



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
BAJA CALIFORNIA SUR**



**ÁREA INTERDISCIPLINARIA DE CIENCIAS DEL MAR**  
Departamento de Biología Marina

**ICTIOFAUNA ASOCIADA A DISPOSITIVOS AGREGADORES DE  
PECES DENTRO DE LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S. MÉXICO.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**BIÓLOGO MARINO**

PRESENTA:

**MANUEL CALDERÓN PARRA**

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. EDUARDO F. BALART PÁEZ

La Paz, Baja California Sur, México    Marzo de 2004



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

Apartado Postal 19-B  
Código Postal 23080  
La Paz, B.C.S.

Tels. 128 04 40, 128 05 69  
y 128 04 32  
Fax 128 08 01 y 128 08 80



AREA INTERDISCIPLINARIA  
DE CIENCIAS DEL MAR

Departamento de Biología Marina

Fecha: 4 de marzo de 2004.

**BIOL. MAR. EMELIO BARJAU GONZALÉZ**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA MARINA**  
**PRESENTE.**

Los abajo firmantes comunicamos a Usted, que habiendo revisado el Trabajo de Tesis que realizó (ron) el (la) pasante (s): Manuel Calderón Parra

Con el Título: Ictiofauna asociada a dispositivos agregadores de peces dentro de la Bahía de La Paz, B.C.S., México.

Otorgamos nuestro voto aprobatorio y consideramos que dicho Trabajo está listo para su defensa a fin de obtener el título de Biólogo Marino.

M. en C. Octavio Aburto Oropeza

Nombre Completo

Firma

PRESIDENTE

M. en C. Eduardo Francisco Balart Páez

Nombre Completo

Firma

SECRETARIO

M. en C. Luis Gerardo Hernández Moreno

Nombre Completo

Firma

VOCAL

M. en C. Lucía Campos Dávila

Nombre Completo

Firma

SUPLENTE

M. en C. Emelio Barjau González

Nombre Completo

Firma

SUPLENTE

M. en C. Eduardo Francisco Balart Páez

Nombre Completo

Firma

DIRECTOR



TE  
1481  
Ej. 4

061420

FECHA DE VENCIMIENTO

~~DEVUELTO~~

~~DEVUELTO~~

DEVUELTO

DEVUELTO

PO-BIB-007-F01

Forma 110-06

## *A MIS PADRES.....*

A ti SR. Jesús Calderón. Por el apoyo y fortaleza que incondicionalmente siempre me haz brindado en cada una de mis ideas, por ser mi Padre, amigo, y por superar juntos problemas que solo nos hacen más fuertes, por representar mi orgullo y felicidad, por que eres mi meta y espero alcanzarte. Por ello significas lo mejor que te puedo decir:

..... Todas aquellas palabras precisas de alegría y tranquilidad que se resumen en un día de pesca contigo.

A ti Mamá. Luz María Parra. Por ser mi Madre, por creer en mi, aguantar mi carácter, y demostrarme que significas el pilar que le da fuerza a mi familia en cada momento difícil, por estar y escucharme en cada momento que te necesité durante la carrera, por interesarte en ella. Por que sabes que vivo de sueños:

.....Te dedico el mejor de mis sueños.

## AGRADECIMIENTOS:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por financiar el proyecto de investigación 35103-V titulado "*Peces crípticos asociados a coral, rocas y estructuras artificiales: Un análisis comparativo*" a cargo del M. en C. Eduardo Balart Páez, por medio del cual se realizó el presente trabajo. De igual manera agradezco a CONACYT por el apoyo que me brindo al otorgarme una beca, durante el tiempo de realización de este trabajo asociado al proyecto 35103-V.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) por las facilidades prestadas, uso de equipo y de instalaciones a través del proyecto PC4, los cuales fueron muy importantes para la realización de este trabajo.

A mi director de tesis, M. en C. Eduardo Balart Páez, por aceptar la dirección de este proyecto y creer en él, por permitirme llevar a cabo mis ideas y por orientarme con su conocimiento sobre ecología de peces arrecifales. A la M. en C. Lucía Campos Dávila por su gran apoyo en el Laboratorio de Ictiología para la identificación de los peces.

Al M. en C. Octavio Aburto Oropeza por formar parte importante de mi interés sobre peces de arrecife, por formar parte del comité revisor, y por las orientaciones y pláticas con respecto a las responsabilidades sobre Biología Marina. Al M. en C. Luis Gerardo Hernández, por estar desde el principio de esta idea de tesis, por sus atenciones prestadas durante la realización y revisión del proyecto, por su apoyo en campo y con el equipo de la Unidad Pichilingue de la U.A.B.C.S. : Dr. Carlos Rangel Dávalos, Alex Olivera, Hugo Ruiz. Al M. en C. Emelio Barjau por la revisión de la tesis y apoyo institucional.

Al equipo de Peces Crípticos: Alfredo Zayas, Alonso González y Roberto Carlos Romero por su apoyo y participación en campo y en laboratorio, haciendo así

más divertido y menos pesado el trabajo en campo. Al personal técnico de apoyo del CIBNOR, M. en C. Horacio Bervera, Juan José Ramírez, Mario Cota, y Genero Gurrola, quienes apoyaron decididamente el trabajo subacuático.

Al grupo de personas que formaron parte importante de mi vida durante mi carrera, Catalina, Ljudmila, Lucy, Minda, Claudia, Ismael, Gabriel, Carlos, Alvin, Jonathan, Luis, Erick, Skiol, Jorge (yiyó), Tecua, Damián, Ulises, Juan Pablo, Rafa (langostas), Jesús, Polo. A todos ustedes y quienes se me escapen, muchas gracias por asomarse de alguna forma a mi vida y darle un sentido, por formar parte de mis sueños. Que sin ustedes no existirían o serían menos.

De manera muy especial un sincero agradecimiento a mis Hermanos, Luchy, Chuy, Mary, por apoyarme, regañarme, orientarme, enojarse, y todos esos papeles que a un hermano se le permitan tomar apoyado en su jerarquía familiar, por ser parte del medió en que me he desarrollado, y significar cada uno de uds. En gran medida de quien soy y de lo que admiro de uds.....en realidad los quiero.

A mi Abuelita Manuela Manríquez (Q.E.P.D.), donde quiera que estés, mira ya termine mi tesis.

Finalmente agradecer a un grupo de personas que me demostraron en este año que termino, que existe gente que realmente vale la pena que sin pedir nada a cambio uno como persona, quitándose etiquetas, mascararas, y dejando lo material por un lado, tiene la posibilidad de hacer algo por los demás, por lo que no tengo palabras para agradecerles el haberme golpeado con guante blanco y demostrarme que después de todo hay humanos que en realidad valen la pena: Mi compadre Ismael Mascareñas, Luis Hernández, Ljudmila Moran, Jorge Ramírez y Ulises Méndez .....

## CONTENIDO.

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABLAS.....	iii
RESUMEN.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	5
4. OBJETIVO.....	6
Objetivos particulares.....	6
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	7
6. METODOLOGÍA.....	9
A) Elaboración y disposición de estructuras en el área de estudio.....	9
B) Diseño del muestreo.....	11
C) Colecta de muestras.....	13
D) Procedimiento en el laboratorio.....	13
E) Análisis de las asociaciones de peces.....	13
• Composición específica y clasificación de especies de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.....	13
• Análisis comunitarios.....	14
• Análisis estadísticos.....	15
7. RESULTADOS.....	19
7.1 COMPOSICION ESPECÍFICA GENERAL.....	19
7.1.1. Composición específica por tipo de módulo.....	20
7.1.1.a Módulo "Tipo A".....	20
7.1.1.b Módulo "Tipo B".....	20
7.1.1.c Módulo "Tipo C".....	20
7.2 ANÁLISIS DE DOMINANCIA.....	22
7.2.1 Análisis de dominancia global sobre los tres tipos de módulos.....	22
7.2.1.1 Índice del Valor de Importancia por abundancia y frecuencia	

de ocurrencia (I.V.I).....	22
7.2.1.2 Índice del Valor de Importancia por biomasa y frecuencia de ocurrencia.....	22
7.2.2 Análisis de dominancia por tipo de Módulo.....	23
7.2.2.1 Índice del Valor de Importancia (I.V.I) por abundancias por tipo de módulos.....	23
7.2.2.2 Índice del Valor de Importancia (I.V.I) por biomasas, por tipo de módulo.....	24
 7.3 CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES REGISTRADAS DE ACUERDO A SU ABUNDANCIA RELATIVA.....	26
7.3.1 Especies registradas en el área de estudio.....	26
7.3.2 Especies registradas en cada módulo.....	30
7.3.2 a Módulo Tipo A .....	30
7.3.2 b Módulo Tipo B.....	32
7.3.2 c Módulo Tipo C.....	34
 7.4 COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS TRES ESPECIES MÁS IMPORTANTES EN LOS TRES TIPOS DE MÓDULOS.....	36
 7.5 ANÁLISIS DE SIMILARIDAD ENTRE LOS TIPOS DE MÓDULOS.....	39
7.5.1 Índice de Similaridad de Morisita.....	39
7.5.2 Índice de Similaridad de Morisita Simplificado.....	39
 7.6 ANÁLISIS DE DISIMILARIDAD ENTRE LOS TIPOS DE MÓDULOS.....	40
7.6.1 Análisis de Disimilaridad por abundancia.....	40
7.6.2 Análisis de Disimilaridad Por biomasa.....	40
 7.7 ANÁLISIS DE LA DENSIDAD.....	41

7.7.1 Densidad promedio entre los módulos.....	41
7.7.2 Densidad por fecha de muestreo en cada tipo de módulo.....	42
7.8 ANÁLISIS DE DIVERSIDAD.....	45
7.8.1 Diversidad entre tipo de módulos.....	45
7.8.2 Análisis global de la diversidad.....	45
7.8.3 Comportamiento de la diversidad en cada módulo.....	46
7.9 COMPARACIÓN DEL NÚMERO DE ESPECIES REGISTRADAS POR TIPO DE MÓDULO.....	47
7.10 ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE TALLAS DE LAS TRES ESPECIES CON MAYOR DOMINANCIA DURANTE EL EXPERIMENTO.....	50
7.10.1 Comparación global de las tallas medias entre los tipos de módulo.....	50
7.10.2 Comportamiento de las tallas medias con respecto al tiempo y tipo de módulo.....	51
7.10.3 Distribución de las clases de talla con respecto al tiempo y tipo de módulo.....	53
7.11 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.....	60
8.DISCUSIÓN.....	62
A) Aportación al componente de peces crípticos.....	62
B) Arreglo de la asociación de peces sobre estructuras artificiales.....	63
C) Análisis de la estructura de tallas.....	67
9. CONCLUSIONES.....	69
10. LITERATURA CITADA.....	70
11. ELENCO SISTEMÁTICO.....	76

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig. 1. Ubicación del área de estudio dentro de La Bahía de La Paz, B.C.S.....	8
Fig. 2. Diseño de estructuras artificiales utilizadas durante el experimento.....	10
Fig. 3. Plataforma que sostiene los módulos utilizados durante el experimento.....	12
Fig. 4. Número de especies de peces registrados por familia, asociados a las estructuras artificiales durante el estudio en el Merito, B.C.S.....	19
Fig. 5. Especies registradas durante el experimento, en El Merito B.C.S., ordenadas de acuerdo a su porcentaje de abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.....	28
Fig. 6. Especies registradas, durante el experimento en El Merito B.C.S., para el módulo "Tipo A", ordenadas de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.....	30
Fig. 7. Especies registradas en el módulo "Tipo B" durante el experimento en El Merito B.C.S., ordenadas de acuerdo con el porcentaje de abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.....	33
Fig. 8. Especies registradas durante el experimento en El Merito, B.C.S., en el módulo "Tipo C", ordenadas de acuerdo al porcentaje de su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.....	35
Fig. 9. Valores promedio de la abundancia estandarizada ( $N/0.05\text{ m}^3$ ) de <i>Elacatinus punctulatus</i> en los tres tipos de módulos.....	37
Fig. 10. Valores promedio de la abundancia estandarizada ( $N/0.05\text{ m}^3$ ) de <i>Paraelinus sini</i> en los tres tipos de módulos.....	38
Fig. 11. Valores promedio de la abundancia estandarizada ( $N/0.05\text{ m}^3$ ) de <i>Scorpaenodes xyris</i> en los tres tipos de módulos.....	38
Fig.12. Análisis de disimilaridad por abundancia ( $N/0.05\text{ m}^3$ ) entre los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento .....	40
Fig.13. Análisis de disimilaridad por biomasa ( $g/0.05\text{ m}^3$ ) entre los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento .....	41
Fig. 14. Valores promedio de abundancias estandarizadas ( $N/0.05\text{ m}^3$ ) de los tres tipos de módulos.....	42
Fig. 15. Comportamiento de la densidad expresada en $\text{Ind./}0.05\text{ m}^3$ , por tiempos de muestreo durante el experimento .....	44

Fig. 16. Diversidad global registrada en cada uno de los módulos. $H'$ (bits/Ind) = índice de Shannon-Wiener.....	45
Fig. 17. Variación de la diversidad y equitatividad de forma global por tiempos de muestreo durante el experimento .....	46
Fig. 18. Comportamiento de la diversidad y equitatividad, por tiempos de muestreo, durante el experimento.....	48
Fig. 19. Valores promedio del número de especies registradas de manera global por tipo de módulo durante el experimento .....	50
Fig. 20. Valores promedio de las tallas de a) <i>Elacatinus puncticulatus</i> , b) <i>Paraclinus sini</i> y c) <i>Scorpaenodes xyris</i> entre los tipos de módulos durante el experimento.....	52
Fig. 21. Comportamiento de las tallas medias de a) <i>Elacatinus puncticulatus</i> , b) <i>Paraclinus sini</i> y c) <i>Scorpaenodes xyris</i> durante los tiempos de muestreo durante el experimento.....	54
Fig. 22. Prueba de Kruskal-Wallis para determinar la diferencia de las tallas medias de a) <i>E. puncticulatus</i> , b) <i>P. sini</i> y c) <i>S. xyris</i> entre los tipos de módulos y fechas de muestreo durante el experimento.....	55
Fig. 23. Arreglo de la estructura de talla de <i>Elacatinus puncticulatus</i> , sobre los tres tipos de módulos en cada fecha de muestreo.....	57
Fig. 24. Arreglo de la estructura de talla de <i>Paraclinus sini</i> , sobre los tres tipos de módulos en cada fecha de muestreo.....	58
Fig. 25. Arreglo de la estructura de talla de <i>Scorpaenodes xyris</i> , sobre los tres tipos de módulos en cada fecha de muestreo.....	59
Fig. 26. Valores promedio de temperatura, salinidad, y oxígeno disuelto registrados bimensualmente durante el experimento.....	61

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Total de especies asociadas por tipo de módulo.....	21
Tabla 2. Valores globales de dominancia por abundancia y por biomasa del total de especies registradas para los tres módulos de acuerdo con el I.V.I.....	23
Tabla 3. Valores en porcentaje del I.V.I. de acuerdo con la abundancia de especies para los tres tipos de módulos.....	25

<b>Tabla 4.</b> Valores en porcentaje del I.V.I. de acuerdo con la biomasa de las especies registradas para los tres tipos de módulos.....	26
<b>Tabla 5.</b> Especies dominantes, frecuentes, comunes y raras registradas durante el experimento.....	29
<b>Tabla 6.</b> Especies, dominantes, frecuentes y comunes registradas durante el experimento en El Merito B.C.S. para el módulo “Tipo A”.....	32
<b>Tabla 7.</b> Especies dominantes, frecuentes y comunes registradas durante el experimento en El Merito B.C.S. en el módulo “Tipo B”.....	34
<b>Tabla 8.</b> Especies dominantes, frecuentes y comunes registradas durante el experimento en el Merito B.C.S. en el módulo “Tipo C”.....	36
<b>Tabla 9.</b> Valores obtenidos en la prueba de Kruskal-Wallis para la diferencia de la abundancia entre las tres especies más importantes.....	37
<b>Tabla 10.</b> Matriz del coeficiente de similaridad de Morisita para los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento .....	39
<b>Tabla 11.</b> Matriz del coeficiente de similaridad del índice de Morisita simplificado para los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento.....	39
<b>Tabla.12.</b> Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de las densidades estandarizadas (N/0.05 m) entre los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento.....	42
<b>Tabla. 13.</b> Resultados del Análisis de varianza para probar la diferencia del número de especies entre los tipos de módulo durante el experimento.....	49
<b>Tabla. 14.</b> Resultados de la prueba de Tukey HSD que determinan que módulo presentó diferencias con respecto al promedio de especies.....	49
<b>Tabla. 15.</b> Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para probar la diferencias en el arreglo de las tallas de las especies dominantes con respecto al tipo de módulo durante el experimento.....	51

## RESUMEN

La principal dificultad que presenta el estudio de los peces crípticos deriva precisamente de su naturaleza críptica; presentan coloraciones similares a las presentes en su microhábitat en el arrecife, tienen un tamaño pequeño, ocupando generalmente lugares inaccesibles dentro del arrecife, y se ocultan la mayor parte tiempo, por lo que hay problemas logísticos y prácticos para su investigación. Esto se ve reflejado en los censos visuales donde son subestimados tanto cualitativa como cuantitativamente, situación que a llevado al uso de ictiocidas para el estudio y colecta, afectando negativamente al resto de la comunidad natural del arrecife. Se evidencia, por lo tanto, la necesidad de generar metodologías alternativas que permitan el muestreo y colecta de peces crípticos inocuos, para generar información sobre la estructuración y ensambles de comunidades de peces crípticos con respecto a su hábitat. Por ello, se diseñaron tres modelos de estructuras artificiales, con diferente luz de malla, para la colecta y análisis de peces asociados. a éstas, de manera bimensual en el islote el Merito, dentro de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Se registraron un total de 23 especies de peces asociados a las estructuras artificiales, correspondientes a 19 géneros repartidos en 12 familias. La gran mayoría de peces se consideran crípticos; las familias Gobiidae y Labrisomidae fueron las mejor representadas. Las especies *Elacatinus punctulatus*, *Paraclinus sini* y *Scorpaenodes xyris* permanecieron como dominantes durante todo el experimento, aunque en el arreglo del ensamble comunitario presentaron abundancias diferenciales en los tres tipos de módulos; con ésto se evidencia la selección de hábitat. La luz de malla de las estructuras no presento ningún efecto sobre las densidad total de peces entre los tres tipos de módulos, pero sí sobre la riqueza específica (a menor luz de malla mayor número de especies). Finalmente la estructura de talla de las especies dominantes (*E. punctulatus*, *P. sini* y *S. xyris*) no presentó ninguna relación con respecto al tipo de módulo, por lo cual se considera que otros procesos ecológicos (competencia por espacio, alimento, o bien efectos ocasionados por la depredación) pueden estar a la base y deben de ser estudiados.

## 1. INTRODUCCIÓN

Un arrecife artificial corresponde a uno o más objetos de origen natural o humano colocados de forma deliberada sobre el fondo marino con el fin de influenciar de manera física, biológica y socioeconómica los procesos relacionados con los recursos de vida marina. Este concepto incluye estructuras conocidas como dispositivos agregadores de peces, por sus siglas en inglés como FADs ( fish aggregation devices), ya que presentan la capacidad de concentrar o incrementar la producción de especies asociadas al arrecife, como lo son las comunidades de peces (Carr y Hixon, 1997).

En este sentido un arrecife artificial queda incluido dentro del concepto ecológico de arrecife propuesto por Thomson *et al.* (1979), quienes lo definen como cualquier estructura que ofrece un sustrato sobre el cual se puede desarrollar vida marina. Más recientemente el concepto en el cual un arrecife artificial emula la ecología natural del arrecife, está reflejado en la definición propuesta por la Cadena de Investigación Europea de Arrecifes, considerándolo como "una estructura sumergida, situada en un sustrato (fondo marino) de manera deliberada para mimetizar algunas características de un arrecife natural". Este concepto enmarca la hipótesis en la cual los procesos ecológicos producidos en los arrecifes artificiales son (o pueden ser) funcionalmente equivalentes a aquellos sistemas naturales bentónicos en un área determinada (Seaman, 2001).

Las comunidades de peces arrecifales son consideradas una de las más complejas y variables dentro de la naturaleza ya que presentan una elevada riqueza específica y una alta diversidad, características establecidas por una serie de factores que en mayor o menor grado determinan la estructura comunitaria de los peces arrecifales (Sale, 1991; Ackerman y Bellwood, 2000; Aburto y Balart, 2001).

Una parte importante dentro del estudio de estas comunidades es referido a lograr el entendimiento de las interacciones entre la estructura de la misma y la complejidad estructural del hábitat. En este sentido el reclutamiento de peces aborda dos grandes restricciones: disponibilidad de un hábitat apropiado, y la parte correspondiente al

asentamiento de larvas planctónicas procedentes de fuentes locales o distantes (Bohnsack *et al.*, 1994). Los ecólogos consideran a esta parte esencialmente importante, ya que en ella se incluye la etapa más crítica de los organismos, que corresponde al cambio de una fase pelágica larval a un tipo de vida demersal de forma juvenil y adulto, representada por un alto índice de mortalidad (Sale, 1991).

El grado de complejidad del hábitat ocasiona una partición de recursos dada por interacciones intra e interespecíficas, las cuales ejercen una presión por la competencia de espacio, alimento y el efecto ocasionado de manera directa con la depredación. Se suman a estos factores eventos estocásticos de tipo ambiental, y se observa una clara limitación de recursos que, en teoría, sólo podrán ser aprovechados por aquellas especies que presenten el mejor grado de especialización para su aprovechamiento y con mayores posibilidades de coexistir dentro de la comunidad de peces arrecifales (Arthur, 1987; Sale, 1991; Syms y Jones, 2000).

Considerando la "Hipótesis de Producción", generada con respecto al uso de arrecifes artificiales, la limitación de recursos en un hábitat natural se refleja sobre estructuras colocadas en el medio marino para formar arrecifes. En este sentido se argumenta como una buena justificación el empleo de arrecifes artificiales, como unidades de estudio, ya que tienen la capacidad de incrementar las poblaciones de peces, dado por un mejoramiento en su reclutamiento, incorporando así la parte correspondiente al conjunto de larvas planctónicas que normalmente forman parte del elevado índice de mortalidad, y que naturalmente no alcanzan un lugar dentro de la comunidad de peces arrecifales (Wilson *et al.*, 2001).

El nivel de conocimientos generados sobre las comunidades de peces arrecifales deriva principalmente a partir de estudios realizados sobre el componente conspicuo de peces sobre los arrecifes, ya que por su tamaño y coloración son fácilmente ubicados dentro de su hábitat mediante el uso de metodologías eficientes como los censos visuales. Sin embargo uno de los principales problemas de trabajar con comunidades de peces resulta de su diversidad en cuanto a formas y tamaños, ya que esto dificulta en gran medida su

identificación y este problema se ve fuertemente acentuado con los peces crípticos, debido a su coloración muy similar al sustrato que ocupan y a su tamaño pequeño. Por lo tanto, generalmente son subestimados cuantitativa y cualitativamente en censos visuales o son erróneamente identificados (Brock, 1982; Ackerman y Bellwood, 2000; Willis, 2001).

