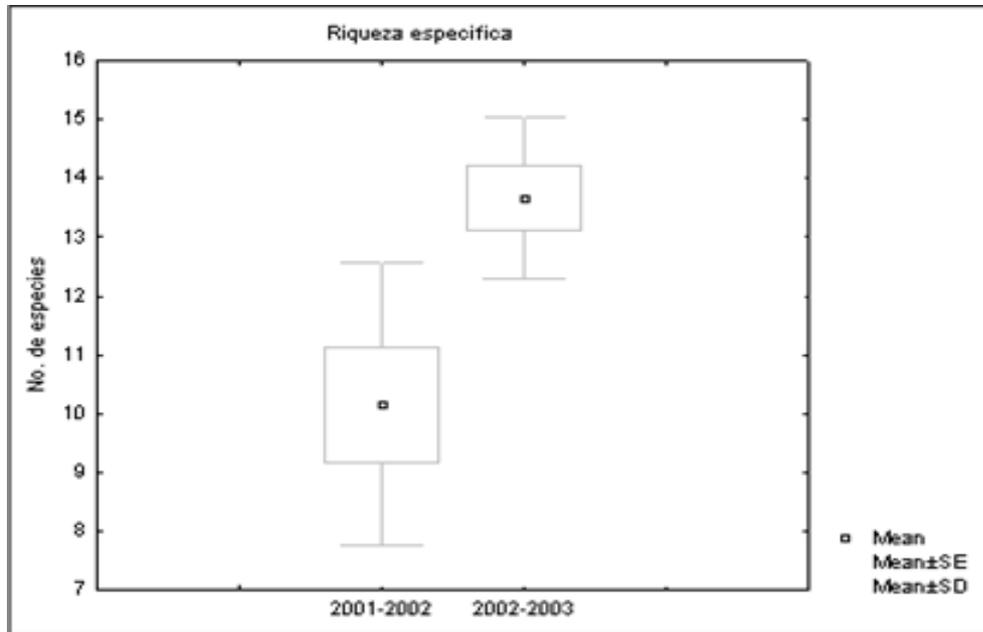
Para conocer si había diferencias significativas con respecto a la riqueza específica de los dos ciclos anuales, se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía (Tabla XXIII). La ANOVA reveló que si existe diferencias significativas ( $P = 0.011$ ) entre un ciclo y otro en el arrecife artificial.

La riqueza específica global entre los dos ciclos anuales registró valores más altos durante el segundo ciclo anual (2002-2003), con una riqueza promedio de  $13.8 \pm 1$  especies, mientras que el primer ciclo (2001-2002) registró un promedio de  $10 \pm 1.9$  especies (Fig. 25).

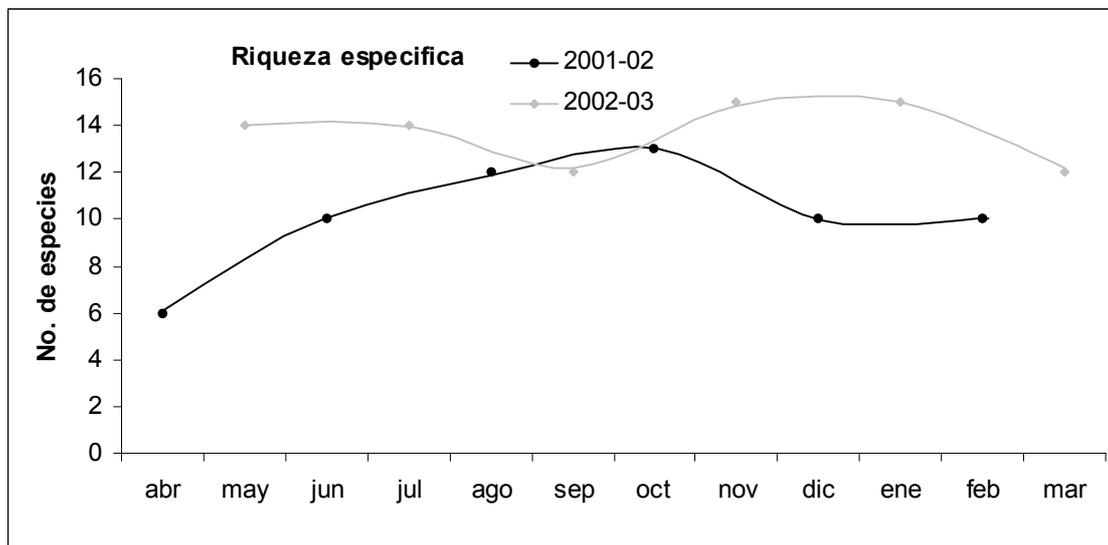
Durante el primer ciclo anual (2001-2002), la riqueza específica fluctuó entre 6 y 13 especies. Las especies registradas a lo largo del ciclo (2001-2002) muestran un incremento considerable de abril a octubre y un decremento hacia el mes de febrero (Fig.26). Durante el segundo ciclo (2002-2003) se registraron los valores de mayor número de especies, los cuales variaron entre 12 y 15 especies, siendo septiembre y marzo los meses de menor riqueza específica (Fig. 26).

**Tabla XXIII.**- Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de riqueza específica, entre los dos ciclos anuales en el arrecife artificial.

<b>Factor</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Riqueza específica</b>	1	36.75	9.6288	<b>0.01119</b>



**Fig. 25.-** Valores promedio de la riqueza especifica, en el arrecife artificial durante los dos ciclos de muestreo



**Fig. 26.** Variación de la riqueza especifica a lo largo del tiempo, durante los dos ciclos de muestreo en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S.

## V) Análisis de diversidad.

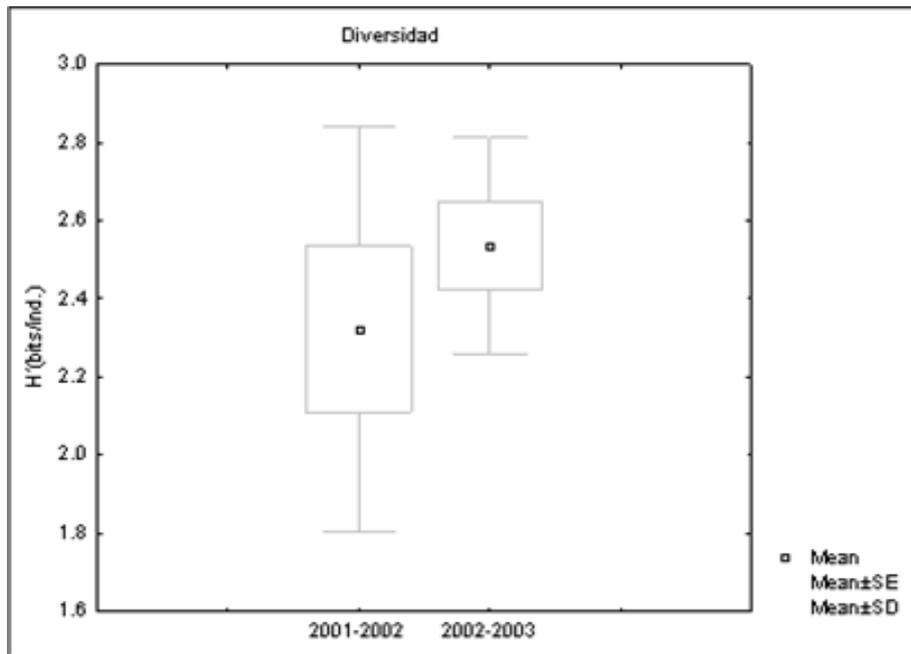
Para conocer si había diferencias significativas en la diversidad de los dos ciclos anuales, se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía (Tabla XXIV). La ANOVA reveló que no hay diferencias significativas ( $P = 0.0393$ ) entre un ciclo y otro en el arrecife artificial.

La diversidad global para el primer ciclo anual registró un valor promedio de  $2.3 \pm 0.4$  bits/ind., mientras que el segundo registró una diversidad promedio de  $2.5 \pm 0.2$  bits/ind. (Figura 27).

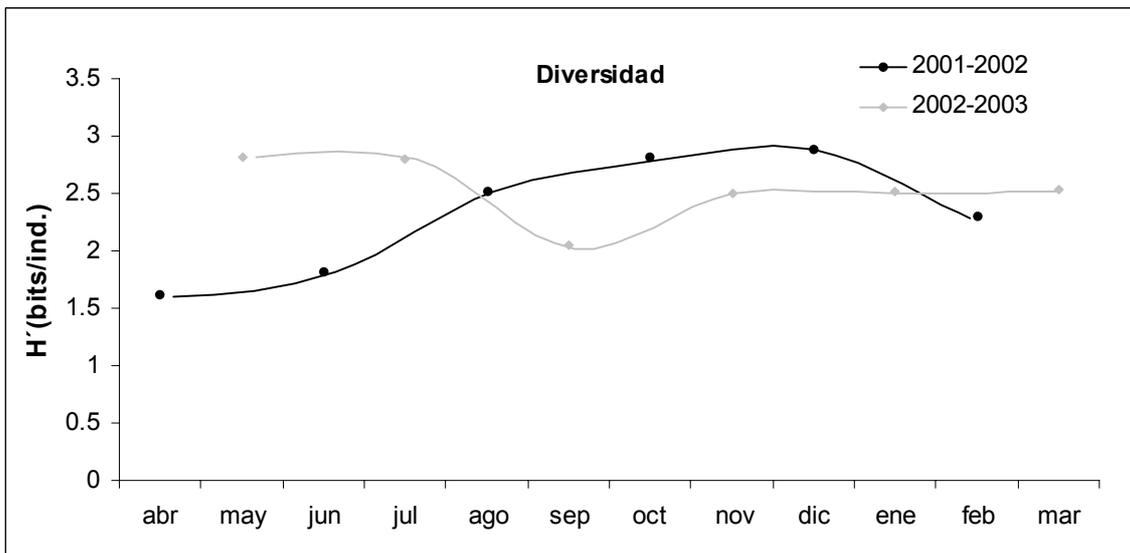
Los valores de diversidad a lo largo del primer ciclo anual (2001-2002), fluctuaron entre 1.6 y 2.87 bits/ind. y en el segundo (2002-2003) entre 2.05 y 2.82 bits/ind. (Fig. 28). Durante el primer ciclo (2001-2002), la tendencia general de los valores de diversidad se incrementaron de abril a diciembre, mientras que durante el segundo ciclo (2002-2003) los valores de diversidad se mantuvieron más o menos estables, exceptuando septiembre (Fig. 28).

**Tabla XXIV.**- Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de diversidad ( $H'$ ), entre los dos ciclos anuales en el arrecife artificial.

<b>Factor</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Diversidad (<math>H'</math>)</b>	1	1.138	0.7946	<b>0.39364</b>



**Fig. 27.-** Valores promedio de la riqueza específica, en el arrecife artificial durante los dos ciclos de muestreo



**Fig. 28.** Variación de la diversidad ( $H'$ ) a lo largo del tiempo, durante los dos ciclos de muestreo en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S.

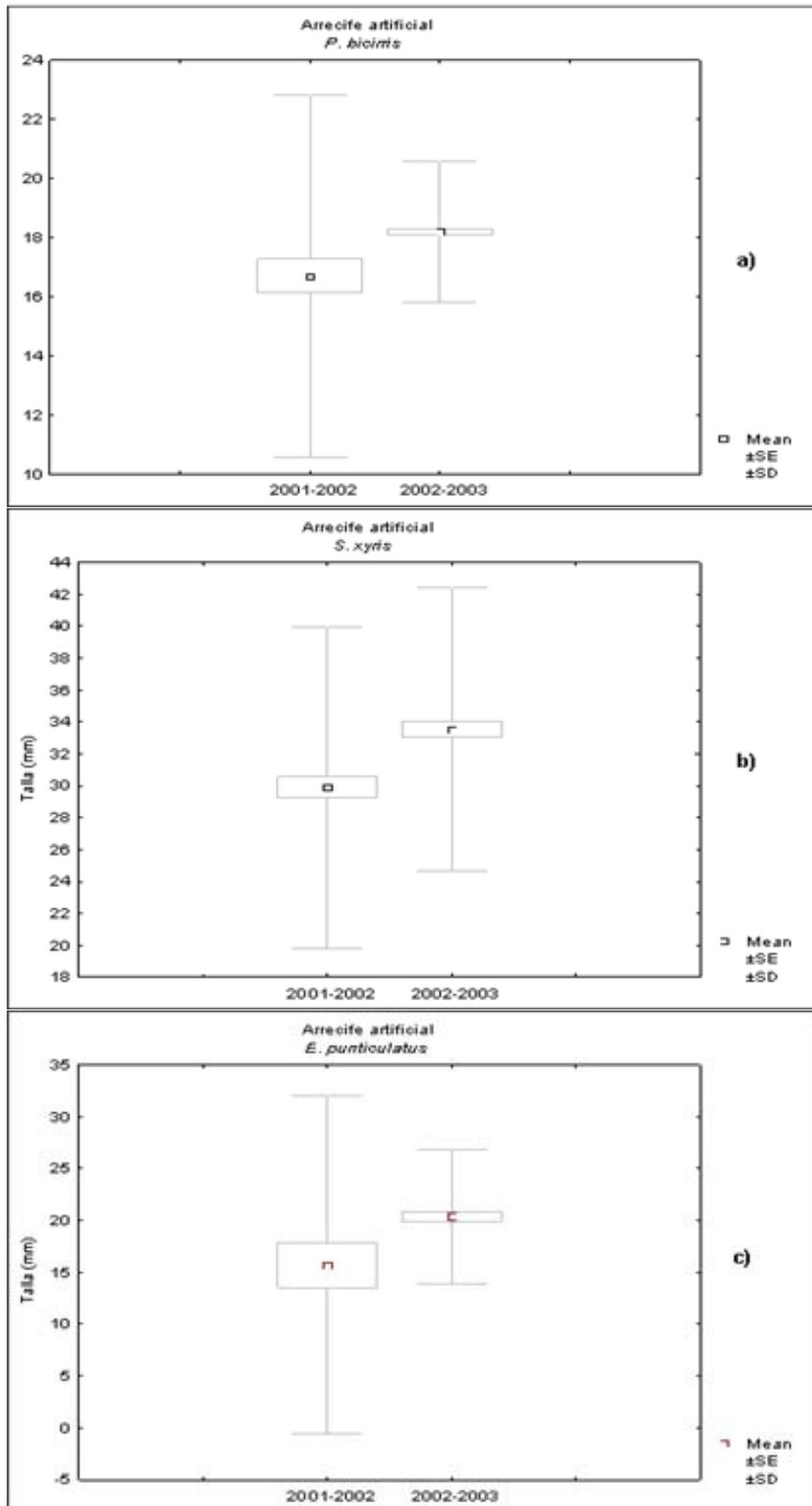
**F) ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE TALLAS DE LAS ESPECIES DOMINANTES EN EL ARRECIFE ARTIFICIAL, CORRESPONDIENTE AL SEGUNDO CICLO ANUAL 2002-2003.**

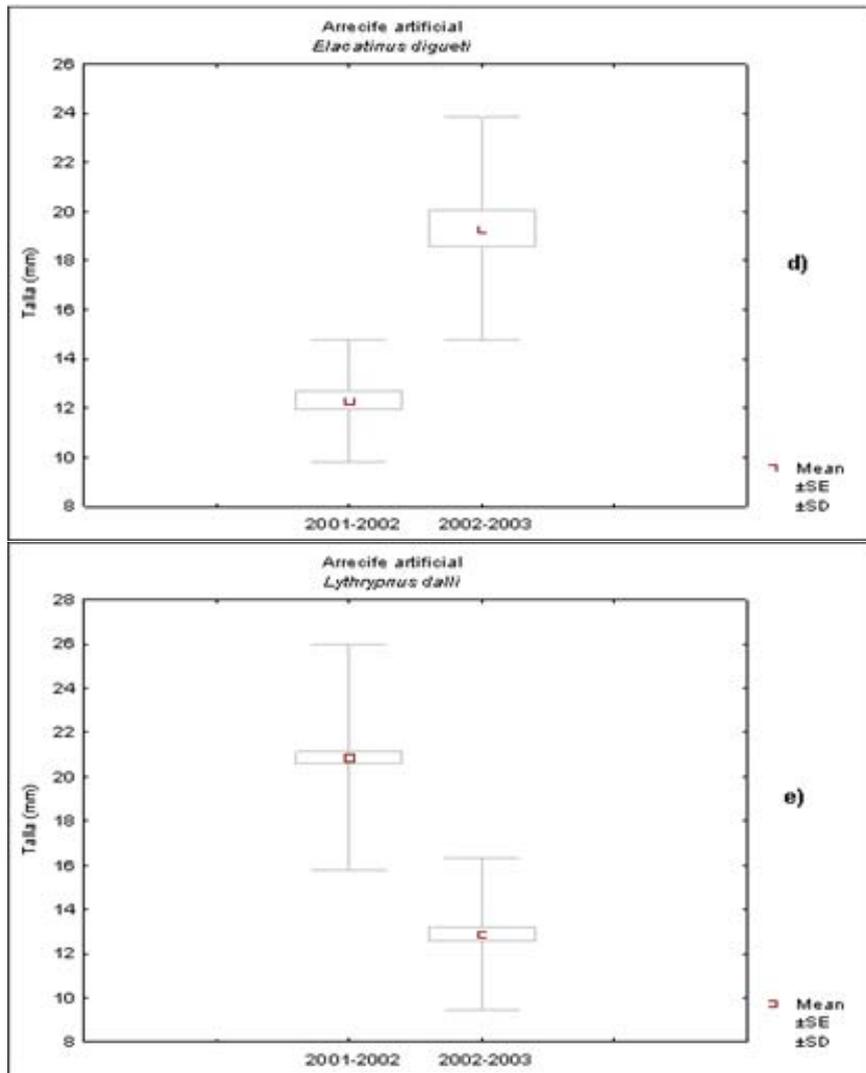
**I) Comparación global de tallas medias entre los dos ciclos anuales.**

Con el fin de comparar la estructura de tallas presentes en los dos ciclos anuales en el arrecife artificial, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para las cinco especies dominantes presentes en ambos ciclos (*Protemblemaria bicirris*, *Scorpaenodes xyris*, *Elacatinus puncticulatus*, *E. digueti* y *Lythrypnus dalli*). La prueba reveló que las cinco especies presentaron diferencias significativas entre un ciclo y otro (Tabla XXV). De manera global la menor talla promedio para *P. bicirris* se registró durante el primer ciclo (2001-2002) con  $16.7 \pm 6.1$ mm, mientras que la máxima fue en el segundo ciclo (2002-2003) con  $18.1 \pm 2.3$ mm (Fig. 29a). *S. xyris* registró en el primer ciclo una talla promedio de  $29.8 \pm 10$ mm, a diferencia del segundo ciclo que registró una talla promedio de  $33.5 \pm 8.8$ mm (Fig. 29b). *E. puncticulatus* registró en el primer ciclo anual una talla promedio de  $15.7 \pm 16.3$ mm, y durante el segundo un valor de  $20.4 \pm 6.4$ mm (Fig. 29c). Para *E. digueti* se registró una talla promedio de  $12.3 \pm 2.4$ mm durante el primer ciclo anual, mientras que en el segundo se registro un valor de  $19.2 \pm 4.5$ mm (Fig. 29d). Finalmente la talla promedio para *P. sini* durante el primer ciclo registró un valor de  $20.8 \pm 5$ mm, y el segundo ciclo registró una talla promedio de  $12.8 \pm 3.4$ mm (Fig. 29e).