Particularmente la principal importancia del componente críptico dentro de 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.*, 2000); además, en algunos casos más del 50% del total de especies asociadas a sistemas arrecifales son de naturaleza críptica (Allen *et al.*, 1992).

Es necesario destacar que es escasa la información sobre las comunidades de peces crípticos, y que ésta deriva del empleo de ictiocidas como la rotenona. Este método ha permitido avanzar de modo efectivo en la taxonomía y ecología de este tipo de peces, pero su uso afecta no sólo al componente de peces que se extraen sino que también afecta el resto de invertebrados que componen la comunidad, además todos los trabajos con arrecifes artificiales se basan en peces conspicuos (mediante censos visuales) y no en sistemas cerrados. En este sentido es importante utilizar metodologías alternativas, como el uso adecuado de modelos artificiales, que permitan generar información sobre el arreglo de este tipo de comunidades e integrarla a la información ya generada, sin afectar mediante su utilización a comunidades naturales ya establecidas.

Por lo tanto este estudio intenta dilucidar la existencia de patrones comunitarios entre los peces arrecifales y su relación con algunas características de los ensamblajes, en este caso, sobre estructuras artificiales.

## 2. ANTECEDENTES

Sale y colaboradores (1991) en su libro "The Ecology of Fishes on Coral Reefs", explica que el trabajar con diseños de estructuras artificiales en el estudio de peces, evita problemas en experimentos que logísticamente son imposibles en arrecifes naturales,

creando lugares accesibles que permiten la manipulación, facilidad de conteos, captura de organismos, disponibilidad de refugios y réplicas lo suficientemente aisladas. En el número especial del "*Bulletin of Marine Science*" de 1994, William y James (Eds.) presentan un compendio sobre trabajos realizados con estructuras artificiales en distintas partes del mundo relacionados con pesca deportiva, buceo recreativo, acuicultura, restauración ambiental, manejo de recursos naturales y experimentación científica. Asimismo se han realizado trabajos sobre asociación de peces a estructuras artificiales referidos al efecto del tamaño del arrecife (Bohnsack, 1994), disponibilidad de refugio (Caley y St. John, 1996), relaciones tróficas interespecíficas (Deudero, 2001), uso de distintos materiales en su diseño (Walker *et al.*, 2002) y rehabilitación de comunidades de peces arrecifales (Rilov y Benayahu, 2002). Seaman (2001) presenta su libro "Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats", una guía de estrategias y métodos para evaluar el diseño de hábitats de arrecifes artificiales. Carr y Hixon (1997) y Wilson *et al.* (2001) discuten los dos puntos de vista importantes generados con respecto al uso de estructuras artificiales y su efecto sobre poblaciones naturales de peces; por un lado la hipótesis de atracción predice que los arrecifes artificiales simplemente redistribuyen los peces de su hábitat natural, con lo que no considera un aumento en su producción y afectan negativamente los ambientes naturales. De manera opuesta la hipótesis de producción predice que los arrecifes artificiales incrementan la producción de peces, ya que ofrecen nuevos hábitat disponibles para aquellos organismos que no alcanzaron un lugar en el medio natural, ya que éstos se encuentran saturados.

#### peces c

En lo referente a trabajos realizados sobre peces cripticos encontramos el de Allen y colaboradores (1992) quienes manejan asociaciones cripticas arrecifales en una zona rocosa en áreas templadas. Patzner (1999) realizó un trabajo sobre la utilización y selección de hábitat para peces cripticos en las costas del Mar Mediterráneo. Por su parte Cobb (2002) trabaja el mismo aspecto sobre un arrecife artificial, y Lindsay (2003) estudia patrones temporales en el asentamiento de peces cripticos en el arrecife. Éstos trabajos fueron realizados en arrecifes templados en la Isla Santa Catalina, EE.UU., y el común denominador en sus metodologías es el empleo del ictiocida roténona. Prochazka (1998) analizó en Sudáfrica, las relaciones tróficas de este tipo de comunidades, y por su parte

Depczynski y Bellwood (2003) estudiaron el mismo aspecto en Australia. Greenfield (2003) presentó un listado taxonómico sobre el componente criptico en Hawaii. Finalmente Willis y Anderson (2003) relacionan, en un trabajo en Nueva Zelanda, la estructura de las asociaciones de peces cripticos y las características físicas del hábitat y la densidad de depredadores.

En cuanto a la región de La Paz, en el Sur del Golfo de California, recientemente se han desarrollado trabajos sobre la estructura de las asociaciones de peces cripticos y su variabilidad espacio-temporal en paredes rocosas y cabezas de coral (Balart *et al.*, 2002 a y b; Romero-Ponce, 2002; González -Cabello, 2003).

De manera general en el Golfo de California sólo se cuenta con dos trabajos realizados sobre estructuras artificiales. Molles (1978), en las costas de Guaymas Sonora, analizó las temporadas de asentamiento de peces sobre arrecifes rocosos y módulos artificiales con respecto a la biogeografía insular, realizando censos visuales para el componente conspicuo, utilizando rotenona para la extracción de peces cripticos. En la región de La Bahía de La Paz, Arreola y Elorduy (2002) incluyen en sus sitios de muestreo (censos visuales) de peces "El Pecio Salvatierra". Por lo que el presente trabajo es el primero para la costa Oriental del Golfo de California, y de manera particular para la región de la Bahía de la Paz, en el cual se utilizan propiamente modelos de estructuras artificiales de distinta complejidad estructural para el estudio, esencialmente, de las asociaciones de peces cripticos en este tipo de estructuras, sin utilizar ictiocidas para la extracción de muestras.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo genera información relevante acerca de la colonización y asociación de peces cripticos sobre modelos de hábitat artificiales considerando su relación con la complejidad de las características físicas del hábitat ( disponibilidad y tamaño de refugios). En este sentido esta tesis representa el primer trabajo realizado sobre el efecto del diseño de estructuras artificiales para el estudio de peces cripticos en la costa Oriental Golfo de

California. Este trabajo considera una pequeña escala espacial ya que, debido a la naturaleza criptica y su tamaño pequeño, este tipo de peces se localizan en micro hábitats y zonas de difícil acceso dentro del arrecife, con lo que se dificulta en gran medida su estudio. Con esto, el desarrollo de este trabajo finalmente proporciona información importante la cual se integra al conocimiento general sobre comunidades de peces crípticos en la región, y pone las bases para el desarrollo de trabajos posteriores, enfatizando la utilidad del uso adecuado de estructuras artificiales para el diseño de metodologías alternativas experimentales que permitan ampliar el conocimiento sobre procesos y factores que intervienen en la estructuración de este tipo de comunidades.

#### 4. OBJETIVO

El principal objetivo de este trabajo es caracterizar la ictiofauna críptica asociada diferencialmente en distintos modelos de estructuras artificiales (como variaciones de cajas ostrícolas), colocadas sobre un fondo arenoso dentro de la Bahía de La Paz, B.C.S.

Objetivos particulares:

- Determinar las especies de peces asociadas a tres tipos de módulos (estructura artificial) dentro de la Bahía de La Paz.
- Comparar estadísticamente las diferencias en cuanto a la densidad, riqueza específica y diversidad. Entre los tres tipos de módulos utilizados.
- Relacionar la estructura de los módulos utilizados con las diferencias entre los descriptores comunitarios encontrados.
- Analizar la estructura de tallas de las especies de los peces dominantes con respecto al tipo de módulo.

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo de campo se llevó a cabo dentro de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. La bahía se encuentra situada entre los paralelos  $24^{\circ}46'$  y  $24^{\circ}07'$  de latitud norte y los meridianos  $110^{\circ}18'$  y  $110^{\circ}$  de longitud oeste (Balart *et. al.*, 1995; Saucedo y Monteforte, 1997).

Con respecto a los parámetros oceanográficos, la temperatura promedio anual del agua del mar varía de  $22$  a  $26^{\circ}\text{C}$ , ocurriendo la radiación máxima a finales de verano y la mínima al inicio del invierno. La salinidad fluctúa de  $34$  a  $35$  ppm y el oxígeno disuelto es de  $4.0$  a  $4.7$  ml/l (Monteforte y Cariño 1992).

La localidad de estudio se ubica dentro de la caleta conocida como "El Merito", al Sureste de la Bahía de La Paz y limitada al norte por Punta Diablo (cerca de puerto Balandra) y al Sur por Punta Base (cerca de isla Gaviota). Geográficamente se localiza entre los paralelos  $24^{\circ}14'$  y  $24^{\circ}19'$  de latitud norte y los meridianos  $110^{\circ}19'$  y  $110^{\circ}20'$  de longitud oeste, quedando ubicada dentro de la zona de surgencias, considerada de alta energía o de gran actividad de corrientes (Fig. 1) (Saucedo y Monteforte, 1997).

La zona costera presenta una pendiente pronunciada que se encuentra en un área relativamente protegida, alcanzando los  $10$  m de profundidad a una distancia aproximada a la costa de  $15$  m. En la zona de la playa el sustrato es irregular, rocoso principalmente, donde existen oquedades o agujeros, predominando grandes afloramientos de basaltos. Posterior a los  $15$  m, el sustrato se torna plano y arenoso por completo (Saucedo y Monteforte, 1997).



**Fig. 1.** Ubicación del área de estudio "El Merito", dentro de la Bahía de La Paz, B.C.S., en donde se montó el sistema experimental para el uso de los módulos artificiales.

## 6. METODOLOGÍA

### A) Elaboración y disposición de estructuras en el área de estudio.

Conociendo la funcionalidad de las estructuras utilizadas para el cultivo de moluscos bivalvos (artes de cultivo) se decidió su empleo para el diseño de tres distintos modelos artificiales, presentando las siguientes características:

- Modelo "tipo A" - Compuesto por 5 niveles de cajas nestier, también conocidas como cajas ostrícolas, presentando una luz de malla de 6 mm y un volumen de 0.10 m<sup>3</sup> (Fig. 2a).
- Modelo "tipo B" - Elaborado a partir de malla plástica conocida comercialmente como malla ostionera, presentando una luz de malla de 11.4 mm y un volumen de 0.055 m<sup>3</sup> (Fig. 2b).
- Modelo "tipo C" - Elaborado a partir de malla plástica conocida, también, comercialmente como malla ostionera pero con una mayor luz de malla, siendo este de 32.3 mm y un volumen de 0.06 m<sup>3</sup> (Fig. 2c).

A cada modelo se le colocaron 20 organismos vivos de concha nácar (*Pteria sterna*) con la intención de proporcionar un sustrato más complejo que el presentado simplemente por las superficies plásticas, concentrando así de manera mas rápida los elementos naturales presentes en el plancton y garantizando un flujo interno constante de agua.

Fig. 2  
Tipo A  
Tipo B  
Tipo C

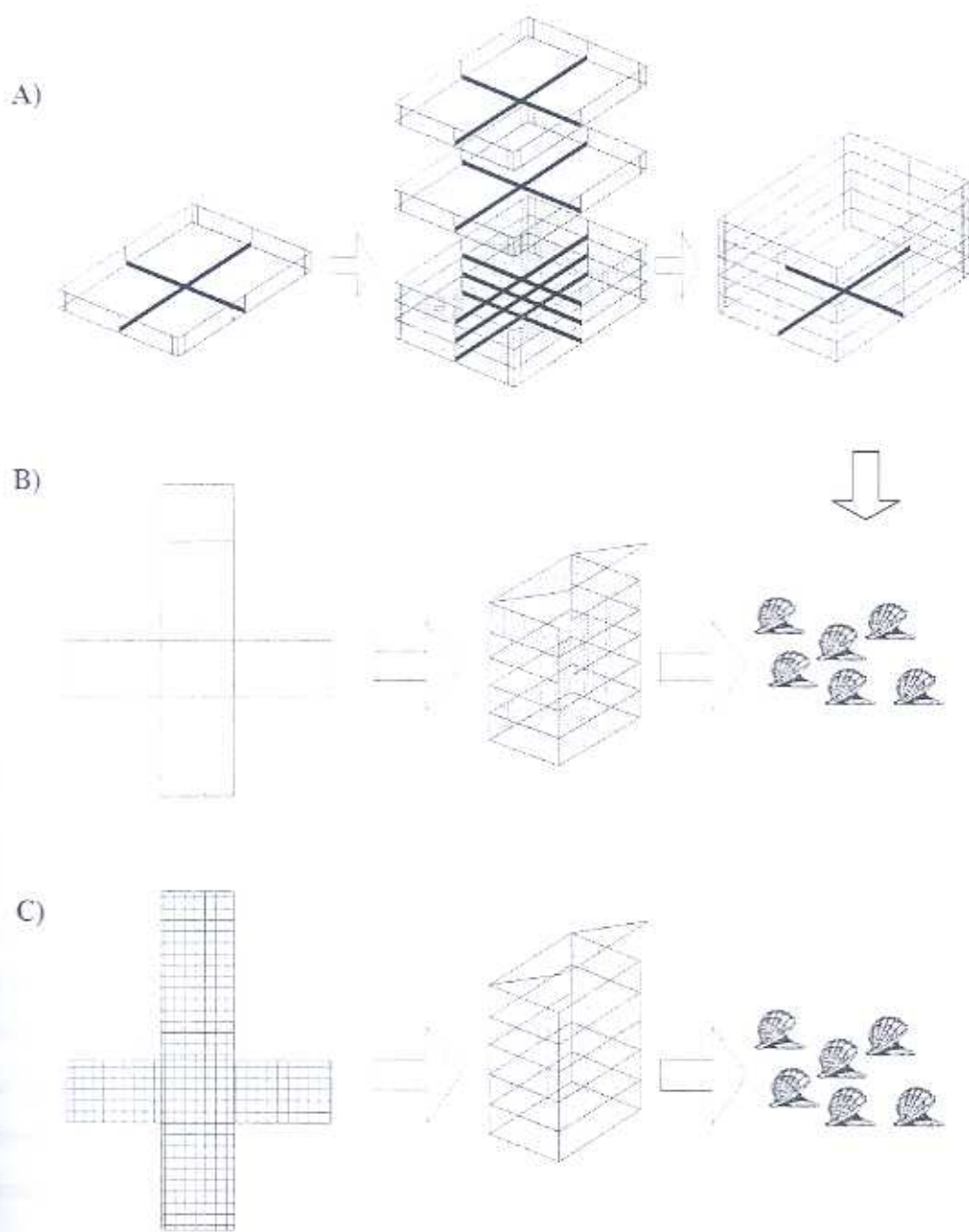


Fig. 2. Diseño de estructuras artificiales utilizadas durante el experimento. A) Modelo "Tipo A", 6mm (Luz de malla), vol = 0.10m<sup>3</sup> . B) Modelo "Tipo B", 11.4 mm(Luz de malla) vol = 0.55 m<sup>3</sup>. C) Modelo "Tipo C" 32.3mm (Luz de malla) vol = 0.60 m<sup>3</sup>.

Se elaboraron 15 módulos para cada tipo de modelo, contando con las características anteriormente descritas, sumando así un total de 45 módulos empleados durante todo el experimento.

Una vez elaborados los módulos, éstos fueron ubicados al mismo tiempo mediante buceo SCUBA a una profundidad de 12 metros sobre una plataforma elaborada con tubos galvanizados soportada por muertos de 70 Kg. aproximadamente, con un área total de 36 m<sup>2</sup>. La plataforma se construyó alejada a 30 metros del islote "El Merito", sobre un fondo de arena, en ella se colgaron los módulos suspendidos desde 2 m del fondo y separados 1.5 metros uno de otro (Fig. 3).

#### **B) Diseño del muestreo.**

El muestreo tuvo una duración de 6 meses en un periodo comprendido entre la primer semana de agosto del 2002 y la primer semana de febrero del 2003, considerando dos etapas:

La primer etapa, para fines prácticos, fue considerada como sucesión. Una vez instalados los 45 módulos (15 de cada tipo) durante la primera semana de agosto del 2002 (tiempo cero, T0). Se realizaron muestreos extrayendo 5 módulos de cada tipo de modelo a la vez, de la siguiente manera: un primer muestreo (2M) a los dos meses a partir del tiempo cero (primera semana de octubre), un segundo muestreo (4M) a los cuatro meses del T0 (primera semana de diciembre) y un tercer y ultimo muestreo (6M) a los 6 meses del T0 (primera semana de febrero).

La segunda etapa del muestreo consideró el hecho del empleo de los módulos desocupados durante los muestreos de la primer etapa que fueron reintroducidos para obtener dos muestreos extras, independientes de la etapa de sucesión con relación al tiempo 0, con una duración de tan solo 2 meses. Tenemos un muestreo de dos meses de duración comprendido entre octubre-diciembre (SR), extrayendo 5 módulos para cada tipo de modelo, y un segundo y ultimo muestreo entre diciembre-febrero (TR) contando con 10 módulos para cada tipo de modelo.

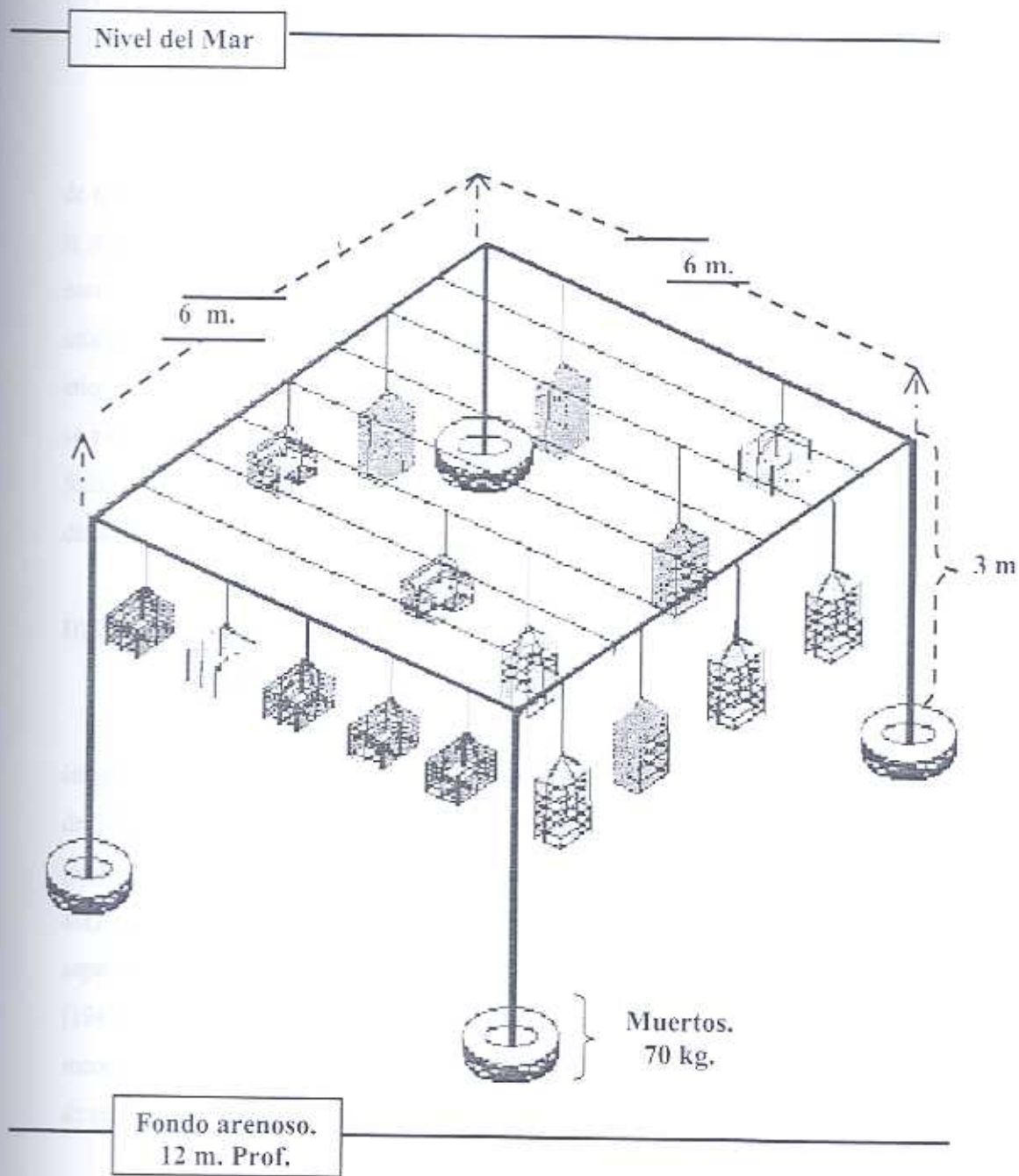


Fig. 3. Plataforma sobre la cual se montaron las estructuras artificiales utilizadas durante el experimento en El Merito, B.C.S.

### C) Colecta de muestras

Para la extracción de las muestras se buceó con equipo SCUBA, y utilizando bolsas de mallas plásticas fina se cubrió completamente cada uno de los módulos y se llevaron a la superficie, evitando la pérdida de material biológico. Una vez que los módulos se encontraban en la embarcación, se procedió a la extracción de los peces contenidos en cada módulo para colocarlos en frascos plásticos conteniendo alcohol etílico al 75% y etiquetados con los siguientes datos: localidad, fecha, número y tipo de modelo. También se colectaron muestras de invertebrados y algas asociadas en cada muestra. Durante cada fecha de muestro se tomaron parámetros básicos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto con un aparato YSI-85.

### D) Procedimiento en el laboratorio.

Una vez obtenidas las muestras se procedió a su identificación en el laboratorio de Ictiología del CIBNOR. La identificación de los organismos se realizó mediante las claves de Fischer *et al.* (1995), apoyado en literatura especializada de acuerdo a la familia y género, utilizando las figuras y descripciones de Allen y Robertson (1994) y Thomson *et al.* (2000). Las características morfométricas y merísticas, necesarias para la identificación específica correcta, se realizaron de acuerdo a los métodos establecidos por Hubbs y Lagler (1947). Las medidas de longitud total y patrón, así como el peso de cada organismo se incorporaron a una base de datos general en la que incluye localidad, fecha, número y tipo de módulo, y se integraron a la Colección Ictiológica del CIBNOR.

### E) Análisis de las asociaciones de peces.

- Composición específica y clasificación de especies de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.

Se identificó para cada tipo de módulo el número de familias y géneros a los cuales pertenecían cada una de las especies registradas. Asimismo las especies se clasificaron

como dominantes, frecuentes, comunes y raras de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia:

**Especies Dominantes.**- Grupo de especies que incluye a todas aquellas que presentaron una abundancia relativa mayor al 10 %.

**Especies Frecuentes.**- Especies que presentaron una abundancia relativa mayor a 1% y menor a 10%.

**Especies comunes.**- Especies que presentaron una abundancia relativa menor a 1% y mayor al 0.1%.

**Especies raras.**- Especies que presentaron una abundancia relativa menor al 0.1%.

- Análisis comunitarios.

Se utilizó el programa de análisis comunitarios ANACOM 3.0 (De la Cruz-Agüero, 1991). Se realizó el análisis de dominancia del Índice del Valor de Importancia (I.V.I.) sobre los valores estandarizados de abundancia y biomasa a 0.05 m<sup>3</sup> del volumen de las estructuras utilizadas. Se consideraron especies dominantes a todas aquellas que presentaron un I.V.I. mayor al 10%. Este índice puede tomar un valor máximo de 200% y considera medidas relativas a la densidad, abundancia o biomasa (A%), y a la frecuencia de ocurrencia (F%) referida a la distribución espacial o temporal de las especies.

También, mediante este programa se realizó el análisis de diversidad aplicando el índice de Shannon-Wiener (H'). Este índice considera la riqueza específica y abundancia de especies, y depende de la equitatividad de especies establecida de la relación entre la diversidad observada de especies y la diversidad de especies bajo condiciones de igualdad máxima.

$$\text{Diversidad: } H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde: H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener .

$p_i$  = proporción del total de la muestra perteneciente al número de especies ( $i^{\text{th}}$ ) contenidas en una observación.  
 $s$  = número total de especies.

$$\text{Equitatividad: } E = \frac{H'}{H'_{\text{máx}}}$$

Donde :  $E$  = Equitatividad (gama de 0 a 1).

$S$  = Número de especies.

$H'$  = Diversidad de especies observadas.

$H'_{\text{máx}}$  = Diversidad de especies bajo condiciones de igualdad máxima.

- Análisis estadísticos.

Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa Statistica 6.0 (Statsoft, Inc. Tulsa, U.S.A.), con un nivel de confianza  $\alpha = 0.05$ .

Para comparar las densidades globales (estandarizadas a  $0.05 \text{ m}^3$ ) entre los tres tipos de módulos se realizó un análisis de varianza de una vía, después de comprobar que los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Cochran, respectivamente. También se calculó la densidad promedio ( $N/0.05 \text{ m}^3$ ) en cada fecha de muestreo durante todo el experimento para ver su comportamiento con respecto al tiempo.

Se realizó un análisis comparativo entre las abundancias estandarizadas a  $0.05 \text{ m}^3$  de las tres especies con mayor dominancia con el fin de determinar si existían diferencias significativas con respecto al tipo de módulo. Para ello se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (análisis unilateral de varianza por rangos), ya que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

Con el fin de determinar el grado de similaridad que presentaron los tres tipos de módulos con respecto a la abundancia y biomasa estandarizada ( $N/0.05 \text{ m}^3$  y  $g/0.05$

m<sup>3</sup>), se realizó el análisis de similitud de Morisita y el índice de Morisita simplificado, respectivamente. Estos índices toman valores entre 1 y 0, en donde los resultados más cercanos a 1 representan el mayor grado de similitud.

Fórmula para determinar el índice de Morisita propuesta por Krebs (1999):

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

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 k 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.

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

Fórmula para determinar el índice de Morisita simplificado propuesta por Horn (1996) (Krebs, 1999):

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

donde:

$C_H$  = Índice de similitud de Morisita simplificado para datos relacionados con la abundancia basado sobre biomasa, productividad o cobertura.

$X_{ij}$ ,  $X_{ik}$  = 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.

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

Con el fin de conocer el grado de disimilaridad existente entre los tipos de módulos y compararlos con los resultados obtenidos con los índices de similitud se utilizó la abundancia y biomasa estandarizada (N/ 0.05 m<sup>3</sup> y g/0.05 m<sup>3</sup>) aplicando el coeficiente

de distancias euclidianas y el método de Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages, conocido por sus siglas como UPGMA.

Para obtener la distancia de disimilaridad existente entre los tipos de módulos utilizando distancias euclidianas se aplicó la siguiente fórmula mediante el programa Statistica software 6.0 (Statsoft, Inc. Tulsa, U.S.A.):

$$\Delta_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - X_{ik})^2}$$

Donde:

$\Delta_{jk}$  = Distancia euclidiana entre la muestra j y la muestra k

$X_{ij}$  = Número de individuos (o biomasa) de especies i en la muestra j.

$X_{ik}$  = Número de individuos (o biomasa) de especies i en la muestra k.

n = Número total de especies.

\* los resultados de este método pueden tomar valores desde 0 hasta el infinito.

Para crear el esquema de disimilaridad, agrupando las comunidades de acuerdo a la matriz de datos de distancias euclidianas se utilizó el método de agrupamiento usando medias aritméticas (UPGMA) mediante el programa Statistica software 6.0 (Statsoft, Inc. Tulsa, U.S.A.), utilizando la siguiente fórmula :

$$S_{J(K)} = 1/t_j t_k (\sum S_{jk})$$

En donde :

$S_{J(K)}$  = Similaridad entre los grupo J y K.

$t_j$  = Número de muestras en el grupo J ( $\geq 1$ ).

$t_k$  = Número de muestras en la muestra K ( $\geq 2$ ).

Para determinar la relación que existe entre las tallas de las tres especies con mayor dominancia respecto a la complejidad de la estructura entre los tres tipos de módulos, de manera global y en cada fecha de muestreo durante todo el experimento, se aplicó la

prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis, después de conocer que no cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Las clases de tallas de los organismos fueron definidas mediante la regla de Sturges (Daniel, 1997) cuya fórmula se enuncia  $k = 1 + 3.322 (\log_{10} n)$ , donde  $k$  representa el número de intervalos de clase y  $n$  es el número valores en el conjunto de datos.

## 7. RESULTADOS.

### 7.1 COMPOSICIÓN ESPECÍFICA GENERAL.

Se registró un total de 23 especies de peces asociados a las estructuras artificiales, correspondientes a 19 géneros repartidos en 12 familias (Figura 4). La mayoría pueden ser considerados cripticos y característicos de arrecifes rocosos (Balart *et al.*, 2002a y b; Romero-Ponce, 2002; González-Cabello, 2003). La familia Gobiidae presentó el mayor número de especies, 6 especies, las cuales representan el 26.0% del total de especies registradas en el estudio. Las familias Labrisomidae y Serranidae presentaron 3 especies, correspondiéndoles a cada una el 13.0% del total de especies registradas. Las familias Blennidae y Chaenopsidae presentaron solamente 2 especies, aportando cada una de ellas con el 8.7% del total de especies. Finalmente las familias Scorpaenidae, Scaridae, Tetraodontidae, Apogonidae, Pomacanthidae, Labridae y Pomacentridae estuvieron representadas solamente por 1 especie, correspondiéndoles a cada una de ellas el 4.3% del total de especies registradas.

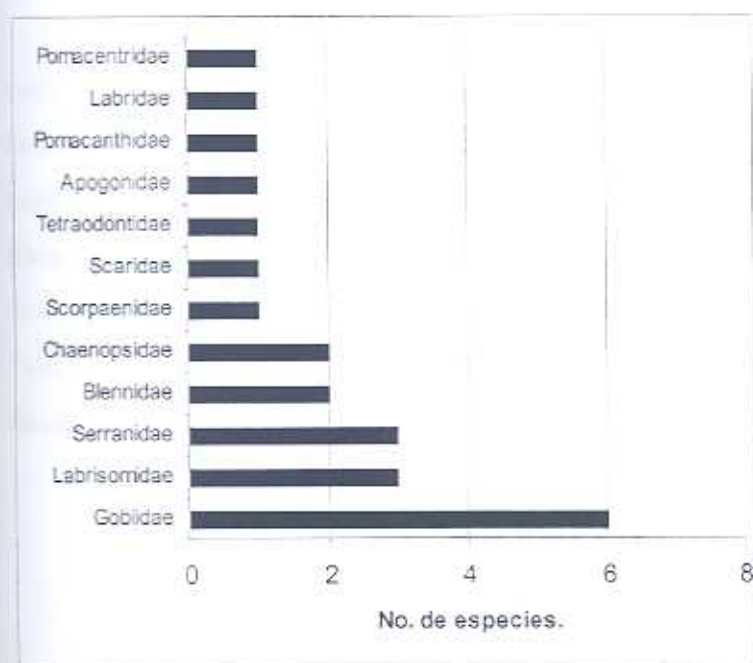


Fig. 4. Número de especies de peces registrados por familia, asociados a las estructuras artificiales durante el estudio en el Merito, B.C.S.

## 7.1.1 COMPOSICIÓN ESPECÍFICA POR TIPO DE MÓDULO.

### 7.1.1.a MÓDULO "TIPO A".

El módulo "tipo A" fue el que registró la mayor riqueza específica durante el experimento, con un total de 21 especies de peces asociados a este tipo de estructuras, correspondientes a 18 géneros repartidos en 12 familias (Tabla 1). La familia Gobiidae presentó el mayor número de especies, con un total de 6 especies representando así el 28.5% del total de especies registradas para este tipo de módulo. La familia Labrisomidae presentó 3 especies correspondiéndoles el 14.3% del total de especies. Las familias Serranidae y Chaenopsidae presentaron 2 especies cada una, aportando con el 9.52% del total de especies registradas. Finalmente las familias Blennidae, Scorpaenidae, Scaridae, Tetraodontidae, Apogonidae, Pomacanthidae, Labridae y Pomacentridae les correspondió el 4.7% a cada una de ellas al estar representadas por solo una especie.

### 7.1.1.b MÓDULO "TIPO B".

El módulo "tipo B" registró un total de 14 especies de peces asociados a este tipo de estructuras, correspondientes a 12 géneros repartidos en 8 familias (Tabla 1). La familia Gobiidae presentó un total de 4 especies de peces, lo cual representa el 28.6% del total de especies registradas en este tipo de módulo. Las familias Labrisomidae, Serranidae y Blennidae presentaron 2 especies de peces, aportando cada una de ellas un 14.3% del total de especies registradas. Finalmente las familias Chaenopsidae, Scorpaenidae, Scaridae y Tetraodontidae estuvieron representadas por una especie cada una, esto es, el 7.1% del total de especies registradas en este tipo de módulo.

### 7.1.1.c MODELO "TIPO C".

El módulo "tipo C" presentó un total de 13 especies de peces asociados, correspondientes a 12 géneros repartidos en 9 familias (Tabla 1). La familia Gobiidae presentó un total de 4 especies correspondiéndole el 30.7% del total de especies asociadas a

este tipo de arte. La familia Labrisomidae presentó un total de 2 especies aportando así el 15.4% del total de especies. Finalmente las familias Serranidae, Chaenopsidae, Blennidae, Scorpaenidae, Scaridae, Tetraodontidae y Pomacanthidae, estuvieron representadas por una especie cada una, esto es, 7.7% del total de especies registradas para este módulo.

Tabla 1. Total de especies asociadas por tipo de módulo.

ESPECIE	TIPO A	TIPO B	TIPO C
<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	*		
<i>Alphestes immaculatus</i>	*	*	*
<i>Apogon retrosella</i>	*		
<i>Barbulifer pantherinus</i>	*	*	*
<i>Canthigaster punctatissima</i>	*	*	*
<i>Coryphopterus urosphilus</i>	*		
<i>Elacatinus digueti</i>	*	*	*
<i>Elacatinus puncticulatus</i>	*	*	*
<i>Exesper asper</i>	*	*	*
<i>Halichoeres dispilus</i>	*		
<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>		*	
<i>Hypsoblennius gentilis</i>	*	*	*
<i>Lythrypnus dalli</i>	*	*	*
<i>Lythrypnus pulchellus</i>	*		
<i>Malaccoctenos hubbsi</i>	*		
<i>Nicholsina denticulata</i>	*	*	*
<i>Paraclinus siri</i>	*	*	*
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	*		
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	*		*
<i>Protemblemaria bicirris</i>	*	*	*
<i>Scorpaenodes xyris</i>	*	*	*
<i>Serranus psittacinus</i>		*	
<i>Stegastes rectifraenum</i>	*		
Total de especies	21	14	13

061420

## 7.2 ANÁLISIS DE DOMINANCIA.

### 7.2.1 ANÁLISIS DE DOMINANCIA GLOBAL SOBRE LOS TRES TIPOS DE MÓDULOS.

#### 7.2.1.1 ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA POR ABUNDANCIA Y FRECUENCIA DE OCURRENCIA (I.V.I.).

Al realizar el análisis de dominancia considerando globalmente a los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento, nos arrojó que 6 especies presentaron un valor del I.V.I. por arriba del 10% (Tabla 2). *Elacatinus puncticulatus* fue la especie con mayor dominancia con un valor del I.V.I. del 56.6%, *Paraclinus sini* presentó un valor del I.V.I. del 33.8%, *Scorpaenodes xyris* un valor de 20.7%, *Elacatinus digueti* un valor de 18.5%, *Barbulifer pantherinus* un valor de 11.2% y *Exesper asper* presentó un valor de 10.4%. En su conjunto estas 6 especies representan el 151.2% del 200% posible del I.V.I. Destacamos que dentro de estas 6 especies dominantes por abundancia y frecuencia de ocurrencia 3 corresponden a la familia Gobiidae (*B. pantherinus*, *E. digueti* y *E. puncticulatus*) cuyos valores suman un valor del I.V.I. de 86.3%.

#### 7.2.1.2 ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA POR BIOMASA Y FRECUENCIA DE OCURRENCIA (I.V.I.).

Para el índice de valor de importancia por biomasa encontramos 6 especies por arriba del 10% (Tabla 2). *Scorpaenodes xyris* fue la especie que presentó el mayor valor con 42.58%, *Elacatinus puncticulatus* 38.79%, *Paraclinus sini* 28.28%, *Elacatinus digueti* 11.69%, *Barbulifer pantherinus* 11.46%, e *Hypsoblennius gentilis* con un valor de 10.70% del I.V.I., sumando todas ellas un valor de 143.52% del 200% posible del I.V.I. Destacamos, también, que dentro de estas 6 especies dominantes por su biomasa, 3 corresponden a la familia Gobiidae (*B. pantherinus*, *E. digueti* y *E. puncticulatus*) cuyos valores suman el 61.9 % del I.V.I.

Tabla 2. Valores globales de dominancia por abundancia y por biomasa del total de especies registradas para los tres módulos de acuerdo con el I.V.I. \* Especies consideradas con mayor dominancia, esto es, por arriba del 10% del I.V.I.

ABUNDANCIA		BIOMASA	
ESPECIE	% I.V.I	ESPECIE	% I.V.I
<i>Elacatinus puncticulatus</i> *	56.57	<i>Scorpaenodes xyris</i> *	42.58
<i>Paraclinus sini</i> *	33.79	<i>Elacatinus puncticulatus</i> *	38.79
<i>Scorpaenodes xyris</i> *	20.66	<i>Paraclinus sini</i> *	28.28
<i>Elacatinus digueti</i> *	18.48	<i>Elacatinus digueti</i> *	11.69
<i>Barbulifer pantherinus</i> *	11.22	<i>Barbulifer pantherinus</i> *	11.46
<i>Exesper asper</i> *	10.43	<i>Hypsoblennius gentillis</i> *	10.70
<i>Lythrypnus dalli</i>	8.52	<i>Exesper asper</i>	9.60
<i>Hypsoblennius gentillis</i>	7.67	<i>Lythrypnus dalli</i>	7.32
<i>Nicholsina denticulata</i>	5.63	<i>Nicholsina denticulata</i>	6.10
<i>Protemblemaria bicirris</i>	3.56	<i>Alphestes immaculatus</i>	5.85
<i>Canthigaster punctatissima</i>	3.36	<i>Canthigaster punctatissima</i>	5.16
<i>Alphestes immaculatus</i>	3.21	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	4.21
<i>Lythrypnus pulchellus</i>	2.52	<i>Protemblemaria bicirris</i>	3.15
<i>Coryphopterus urospilus</i>	2.42	<i>Lythrypnus pulchellus</i>	2.30
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	2.34	<i>Coryphopterus urospilus</i>	2.29
<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	1.58	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	1.88
<i>Apogon retrosella</i>	1.58	<i>Apogon retrosella</i>	1.61
<i>Malacoctenos hubbsi</i>	1.58	<i>Malacoctenos hubbsi</i>	1.58
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	1.58	<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	1.49
<i>Halichoeres dispilus</i>	0.84	<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	1.33
<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	0.79	<i>Serranus psittacinus</i>	1.04
<i>Serranus psittacinus</i>	0.79	<i>Halichoeres dispilus</i>	0.78
<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.79	<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.74

## 7.2.2. ANÁLISIS DE DOMINANCIA POR TIPO DE MÓDULO.

### 7.2.2.1 ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (I.V.I.) POR ABUNDANCIAS POR TIPO DE MÓDULO.

Al realizar el análisis del I.V.I. por abundancias para el módulo "Tipo A" encontramos 6 especies por arriba del 10%. *Elacatinus puncticulatus* fue la especie con mayor dominancia registrada para este tipo de módulo con un valor de 62.49% del I.V.I., *Scorpaenodes xyris* presentó un valor de 18.61%, *Paraclinus sini* 18.22%, *Barbulifer pantherinus* 17.44%, *Elacatinus digueti* 16.33% y finalmente *Lythrypnus dalli* con un valor de 12.52%. Estas especies suman en su conjunto un valor de 145.63% del 200%

posible del I.V.I. Destacamos que dentro de éstas 6 especies dominantes 4 pertenecen a la familia Gobiidae (*B. pantherinus*, *E. digueti*, *E. punctulatus* y *L. dalli*) cuyos valores suman el 108.78% . (Tabla 3).

El análisis del I.V.I. por abundancia para el módulo "Tipo B", arrojó que 5 especies presentaron valores por arriba del 10%, encontrando a *Elacatinus punctulatus* como la especie de mayor dominancia con un valor de 61.34%, *Paraclinus sini* con un valor de 30.68%, *Scorpaenodes xyris* con 24.46%, *Elacatinus digueti* 23.14% y *Exesper asper* con un valor de 16.81% del I.V.I. Éstas especies suman en su conjunto un valor total de 156.45% del I.V.I. (Tabla 3).

El módulo "Tipo C" presentó 5 especies con valores por encima del 10% del I.V.I. de acuerdo con su abundancia, *Paraclinus sini* fue la especie que presentó mayor dominancia con un valor de 56.88% del I.V.I., *Elacatinus punctulatus* presentó un valor de 44.20%, *Scorpaenodes xyris* un valor de 20.13%, *Elacatinus digueti* 17.24% y finalmente *Exesper asper* con un valor de 16.11% . Éstas especies suman en su conjunto un valor total de 154.56% del I.V.I. (Tabla 3).

#### 7.2.2.2 ÍNDICE DEL VALOR DE IMPORTANCIA (I.V.I.) POR BIOMASAS POR TIPO DE MÓDULO.

Al realizar el análisis de dominancia del I.V.I. de acuerdo a la biomasa para el módulo "Tipo A" encontramos que 7 especies presentaron valores por arriba del 10% del I.V.I. *Scorpaenodes xyris* presentó un valor de 45.01%, *Elacatinus punctulatus* presentó un valor de 44.12%, *Paraclinus sini* 15.00%, *Barbulifer pantherinus* 14.08%, *Hypsoblennius gentilis* 12.69%, *Paralabrax maculatofasciatus* 11.50% y *Lythrypnus dalli* con 10.35%, que en su conjunto suman un total de 152.71% del I.V.I. de acuerdo con su biomasa (Tabla 4).

El análisis del I.V.I. por biomasa para el módulo "Tipo B", arrojó 6 especies con valores por arriba del 10% del I.V.I. Encontramos a *Scorpaenodes xyris* como la especie con mayor dominancia con respecto a su biomasa, presentando un valor de 45.55 % del

I.V.I., *Elacatinus punctulatus* presentó un valor de 39.06%, *Paraclinus sini* un valor de 26.91%, *Elacatinus digueti* de 15.36%, *Exesper asper* de 14.57% y *Barbulifer pantherinus* con un valor de 10.59% del I.V.I. Estas 6 especies en su conjunto suman un valor de 152.06% del 200% posible del I.V.I. (Tabla 4).

El módulo " Tipo C " registró un total de 6 especies por arriba del 10% del I.V.I. *Paraclinus sini* fue la especie con mayor dominancia con respecto a su biomasa con un valor de 36.87% del I.V.I. *Scorpaenodes xyris* apareció en segundo lugar con un valor de 33.72 %, después *Exesper asper* con un valor de 14.44 %, *Elacatinus digueti* con un valor del 12.40%, y finalmente *Alphestes immaculatus* con un valor de 11.75%. Estas especies en su conjunto suman un total de 156.48 % del 200% posible del I.V.I. (Tabla 4).

Tabla 3. Valores en porcentaje del I.V.I. de acuerdo con la abundancia de especies para los tres tipos de módulos. (\* especies con mayor dominancia).

MÓDULO TIPO A		MÓDULO TIPO B		MÓDULO TIPO C	
ESPECIE	I.V.I.	ESPECIE	I.V.I.	ESPECIE	I.V.I.
<i>Elacatinus punctulatus</i> *	62.49	<i>Elacatinus punctulatus</i> *	61.34	<i>Paraclinus sini</i> *	56.88
<i>Scorpaenodes xyris</i> *	18.61	<i>Paraclinus sini</i> *	30.66	<i>Elacatinus punctulatus</i> *	44.20
<i>Paraclinus sini</i> *	18.22	<i>Scorpaenodes xyris</i> *	24.46	<i>Scorpaenodes xyris</i> *	20.13
<i>Barbulifer pantherinus</i> *	17.44	<i>Elacatinus digueti</i> *	23.14	<i>Elacatinus digueti</i> *	17.24
<i>Elacatinus digueti</i> *	16.33	<i>Exesper asper</i> *	16.61	<i>Exesper asper</i> *	16.11
<i>Lythrypnus dalli</i> *	12.52	<i>Nicholsina denticulata</i>	8.18	<i>Barbulifer pantherinus</i>	8.66
<i>Hypsoblennius gentilis</i>	8.44	<i>Hypsoblennius gentilis</i>	6.11	<i>Nicholsina denticulata</i>	8.50
<i>Lythrypnus pulchellus</i>	6.04	<i>Canthigaster punctatissima</i>	5.94	<i>Hypsoblennius gentilis</i>	8.18
<i>Coryphopterus urosphilus</i>	5.78	<i>Lythrypnus dalli</i>	5.78	<i>Lythrypnus dalli</i>	5.77
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	5.58	<i>Barbulifer pantherinus</i>	5.62	<i>Alphestes immaculatus</i>	5.45
<i>Protemblemaria bicirris</i>	3.89	<i>Protemblemaria bicirris</i>	3.54	<i>Protemblemaria bicirris</i>	3.21
<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	3.75	<i>Alphestes immaculatus</i>	2.89	<i>Canthigaster punctatissima</i>	2.88
<i>Malacoctenos hubbsi</i>	3.76	<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	2.72	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	2.72
<i>Apogon retrosella</i>	3.76	<i>Serranus psittacinus</i>	2.72		
<i>Halichoeres dispilus</i>	2.01				
<i>Exesper asper</i>	1.88				
<i>Canthigaster punctatissima</i>	1.88				
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	1.88				
<i>Alphestes immaculatus</i>	1.88				
<i>Nicholsina denticulata</i>	1.88				
<i>Siegastes rectifraenum</i>	1.88				

Tabla 4. Valores en porcentaje del I.V.I. de acuerdo con la biomasa de las especies registradas para los tres tipos de módulos. (\* especies con mayor valor de biomasa).