**Tabla XXV.** Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para probar la diferencia en el arreglo de tallas de las especies dominantes con respecto a los dos ciclos anuales, en el arrecife artificial.

Especie	factor	alfa	df	H	P
<i>Protemblemaria bicirris</i>	año	0.05	1	59.53	0.0000
<i>Scorpaenodes xyris</i>	año	0.05	1	14.27	0.0002
<i>Elacatinus puncticulatus</i>	año	0.05	1	42.51	0.0000
<i>Lythrypnus dalli</i>	año	0.05	1	36.59	0.0000
<i>Elacatinus digueti</i>	año	0.05	1	160.33	0.0000



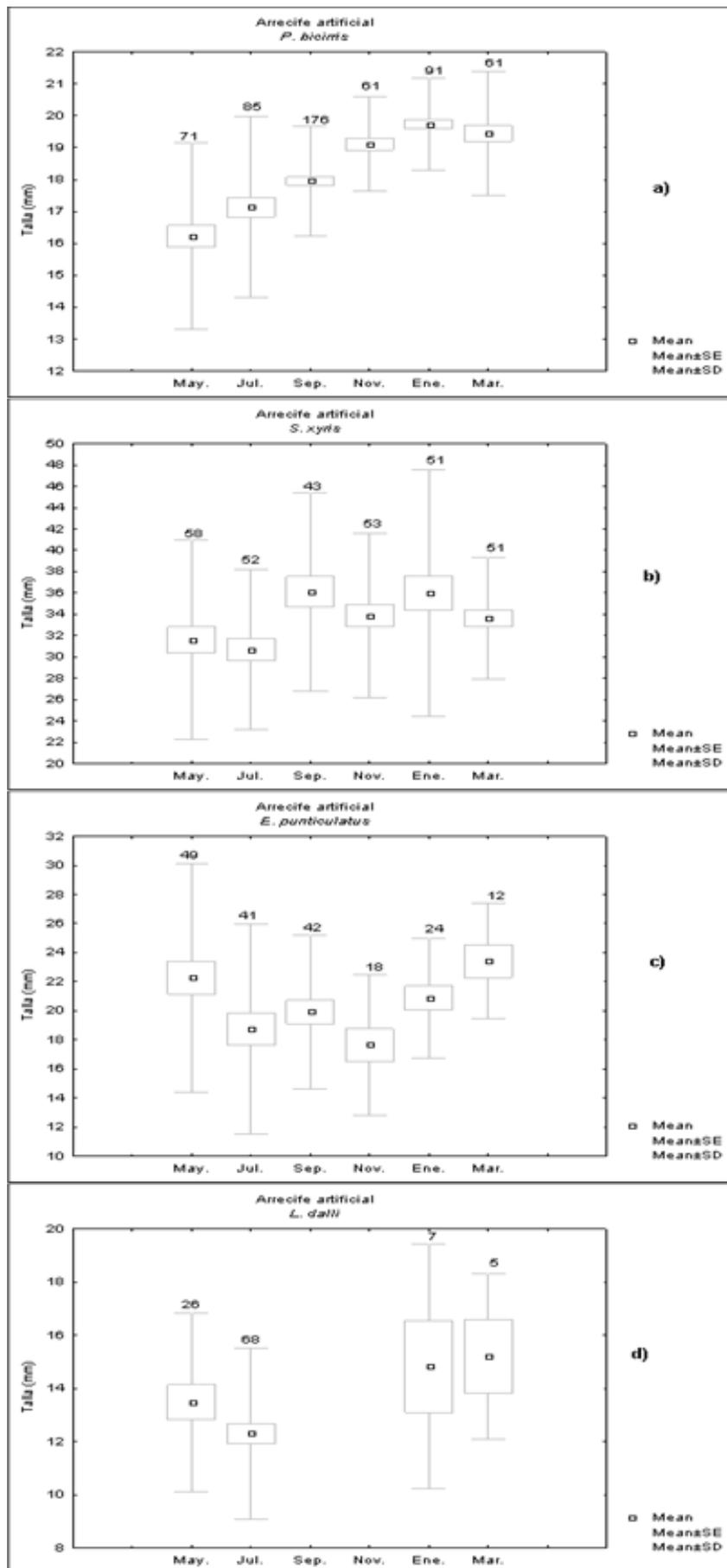


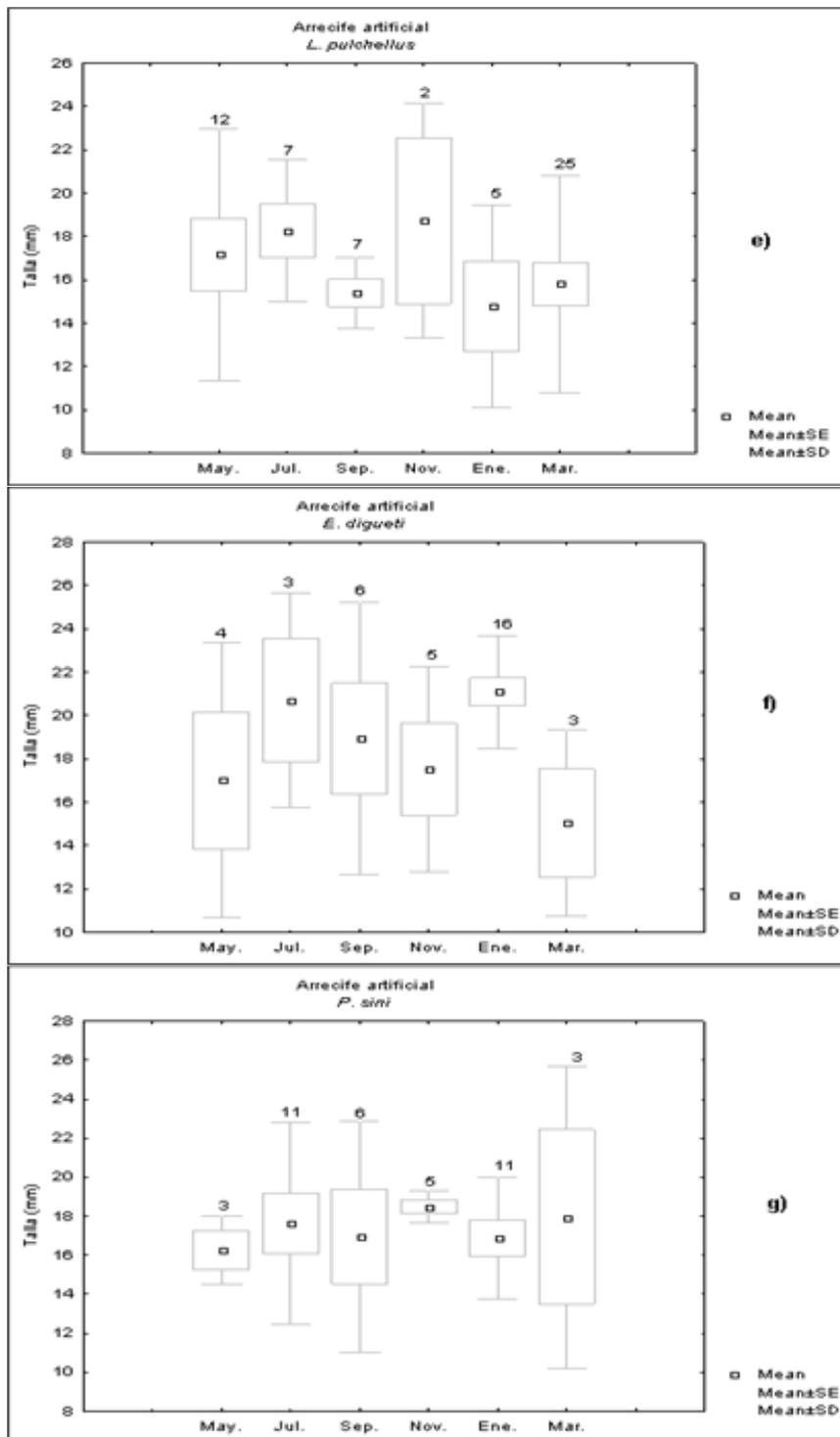
**Fig. 29.-** Valores promedio de las tallas de especies dominantes, durante los dos ciclos anuales en el arrecife artificial, en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S., México.

## II) Comportamiento de las tallas medias con respecto al tiempo en el arrecife artificial, correspondiente al ciclo anual 2002-2003.

El comportamiento en la estructura de tallas de *Protemblemaria bicirris* registró durante mayo la menor talla con  $16.2 \pm 2.9$ mm, incrementando paulatinamente hasta alcanzar su máxima talla durante enero ( $19.7 \pm 1.2$ mm) y marzo ( $19.2 \pm 2.2$ mm)(Fig. 30a).

*Scorpaenodes xyris* registró durante mayo y julio las menores tallas con  $31.5 \pm 9.3$ mm y  $30.6 \pm 7.5$ mm respectivamente, mientras que en septiembre ( $36.1 \pm 9.3$ mm) y enero ( $35.9 \pm 11.5$ mm) se registraron las tallas máximas (Fig. 30b). En *Elacatinus punctulatus* se registró durante mayo, una talla inicial de  $22.2 \pm 7.8$ mm, registrando en noviembre las mínimas tallas con  $17.6 \pm 4.8$ mm y las máximas en marzo con  $23.4 \pm 3.9$ mm (Fig. 30c). Para *Lythrypnus dalli* se registró las tallas menores durante mayo ( $13.47 \pm 3.35$ mm) y julio ( $12.2 \pm 3.2$ ), mientras que las tallas más grandes se registraron en enero ( $14.82 \pm 4.6$ mm) y marzo ( $15.2 \pm 4.2$ mm) (Fig. 30d). La estructura de tallas para *Lythrypnus pulchellus* fluctuó poco a lo largo del tiempo, registrando las tallas más grandes en julio con  $18.2 \pm 3.2$ mm y noviembre con  $18.7 \pm 5.4$ mm, las más pequeñas se registraron durante enero con  $14.7 \pm 4.6$ mm (Fig. 30e). *Elacatinus digueti* registró una talla inicial de 17mm durante mayo, las tallas máximas se registraron en julio ( $20.7 \pm 4.9$ mm) y enero ( $21 \pm 2.6$ mm), mientras que en marzo se registraron las tallas más pequeñas con  $15 \pm 4.3$ mm (Fig. 30f). Finalmente, la estructura de tallas para *paraclinus sini* varió poco a lo largo del tiempo, siendo mayo y septiembre los meses con las tallas más pequeñas con  $16.27 \pm 1.7$ mm y  $16.9 \pm 5.9$ mm respectivamente (Fig. 30g).





**Fig. 30.-** Comportamiento de las tallas medias de las especies dominantes, en el arrecife artificial, durante el segundo ciclo 2002-2003.

## **DISCUSIÓN.**

Los estudios recientes enfocados a peces crípticos han surgido como una necesidad de la comprensión del rol ecológico que juegan estos peces dentro de la estructura de la comunidad de peces arrecifales, ya que la mayoría de los estudios han sido dirigidos a peces conspicuos.

El uso de quinaldina y aceite de clavo, dos anestésicos para peces crípticos, han ofrecido una alternativa eficaz para los análisis cuantitativos y cualitativos dentro de la comunidad íctica (Willis, 2001; Ackerman y Bellwood, 2002), la cual se complementa con los estudios de censos visuales.

Por otro lado, el uso de arrecifes artificiales ha demostrado su funcionalidad como atractor de peces los cuales lo utilizan como áreas de refugio, alimentación y crianza (Bohnsack y Sutherland, 1985; Seaman., *et al* 1989; Seaman y Spregue, 1991; Carr y Hixon, 1997;). Seaman (2000) menciona que la forma y estructura de un arrecife artificial es fundamental para determinar el tipo de estudio que se pretende realizar. Es por ello que en el presente trabajo se estableció como arrecife artificial los módulos de cajas nestier, que por sus características proporcionan una alternativa específica en la colecta de peces de arrecife de tipo crípticos.

### **A) COMPOSICIÓN TAXONÓMICA, CORRESPONDIENTE AL CICLO ANUAL 2001-2002.**

Existe una historia abundante de exploración ictiológica en el Golfo de California, donde se han reportado aproximadamente 333 especies de peces de hábitats arrecifales (Thomson *et al.*, 2002). Con respecto a estudios sobre comunidades de peces crípticos en la Bahía de la Paz se encuentran los desarrollados por Balart *et al.* (2002), Romero (2002) y González (2003) quienes han registrado un total de 93 especies pertenecientes a 27 familias. González (2003) identificó un total de 45 especies distribuidas en 14 familias en

Punta Diablo, mientras que Calderón (2004) identifica 23 especies pertenecientes a 12 familias, en un área cercana a Punta Diablo por medio de cajas nestier y otras modificadas. En el presente estudio se registró un total de 46 especies distribuidas en 21 familias, correspondientes al 49.46% de las especies reportadas para Bahía de la Paz.

Cabe mencionar que las especies *Pseudogramma thaumasium*, *Pomacanthus zonipectus*, *Paralabrax maculatofasciatus*, *Paralabrax auroguttatus*, *Axoclinus multicolor*, *Axoclinus lucillae* y *Hypsoblennius gentiles*, no son reportadas para la zona de Punta Diablo. Dichas especies se registraron en su mayoría en el arrecife artificial. Por lo tanto, su presencia presentó un efecto sobre la riqueza específica en Punta Diablo. Además, la familia Gobiidae fue la más representativa, tanto en los arrecifes naturales, como en el arrecife artificial, coincidiendo así con lo mencionado por Calderón (2004) para sistemas artificiales en la Bahía de La Paz.

Las cuatro especies registradas como exclusivas para el arrecife artificial (*Paralabrax maculatofasciatus*, *Paralabrax auroguttatus*, *Pomacanthus zonipectus*, *Pseudogramma thaumasium*), se han descrito en la literatura como exclusivas de hábitats rocosos (Allen y Robertson, 1994), su presencia sobre los arrecifes artificiales puede evidenciar, en primera instancia, su plasticidad con respecto a la selección del hábitat, la posible limitación de recursos como es la disponibilidad de hábitats naturales en esta región y por otro lado que las características estructurales de los módulos utilizados asemejan o aportan, en cierta medida, el sustrato y características del hábitat natural.

Con respecto a las afinidades biogeográficas registradas de la ictiofauna críptica (Tabla V), se muestra una clara dominancia de las especies de la provincia Panámica (67.39% de las especies), tal y como lo reporta González (2003) para Bahía de La Paz. Sin embargo, es importante recalcar las especies endémicas, pertenecientes a la provincia del Mar de Cortés (17.38%), ya que la ictiofauna del Golfo de California presenta un fuerte endemismo regional a niveles tanto genérico como específico.

Las especies registradas en el arrecife artificial y el análisis de similitud, demuestran que existe una mayor semejanza con paredes rocosas, que con las cabezas de coral. Estos puntos son importantes señalarlos, ya que son considerados como una forma de evaluación para el arrecife artificial, pues determinan una selección de hábitat con respecto al acomodo de la estructura comunitaria de peces crípticos en tiempo y espacio de las especies presentes en los arrecifes naturales (Carr y Hixon, 1997; Seaman, 2000).

#### **B) COMPARACIÓN DE LOS ATRIBUTOS COMUNITARIOS DE LOS TRES TIPOS DE HÁBITATS ARRECIFALES, CORRESPONDIENTE AL CICLO ANUAL 2001-2002.**

Con base en los valores de dominancia, se puede apreciar que *Lythrypnus dalli*, fue la especie dominante en paredes rocosas, mientras que *Scorpaenodes xyris*, lo fue en cabezas de coral. Ambas especies también fueron las principales dominantes en el arrecife artificial, indicando que dichas especies son generalistas con respecto al uso de hábitat. Munday (2002) menciona que aquellas especies que no presentan una preferencia por sustrato, utilizan el que esta disponible como un mecanismo para reducir la competencia por espacio, especialmente en zonas donde el hábitat puede ser escaso.

El patrón de la densidad en las asociaciones de peces crípticos sobre los tres tipos de hábitat arrecifal mostró diferencias significativas ( $P = 0.0015$ ). La densidad es mayor en el arrecife artificial que en los hábitats naturales (cabezas de coral y paredes rocosas). Esto se debe probablemente a la estructura (luz de malla) del arrecife artificial, que actuó como un sistema semi-protégido, es decir, los reclutas que se desarrollaron dentro del sistema encontraron en cierta medida una mayor protección contra la depredación, así como espacios disponibles (sustrato) que determinaron en mayor grado su persistencia (Almany, 2003). A diferencia de las paredes rocosas y cabezas de coral, que son

considerados sistemas no protegidos, donde las comunidades de peces presentan un elevado grado de depredación, competencia por alimento y sustrato, lo cual afecta directamente la distribución y abundancia de las especies (Doherty, 1991).

Por otro lado, la biomasa no mostró diferencias significativas ( $P = 0.7712$ ), a pesar de existir mayor densidad en el arrecife artificial. En este sentido, la estructura de los módulos presentó un efecto positivo en el asentamiento de reclutas, que establece una correlación entre la abundancia y su composición de especies. Es decir, los valores de biomasa registrados para el arrecife artificial, se deben a la abundancia y tamaño de las especies, como *Lythrypnus dalli*, *Scorpaenodes xyris* y *Protemblemaria bicirris*. A diferencia de los arrecifes naturales que presentaron menor abundancia en cada una de las especies, pero de mayor talla como *Apogon retrosella*, *Apogon pacifici*, *Stegaster rectifraenum* y *Canthigaster punctatissima* entre otras.

Con relación a la riqueza específica, se determinó que hubo diferencias significativas ( $P = 0.0019$ ) entre el arrecife artificial y las paredes rocosas, a diferencia de las cabezas de coral donde el número de especies fue muy similar al arrecife artificial. Estas diferencias probablemente se deban a lo que Bell y Galzani (1984) mencionan, donde variables estructurales como la cobertura de coral, arena, algas o rocas y la abundancia de invertebrados, además de características topográficas como la profundidad y rugosidad presentan un efecto en las poblaciones de muchos peces arrecifales, especialmente en aquellas especies que tienen intervalos de movimiento reducido. Por su parte, Prochazka (1998) estudió la repartición de espacios que tienen las asociaciones crípticas en arrecifes rocosos en Sudáfrica, encontrando que el espacio y cobertura algal, son factores determinantes en estas asociaciones, lo cual viene a confirmar lo encontrado en las asociaciones de peces crípticos en paredes rocosas. Por otro lado, otros estudios han llegado a la conclusión de que la estructura de estas comunidades no está en equilibrio, debido a las elevadas variaciones en el reclutamiento,

depredación y otras causas de mortalidad (Sale 1977; 1979; Bohnsack y Talbot, 1980; Almany, 2003).