MÓDULO TIPO A		MÓDULO TIPO B		MÓDULO TIPO C	
ESPECIE	I.V.I	ESPECIE	I.V.I.	ESPECIE	I.V.I.
<i>Scorpaenodes xyris*</i>	45.01	<i>Scorpaenodes xyris*</i>	45.55	<i>Paraclinus sini*</i>	47.28
<i>Elacatinus punctulatus*</i>	44.12	<i>Elacatinus punctulatus*</i>	39.06	<i>Scorpaenodes xyris*</i>	36.87
<i>Paraclinus sini*</i>	15.00	<i>Paraclinus sini*</i>	26.91	<i>Elacatinus punctulatus*</i>	33.72
<i>Barbulifer pantherinus*</i>	14.08	<i>Elacatinus digueti*</i>	15.36	<i>Exesper asper*</i>	14.41
<i>Hypsoblennius gentilis*</i>	12.62	<i>Exesper asper*</i>	14.57	<i>Elacatinus digueti*</i>	12.40
<i>Paralebrax maculatofasciatus*</i>	11.50	<i>Barbulifer pantherinus*</i>	10.59	<i>Alphestes immaculatus*</i>	11.75
<i>Lythrypnus dalli*</i>	10.35	<i>Hypsoblennius gentilis</i>	9.76	<i>Hypsoblennius gentilis</i>	9.01
<i>Elacatinus digueti</i>	8.39	<i>Nicholsina denticulata</i>	9.04	<i>Nicholsina denticulata</i>	8.99
<i>Lythrypnus pulchellus</i>	5.52	<i>Canthigaster punctatissima</i>	8.69	<i>Barbulifer pantherinus</i>	8.18
<i>Coryphopterus urospilus</i>	5.49	<i>Lythrypnus dalli</i>	5.35	<i>Lythrypnus dalli</i>	5.34
<i>Apoogon retrosella</i>	3.92	<i>Alphestes immaculatus</i>	5.03	<i>Canthigaster punctatissima</i>	5.09
<i>Malacoctenos hubbsi</i>	3.83	<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	4.01	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	3.92
<i>Protemblemaria bicirris</i>	3.57	<i>Serranus psittacinus</i>	3.29	<i>Protemblemaria bicirris</i>	2.95
<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	3.54	<i>Protemblemaria bicirris</i>	2.72		
<i>Alphestes immaculatus</i>	1.96				
<i>Canthigaster punctatissima</i>	1.92				
<i>Halichoeres dispilus</i>	1.88				
<i>Exesper asper</i>	1.85				
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	1.83				
<i>Nicholsina denticulata</i>	1.77				
<i>Stegastes rectifraenum</i>	1.75				

### 7.3 CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES REGISTRADAS DE ACUERDO A SU ABUNDANCIA RELATIVA.

#### 7.3.1 ESPECIES REGISTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Se registró un total de 23 especies asociadas a los tres módulos de estructuras artificiales. Estas especies fueron clasificadas de acuerdo a su abundancia y frecuencia de ocurrencia como dominantes, frecuentes, comunes o raras. Sólo 3 especies se registraron como dominantes representando el 78.22% de la abundancia total de las especies registradas.

Se registraron 5 especies clasificadas como frecuentes, las cuales representan el 18.77% de la abundancia total. Para el caso de las especies comunes, el número registrado fue de 12, cuyas abundancias representaron el 2.87% de las abundancias totales. Por último, se registró un total de 3 especies clasificadas como raras, representando el 0.15% de la abundancia total (Fig. 5).

### ESPECIES DOMINANTES

Las especies clasificadas como dominantes quedaron comprendidas por aquellas especies que presentaron una abundancia relativa mayor al 10%. Ellas fueron *Elacatinus punctulatus*, *Paraclinus sini* y *Scorpaenodes xyris*. Destacamos que estas tres especies presentaron un 100% en la frecuencia de ocurrencia de cada una de ellas, lo cual nos indica su presencia durante todos los muestreos del experimento en El Merito, B.C.S. (Tabla 5).

### ESPECIES FRECUENTES

La clasificación de especies consideradas como frecuentes incluyó aquellas cuyo porcentaje de abundancia relativa fue mayor al 1% y menor al 10%. La frecuencia de ocurrencia de estas especies se presentó en un intervalo de 60 % y 86.7%. Si bien, la gran mayoría de especies presentaron en promedio una frecuencia de ocurrencia del 60%, destacó el valor presentado por *Elacatinus digueti* con una frecuencia del 86.67% (Tabla 5).

### ESPECIES COMUNES

Este grupo de especies quedó comprendido por aquellas que presentaron una abundancia mayor a 0.1% y menor de 1%. El mayor porcentaje de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia lo presentó *Nicholsina denticulata* con un 46.67%, mientras el resto de las especies se presentaron en un intervalo de 13.33% a 26.67%, con excepción de *Halichoeres dispilus* que presentó un valor de 6.67% (Tabla 5).

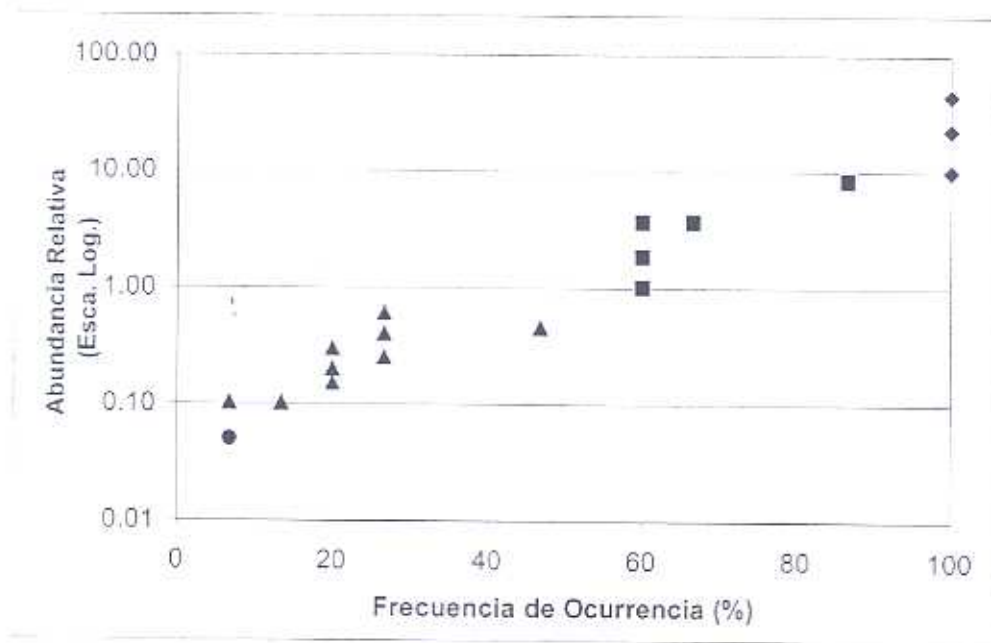


Fig. 5. Especies registradas durante el experimento, en El Merito B.C.S., ordenadas de acuerdo a su porcentaje de abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia. Clasificación de especies : ◆ = dominantes; ■ = frecuentes; ▲ = comunes ; ● = raras.

## ESPECIES RARAS

El grupo de especies raras quedó integrado por aquellas que presentaron un valor menor al 0.1% de acuerdo a su abundancia relativa. Las especies registradas en este grupo presentaron una frecuencia de ocurrencia de 6.67%, y fueron *Hypsoblennius brevipinnis*, *Serranus psittacinus* y *Stegastes rectifraenum* (Tabla 5).

**Tabla 5.** Especies dominantes, frecuentes, comunes y raras registradas durante el experimento en El Merito B.C.S. Este arreglo corresponde a su abundancia relativa (A.R. %) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O. %). **Nota:** éstas especies se representan en la Fig.5, por lo que cada punto puede corresponder a más de una especie, ya que presentan el mismo valor con respecto a su frecuencia de ocurrencia (como lo es el caso de las especies raras).

Dominantes	A.R.(%)	F.O.(%)	Frecuentes	A.R.(%)	F.O.(%)	Comunes	A.R.(%)	F.O.(%)	Raras	A.R.(%)	F.O.(%)
<i>Eiacanthus punctulatus</i>	45.45	100.00	<i>Eiacanthus digueti</i> <i>Barbulifer</i>	8.50	86.67	<i>Protoblepharia bicinis</i>	0.60	26.67	<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	0.05	6.67
<i>Paracanthus shi</i>	22.67	100.00	<i>Paranthrinus</i>	3.70	66.67	<i>Nicholsina dendriculata</i>	0.45	46.67	<i>Serranus psittacinus</i>	0.05	6.67
<i>Scorpaenodes xinis</i>	10.10	100.00	<i>Exespa asper</i>	3.70	60.00	<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.40	26.67	<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.05	6.67
			<i>Lythyrpnus dali</i>	1.85	60.00	<i>Lythyrpnus pulchellus</i>	0.30	20.00			
			<i>Hypsoblennius gentilis</i>	1.01	60.00	<i>Aphistes immaculatus</i>	0.25	26.67			
						<i>Coryphopterus urosquillus</i>	0.20	20.00			
						<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	0.15	20.00			
						<i>Apogon retrosella</i>	0.10	13.33			
						<i>Halichoeres dispilus</i>	0.10	6.67			
						<i>Pomacanthus tompoectus</i>	0.10	13.33			
						<i>Malacoctenus hubbsi</i>	0.10	13.33			
						<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	0.10	13.33			

### 7.3.2 ESPECIES REGISTRADAS EN CADA MÓDULO

#### 7.3.2 a MÓDULO TIPO A

El módulo "tipo A" registró un total de 21 especies, de las cuales solamente 2 aparecieron como especies dominantes y representaron una abundancia relativa de 63.89%.

Un total de 5 especies fueron incluidas dentro del grupo de especies frecuentes y representaron un 32.23% de la abundancia total. El mayor número de especies quedó comprendido dentro del grupo de especies comunes, con 14, las cuales sólo representaron el 3.88% de la abundancia total registrada para este tipo de módulo (Fig. 6). Destacamos que para este módulo, al igual que en los otros dos ("Tipo B" y "Tipo C"), no se registraron especies consideradas como raras, ya que ninguna de ellas registró valores menores a 0.1% de acuerdo a la abundancia relativa.

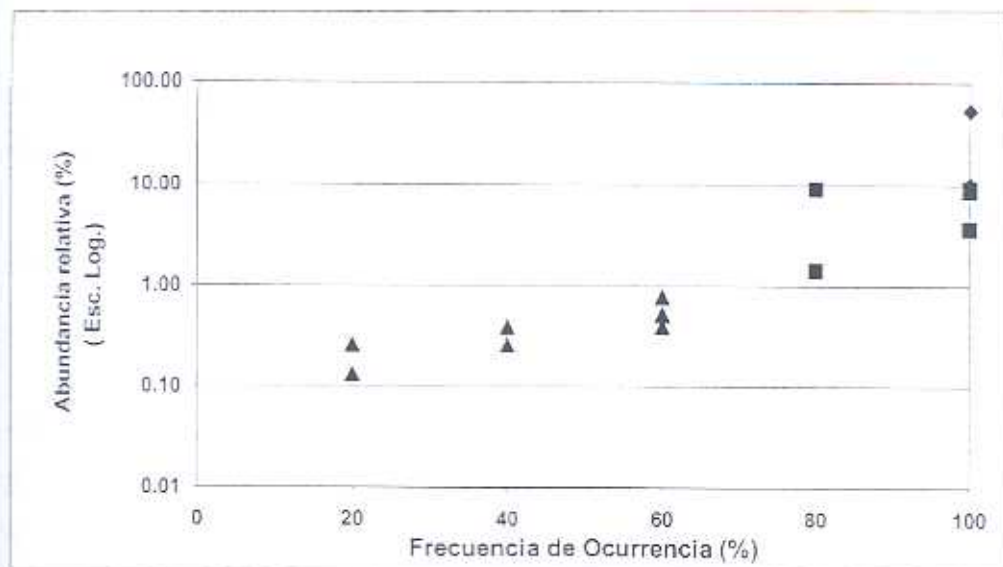


Fig. 6. Especies registradas, durante el experimento en El Merito B.C.S., para el módulo "Tipo A", ordenadas de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.

◆ = dominantes; ■ = frecuentes; ▲ = comunes.

## ESPECIES DOMINANTES

El módulo "Tipo A" registró solamente 2 especies como dominantes, ya que presentaron un valor por arriba del 10% en su abundancia relativa. *Elacatinus puncticulatus* registró la mayor abundancia relativa con un valor de 53.69% y una frecuencia de ocurrencia del 100%. Mientras que *Scorpaenodes xyris* presentó un valor menor en su abundancia relativa con apenas el 10.20%, y destacamos que registró una frecuencia de ocurrencia del 100% al igual que *E. puncticulatus* (Tabla 6).

## ESPECIES FRECUENTES

Dentro de este grupo se registraron 5 especies cuya abundancia relativa sumó un valor del 32.23% de la abundancia total registrada para este tipo de módulo. Si bien ninguna de éstas especies alcanzó un valor por arriba del 10% para poder clasificarlas como dominantes, se presentaron en un intervalo del 80% y 100% de frecuencia de ocurrencia. Destacamos que 3 de ellas registraron una frecuencia de ocurrencia del 100%, siendo estas : *Paraclinus sini* con 9.20% de abundancia relativa, *Barbulifer pantherinus* con una abundancia de 8.73% y *Lythrypnus dalli* con 3.75% de la abundancia total registrada (Tabla 6).

## ESPECIES COMUNES

Este grupo registró el mayor número de especies, con 14, las cuales sumaron sin embargo el 3.28% de la abundancia total registrada para este módulo. Éstas especies se presentaron en un intervalo de frecuencia de ocurrencia del 20% y 60%. De éstas especies solamente 2 presentaron una frecuencia de ocurrencia del 60%, *Coryphopterus urospilus* con 0.54% de abundancia relativa y *Paralabrax maculatofasciatus* con 0.39% de abundancia total (Tabla 6).

### 7.3.2 b MÓDULO TIPO B

Este módulo registró 14 especies que incluyen 4 especies consideradas como dominantes, las cuales representan el 88.36% de la abundancia total registrada. Sólo se registró una especie como frecuente con una abundancia relativa de 6.56%. Finalmente se registraron 9 especies comunes que representan el 5.8% de la abundancia relativa total registrada. No se presentó ninguna especie con abundancia por abajo del 0.1%, por lo que no se registraron especies raras (Fig. 7).

**Tabla 6.** Especies, dominantes, frecuentes y comunes registradas durante el experimento en El Merito B.C.S. para el módulo "Tipo A". El ordenamiento de especies es de acuerdo a su abundancia relativa (A.R. %) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O. %).

DOMINANTES			FRECUENTES			COMUNES		
	A.R.	F.O.		A.R.	F.O.		A.R.	F.O.
<i>Elacatinus punctulatus</i>	53.69	100	<i>Paraclinus sini</i>	9.20	100	<i>Lythrypnus pulchellus</i>	0.78	60
<i>Scorpaenodes xyris</i>	10.20	100	<i>Elacatinus diqueti</i>	9.10	80	<i>Coryphopterus urosphilus</i>	0.52	60
			<i>Barbulifer pantherinus</i>	8.76	100	<i>Protoblepharion bicirris</i>	0.39	40
			<i>Lythrypnus dalli</i>	3.75	100	<i>Paralabrax maculetofasciatus</i>	0.39	60
			<i>Hypsoblennius gentilis</i>	1.42	80	<i>Acanthemblemaria crockeri</i>	0.26	40
						<i>Apogon retrosella</i>	0.26	40
						<i>Halichoeres dispilus</i>	0.26	20
						<i>Malacoctenus hubbsi</i>	0.26	40
						<i>Exesper asper</i>	0.13	20
						<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.13	20
						<i>Pomacanthus zonipectus</i>	0.13	20
						<i>Alphestes immaculatus</i>	0.13	20
						<i>Nicholsina denticulata</i>	0.13	20
						<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.13	20

## ESPECIES DOMINANTES.

Se registraron 4 especies como dominantes, las cuales sumaron el 88.36% de la abundancia total registrada. Todas ellas aparecieron con un 100% en su frecuencia de ocurrencia. *Elacatinus puncticulatus* presentó el mayor valor de abundancia con 48.52%, mientras que *Elacatinus digueti* presentó un valor de 10.33% de abundancia relativa (Tabla 7).

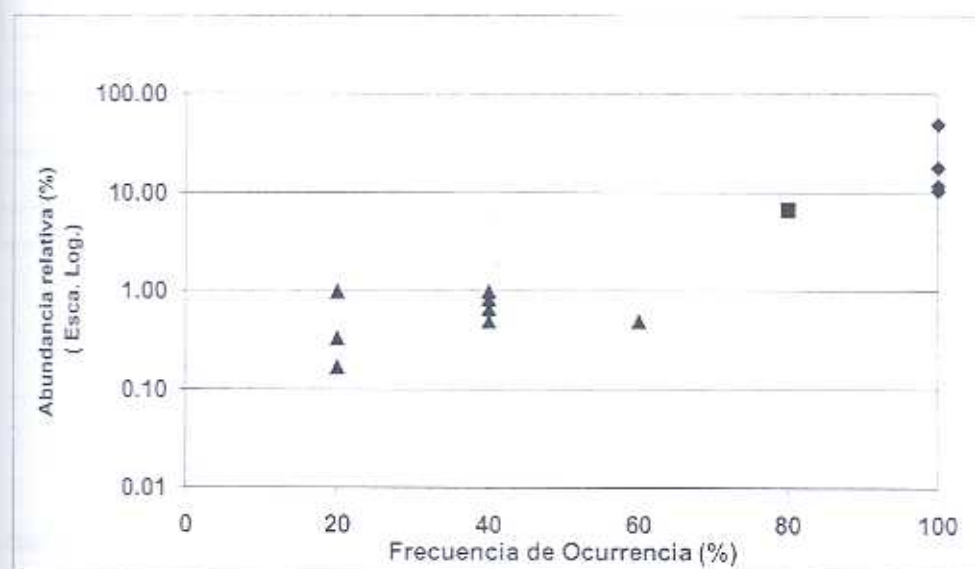


Fig. 7 . Especies registradas en el módulo "Tipo B" durante el experimento en El Merito B.C.S., ordenadas de acuerdo con el porcentaje de abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia. ◆ = dominantes ; ■ = frecuentes ; ▲ = comunes.

## ESPECIES FRECUENTES Y COMUNES

*Exesper asper* fue la única especie registrada como frecuente, con una abundancia de 6.56% y una frecuencia de ocurrencia del 80%. Un total de 9 especies se registraron dentro del grupo de comunes, sumando un 5.08% de abundancia total, y se presentaron en un intervalo de 20% y 60% de frecuencia de ocurrencia, de las cuales solamente *Nicholsina denticulata* presentó el 60% de frecuencia de ocurrencia con una abundancia de 0.49%.

No se registraron especies raras (Tabla 7).

**Tabla 7.** Especies dominantes, frecuentes y comunes registradas durante el experimento en El Merito B.C.S. en el módulo "Tipo B". El ordenamiento de especies es de acuerdo al porcentaje de su abundancia relativa (A.R. %) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O. %).

DOMINANTES	A.R.	F.O.	FRECUENTES	A.R.	F.O.	COMUNES	A.R.	F.O.
<i>Elacatinus puncticulatus</i>	48.52	100	<i>Exespor asper</i>	6.56	80	<i>Protemblemaria bicims</i>	0.98	20
<i>Paraclinus sini</i>	17.87	100				<i>Hypsoblennius gentilis</i>	0.98	40
<i>Scorpaenodes xyris</i>	11.64	100				<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.82	40
<i>Elacatinus digueti</i>	10.33	100				<i>Lythrypnus dalli</i>	0.66	40
						<i>Nicholsina denticulata</i>	0.49	60
						<i>Barbulifer pantherinus</i>	0.49	40
						<i>Alphestes immaculatus</i>	0.33	20
						<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	0.16	20
						<i>Serranus psittacinus</i>	0.16	20

### 7.3.2 c MÓDULO TIPO C

El módulo "Tipo C" registró un total de 13 especies durante el experimento, de las cuales 2 se incluyeron dentro del grupo de especies dominantes, las cuales sumaron el 75.45% de la abundancia total registrada. El grupo de especies frecuentes incluyó 3 especies cuyos valores de abundancia relativa sumaron el 20.16% de la abundancia total. Finalmente el grupo de especies consideradas comunes incluyó un total de 8 especies, que en su conjunto suman el 4.39% de la abundancia total registrada en este tipo de módulo. No se registraron especies raras (Fig. 8).

#### ESPECIES DOMINANTES

El módulo "Tipo C" registró solamente 2 especies dominantes, las cuales suman el 75.45% de la abundancia total registrada para este módulo. Estas especies presentaron una frecuencia de ocurrencia del 100% siendo *Paraclinus sini* la de mayor dominancia con un 44.70% de abundancia relativa, mientras que *Elacatinus puncticulatus* registró un 31.38% de la abundancia total registrada (Tabla 8).

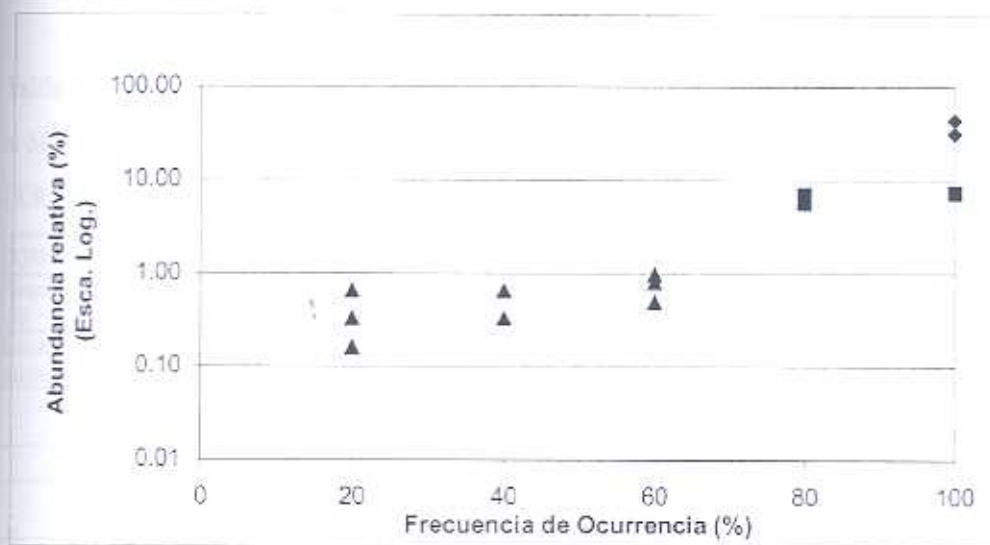


Fig. 8. Especies registradas durante el experimento en El Merito, B.C.S., en el módulo "Tipo C", ordenadas de acuerdo al porcentaje de su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia. ◆ = dominantes; ■ = frecuentes; ▲ = comunes.

### ESPECIES FRECUENTES

En este grupo se registró un total de 3 especies, las cuales sumaron un 20.16% de la abundancia total registrada. *Scorpaenodes xyris* presentó una frecuencia de ocurrencia del 100% con el 7.32% de la abundancia relativa, mientras que *Elacatinus digueti* y *Exesper asper* presentaron una frecuencia de 80% con valores de 6.99% y 5.85% respectivamente de su abundancia relativa (Tabla 8).