En este sentido, cabe mencionar que aunque no se cuantificó la cantidad de invertebrados pequeños (isópodos, copépodos y decápodos), estos pudieron generar cierto grado de competencia o constituir recursos por su presencia como alimento, en el patrón de asociación de peces crípticos en el arrecife artificial.

Trabajos realizados en arrecifes templados con peces crípticos (Allen *et al.*, 1992; Cobb, 2002) han reportado valores bajos de diversidad en la zona de California (1.5 bits/ind. en promedio). En este sentido, González (2003) reporta para Bahía de la Paz, valores de diversidad en áreas coralinas de 1.9 bits/ind. y en paredes de 2.7 bits/ind. Esto contrasta con lo registrado en el presente trabajo, pues los valores de diversidad estuvieron por arriba, tanto en cabezas de coral (3.02 bits/ind.), como en paredes rocosas (3.18 bits/ind). Con relación a sistemas artificiales en la zona, Calderón (2004) reporta valores de diversidad entre 1.46 y 1.59 bits/ind. para peces crípticos, mientras que Arreola (1998) lo hace para peces conspicuos (2.3 bits'ind.).

La diversidad registró diferencias significativas ( $P = 0.006$ ) entre el arrecife artificial y los hábitats naturales. Estas diferencias se debe en gran medida a que las poblaciones abiertas, están influenciadas por factores tales como el aprovisionamiento de larvas, preferencias durante su asentamiento, depredación y competencia por espacio y alimento (Almany, 2003), lo que genera la diferencia existen entre la diversidad de especies y la distribución de la abundancia en los ensambles (Carr, 1991). La ligera variación entre los valores encontrados entre cabezas de coral y paredes rocosas pudiera deberse a que los patrones de distribución de la abundancia son semejantes a pesar de las diferencias en riqueza. Los valores bajos de diversidad encontrados en el arrecife artificial, se corresponden con una menor riqueza a pesar de presentar una capacidad de

reclutamiento alta, debido posiblemente a que se trata de un sistema semi-protegido, constituyéndose en cierta medida en una barrera para el flujo de otros peces.

### **C) VARIACIÓN TEMPORAL CORRESPONDIENTE AL CICLO ANUAL 2001-2002.**

El estudio de la estructura comunitaria en peces arrecifales implica conocer no solo su riqueza específica, densidad, biomasa y diversidad, sino también la forma e intensidad con la que cambia con respecto al tiempo. La variabilidad temporal de peces conspicuos se encuentra bien documentada (Sale y Douglas, 1984; Sale, 1991; Pérez *et al.*, 1996; Aburto y Balart, 2001; Arreola y Elorduy, 2002; Trujillo, 2003; Villegas, 2004), mientras que es más bien escasa para los peces crípticos (Allen *et al.*, 1992; González, 2003, Calderón, 2004).

Referente al presente estudio, no se encontró una relación de los atributos comunitarios con respecto a la temperatura promedio; sin embargo se establecen variaciones temporales en la estructura comunitaria de peces crípticos.

Los resultados muestran que los valores de la riqueza, biomasa y la diversidad en hábitats naturales (paredes rocosas y cabezas de coral), disminuye conforme transcurre la temporada cálida (abril, junio, agosto), e incrementan paulatinamente hacia la temporada fría (diciembre y febrero). Algunos estudios en comunidades de peces conspicuos en la zona, han registrado una relación positiva entre la temperatura y la riqueza con máximos en primavera; mientras que el mayor pico de abundancia se presenta en otoño e invierno (época fría), cuando disminuye la temperatura (Arreola, 1998; Trujillo, 2003). Sin embargo, en el presente trabajo las menores riquezas se observaron en agosto (temporada cálida) y las mayores en febrero (temporada fría), tanto en paredes rocosas como en cabezas de coral. Por otro lado, la densidad presentó una tendencia opuesta entre paredes y cabezas de coral, siendo menor en agosto para paredes y mayor en cabezas de coral, a diferencia de lo ocurrido en febrero, donde las

mayores densidades se registraron en paredes y las menores en cabezas de coral. Este comportamiento en riqueza y densidad coinciden con lo reportado por González (2003) para comunidades de peces críticos.

En este contexto Walker y colaboradores (2002) mencionan que los cambios temporales en la estructura comunitaria de peces arrecifales se debe en gran medida a la fuerte sensibilidad que presentan los organismos a los cambios del entorno como la temperatura y las corrientes. Además que durante las épocas de reproducción, los organismos presentan una mayor exposición a los espacios abiertos como los arrecifes rocosos, donde hay mayor incidencia de depredadores, trayendo consigo una disminución en la supervivencia de los reclutas; mientras que en espacios reducidos como los arrecifes coralinos, el reclutamiento y la abundancia es menor (Hindell *et al.*, 2000).

En el arrecife artificial, se observó todo lo contrario que en los hábitats naturales, registrando la menor riqueza durante el inicio del experimento (abril) y la máxima en octubre (temporada cálida), en este sentido, podemos mencionar que la estructura de los módulos presentó un efecto positivo en el asentamiento de algunas especies, como resultado de la abundancia proveniente de los hábitats naturales durante la temporada cálida. Por otro lado, la mínima y máxima densidad se registraron durante la temporada fría (diciembre y febrero). Este cambio drástico de diciembre a febrero, indican que las condiciones fueron extremas en los módulos, probablemente como resultado de las fuertes interacciones de competencia por alimento y espacio, además de la depredación.

El patrón temporal de biomasa en los hábitats naturales (paredes rocosas y cabezas de coral), presentó patrones muy similares, registrando dos picos máximos de biomasa. Uno, en junio (temporada cálida) y otro en febrero (temporada fría). Esto se debe principalmente, que durante estos meses se registraron las mayores riquezas y las tallas más grandes de las especies dominantes. Asimismo se puede suponer que los factores ambientales afectan a cada arrecife por igual, ya que se ha observado que en

ambos hábitats existe un grado de similitud en cuanto a la asociación y composición de especies. En este contexto, Anderson y colaboradores (1989) mencionan que la biomasa de organismos residentes sobre un hábitat determinado dentro del arrecife presenta una menor variación, a diferencia del número de especies, ya que probablemente el crecimiento de los individuos sobrevivientes sobre un arrecife es compensado por la mortalidad de los individuos.

El arrecife artificial presentó un patrón muy similar a los hábitats naturales, registrando sus picos máximos en agosto (temporada cálida) y febrero (temporada fría), causado principalmente por la abundancia y talla de los organismos, más que por la riqueza específica. El desfase ocurrido en la temporada cálida, entre el arrecife artificial y los hábitats naturales, demuestra que las poblaciones de peces crípticos presentan una organización y dinámica similares, variando solo en el número de organismos por especies, que generalmente fue mayor en arrecife artificial, específicamente *Scorpaenodes xyris*, *Lythrypnus dalli* y *Protemblemaria bicirris*, lo cual está relacionado con el diseño y extensión del sistema artificial.

El patrón de diversidad entre los hábitats naturales presentó ligeras variaciones temporales, registrando las mayores diversidades en abril-junio (temporada cálida) y diciembre-enero (temporada fría) en las paredes rocosas; mientras que las cabezas de coral, las registraron en abril y diciembre, por otro lado, las menores diversidades fueron registradas durante junio-agosto (temporada cálida), tanto en paredes rocosas como en cabezas de coral. En este sentido, González (2003) menciona que la variabilidad temporal entre las zonas coralinas y las zonas de paredes rocosas, son el resultado de las asociaciones ícticas arrecifales de sistemas rocosos, debido a que poseen riquezas específicas y diversidades más altas que las registradas en los sistemas coralinos.

Por otro lado, el patrón de diversidad en el arrecife artificial presentó, una mayor variación temporal y diversidades menores a los del arrecife natural, registrando un

incremento paulatino en la diversidad conforme transcurría la temporada cálida a fría, resultado del patrón temporal de la riqueza específica y abundancias de los organismos.

#### **D) ESTRUCTURA DE TALLAS DE LAS ESPECIES DOMINANTES, DURANTE EL CICLO ANUAL 2001-2002.**

La estructura de tallas de las especies dominantes que estuvieron presentes en los tres hábitats arrecifales, fueron *Scorpaenodes xyris* y *Elacatinus punctulatus*, los resultados indicaron que *S. xyris* no presentó diferencias significativas ( $P = 0.1042$ ) entre las tallas con respecto al arrecife artificial y los hábitats naturales, sin embargo, en el arrecife artificial se registró un patrón temporal en el incremento de la estructura de tallas, mientras que en paredes rocosas y cabezas de coral solo se registraron tallas mayores. Para *E. punctulatus*, el análisis reveló que existen diferencias significativas ( $p < 0.00$ ) entre las tallas con respecto al arrecife artificial y los hábitats naturales, causado probablemente por la estructura del arrecife artificial (luz de malla), pues solo reclutó individuos de talla pequeña. Sin embargo, es importante señalar, que la ausencia de tallas mayores y la presencia ocasional de los individuos pequeños, pueden ser el resultado del efecto de la depredación (Hixon y Beets, 1989).

Calderón (2004), estudio los patrones temporales de la estructura de tallas de peces crípticas en tres tipos de arrecife artificial en El Merito, Bahía de La Paz. Dicho trabajo es el único antecedente que se tiene, en el estudio temporal de este tipo de especies.

Las mayores tallas de las especies dominantes, fueron registradas en los hábitats naturales (paredes rocosas y cabezas de coral), a diferencia de las del arrecife artificial. Sin embargo, en algunas especies se observó un patrón temporal claro, en la estructura de tallas, como *Lythrypnus pulchellus*, *Elacatinus punctulatus*, *Crocodilichthys gracilis*,

*Canthigaster punctatissima* y *Apogon retrosella*; mientras que para el arrecife artificial, lo fueron *Scorpaenodes xyris*, *Crocodilichthys gracilis* y *Elacatinus digueti*.

De manera general, el patrón temporal de la estructura de tallas de las especies registradas para hábitats naturales, presentaron patrones muy similares: *L. pulchellus*, *E. puncticulatus*, y *C. gracilis*, registraron sus tallas máximas en junio (temporada cálida) y *C. punctatissima*, y *A. retrosella* las presentaron tanto en junio como agosto. Posteriormente se observó una disminución paulatina en la estructura de tallas hacia diciembre (temporada fría).

El arrecife artificial mostró una ligera variación temporal en la estructura de tallas, con respecto a los hábitats naturales, *C. gracilis* y *E. digueti* registraron tallas mínimas en abril y agosto (temporada cálida) respectivamente, las cuales se incrementaron paulatinamente hasta alcanzar sus tallas máximas en octubre, posteriormente disminuyeron hacia diciembre y febrero (temporada fría); mientras que *S. xyris* registró un incremento paulatino en la estructura de tallas de abril a diciembre (temporada fría), coincidiendo este último patrón temporal de tallas, con lo reportado por Calderón (2004), para esta especie.

La relación de la estructura de tallas de las especies de peces crípticos en el arrecife artificial, permite suponer que el diseño y localización del arrecife artificial presentó un carácter atractivo-concentrador, considerando que los peces reclutados en el sistema, proceden de las zonas naturales cercanas (paredes rocosas y cabezas de coral); sin embargo resultaría interesante ver el efecto, que tiene el arreglo de la estructura de tallas en cada hábitat con respecto al tiempo.

#### **D) VARIACIÓN INTERANUAL EN EL ARRECIFE ARTIFICIAL.**

El patrón de la comunidad de peces crípticos registrado durante el ciclo anual 2002-2003 muestra un incremento en el número de familias (Apogonidae, Tetraodontidae, Scaridae y Grammistidae), número de especies (de 17 a 22), así como una mayor abundancia. En este sentido, se observó un cambio en el orden de las tres principales especies dominantes del primer ciclo anual (*Protemblemaria bicirris*, *Scorpaenodes xyris* y *Elacantinus punctulatus*,) al segundo ciclo (*Lythrypnus dalli*, *Scorpaenodes xyris* y *Protemblemaria bicirris*, *Elacantinus digueti* y *Paraclinus sini*). Almany (2003) menciona que los cambios en la estructura de las especies dominantes, son principalmente causados por el aporte de larvas que llegan estocásticamente al sistema, mas que por procesos determinísticos que operan durante o después del asentamiento que influyen en la estructura final de la comunidad. Sin embargo, no hay que dejar a un lado, que los patrones iniciales de abundancia generada por la incorporación de juveniles, puede ser rápidamente y fuertemente modificada por interacciones post-asentamiento entre juveniles y residentes.

Por otro lado, la afinidad biogeográfica de las especies registrada en el arrecife artificial durante los dos ciclos anuales, mostraron una mayor selección por la fauna ictiológica de la provincia Panámica (65.39 %), seguida por las especies de las provincias del Mar de Cortés (15.38%), Californiana (11.54%) y de origen Indopacífico (7.69%).

La dinámica temporal de los atributos comunitarios en el arrecife artificial, indicaron que no existe una variabilidad interanual, en los parámetros de biomasa, densidad y diversidad, al no presentar diferencias significativas entre los dos ciclos anuales; mientras que la riqueza específica, sí presenta una variabilidad interanual.

Con base en los patrones temporales de los atributos comunitarios durante los dos ciclos anuales, se registro que la biomasa, la densidad y la diversidad, presentaron un patrón similar, presentando los valores máximos en julio agosto y septiembre (temporada

cálida), mientras que los valores mínimos ocurren en noviembre diciembre y enero (temporada fría). Por otro lado, la riqueza específica, presentó una mayor variación dentro de los dos ciclos, por lo cual, es difícil establecer un patrón temporal. En este sentido, Bohnsack y colaboradores (1994) mencionan que la estimación de los cambios temporales en la riqueza, la densidad, y la biomasa, son fundamentales cuando se trata de evaluar sistemas artificiales con características similares.

Savino y Stein, (1989) mencionan que el mayor efecto en las variaciones temporales en sistemas artificiales, es resultado de las interacciones ecológicas establecidas (depredación, competencia por alimento y espacio, así como sus interacciones con otros peces) durante periodos críticos o renovación de la estructura de la comunidad de peces. Además es importante tomar en cuenta que las especies pequeñas generalmente tienen ciclos de vida cortos y que los cambios en las asociaciones suceden en periodos cortos (Boyle *et al.*, 2001).

La incidencia de las tallas de los peces crípticos en el arrecife artificial, mostraron que el arrecife artificial presento un carácter atractivo-concentrador, principalmente para el desarrollo de especies como *Protembremaria bicirris*, *Scorpaenodes xyris*, *Lythrypnus pulchellus* y *Crocodilichthys gracilis*.

## CONCLUSIONES.

La estructura de la comunidad de peces crípticos en el arrecife artificial presentó una mayor similitud con las paredes rocosas, considerando su densidad, biomasa y especies compartidas. Además, en ambos casos la dominancia es dada por unas pocas especies, especialmente *Scorpaenodes. xyris* y *Lythrypnus dalli*.

El comportamiento temporal de los indicadores comunitarios de las asociaciones de peces crípticos en los tres tipos hábitats arrecifales, no presentó una clara estacionalidad o termo-dependencia como la registrada en muchas comunidades de peces conspicuos.

El cambio en la estructura de la comunidad de peces crípticos en el arrecife artificial, establece que existe una variabilidad interanual, ya que la riqueza específica y diversidad se incrementó de un ciclo a otro.

El Arrecife artificial presentó una disponibilidad adecuada en el reclutamiento de peces crípticos, sirviendo como un atractor-concentrador.

## LITERATURA CITADA.

- Abelson, A. y Y. Shlesinger. 2002. Comparison of the development of coral and fish communities on rock-aggregated artificial reefs in Eilat, Red Sea. **J. Mar. Sci.** 59: 122-126.
- Aburto. O. 1999. Relación entre la distribución y la diversidad con respecto al hábitat, de la ictiofauna arrecifal de Los Islotes, B.C.S., México. **Tesis de Maestría.** CICIMAR-IPN. 71 pp.
- Aburto-Oropeza, O. y E. F. Balart. 2001. Community structure of fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. **Mar. Ecol.** 22 (4): 287-305.
- Ackermann, J. L. y D. R. Bellwood. 2000. Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 206: 227-237.
- Almany, R. G. 2003. Priority effects in coral reef fish communities. **Ecol.** 84 (7): 1920-1935.
- Allen, R. 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.
- Allen, R. G y D. R. Robertson. 1998. Peces del Pacifico Oriental Tropical. **2ª Ed. University of Hawaii Press.** 327 pp.
- Anderson, W. T., E. E. Demartini y R. A. Dale. 1989. The relationship between habitat structure, body size and distribution of fishes at a temperate artificial reef. **Bull. Mar. Sci.** 44(2): 681-697.
- Arreola, R. J. L. 1998. diversidad de peces de arrecife en la región de la Paz, B.C.S., México. **Tesis de Maestría.** CICIMAR-IPN. 83 pp.
- Arreola, R. 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., R. Ponce, O. Aburto, L. Campos, J. L. Castro-Aguirre, L. T. Findley, E. Amador, A. González y G. Paredes-Ríos. 2002. Reef fish and diversity and abundance isolated coral heads in Bahía de La Paz, Gulf of California, México. 88-89 pp. **En:** Joint meeting of Ichthyologists and Herpetologists. 2002. University of Kansas. USA.
- Bell, J. R. y R. Galzani. 1984. Influence of live coral cover on coral-reef fish communities. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 15: 265-274.
- Beets, J. 1989. Experimental evaluation of fish recruitment to combinations of fish aggregating devices and benthic artificial reef. **Bull. Mar. Sci.** 44(2): 973-983.
- Briggs, J. C. Marine zoogeography. **Mc Graw Hill.** U. S. A. 475 pp.
- Bohnsack, J. A., Harper, E. D., McClellan, B. D. y M. Hulsbeck. 1994. Effects of reef size on colonization and assemblage structure of fishes at artificial reefs off Southeastern Florida, U.S.A. **Bull. Mar. Sci.** 55 (2-3): 796-823.
- Bohnsack, J. A. y D. L. Sutherland. 1985. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. **Bull. Mar. Sci.** 37 (1): 11-39.
- Bohnsack, J. A. y F. H. Talbot. 1980. Species packing by reef fishes on Australian and Caribbean reefs: an experimental approach. **Bull. Mar. Sci.** 44. 631-645.
- Brock, R. E. 1982. A critique of visual census method for assessing coral reef fish populations. **Bull. Mar. Sci.** 32: 269-275  
Pratt, J.R. 1994. Artificial habitats and ecosystem restoration: Managing for the future. **Bull. Mar. Sci.** 55 (2-3): 268-275.
- Calderon, P. M. 2004. Ictiofauna asociada a dispositivos agregadores de peces dentro de la Bahía de La Paz, B.C.S. México. **Tesis de Licenciatura.** UABCS. 77 pp.
- Caley, J. M. y J. St. John. 1996. Refuge availability structures assemblages of tropical reef fishes. **J. Anim. Ecol.** 65: 414-428.