### ESPECIES COMUNES

Este grupo registró un total de 8 especies, las cuales en su conjunto sumaron solamente el 4.39% de la abundancia total registrada para este tipo de módulo. En general la frecuencia de ocurrencia de éstas especies se registró en un intervalo del 20% y 60%. Tres registraron una frecuencia de ocurrencia del 60%, *Barbulifer pantherinus* con una abundancia de 0.98%, *Nicholsina denticulata* con una abundancia de 0.81% e *Hypsoblennius gentilis* con una abundancia de 0.49% (Tabla 8).

Tabla 8. Especies dominantes, frecuentes y comunes registradas durante el experimento en el Merito B.C.S. en el módulo "Tipo C". El orden es de acuerdo a su abundancia relativa (A.R. %) y frecuencia de ocurrencia (F.O. %).

DOMINANTES	A.R.	F.O.	FRECIENTES	A.R.	F.O.	COMUNES	A.R.	F.O.
<i>Paraclinus sini</i>	44.07	100	<i>Scorpaenodes xyris</i>	7.32	100	<i>Barbulifer pantherinus</i>	0.98	60
<i>Elacatinus punctulatus</i>	31.38	100	<i>Elacatinus digueti</i>	6.99	80	<i>Nicholsina denticulata</i>	0.81	60
			<i>Exesper asper</i>	5.85	80	<i>Protoblepharia bicirris</i>	0.65	20
						<i>Lythrypnus dalli</i>	0.65	40
						<i>Hypsoblennius gentilis</i>	0.49	60
						<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.33	20
						<i>Alphestes immaculatus</i>	0.33	40
						<i>Pomacanthus zonipectus</i>	0.16	20

#### 7.4 COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS TRES ESPECIES MÁS IMPORTANTES EN LOS TRES TIPOS DE MÓDULOS.

Los tres módulos presentaron las mismas tres especies dominantes con respecto a su abundancia, la cual varió de acuerdo al tipo de módulo. Las especies fueron: *Elacatinus punctulatus*, *Paraclinus sini* y *Scorpaenodes xyris*. A la densidad estandarizada ( $N/0.05 \text{ m}^3$ ) de cada una de las especies dentro de cada tipo de módulo se le aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, con el propósito de conocer si existían diferencias significativas en su abundancia entre los tres tipos de módulo (Tabla 9). Sólo se encontró diferencias significativas en la abundancia de *Paraclinus sini*, mientras que *Elacatinus punctulatus* y *Scorpaenodes xyris* no las registraron. *Elacatinus punctulatus* registró la mayor densidad promedio en el módulo "tipo A" con un valor de 14 por  $0.05 \text{ m}^3$ , en el módulo "tipo B" presentó una densidad promedio de 9 y en el módulo "tipo C" presentó una densidad de 7 (Fig. 9). *Paraclinus sini* registró su mayor densidad promedio en el módulo "tipo C" con un valor de 10 por  $0.05 \text{ m}^3$ , en el módulo "tipo B" presentó una densidad de 3 y en el módulo "tipo A" presentó una densidad

promedio de 2 (Fig. 10). *Scorpaenodes xyris* registró una densidad promedio de 2 por  $0.05 \text{ m}^2$  en los tres tipos de módulo (Fig. 11).

Tabla 9. Valores obtenidos en la prueba de Kruskal-Wallis para la diferencia de la abundancia entre las tres especies más importantes.

Factor	$\alpha$	df	H	P
Densidad de <i>Elacatinus punctulatus</i> por modelo	0.05	2	5.753	P= 0.0563
Densidad de <i>Paraclinus sini</i> por modelo	0.05	2	13.926	P= 0.0009
Densidad de <i>Scorpaenodes xyris</i> por modelo	0.05	2	2.597	P= 0.2729

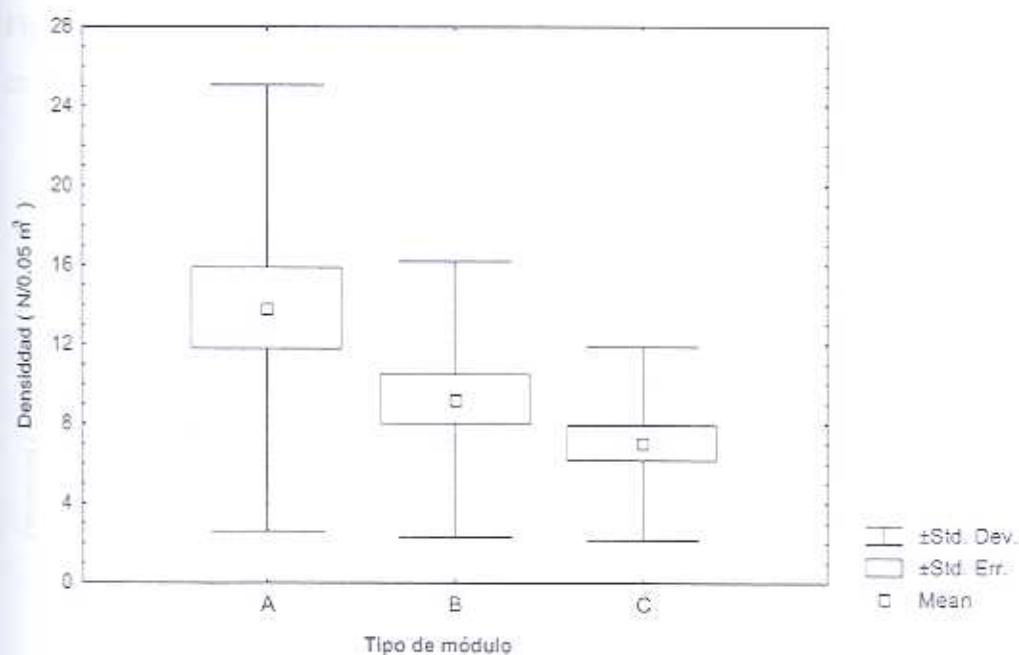


Fig. 9. Valores promedio de la abundancia estandarizada ( $N/0.05 \text{ m}^2$ ) de *Elacatinus punctulatus* en los tres tipos de módulos.

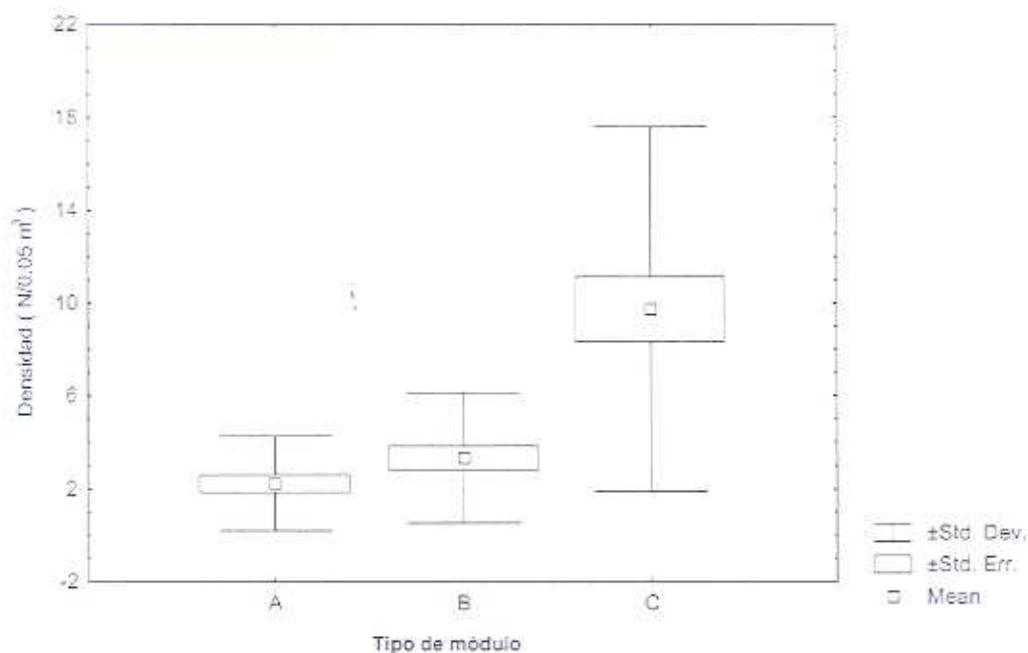


Fig. 10. Valores promedio de la abundancia estandarizada ( $N/0.05 \text{ m}^3$ ) de *Paraclinus sini* en los tres tipos de módulos.

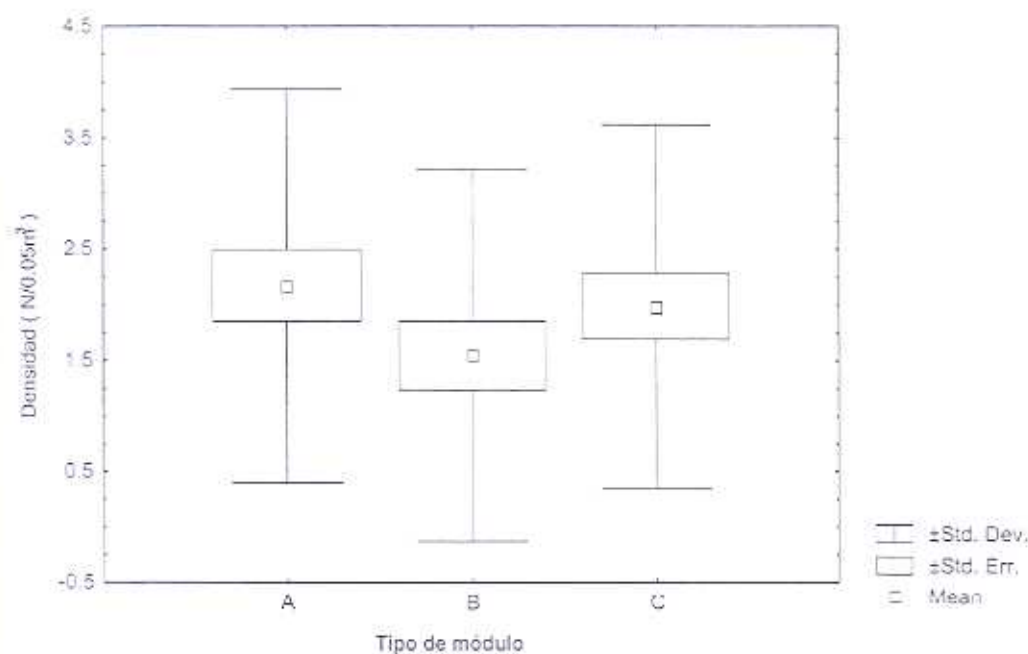


Fig. 11. Valores promedio de la abundancia estandarizada ( $N/0.05 \text{ m}^3$ ) de *Scorpaenodes xyris* en los tres tipos de módulos.

## 7.5 ANÁLISIS DE SIMILARIDAD ENTRE LOS TIPOS DE MÓDULOS.

### 7.5.1 ÍNDICE DE SIMILARIDAD DE MORISITA.

El análisis de similaridad de Morisita entre los tres tipos de módulos, con respecto a la densidad de organismos, reveló que el mayor grado de similaridad se presenta entre los módulos "tipo A" y "tipo C" con un valor de 0.97. Los módulos "tipo B" y "tipo C" presentaron un valor de 0.82. Los módulos "tipo A" y "tipo B" presentaron el menor grado de similaridad con un valor de 0.72 (Tabla 10).

**Tabla 10.** Matriz del coeficiente de similaridad de Morisita para los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento en El Merito B.C.S.

MÓDULO	TIPO_A	TIPO_B	TIPO_C
TIPO_A	1	0.7200	0.9740
TIPO_B		1	0.8225
TIPO_C			1

### 7.5.2 ÍNDICE DE SIMILARIDAD DE MORISITA SIMPLIFICADO.

El índice de similaridad de Morisita simplificado se utilizó para determinar el grado de similaridad entre los módulos con respecto a las biomásas estandarizadas. El análisis reveló que el mayor grado de similaridad lo presentaron los módulos "tipo A" y "tipo B" con un valor de 0.96. El segundo mayor valor de similaridad se presentó entre los módulos "tipo B" y "tipo C" con un valor de 0.85. Finalmente los módulos "tipo A" y "tipo C" presentaron el menor grado de similaridad con un valor de 0.74 (Tabla 11).

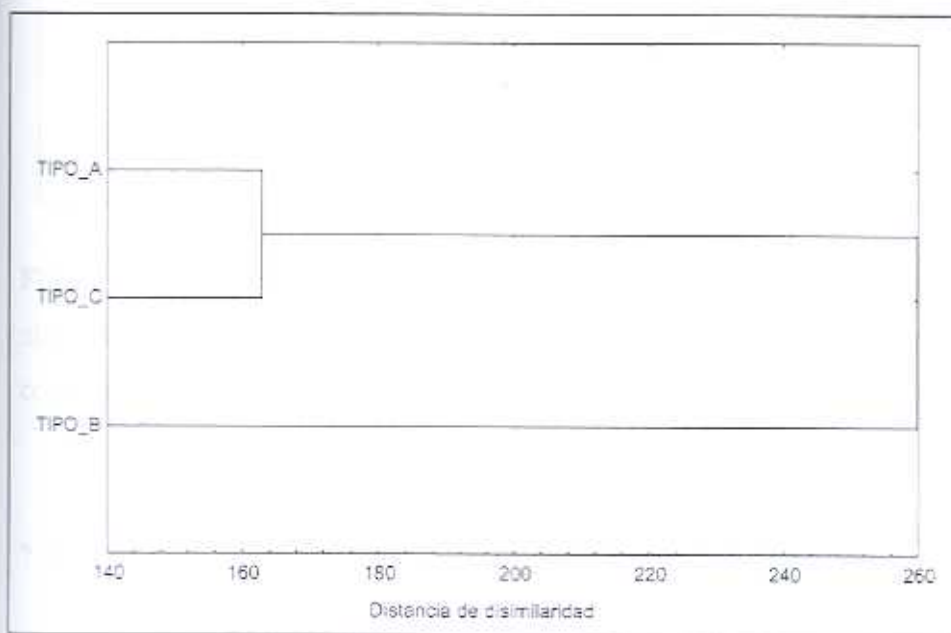
**Tabla 11.** Matriz del coeficiente de similaridad del índice de Morisita simplificado para los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento en El Merito B.C.S.

MÓDULO	TIPO_A	TIPO_B	TIPO_C
TIPO_A	1	0.9621	0.7413
TIPO_B		1	0.8586
TIPO_C			1

## 7.6 ANÁLISIS DE DISIMILARIDAD ENTRE LOS TIPOS DE MÓDULOS.

### 7.6.1 ANÁLISIS DE DISIMILARIDAD POR ABUNDANCIA.

Los análisis de disimilaridad, tanto para las abundancias como para las biomásas, se realizaron utilizando el coeficiente de distancias euclidianas en combinación con el método de agrupamiento mediante medias aritméticas (UPGMA). El análisis de la abundancia reveló que el menor grado de disimilaridad lo presentaron los módulos "tipo A" y "tipo C", con un valor de 163.02. En segundo lugar con respecto al grado de disimilaridad lo presentaron entre los módulos "tipo B" y "tipo C" con un valor de 205.98 (Fig.13). Destacamos que este análisis coincide con el de Morisita.



**Fig.12.** Análisis de disimilaridad por abundancia ( $N/0.05 \text{ m}^3$ ) entre los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento en El Merito B.C.S. El Análisis se realizó mediante el coeficiente de distancias euclidianas y el método de agrupamiento (UPGMA).

### 7.6.2 ANÁLISIS DE DISIMILARIDAD POR BIOMASA.

Este análisis reveló que el menor grado de disimilaridad se presentó entre los módulos "tipo A" y "Tipo B". La distancia entre estos módulos fue de 27.03, mientras que

la distancia entre el módulo "tipo B" y "tipo C" fue de 50.50 (Fig. 13). Este resultado coincide con el resultado obtenido mediante el Índice de Morisita simplificado.

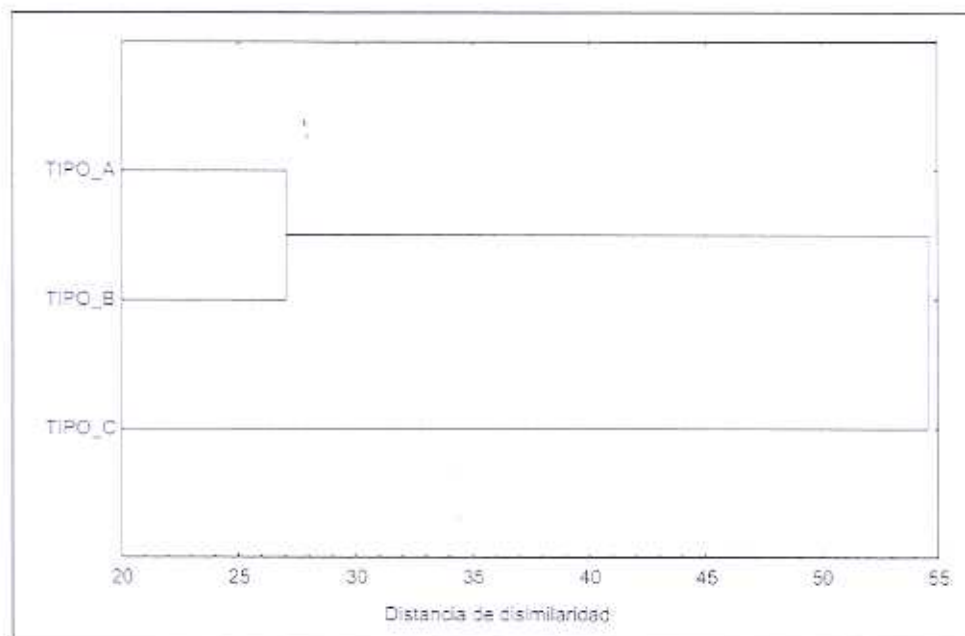


Fig.13. Análisis de disimilaridad por biomasa ( $g/0.05m^3$ ) entre los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento en El Merito B.C.S. El Análisis se realizó mediante el coeficiente de distancias euclidianas y el método de agrupamiento (UPGMA).

## 7.7 ANÁLISIS DE LA DENSIDAD

### 7.7.1 DENSIDAD PROMEDIO ENTRE LOS MÓDULOS

Para determinar si existen diferencias en las densidades estandarizadas ( $N/0.05 m^3$ ) entre los tres tipos de módulo se realizó una prueba de análisis de varianza de una vía. La ANOVA reveló que no existían diferencias significativas entre las densidades globales de los 3 tipos módulos (Tabla 12). El módulo "tipo A" registró la mayor densidad promedio de 25 ind/ $0.05 m^3$ , mientras que el módulo "tipo B" presentó una densidad de 22 ind/ $0.05 m^3$  y el módulo "tipo C" registró una densidad promedio de 19 ind/ $0.05 m^3$  (Fig. 14).

Tabla.12. Resultados de la prueba de ANOVA del análisis de las densidades estandarizadas (N/0.05 m) entre los tres tipos de módulos utilizados durante el experimento en El Merito B.C.S.

Factor	df	MS	F	P
Densidad global	2	207.4630	1.6592	P=0.1962

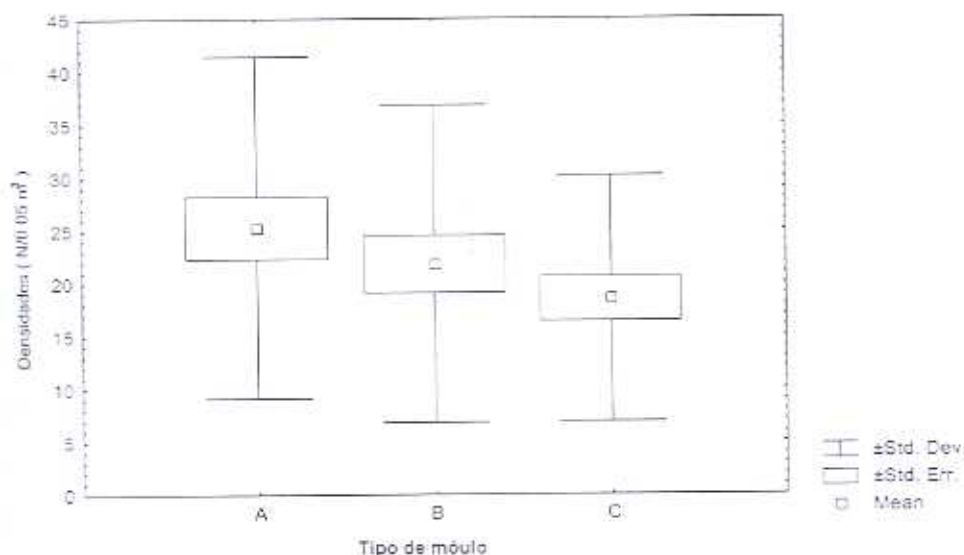


Fig. 14. Valores promedio de abundancias estandarizadas (N/0.05 m<sup>3</sup>) de los tres tipos de módulos.

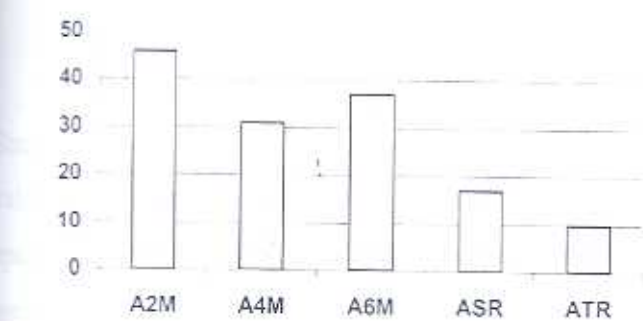
### 7.7.2 DENSIDAD POR FECHA DE MUESTREO EN CADA TIPO DE MÓDULO.

Por razones prácticas se consideraron dos etapas en el diseño de muestreo para los tres tipos de módulos ( Tipo A, B y C). La primer etapa comprendió tres muestreos para cada tipo de modelo a partir de un tiempo 0 (T0), con muestras de 2, 4 y 6 meses de duración respectivamente (2M, 4M y 6M). Mientras que la segunda etapa corresponde a dos muestreos extras independientes del T0 representados como segunda y tercera ronda (SR y TR, respectivamente) con sólo dos meses de duración.

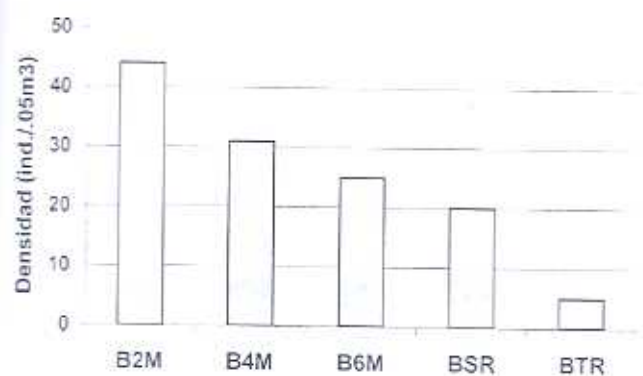
El módulo "tipo A" registró, al igual que los otros módulos, la mayor densidad de individuos para los muestreos correspondientes a la primer etapa. El primer muestreo que correspondió al mes de octubre (A2M) registró la mayor densidad con 46 Ind./0.05 m<sup>3</sup>, para el segundo muestreo correspondiente al mes de diciembre (A4M) registró una densidad de 31 Ind./0.05 m<sup>3</sup> y finalmente el muestreo correspondiente al mes de febrero (A6M) fue de 37 Ind./0.05 m<sup>3</sup>. Destacamos que, considerando el muestreo A2M las densidades de los muestreos de la segunda etapa (con una duración igual de 2 meses) disminuyeron considerablemente, registrando en el muestreo comprendido entre octubre-diciembre (ASR) una densidad de 17 Ind./0.05 m<sup>3</sup> y finalmente el muestreo comprendido entre diciembre-febrero (ATR) registró una densidad de 10 Ind./0.05 m<sup>3</sup> (Fig.15).

Los valores de densidad del módulo "tipo B" disminuyeron a partir del primer muestreo durante la primer etapa y de manera considerable para los muestreos de la segunda etapa. El primer muestreo B2M registró el mayor valor de densidad con 44 Ind./0.05 m<sup>3</sup>, el segundo muestreo B4M registró una densidad de 31 Ind./0.05 m<sup>3</sup> y finalmente el muestreo B6M presentó una densidad de 25 Ind./0.05 m<sup>3</sup>. Los muestreos correspondientes a la segunda etapa registraron 20 Ind./0.05 m<sup>3</sup> (BSR) y 5 Ind./0.05 m<sup>3</sup> (BTR), destacando así una disminución clara entre las densidades de individuos para los muestreos con 2 meses de duración (Fig. 15).

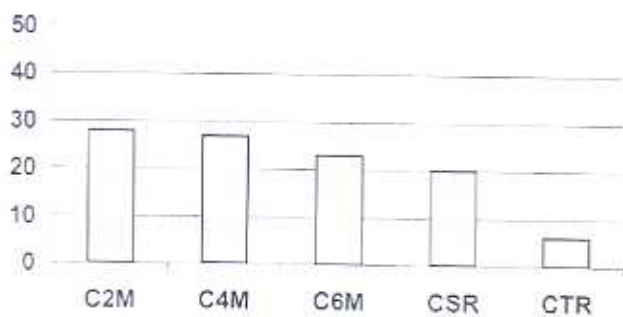
Durante la primer etapa del muestreo el módulo "tipo C" presentó una mayor constancia en sus densidades, registrando 28 Ind./0.05 m<sup>3</sup> durante el muestreo de octubre (C2M), para el muestreo de diciembre (C4M) registró una densidad de 27 Ind./0.05 m<sup>3</sup> y finalmente para el muestreo correspondiente a febrero (C6M) una densidad de 23 Ind./0.05 m<sup>3</sup>. Dentro de los muestreos correspondientes a la segunda etapa se ratificó una disminución considerable en sus densidades, registrando durante el muestreo comprendido entre octubre-diciembre (CSR) una densidad de 20 Ind./0.05 m<sup>3</sup> y finalmente para el muestreo comprendido entre diciembre-febrero (CTR) registró su menor densidad con 6 Ind./0.05 m<sup>3</sup> (Fig. 15).



A) Módulo "tipo A"



B) Módulo "tipo B"



C) Módulo "tipo C"

Tiempos de muestreo

Fig. 15. Comportamiento de la densidad expresada en Ind./0.05m<sup>3</sup>, por tiempos de muestreo durante el experimento en El Merito B.C.S.

## 7.8 ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

### 7.8.1 DIVERSIDAD ENTRE TIPO DE MÓDULOS.

De manera general los valores de diversidad obtenidos mediante el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) fueron los siguientes: para el módulo "tipo A" se registró el mayor valor de diversidad durante todo el experimento con 1.59 bits/Ind. En segundo lugar apareció el módulo "tipo B" con un valor muy similar de 1.57 bits/Ind, y finalmente el menor valor de diversidad lo presentó el módulo "tipo C" con 1.46 bits/Ind (Fig. 16).

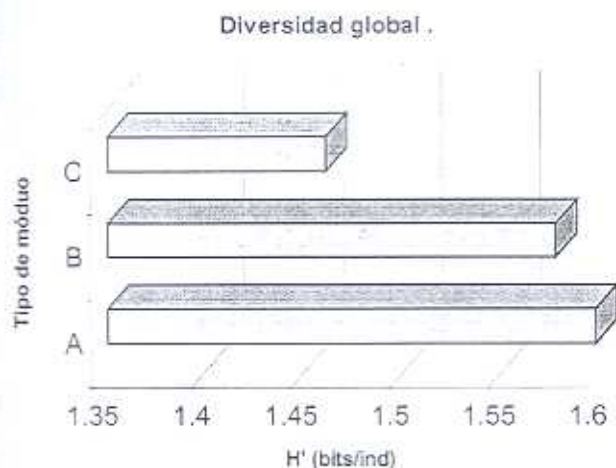


Fig. 16. Diversidad global registrada en cada uno de los módulos.  $H'$  (bits/Ind) = índice de Shannon-Wiener.

### 7.8.2 ANÁLISIS GLOBAL DE LA DIVERSIDAD

El análisis global de diversidad arrojó valores entre 1.38 y 1.81 bits/Ind. durante los tiempos de muestreo del experimento. El mayor valor de diversidad lo presentó el muestreo correspondiente a la segunda etapa comprendido entre los meses diciembre-febrero (TR) con 1.81 bits/Ind. El segundo mayor valor de diversidad lo presentó el muestreo correspondiente al mes de octubre (2M) de la primera etapa con 1.58 bits/Ind. El muestreo correspondiente entre los meses de octubre-diciembre (SR) de la segunda etapa

registró una diversidad de 1.49 bits/Ind. Finalmente los valores más bajos de diversidad se registraron en los muestreos correspondientes a diciembre (4M) y febrero (6M), en la primer etapa, con 1.38 y 1.48 bits/Ind., respectivamente. Estos valores de diversidad oscilaron de acuerdo a la variación en la equitatividad con respecto a los tiempos de muestreo (Fig. 17).

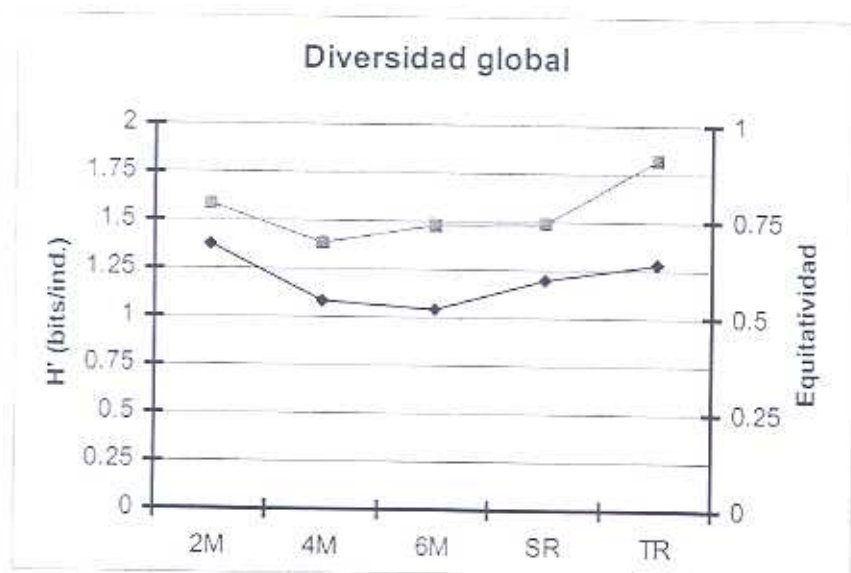


Fig. 17. Variación de la diversidad y equitatividad de forma global por tiempos de muestreo durante el experimento en El Merito B.C.S. —■— = índice de Shannon-Wiener  $H'$ (bits/Ind.). —◆— = Equitatividad.

### 7.8.3 COMPORTAMIENTO DE LA DIVERSIDAD EN CADA MÓDULO.

Los valores de diversidad en el módulo "tipo A" oscilaron entre 1.32 y 1.85 bits/Ind. éstos valores se comportaron de acuerdo a la variación presentada por la equitatividad durante los muestreos del experimento. Los valores máximos de diversidad se registraron en los dos muestreos correspondientes a la segunda etapa, presentando la mayor diversidad el muestreo comprendido entre diciembre-febrero (ATR) con 1.85 bits/Ind. y en segundo lugar el muestreo comprendido entre octubre-diciembre (ASR) con 1.68 bits/Ind. Los valores mínimos de diversidad ocurrieron en la primer etapa, los muestreos de octubre

(A2M) y febrero (A6M) registraron valores de 1.32 y 1.33 bits/Ind. respectivamente; finalmente el muestreo correspondiente a diciembre (A4M) registró un valor de 1.47 bits/Ind. (Fig.18).

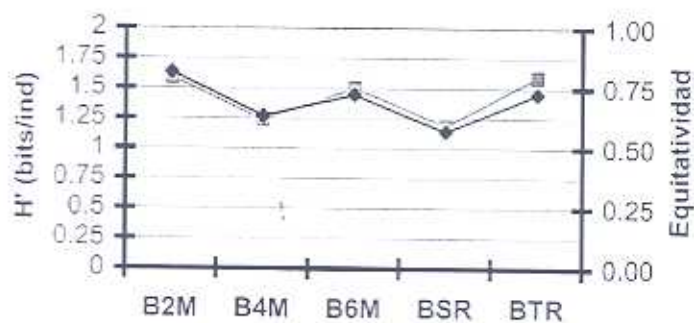
Los valores de diversidad en el módulo "Tipo B" variaron entre 1.18 y 1.60 bits/Ind., oscilando de acuerdo con la variación de la equitatividad durante los tiempos del muestreo. El máximo valor de diversidad lo registró el muestreo comprendido entre diciembre-febrero de la segunda etapa (BTR), con 1.60 bits/Ind., en segundo lugar el muestreo correspondiente a octubre de la primer etapa (B2M) con 1.59 bits/Ind, seguido de los muestreos de Febrero (B6M) y diciembre (B4M) con 1.51 y 1.24 bits/Ind respectivamente. Finalmente el muestreo octubre-diciembre de la segunda etapa (BSR) registró el mínimo valor de diversidad en los muestreos correspondientes a este módulo con 1.18 bits/Ind. (Fig.18).

El módulo "tipo C" registró valores de diversidad comprendidos en un rango de 1.17 y 1.69 bits/Ind., oscilando de acuerdo a la variación en la equitatividad al igual que en los otros dos modelos. El máximo valor de diversidad lo presentó el muestreo correspondiente a diciembre-febrero de la segunda etapa (CTR) con 1.69 bits/Ind., en segundo el de octubre de la primer etapa (C2M) con 1.43 bits/Ind., seguido del muestreo comprendido entre octubre-diciembre de la segunda etapa (CSR) y el muestreo de febrero de la primer etapa (C6M) con 1.32 y 1.26 bits/Ind. Finalmente el valor mínimo de diversidad lo registró el muestreo de diciembre en la primer etapa (C6M) con 1.17 bits/Ind. (Fig.18).

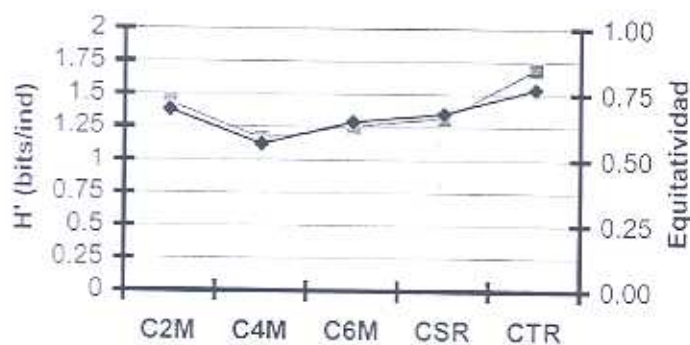
### **7.9 COMPARACIÓN DEL NÚMERO DE ESPECIES REGISTRADAS POR TIPO DE MÓDULO.**

Con el fin de determinar, de manera global, si existían diferencias en el número de especies registradas entre cada tipo de módulo se realizó un análisis de varianza de una vía. El análisis reveló la existencia de diferencias significativas en las medias del número de especies registradas en cada tipo de módulo durante el experimento (Tabla 13). Conociendo

A) Módulo "tipo A"



B) Módulo "tipo B"



C) Módulo "tipo C"

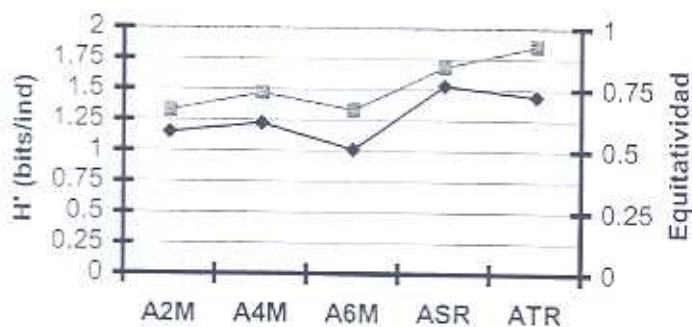


Fig. 18. Comportamiento de la diversidad y equitatividad, por tiempos de muestreo, durante el experimento en El Merito B.C.S., —■— = índice de Shannon-Wiener  $H'$ (bits/Ind), —◆— = Equitatividad.

este resultado se realizó una prueba de Tukey HSD para conocer el tipo de módulo que presentó diferencias, lo cual nos arrojó que el módulo "tipo A" registró diferencias significativas con respecto a los otros dos módulos, en tanto que los módulos "tipo B" y "Tipo C" no registraron diferencias significativas entre ellos (Tabla 14). El módulo "tipo A" registró el mayor número promedio de especies, con 7 especies durante todo el experimento, mientras que los módulos "tipo B" y "tipo C" registraron un promedio de 4 especies cada uno de ellos (Fig.19).

Tabla. 13. Resultados del Análisis de varianza para probar la diferencia del número de especies entre los tipos de módulo durante el experimento.

Factor	df	MS	F	P
Número de especies	2	2.29	22.89	P= 0.000

Tabla. 14. Resultados de la prueba de Tukey HSD que determinan que módulo presentó diferencias con respecto al promedio de especies.

Tipo	A	B	C	
Media	6.5	4.03	4.43	
		0.00010598	0.000108	Tipo A
	0.00010598		0.5650236	Tipo B
	0.000108	0.5650236		Tipo C

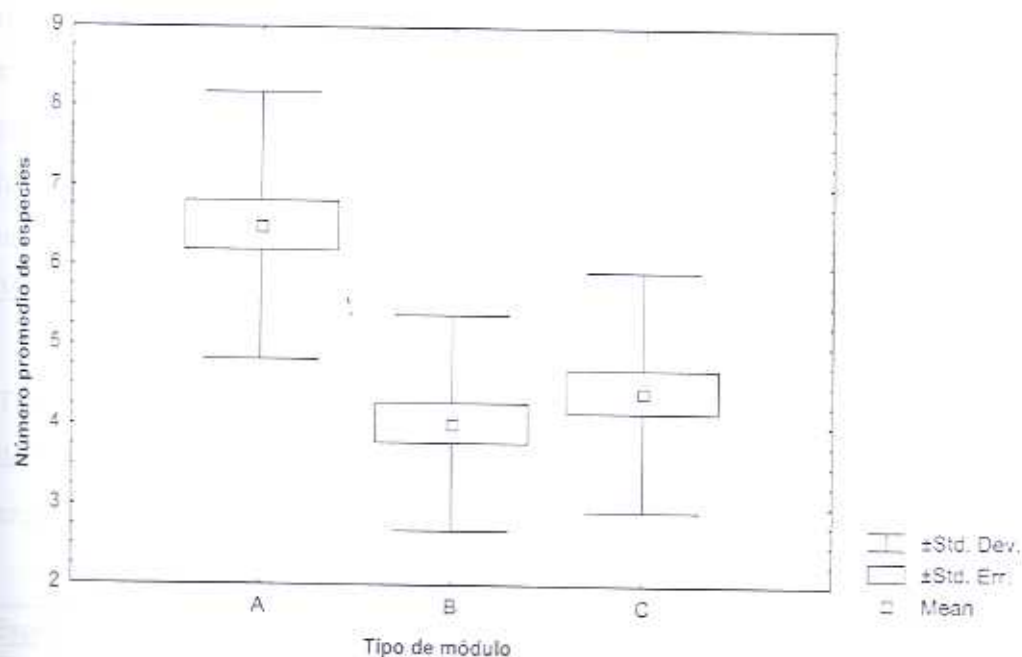


Fig. 19. Valores promedio del número de especies registradas de manera global por tipo de módulo durante el experimento en El Merito B.C.S.

## 7.10 ANÁLISIS DE ESTRUCTURA DE TALLAS DE LAS TRES ESPECIES CON MAYOR DOMINANCIA DURANTE EL EXPERIMENTO.

### 7.10.1 COMPARACIÓN GLOBAL DE LAS TALLAS MEDIAS ENTRE LOS TIPOS DE MÓDULO.

Con el fin de determinar la relación que presentó la estructura de tallas con respecto al tipo de módulo, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para las tres especies más abundantes durante todo el experimento (*Elacatinus punctulatus*, *Paraclinus sini* y *Scorpaenodes xyris*). La prueba reveló que *E. punctulatus* y *P. sini* presentaron diferencias significativas respecto al arreglo de sus tallas medias entre los tipos de módulos, mientras que *S. xyris* no presentó diferencias significativas (Tabla 15). Destacamos que de manera global la mayor talla promedio, de cada una de éstas especies, se presentó en el módulo "tipo B". *E. punctulatus* presentó tallas de 24.02 mm, 23.13 mm y 21.99 mm en los módulos "tipo B", "tipo A" y "tipo C" respectivamente (Fig. 20a.). Por su parte, *P. sini*

registró tallas de 29.43 mm en el módulo "tipo B", 25.83 mm en el módulo "tipo C" y la menor talla promedio en el módulo "tipo A" con 23.28 mm (Fig. 20b.). Finalmente *S. xyris* no presentó diferencias significativas en sus tallas y registró una mayor talla promedio, al igual que las otras dos especies, en el módulo "tipo B" con un valor de 37.90 mm, en el módulo "tipo A" de 36.91 mm y finalmente en el módulo "tipo C" registró un valor de 35.30 mm (Fig. 20c.).

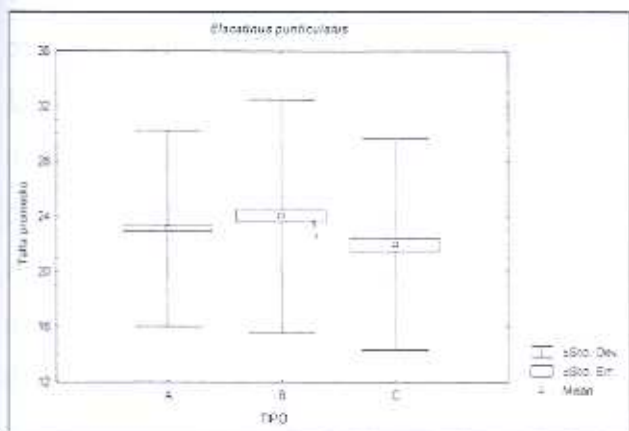
**Tabla. 15.** Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para probar la diferencias en el arreglo de las tallas de las especies dominantes con respecto al tipo de módulo durante el experimento en El Merito B.C.S.

Especie	factores	alfa	df	H	P
<i>Elacatinus puncticulatus</i>	Talla / tipo módulo	0.05	2	8.09	P = 0.0175
<i>Paraclinus sini</i>	Talla / tipo módulo	0.05	2	27.82	P = 0.0000
<i>Scorpaenodes xyris</i>	Talla / tipo módulo	0.05	2	2.189	P = 0.3347

#### 7.10.2 COMPORTAMIENTO DE LAS TALLAS MEDIAS CON RESPECTO AL TIEMPO Y TIPO DE MÓDULO.

De manera general y como era de esperarse, la talla media para las tres especies analizadas se incrementó con respecto a los tiempos de muestreo, tanto en la primer etapa como en la segunda etapa (Fig.21). Si bien en el análisis global se observa que en el módulo "tipo B" se presentan las mayores tallas medias de las tres especies, vemos que ésta condición en el arreglo de las tallas medias con respecto al tipo de módulo, fue distinta durante los tiempos de muestreo.

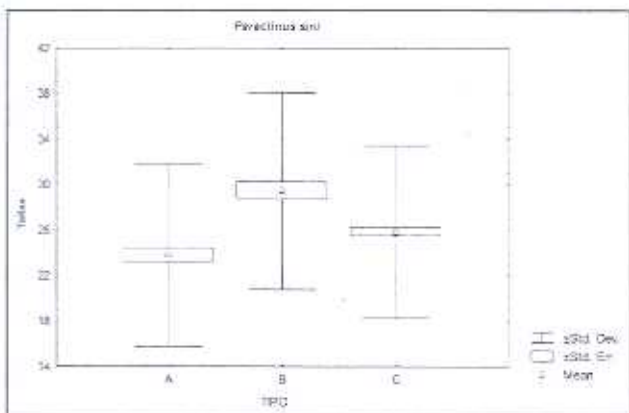
*P. sini* presentó diferencias significativas en sus tallas, registrando la mayor talla media en el módulo "tipo B" seguido del "tipo C" y "tipo A" (Fig. 22 b.). Por su parte *E. puncticulatus* presentó una gran variación en el arreglo de sus tallas medias, con diferencias significativas en los muestreos de octubre y diciembre de la primera etapa, presentando la



a)

*Elacatinus puncticulatus*

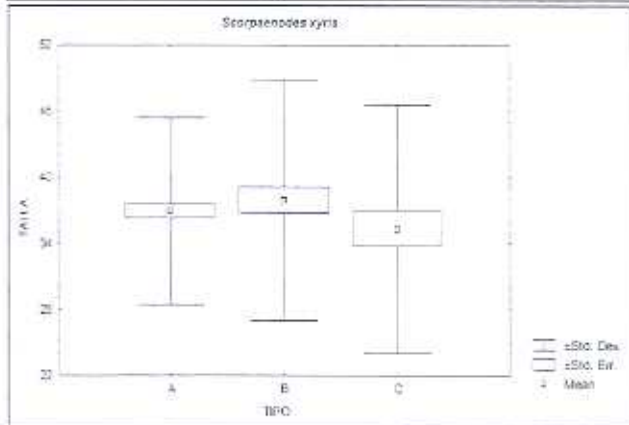
Tipo	Talla promedio
A	23.13 mm
B	24.03 mm
C	21.99 mm



b)

*Paraclinus sini*

Tipo	Talla promedio
A	23.78 mm
B	29.43 mm
C	25.83 mm



c)

*Scorpaenodes xyris*

Tipo	Talla promedio
A	36.91 mm
B	37.90 mm
C	35.30 mm

Fig. 20. Valores promedio de las tallas de a) *Elacatinus puncticulatus*, b) *Paraclinus sini* y c) *Scorpaenodes xyris* entre los tipos de módulos durante el experimento en El Merito B.C.S.

mayor talla media en el módulo "tipo A" del mes de octubre y en el módulo "tipo B" durante el mes de febrero. Por su parte en el mes de diciembre de la primera etapa no presentó diferencias significativas y la mayor talla media se registró en el módulo "tipo A". Los muestreos de la segunda etapa tampoco presentaron diferencias significativas y la mayor talla media se presentó para el módulo "tipo B" durante octubre-diciembre (SR) y para el módulo "tipo C" durante "diciembre-febrero" (TR) (Fig. 22 a.). Finalmente *S. xyris* no presentó diferencias significativas durante todos los tiempos de muestreo, registrando el mayor valor de talla promedio para el módulo "tipo B", durante los muestreos de diciembre de la primera etapa y para los de octubre-diciembre (SR) y diciembre-febrero (TR) de la segunda etapa. Para los muestreos correspondientes a octubre y febrero de la primera etapa el mayor valor en la talla media se presentó en el módulo "tipo A" (Fig. 22 c.).