- Carr, M. H. 1991. Habitat selection and recruitment of an assemblage of temperate zone reef fishes. **J. Exp. Biol. Ecol.** 146: 113-137
- Carr, M. H. y M. A. Hixon. 1995. Predation effects on early post-settlement survivorship of coral-reef fishes. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 124: 31-42.
- Carr, M. H. y M. A. Hixon. 1997. Artificial reef. The importance of comparison with natural reefs. **Artificial Reef Management.** 22 (4): 28-33.
- Clarke, R. D. 1989. Population fluctuation, competition and microhabitat distribution of two species of tube blennies, *Acanthemblemaria* (Teleostei: Chaenopsidae) **Bull. Mar. Sci.** 44: 1174-1185.
- Cobb, J. R. 2002. Population dynamics and productivity of cryptic fishes. 118pp. **En:** Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists 2002. University of Kansas. U. S. A.
- Chandler, R., Sanders, Jr. R. M. y M. R. Landry, Jr. 1985. Effects of three substrate variables on two artificial reef fish communities. **Bull. Mar. Sci.** 37:129-142.
- Danner, M. E., Wilson, C. T. y R. E. Scholotterbeck. 1994. Comparison of rockfish recruitment of nearshore artificial and natural reefs off the coast of Central California. **Bull. Mar. Sci.** 55 (2-3): 333-387.
- De la Cruz-Agüero, G. 1991. Manual de programa de análisis de comunidades (ANACOM) **CIVESTAV- IPN.** Merida, Yucatan. México. 216 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.
- Deudero, S. 2001. Interspecific trophic relationships among pelagic fish species underneath FADs. **J. Fish. Biol.** 58: 53-67.
- Doherty, P. J. 1991. Spatial and temporal patterns in recruitment. **En:** Sale, P.F. (Ed). The ecology of coral reef fishes. Academic Press. 261-293.
- Eschmeyer, N. W., Heral, S. E., Hammann, H. y J. Gnagy. 1993. **A field guide to Pacific Coast fishes North America.** Press. Houghton-Mifflin. Boston. U. S. A. 336 pp.

- Fischer, W., Krupp, F. Schneider, W., Summer, C., Carpenter, K. E. y V. H., Niem. 1995. **Guia FAO para la identificación de especies para los fines de pesca Pacífico Centro-Oriental**. Roma. FAO. Vol. II: 647-1200 pp.
- Gibson, R. N. 1967. The use of the anesthetic quinaldine in fish ecology. **J. Anim. Ecol.** 36: 215-234.
- González, C. A. 2003. Variabilidad espacio-temporal de las asociaciones de peces crípticos en áreas arrecifales coralinas y rocosas de la región de La Paz, B.C.S. **Tesis de Maestría**. CIBNOR. 84 pp.
- Greenfield, D. W. 2003. a survey of the small reef fishes of Kāneo ohe Bay, O'ahu, Hawaii Island. **Pac. Sci.** 57(1): 45-76.
- Grove, R.S. y Wilson, C.A. 1994. Introduction to aquatic habitat enhancement. **Bull. Mar. Sci.** 55(2-3): 265-267.
- Hindell, J. S., P. Jenkins y M. J. Keough. 2000. Variability in abundance of fishes associated with seagrass habitats in relation to diets of predatory fishes. **Mar. Biol.** 136: 725-737.
- Hoese F. D. y S. Reader. 2001. A preliminary review of the eastern Pacific species of *Elacatinus* (Perciformes: Gobiidae). **Rev. Biol. Trop.** 49 Supl. 1:157-167.
- Hubbs, C. L. y L. K. Lagler. 1974. Fish of the Great Lakes Region. Ann Arbor: **University of Michigan Press**. 18 pp.
- Krebs, C. J. 1999. Ecological methodology. **2ª. Ed. Addison Wesley Longman, Inc.** 620 pp.
- Linsay, J. B. 2003. Temporal patterns in the settlement of cryptic reef fish. p 42. **En: Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists 2003**. INPA. Brasil.
- Ludwig, J. A. y , J. F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. A primer on methods and computing. **John Wiley & Sons**. New York, U. S. A. 337 pp.

- Molles, M. C. 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.
- Patzner, R. A. 1999. Habitat utilization and depth distribution of small cryptobenthic fishes (Blenniidae, Gobiesocidae, Gobiidae, Tripterygiidae) in Ibiza (Western Mediterranean Sea). **Env. Biol. Fish.** 55: 199-206.
- 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.
- Pickering, H., Withmarsh, D. y A. Jensen. 1998. Artificial reefs as a tool to aid rehabilitation of coastal ecosystems: investigating the potential. **Reef Design and materials Workshop.** Southampton. 16 pp.
- Polovina, J. J. 1994. Function of artificial reef. **Bull. Mar. Sci.** 55 (2-3): 1349.
- Potts, A. T. y A. W. Hulbert. 1994. Structural influence of artificial and natural habitats on fish aggregation in Onslow Bay, North Carolina. **Bull. Mar. Sci.** 55 (2-3): 609-623.
- Prochazka, K. 1998. Spatial and trophic partitioning in cryptic fish communities of shallow subtidal reef in False Bay, south Africa. **Env. Biol. Fish.** 55: 207-214.
- Romero, P. R. C. 2002. Estructura comunitaria de peces asociados a cabezas de coral en cuatro localidades de Bahía de La Paz, B.C.S., México. **Tesis de Licenciatura.** UABCS. 97 pp.
- Rilov, G. y Y. Benayahu. 2002. Rehabilitation of coral reef-fish communities: the importance of artificial-reef to recruitment rates. **Bull. Mar. Sci.** 70: 185-197.
- Sale, P. F. 1977. Maintenance of high diversity in coral reef communities. **Amer. Nat.** 111: 337-359.

- Sale, P. F. 1979. Recruitment, loss and coexistence in a guild of territorial coral reef fishes. **Oecologia**. 42: 159-177.
- Sale, P.F. 1991. The Ecology of fishes on coral reef. **Academic Press**. U.S.A. 75 pp.
- Sale, P. F. y W. A. Douglas. 1984. Temporal variability in the community structure of fish on coral match reefs and relation of community structure. **Ecology**. 65(2): 409-422.
- Seaman, Jr. W. 2001. Artificial reef evaluation. With application to natural marine habitats. **CRC Press**. U.S.A. 246 pp.
- Seaman, W. Jr., Buckley, R. M. y J J. Polovina. 1989. Advances in knowledge and priorities for research, tecnology and management related to artificial aquatic habitats. **Bull. Mar. Sci.** 44 (2): 527-532.
- Seaman, W. Jr. y L. M. Sprague. 1991. Artificial habitat practices in aquatic systems. **En: Artificial habitats for marine and freshwater fisheries.** (eds. Seaman, W. Jr. y Sprague, L.M.), pp. 1-29. Academic Press, Inc. San Diego, USA.
- StatSoft, Inc. 2000. **Statistica for Windows**. StatSoft. Tulsa, Oklahoma.
- Van Tassell. 2002. Key to the Eastern Pacific general of Gobiids from Northern Mexico to Chile. **Gobioid Research Institute**
- Thomson, D. A. y M. Gilligan. 1983. The rocky-shore fishes. **En: Case T.J. y M.L. Cody (Eds).** Island Biogeograpy in Sea of Cortez. University of California Press. U. S. A. p 508
- Thomson, D.A. L.T. Findley y A. N. Kerstitch. 1979. Reef fishes of Sea of Cortez: The rocky-shore fishes of the Gulf of California. John Willey and Sons. USA. 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**. U. S. A. 374 pp.

- Trujillo, M. O. 2003. Reclutamiento de peces de arrecife en Isla Cerralvo y Punta Perico, B.C.S., México. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. 78 pp.
- Villegas, S. C. 2004. Ictiofauna de arrecifes rocosos en la Isla San José, B.C.S., México. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. 84 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.
- Walker, B. K., B. Henderson y R. E. Spieler. 2002. Fish assemblages associated with artificial reefs of concrete aggregates or quarry offshore Miami Beach, Florida, USA. **Aquat. Liv. Res.** 15: 95-105.
- Willis, T. J. 2001. Visual census 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.
- Wilson, J., C. W. Osenberg, C. St. Mary, C. A. Watson y W. J. Lindberg. 2001. Artificial reef, the attraction-production issue, and density dependence in marine ornamental fishes. **Aquat. Sci. Co.** 3: 95-105.

## ANEXO A

Listado sistemático y afinidad ictiogeográfica de la ictiofauna críptica y arrecifal en Punta Diablo, Bahía de La Paz, B.C.S.; México, durante el periodo 2001-2003 (Clasificación sistemática basada en Nelson, 1994, Robertson y Allen, 2002). (Provincia Panámica = PA, Provincia Mar de Cortés = MC, Provincia Californiana = CA, provincia Mexicana = ME y Origen del Indopacífico = IN).