### 7.10.3. DISTRIBUCIÓN DE LAS CLASES DE TALLA CON RESPECTO AL TIEMPO Y TIPO DE MÓDULO.

#### MUESTREOS CORRESPONDIENTES A LA PRIMER ETAPA.

##### *Elacatinus punctulatus*

Del total de organismos presentes, de ésta especie, durante el primer mes de muestreo (octubre) se observó una fuerte intensidad en las dos clases de tallas más pequeñas (10-14 mm y 15-19 mm), las cuales disminuyeron considerablemente hacia la última fecha de muestreo, y por otro lado se incrementó la intensidad y la aparición de organismos hacia las clases de tallas mayores. En el mes de diciembre la intensidad de las dos primeras clases de tallas disminuyó considerablemente mientras que se incrementó la intensidad en las dos clases de tallas siguientes (20-24 mm y 25-29 mm). Finalmente en febrero las dos clases de talla menores tienden a desaparecer y se observa una tendencia de estabilidad hacia las clases de tallas mayores aparecidas en diciembre, las cuales se mantuvieron en febrero entre los intervalos de 20-24 mm y 35-39 mm. En febrero se registraron individuos en el máximo intervalo de clase de 45-49 mm. Destacamos que este comportamiento, en el arreglo de las tallas, se presentó de manera general para los tres tipos de módulo (Fig. 23).

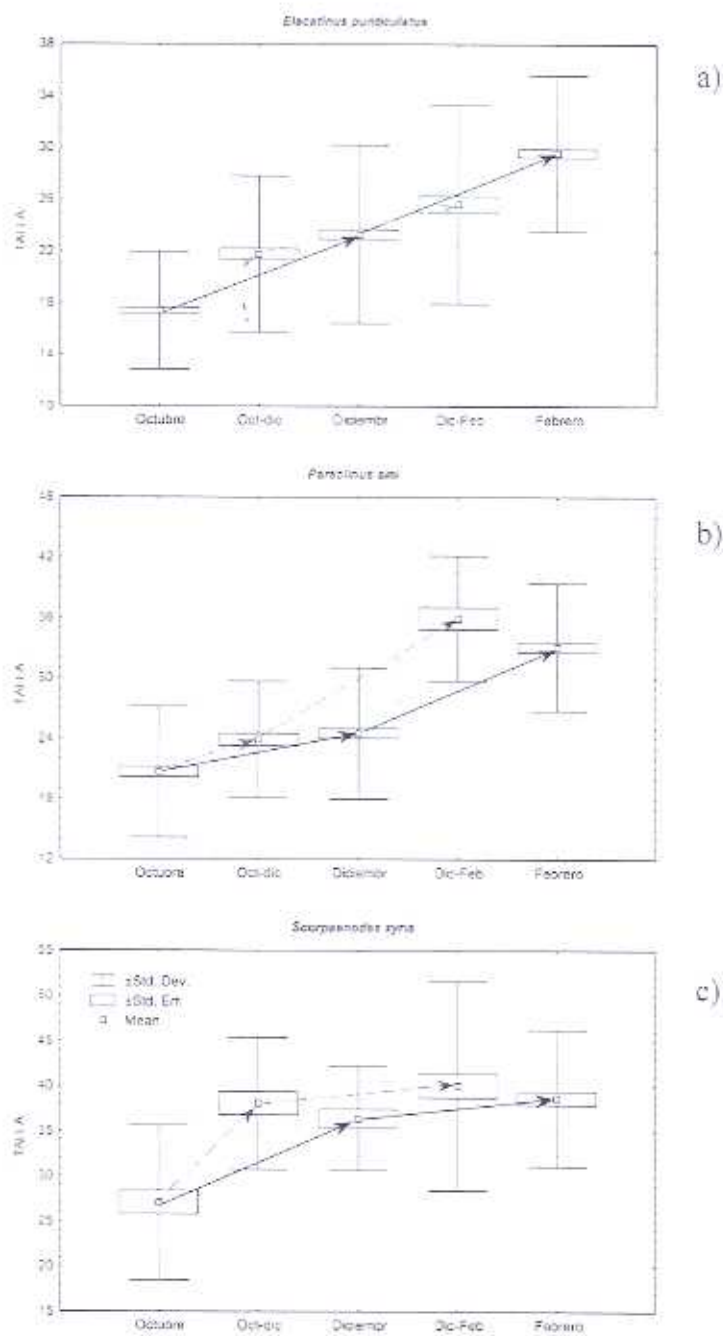
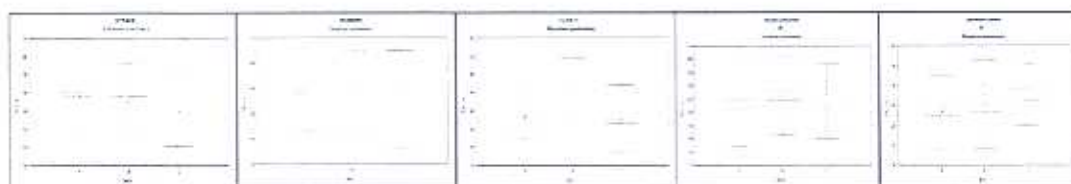


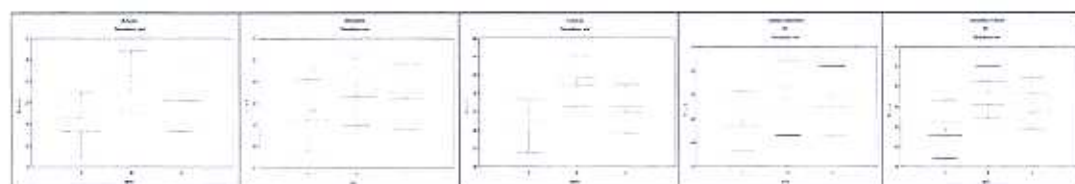
Fig. 21. Comportamiento de las tallas medias de a) *Elacatinus punctulatus*, b) *Paraclinus sini* y c) *Scorpaenodes xyris* durante los tiempos de muestreo durante el experimento en El Merito B.C.S. → = primer etapa, --▶ = segunda etapa.

a) *Elacatinus puncticulatus*



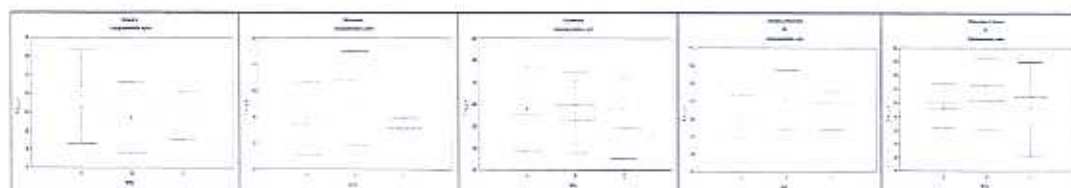
	OCT	DIC	FEB	SR	TR
A	17.79	23.82	28.66	21.16	24.64
B	17.03	23.04	34.60	22.45	26.28
C	16.04	22.20	28.31	21.63	28.16
P=	0.038	0.22	0	0.31	0.074
	Dif sig.	No dif	Dif sig.	No dif	No dif

b) *Paraclinus sini*



	OCT	DIC	FEB	SR	TR
A	15.84	21.78	28.78	21.60	33.49
B	23.72	26.14	38.45	25.37	40.77
C	20.90	25.32	32.56	24.91	38.73
P=	0	0.001	0	0.031	0.016
	Dif sig	Dif sig	Dif sig	Dif sig	Dif sig

c) *Scorpaenodes xyris*



	OCT	DIC	FEB	SR	TR
A	29.28	35.81	39.18	35.67	39.12
B	24.82	38.86	38.48	42.30	43.39
C	25.29	35.03	37.51	40.04	37.42
P=	0.376	0.512	0.942	0.206	0.230
	No dif.	No dif.	No dif.	No dif.	No dif.

Fig. 22. Prueba de Kruskal-Wallis para determinar la diferencia de las tallas medias de a) *E. puncticulatus*, b) *P. sini* y c) *S. xyris* entre los tipos de módulos y fechas de muestreo durante el experimento en El Merito B.C.S.

### *Paraclinus sini.*

Esta especie presenta organismos distribuidos en 6 intervalos de clase durante el mes de octubre, incluyendo en ellos las tallas mas pequeñas que corresponden a los intervalos 5-9 mm y 10-14 mm. Para el mes de diciembre desaparece la presencia de organismos en el intervalo mas pequeño (5-9 mm) y disminuyen considerablemente los individuos registrados en el segundo intervalo (10-14 mm), de ésta manera el componente más fuerte de organismos se registra entre los intervalos 15-19 mm y 30-34 mm. Finalmente en el mes de febrero desaparecen por completo los dos primeros intervalos de clase (5-9 mm y 10-14 mm) y hay una tendencia marcada en desaparecer el tercer intervalo de clase (15-19 mm), con lo cual el arreglo en la distribución de las clases de tallas se da entre los intervalos 20-24 mm y 45-49 mm. Destacamos que ésta especie presenta un mayor grado de incidencia en sus tallas menores en el módulo "tipo A", que si bien disminuyen con respecto al tiempo, su escasa presencia se observa hacia el último muestreo sólo en este tipo de módulo. Mientras que en los módulos "tipo B" y "tipo C" registran preferentemente tallas mayores hacia el último mes de muestreo (Fig. 24.).

### *Scorpaenodes xyris.*

Esta especie registró una serie de cambios en el arreglo de sus clases de tallas con respecto a los tipos de módulo durante los tiempos de muestreo. Durante el primer mes de muestreo (octubre) las clases de talla se distribuyeron en 7 intervalos de clase. En este arreglo se presentaron individuos entre los intervalos 10-14 mm y 40-44 mm para los módulos "tipo A" y "tipo B", mientras que el arreglo para el módulo "tipo C" fue en los intervalos 15-19 mm y 30-34 mm, con lo que las tallas mas pequeñas se registraron únicamente para los dos primeros módulos. En el mes de diciembre las dos primeras clases de tallas desaparecen por completo en los tres módulos, el módulo "tipo A" presentó un arreglo entre los intervalos 20-24 mm y 45-49 mm con un mayor grado de incidencia en el intervalo 35-39 mm, mientras que para los módulos "tipo B" y "tipo C" el arreglo se dio preferentemente en los intervalos 30-34 mm y 35-39 mm. En el mes de diciembre vuelven a aparecer las tallas pequeñas en todos los módulos, el módulo "tipo A" presenta un arreglo entre los intervalos 15-19 mm y 55-59 mm, el "tipo B" entre los intervalos 15-19 mm y 50-

54 mm y finalmente el módulo "tipo C" entre los intervalos 15-19 mm y 45-49 mm (Fig. 25).

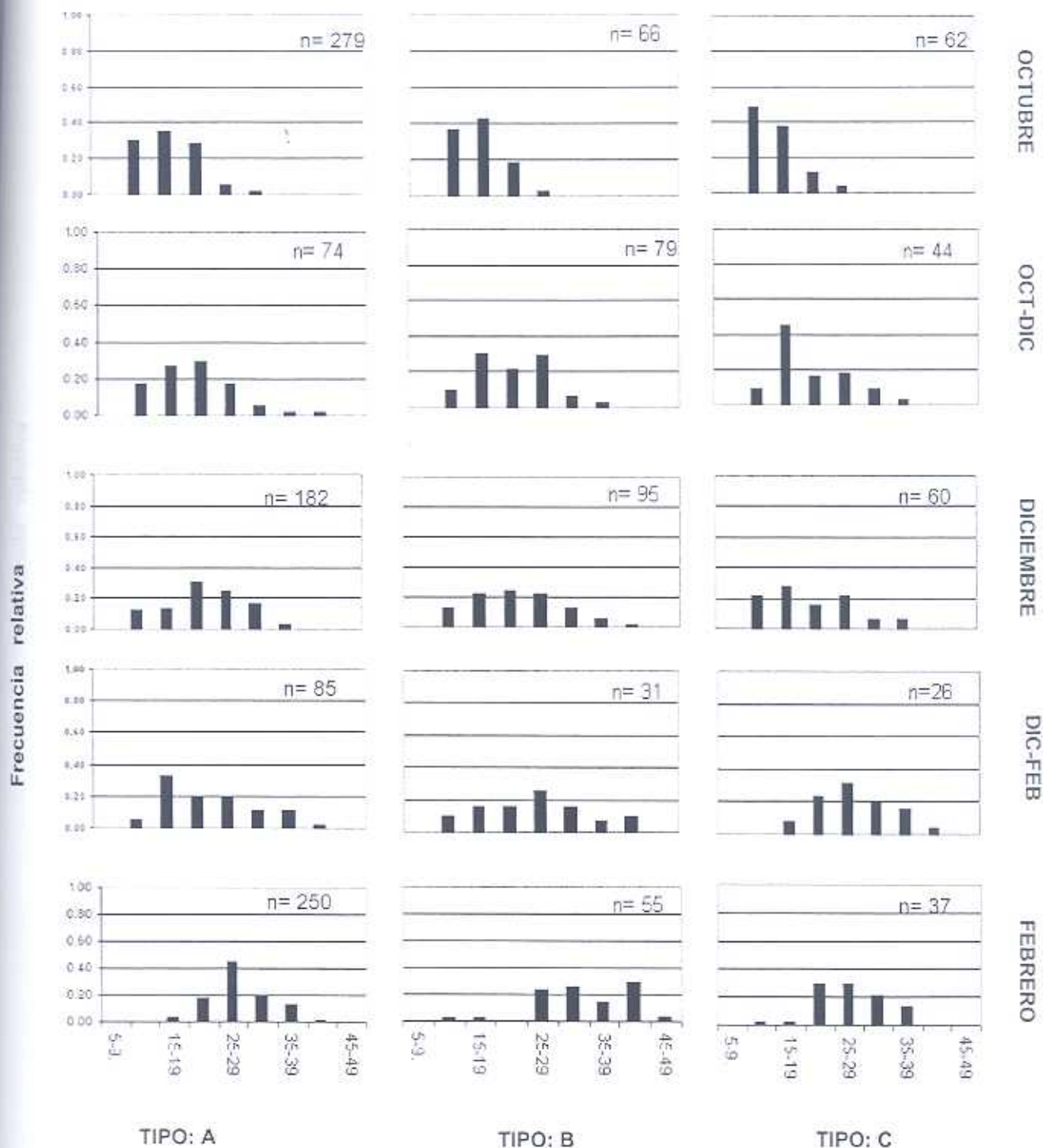


Fig. 23. Arreglo de la estructura de talla de *Elacatinus punctulatus* en cada tipo de módulo durante todas las fechas de muestreo del experimento en El Merito B.C.S.

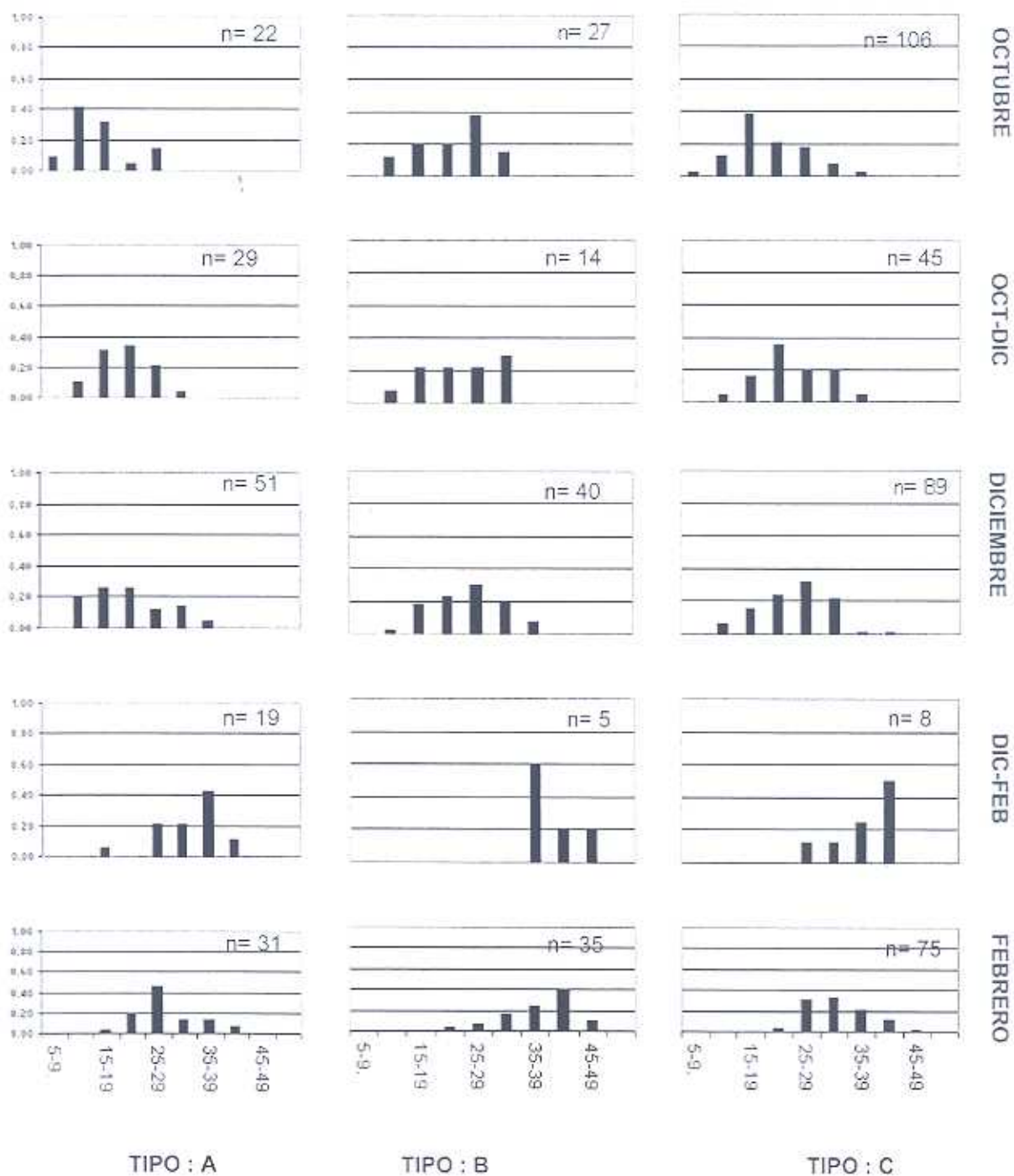


FIG. 24. Arreglo de la estructura de talla de *Paraclinus sini* en cada tipo de módulo durante todas las fechas de muestreo del experimento en El Merito B.C.S.

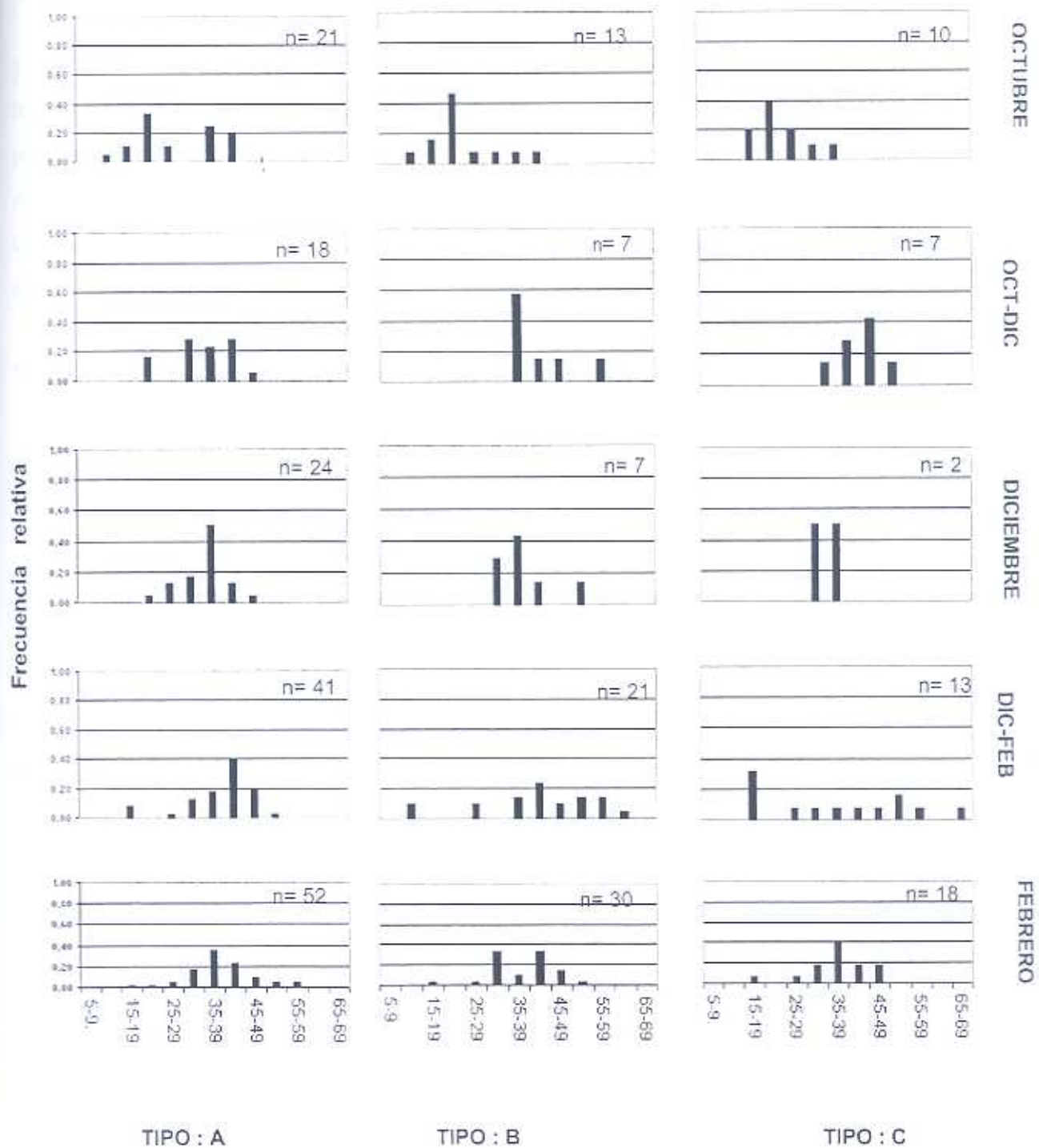


FIG. 25. Arreglo de la estructura de talla de *Scorpaenodes xyris* en cada tipo de módulo durante todas las fechas de muestreo del experimento en El Merito B.C.S.