Phylum	Chordata	
Subphylum	Vertebrata (Craniata)	
Superclase	Gnathostomata	
Grado	Teleostomi	
Clase	Actinopterygii	
Subclase	Neopterygii	
División	Teleostei	
Subdivisión	Elopomorpha	
Orden	Anguilliformes	
Suborden	Muraenoidei	
Familia	Muraenidae	
Subfamilia	Uropterygiinae	
	<b>Anarquias</b> Jordan y Starks 1906	
	<b>galapagensis</b> (Seale 1940)	(PA)
	Subfamilia Muraeninae	
	<b>Gymnothorax</b> Bloch 1795	
	<b>panamensis</b> (Steindachner 1876)	(PA)
	<b>Muraena</b> Linnaeus 1758	
	<b>lentiginosa</b> (Jenyns 1842)	(PA)
Subdivisión	Euteleostei	
Orden	Lophiiformes	
Suborden	Antennarioidei	
Familia	Antennariidae	
Subfamilia	Antennariidne	
	<b>Antennarius</b> Schultz 1957	
	<b>strigatus</b> (Gill 1863)	(PA)
Orden	Gasterosteiformes	
Suborden	Syngnathoidei	
Infraorden	Syngnata	
Superfamilia	Syngnathoidea	
Familia	Syngnathidae	
Subfamilia	Syngnathinae	
Tribu	Doryhamphini	
	<b>Doryrhamphus</b> Kaup 1856	
	<b>excisus</b> (Kaup 1856)	(IN)
Orden	Scorpaeniformes	

Suborden	Scorpaenoidei	
Familia	Scorpaenidae	
Subfamilia	Scorpaeninae	
	<b>Scorpaenodes</b> Bleeker 1857	
	<b>xyris</b> (Jordan y Gilbert 1882)	(PA)
Serie	Percomorpha	
Orden	Beryciformes	
Familia	Holocentridae	
Subfamilia	Myripristinae	
	<b>Myripristis</b>	
	<b>leiognathus</b> (Valenciennes 1846)	(PA)
Orden	Perciformes	
Suborden	Percoidei	
Superfamilia	Percoidea	
Familia	Serranidae	
Subfamilia	Epinephelinae	
Tribu	Epinephelini	
	<b>Epinephelus</b> Bloch 1793	
	<b>analogus</b> (Gill 1864)	(PA)
	<b>Mycteroperca</b>	
	<b>prionura</b> (Rosenblatt y Zahuranec 1967)	(MC)
	<b>Paranthias</b> Guichenot 1868	
	<b>colonus</b> (Valenciennes 1846)	(PA)
Tribu	Grammistini	
	<b>Pseudogramma</b> Bleeker 1857	
	<b>thausium</b> (Gilbert 1900)	(PA)
Subfamilia	Serraninae	
	<b>Serranus</b> Cuvier 1816	
	<b>psittacinus</b> (Valenciennes 1855)	(PA)
	<b>Paralabrax</b>	
	<b>auroguttatus</b> (Walford 1936)	(CA)
	<b>maculatofasciatus</b> (Steindachner 1868)	(CA)
Familia	Apogonidae	
Subfamilia	Apogoninae	
	<b>Apogon</b> Lacépede 1801	
	<b>pacifici</b> (Herre 1935)	(PA)
	<b>retrosella</b> (Gill 1862)	(ME)
Familia	Scianidae	
Subfamilia	Scianinae	
Tribu	Equitini	
	<b>Pareques</b> Gill 1876	

		<b><i>viola</i></b> (Gilbert 1898)	<b>(PA)</b>
Familia	Chaetodontidae	<b><i>Johnrandallia</i></b> Nalbant 1974	
		<b><i>nigrirostris</i></b> (Gill 1862)	<b>(PA)</b>
Familia	Pomacanthidae	<b><i>Holocanthus</i></b> Lacépede 1802	
		<b><i>passer</i></b> (Valenciennes 1846)	<b>(PA)</b>
		<b><i>Pomacanthus</i></b> Lacépede 1802	
		<b><i>zonipectus</i></b> (Gill 1862)	<b>(PA)</b>
Superfamilia	Cirrhitidae		
Familia	Cirrhitidae	<b><i>Cirrhitichthys</i></b> Bleeker 1855	
		<b><i>oxycephalus</i></b> (Bleeker 1855)	<b>(IN)</b>
		<b><i>Oxycirrhites</i></b> Bleeker 1857	
		<b><i>typus</i></b> (Bleeker 1857)	<b>(IN)</b>
Suborden	Labroidei		
Familia	Pomacentridae		
Subfamilia	Chominae	<b><i>Chromis</i></b> Cuvier 1814	
		<b><i>atrilobata</i></b> (Gill 1862)	<b>(PA)</b>
		<b><i>limbaughi</i></b> (Greenfield y Woods 1980)	<b>(MC)</b>
Subfamilia	Pomacentrinae	<b><i>Stegastes</i></b> Jenyns 1842	
		<b><i>rectifraenum</i></b> (Gill 1862)	<b>(ME)</b>
Familia	Labridae		
Tribu	Hypsigenyini	<b><i>Bodianus</i></b> Bloch 1790	
		<b><i>diplotaenia</i></b> (Gill 1862)	<b>(PA)</b>
		<b><i>Halichoeres</i></b>	
		<b><i>melanotis</i></b> (Gilbert 1890)	<b>(PA)</b>
		<b><i>Thalassoma</i></b> Swainson 1839	
		<b><i>lucasanum</i></b> (Gill 1862)	<b>(PA)</b>
Familia	Scaridae		
Subfamilia	Scarinae	<b><i>Scarus</i></b>	
		<b><i>ghobban</i></b> (Forsskal 1775)	<b>(PA)</b>
Suborden	Blennioidei		
Familia	Tripterygiidae	<b><i>Axoclinus</i></b> Fowler 1944	

		<b><i>lucillae</i></b> (Fowler 1944)	<b>(PA)</b>
		<b><i>multicinctus</i></b> (Allen y Robertson 1992)	<b>(PA)</b>
		<b><i>Crocodilichthys</i></b> Allen y Robertson 1991	
		<b><i>gracilis</i></b> (Allen y Robertson 1991)	<b>(MC)</b>
		<b><i>Enneanectes</i></b> Jordan y Evermann 1895	
		<b><i>sexmaculatus</i></b> (Fowler 1944)	
Familia	Labrisomidae		
Tribu	Labrisomini		
		<b><i>Malacoctenus</i></b> Gill 1860	
		<b><i>zaca</i></b> (Springer 1959)	<b>(PA)</b>
Tribu	Paraclinini		
		<b><i>Exerpes</i></b> Jordan y Evermann 1896	
		<b><i>asper</i></b> (Jenkins y Evermann 1889)	<b>(MC)</b>
		<b><i>Paraclinus</i></b> Mocquard 1888	
		<b><i>sini</i></b> (Hubb 1952)	
Familia	Chaenopsidae		
Subfamilia	Chaenopsinae		
		<b><i>Acanthemblemaria</i></b> Metzelaar 1919	
		<b><i>crockeri</i></b> (Beebe y Tee-Van 1938)	<b>(MC)</b>
		<b><i>Protemblemaria</i></b> Stephens 1963	
		<b><i>bicirris</i></b> (Hildebrand 1946)	<b>(PA)</b>
Familia	Blenniidae		
Tribu	Parablenniini		
		<b><i>Hypsoblennius</i></b> Gill 1861	
		<b><i>gentilis</i></b> (Girard 1854)	<b>(CA)</b>
Suborden	Gobioidei		
Familia	Gobiidae		
Subfamilia	Gobiinae		
		<b><i>Barbulifer</i></b> Eigenmann y Eigenmann 1888	
		<b><i>pantherinus</i></b> (Pellegrin 1901)	<b>(MC)</b>
		<b><i>Chirolepis</i></b> Gilbert 1892	
		<b><i>zebra</i></b> Ginsburg (1938)	<b>(MC)</b>
		<b><i>Coryphopterus</i></b> Gill 1863	
		<b><i>urospilus</i></b> Ginsburg 1938	<b>(PA)</b>
		<b><i>Gobiosoma</i></b> Girard 1858	
		<b><i>chiquita</i></b> (Jenkins y Evermann 1889)	<b>(MC)</b>
		<b><i>Gobulos</i></b> Ginsburg 1933	
		<b><i>hancocki</i></b> (Ginsburg 1938)	<b>(PA)</b>

	<b><i>Lythrypnus</i></b> Jordan y Evermann 1896	
	<b><i>dalli</i></b> (Gilbert 1890)	<b>(PA)</b>
	<b><i>pulchellus</i></b> (Ginsburg 1938)	<b>(PA)</b>
Subfamilia	Gobionellinae	
	<b><i>Elacatinus</i></b> Jordan 1904	
	<b><i>punctulatus</i></b> (Ginsburg 1938)	<b>(PA)</b>
	<b><i>digueti</i></b> (Pellegrin 1901)	<b>(PA)</b>
Serie	Percomorpha	
Orden	Tetraodontiformes	
Suborden	Tetraodontoidei	
Superfamilia	Balistoidea	
Familia	Balistidae	
	<b><i>Balistes</i></b> Linnaeus 1758	
	<b><i>polylepis</i></b> (Steindachner 1876)	<b>(PA)</b>
Superfamilia	Tetraodontoidea	
Familia	Tetraodontidae	
Subfamilia	Canthigasterinae	
	<b><i>Canthigaster</i></b> Swainson 1839	
	<b><i>punctatissima</i></b> (Günther 1870)	<b>(PA)</b>