## MUESTREOS CORRESPONDIENTES A LA SEGUNDA ETAPA.

De manera general para las tres especies (*Elacatinus punctulatus*, *Paraclinus sini* y *Scorpaenodes xyris*) la distribución de las clases de tallas correspondientes a los muestreos de la segunda etapa en la segunda ronda y tercera ronda (OCT-DIC y DIC-FEB) presentaron un arreglo secuencial hacia las clases de talla mayores (desplazamiento hacia la derecha) con respecto a los muestreos previos de la primer etapa, lo cual refleja la tendencia en su arreglo con respecto al tiempo entre meses previos y su presencia o ausencia hacia los meses siguientes.

### 7.11 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.

#### TEMPERATURA

Los valores de temperatura, del agua en el fondo, disminuyeron considerablemente con respecto al tiempo. El valor máximo de temperatura se registró durante el mes de octubre con 29.8 °C, el mes de diciembre registró un valor de 24.8 °C. Finalmente el menor valor de temperatura se registró durante febrero 2003 con 21.7 °C (Fig. 26).

#### SALINIDAD

La salinidad promedio en el área de estudio fue de 35.2‰. El menor valor de salinidad se registró durante el mes de octubre con 34.6‰, mientras que mayor valor de salinidad fue para el mes de febrero con 36 ‰. El mes de diciembre registró una salinidad de 35‰ (Fig. 26).

#### OXÍGENO DISUELTO

El valor promedio de el oxígeno disuelto en el área de estudio durante el experimento fue de 6.5 mg O<sub>2</sub>/l. El valor mínimo se registró en el mes de octubre con 4.5

mg O<sub>2</sub>/l. Posteriormente los valores de oxígeno disuelto se incrementaron con respecto al tiempo (Fig. 26).

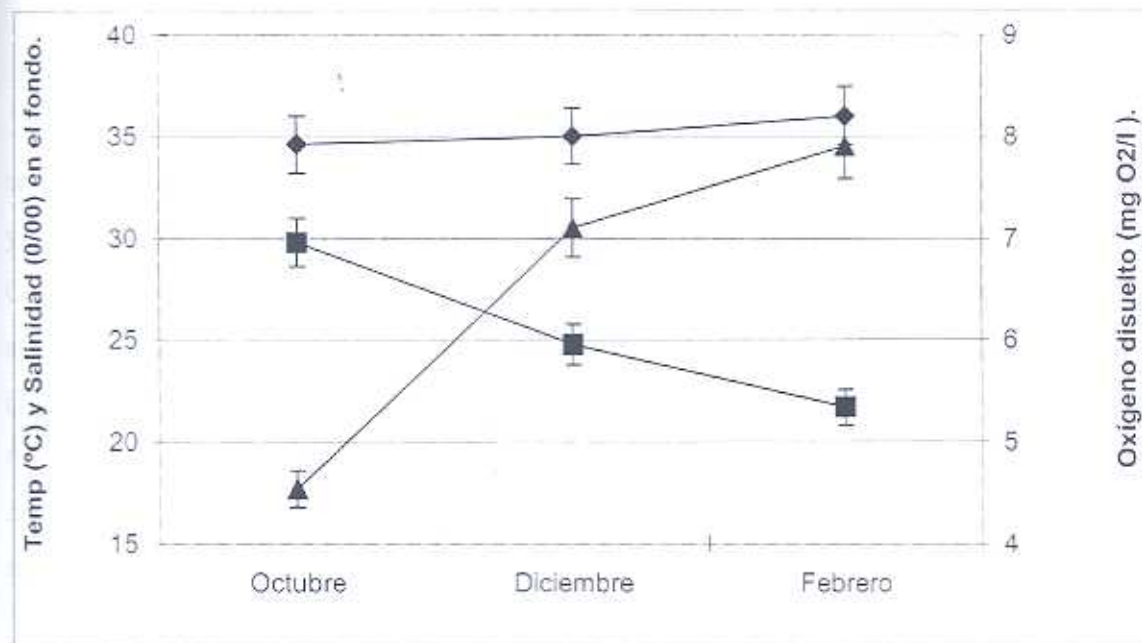


Fig. 26. Valores promedio de temperatura, salinidad, y oxígeno disuelto registrados bimensualmente durante el experimento en el Merito B.C.S. ■ = Temperatura (°C),

◆ = Salinidad (‰), ▲ = Oxígeno disuelto (mg O<sub>2</sub>/l).

## 8. DISCUSIÓN.

### A) Aportación al componente de peces crípticos.

En trabajos recientes sobre comunidades de peces crípticos en la Bahía de La Paz, se han registrado un total de 93 especies pertenecientes a 27 familias (Balart *et. al.*, 2002 a y b; Romero-Ponce, 2002; González-Cabello, 2003). De manera particular González-Cabello (2003) registró 45 especies para la localidad de Punta Diablo, que se encuentra aproximadamente 3 km. al noreste de nuestro sitio de estudio. De éstas especies el 33.3% (15 spp.) se registraron en el presente trabajo, incorporando además 8 especies no registradas en ésta zona específica (*Alphestes immaculatus*, *Halichoeres dispilus*, *Hypsoblennius brevipinnis*, *H. gentilis*, *Malacoctenos hubbsi*, *Paralabrax maculatofasciatus* y *Protemblemaria bicirris*).

Éstos trabajos realizados previamente sobre comunidades de peces crípticos han surgido a raíz de la necesidad de contar con un cuerpo de conocimiento equiparable al de peces conspicuos. El desconocimiento ecológico de este grupo deriva en parte de la falta de metodologías adecuadas para generar información confiable. En este sentido, ha quedado demostrado la gran eficiencia el anestésico quinaldina para la evaluación cualitativa y cuantitativa del componente críptico, encontrando así una complementariedad con metodologías de censos visuales. A partir de esto destacamos la relevancia de nuestros resultados mediante el empleo de estructuras artificiales como metodología alternativa y adecuada para el estudio de la ecología y colecta de los peces crípticos.

Tres de las especies registradas como exclusivas de cabezas de coral (*A. immaculatus*, *Exesper asper* y *Nicholsina denticulata*) y dos exclusivas de paredes rocosas (*H. brevipinnis* y *P. bicirris*) se registraron sobre los módulos artificiales. Conociendo la preferencia de éstas especies por hábitats de paredes rocosas o bien de cabezas de coral, considerado este último como hábitat raro o crítico dentro del Golfo de California (Sala *et*

al., 2000), su presencia sobre los módulos artificiales nos puede evidenciar, en primer instancia su plasticidad con respecto a la selección de hábitat, la limitación de recursos como es la disponibilidad de hábitats naturales en ésta 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.

#### B) Arreglo de la asociación de peces sobre estructuras artificiales.

El arreglo de las especies encontradas en este trabajo coincide con trabajos realizados sobre éstas comunidades de peces (Allen, 1992; Romero-Ponce, 2002; González-Cabello, 2003), siendo las familias Gobiidae y Labrisomidae las mejor representadas.

Caley y St. John (1996) en Australia realizaron un trabajo sobre el efecto que tiene la presencia de refugios disponibles, de igual tamaño, variando su número en tres módulos artificiales; no encontraron diferencias significativas entre la riqueza de especies y su abundancia total, con lo que concluyeron que la manipulación de refugios, a ésta escala, no es un factor determinante en la selección de hábitat durante el proceso de reclutamiento. Esta situación cambia en el presente trabajo ya que la relación entre la asociación de peces y la complejidad estructural de los tres tipos de módulos permite identificar una asociación diferencial de especies dominantes en los tres distintos módulos. Nuestros datos soportan evidencia sobre una posible preferencia de selección de hábitat con respecto al acomodo de las tres especies dominantes (*Elacatinus punctulatus*, *Paraclinus sini* y *Scorpaenodes xyris*) sobre estructuras artificiales, por lo que, a diferencia del caso de Caley y St. John (1996), aquí los refugios no son iguales, lo que sugiere que no es el número sino la calidad y naturaleza del tipo de refugio lo que probablemente tenga mayor influencia.

El arreglo diferencial de las asociaciones de peces sobre los tres tipos de módulos se evidencia mediante las diferencias encontradas en los descriptores comunitarios. Por un lado, no se presentaron diferencias significativas entre la densidad organismos encontrados ( $P = 0.19$ ). Estadísticamente esto nos sugiere que las diferencias entre la luz de malla de

los tres tipos de módulos no tiene efecto sobre las densidades encontradas. Sin embargo es importante destacar que las mayores densidades se registraron sobre los módulos de menor luz de malla y las menores sobre los módulos de mayor luz de malla. Por otro lado, la complejidad (referida a la luz de malla) de los módulos, presentó diferencias significativas en cuanto al número de especies ( $P = 0.00$ ), encontrando en promedio 7 especies en el módulo "Tipo A", mientras que los módulos "Tipo B" y "Tipo C" presentaron en promedio 4 especies cada uno de ellos (Fig.19). Así tenemos que en este tipo de estructuras artificiales la complejidad física (luz de malla) no tiene fuerte efecto sobre la densidad total de organismos presentes, y que por el contrario mientras la luz de malla disminuya incrementando así el número de refugios presentes, ocasiona una mayor partición de recursos sobre la parte física del hábitat con respecto al factor espacio, permitiendo así la coexistencia de un mayor número de especies.

Los módulos "tipo A" y "tipo C" presentaron el mayor índice de similaridad de Morisita ( $C_x = 0.97$ ), así como el menor grado de disimilaridad ( $S_{J(K)} = 163.02$ ) con respecto a la densidad de organismos. Ello se explica mediante el arreglo de las especies registradas de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia, ya que estos métodos de agrupamiento consideran el arreglo de las densidades de las especies encontradas en común dentro de cada muestra. En este sentido encontramos solamente dos especies clasificadas como dominantes de acuerdo con su abundancia y frecuencia de ocurrencia para el módulo "tipo A" (*E. punctulatus* y *S. xyris*) y dos para el módulo "tipo C" (*P. sini* y *E. punctulatus*), y las densidades del resto de especies en común fueron más homogéneas, mientras que el módulo "tipo B" presentó cuatro especies clasificadas como dominantes (*E. punctulatus*, *P. sini*, *S. xyris* y *E. digueti*). De manera general las densidades de organismos disminuyeron proporcionalmente con la disminución de la temperatura hacia las últimas fechas de muestreo entre los tres módulos, justificando así el hecho de no encontrar diferencias significativas entre las densidades encontradas en cada fecha de muestreo (Figs. 15 y Fig. 26).

Tanto la biomasa y la diversidad de especies presentaron diferencias entre los tres tipos de módulos. Por un lado la biomasa presentó diferencias significativas entre los tipos de módulos en cada una de las fechas de muestreo ( Oct, Dic y Feb con  $P < 0.05$  ) siendo

el módulo "tipo C" el que presentó el mayor promedio en biomasa con 11.45 g/0.05m<sup>3</sup> mientras que los módulos "tipo A" y "tipo B" presentaron valores de 4.12 g/0.05m<sup>3</sup> y 6.04 g/0.05m<sup>3</sup> en promedio, respectivamente. Es por ello que éstos dos últimos presentaron el mayor valor de similaridad mediante el índice de Morisita Simplificado ( $CH = 0.96$ ) y el menor grado de disimilitud utilizando el coeficiente de distancias euclidianas en combinación con el método de agrupamiento mediante medias aritméticas ( $S_{J(K)} = 27.03$ ). La gran diferencia de los valores de biomasa encontrados entre los módulos se debe a la presencia de especies de mayor tamaño, como *Alphestes immaculatus*, *Canthigaster punctatissima*, *Hypsoblennius gentilis* y *Pomacanthus zonipectus* registrados con mayores tallas en el módulo "tipo C". Por otro lado, la biomasa presentó una mayor estabilidad de manera individual en cada uno de los módulos con respecto a las fechas de muestreo, observándose una ligera disminución hacia Febrero, siendo ésta más clara para el módulo "tipo C" (8.54 g/0.05 m<sup>3</sup>), ya que presentó diferencias significativas entre la biomasa con respecto al tiempo ( $P < 0.05$ ); los otros dos módulos no presentaron diferencias significativas, ("tipo A",  $P = 0.63$ , y "tipo B",  $P = 0.30$ ) con respecto a los tiempos de muestreo. Esto coincide con lo encontrado por Anderson *et al.* (1989), quien explica que la biomasa de los organismos residentes sobre un hábitat determinado dentro del arrecife presenta una menor variación, a diferencia del número de especies, ya que presumiblemente el crecimiento de los individuos sobrevivientes sobre un arrecife es compensado por la mortalidad de los individuos.

Carr (1991) explica que la diversidad de especies y la composición de los ensambles comprendidos en gran medida dentro de poblaciones abiertas, pueden estar influenciadas fuertemente por factores como el suplemento de larvas, preferencias durante el asentamiento, depredación y competencia por espacio y alimento, que determinan la magnitud relativa del reclutamiento para cada especie. Considerando esto, podemos explicar la ligera variación entre valores encontrados de diversidad para cada tipo de módulo ("tipo A"  $H' = 1.59$ , "tipo B" = 1.57, "tipo C" = 1.46 ) con la riqueza específica en cada módulo ("tipo A" = 21 sp., "tipo B" = 14 sp, "tipo C" = 13 sp. ) y la abundancia de los organismos. Adicionalmente a lo expuesto por Carr (1991), observamos la presencia de otros factores en los módulos artificiales que ecológicamente pudieron tener fuerte efecto

sobre el arreglo de la asociación de peces, como la presencia de una gran cantidad de invertebrados pequeños (isópodos, copépodos, decápodos, entre otros), que potencialmente pudieran generar cierto grado de competencia, y partición de recursos por su presencia como alimento. Por otro lado no podemos descartar la probable presencia de depredadores que pudieron tener un mayor acceso y efecto en los módulos de mayor luz de malla. Ciertamente estos factores no fueron identificados ni medidos, pero si se observó su presencia durante el experimento. Sin embargo, es factible que estuvieran relacionadas con las fluctuaciones de diversidad encontradas durante los tiempos de muestreo, ya que en otros trabajos se ha demostrado la influencia que tiene la depredación (Carr y Hixon, 1995; Anderson y Willis, 2003) y las relaciones trofodinámicas (Prochazka, 1998; Depczynski y Bellwood, 1998) sobre la estructuración de las comunidades de peces crípticos.

Los resultados obtenidos mediante el Índice de Valor de Importancia (Tabla 3), así como el acomodo de especies dominantes durante el experimento (Tablas 6, 7 y 8) reiteran la selección de hábitat por parte de *E. punctulatus*, *P. sini* y *S. xyris* entre los tres módulos artificiales, ya que cambian su proporción y con esto la estructura de la comunidad. Si bien *E. punctulatus* no presentó diferencias significativas en sus densidades entre los tres tipos de módulos, vemos que presentó un valor muy bajo ( $P = 0.05$ ), presentando una mayor densidad de individuos sobre el módulo "tipo A" con 14 Ind./ 0.05 m<sup>3</sup>, siendo la especie de mayor dominancia en este módulo y en el "tipo B", y por otro lado su valor de especie dominante varió sobre el módulo "tipo C", apareciendo en segundo lugar. Esto denota una mayor preferencia sobre estructuras que presentan refugios más pequeños. Sumamos a esto el hecho que la familia Gobiidae estuvo mejor representada en el módulo "tipo A" con 6 especies, situación que ratifica la preferencia de estos individuos pequeños sobre hábitats con refugios pequeños. Por su parte *P. sini* presentó diferencias significativas en sus densidades entre los tres tipos de módulos ( $P = 0.0$ ) encontrando mayor densidad (10 Ind./ 0.05 m<sup>3</sup>) que en el módulo "tipo C", mientras que en los módulos "tipo A" y "tipo B" registro solamente 2 y 3 individuos en promedio. La situación de ésta especie es más clara con respecto a la posible selección de hábitat, ya que en el módulo "tipo C" se presentó un gran desarrollo de algas verdes a diferencia de los otros dos (al presentar una mayor luz de malla favoreció una mayor incidencia de luz y con esto un mayor desarrollo de algas),

además que los individuos de la familia Labrisomidae se han encontrado generalmente asociados con algas (Ferreira, 2001; Cobb, 2003). Finalmente *S. xyris* no presentó diferencias significativas con respecto a su densidad entre los tres tipos de módulos ( $P = 0.29$ ) presentando en promedio 2 Ind./ 0.05 m<sup>3</sup> en cada uno de los ellos; en este sentido se ratificó su actitud generalista con respecto a la selección de hábitat, comportamiento que se ha observado en hábitats naturales para la misma especie en la Bahía de La Paz (González-Cabello, 2003), y para otros peces como el género *Sebastes*, de la misma familia (Scorpaenidae), sobre arrecifes templados en California E.U.A. (Carr, 1991).

Con esto sugerimos el diseño de experimentos que permitan determinar el efecto de las dos hipótesis, a probar, surgidas en este trabajo:

- 1) Influencia de depredadores sobre la estructuración de este tipo de comunidades.
- 2) Efecto de la complejidad interna de las estructuras artificiales.

### C) Análisis de la estructura de tallas.

El análisis de la relación entre la estructura de tallas y el tipo de módulo sólo se realizó sobre las tres especies de mayor dominancia durante todo el experimento (*E. punctulatus*, *P. sini* y *S. xyris*), esto es, aparecieron durante todas las fechas de muestreo y presentaron una gran abundancia, con lo cual fue posible determinar el arreglo de clases de tallas identificables durante todo el experimento. La prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis reveló que, de manera global, los mayores valores promedio de las tallas para las tres especies se presentaron en el módulo "Tipo B" (Fig. 20) esto es, con luz de malla de tamaño intermedio, encontrando diferencias significativas para *E. punctulatus* ( $P = 0.01$ ) y para *P. sini* ( $P = 0.00$ ), mientras que *S. xyris* no presentó diferencias significativas ( $P = 0.33$ ). Intuitivamente esto pudiera generar confusión (por que en teoría, si se emplea distinta luz de malla esperaríamos encontrar organismos mayores en módulos con luz de malla mayor y viceversa). En este sentido, la luz de malla utilizada en los módulos artificiales no tiene un efecto con respecto a la talla de los peces crípticos encontrados en éstas estructuras, ya que la distribución de las clases de tallas en las especies

dominantes (*E. punctulatus*, *P. sini* y *S. xyris*) presentan las mismas clases de tallas en los tres módulos utilizados. Por lo tanto el arreglo de las clases de talla y la variación observada con respecto a sus tallas medias en cada fecha de muestreo, pueden ser el resultado de otros factores subyacentes, como las interacciones ecológicas establecidas en cada módulo (depredación, competencia por alimento y espacio, así como de su interacción con el resto de peces y organismos presentes durante el experimento). Todos éstos factores pudieran influenciar la presencia de las especies dependiendo de la manera en que administran los recursos disponibles en el hábitat, por este motivo es necesario realizar otros estudios o experimentos relacionados con la ecología del comportamiento y biología de éstas especies que nos permitan dilucidar el papel que desempeñan éstos organismos en la estructuración de este tipo de comunidades.

Considerando finalmente los resultados obtenidos en este trabajo, se ratifica la utilidad de trabajar con modelos artificiales, y se sientan las bases para diseñar nuevos modelos metodológicos a partir de este tipo de estructuras que permitan realizar experimentos, que garanticen la interpretación de procesos y factores que determinan los ensambles de este tipo de comunidades para incrementar así el conocimiento ya generado sobre este tipo comunidades.

## 9. CONCLUSIONES

- Todos los peces identificados (23 especies) asociados a las estructuras artificiales (módulos) sobre fondo arenoso dentro de La Bahía de La Paz, B.C.S., pueden ser considerados peces cripticos
- La utilidad del uso de estructuras artificiales, como metodología alternativa para el estudio de peces cripticos, fue comprobada.
- Las familias Gobiidae y Labrisomidae aparecieron mejor representadas en los módulos artificiales, coincidiendo con lo mencionado para comunidades naturales de peces cripticos.
- El acomodo, en el ensamble comunitario, de las tres especies con mayor dominancia (*E. punctulatus*, *P. sini* y *S. xyris*), mostró una abundancia diferencial en los tres módulos, proporciona evidencia sobre la posibilidad de selección de hábitat.
- La luz de malla presenta un efecto sobre la riqueza específica. (mayor número de especies a menor luz de malla que implica un mayor número de refugios). Sin embargo no evidenció efecto sobre la densidad total de organismos encontrados en los tres módulos, pero sí sobre una especie dominante (*P. sini*).
- La estructura de clases de talla de las especies dominantes (*E. punctulatus*, *P. sini* y *S. xyris*) no presentó ninguna relación evidente con respecto al tipo de módulo. Otros procesos ecológicos (como competencia por espacio, alimento o efectos ocasionados por la depredación) pueden estar a la base y deben investigarse.

## 10. LITERATURA CITADA.

- Abitia-Cardenas, L. A.; J. Rodríguez, F. Galván-Magaña, J. De la Cruz-Agüero y H. Chávez-Ramos. 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. **20 (2)**: 159-181.
- Aburto-Oropeza, O. y Balart, E.F. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Mar. Ecol.* **22(4)**: 283-305.
- Ackermann, J.L. & D.R. Bellwood. 2000. Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **206**: 227-237.
- Anderson, T.W., E.E. De Martini y D.A. Roberts. 1989. The relationship between habitat structure, body size and distribution of fishes at a temperate artificial reef. *Bull. Mar. Sci.* **44**: 681-697.
- Allen, G.R. y D.R. Robertson. 1994. **Fishes of the tropical eastern pacific**. University of Hawaii Press. E.U.A. 327 pp.
- Allen, L.G., L.S. Bouvier y R.E. Jensen. 1992. Abundance, diversity and seasonality of cryptic fishes and their contribution to a temperate reef fish assemblage off Santa Catalina Island, California. *Bull. So. Calif. Acad. Sci.* **91(2)**: 55-69.
- Arthur, W. 1987. **The Niche in Competition and Evolution**. John Wiley & Sons. Inglaterra. 175 pp.
- Arreola, J.L. y J. F. Elorduy. 2002. Reef fish diversity in the region of La Paz, B.C.S. México. *Bull. Mar. Sci.* **70 (1)** : 1-18.

Balart, E.F., J.L. Castro-Aguirre, D. Aurióles-Gamboa, F. García-Rodríguez y C. Villavicencio-Garayzar. 1995. Adiciones a la ictiofauna de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Hidrobiología*. **5(1-2)**: 79-85 Pp.

Balart, E.F., R. Romero, O. Aburto, L. Campos, J.L. Castro-Aguirre, L.T. Findley, E. Amador, y G., A. González y G. Paredes-Ríos. 2002. Reef fish diversity and abundance on isolated coral heads in Bahía de La Paz, Gulf of California, México. 88-89 Pp. En: *Resúmenes del 2002 Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists*. University of Kansas. E.U.A.

Balart, E. F., A. González, R. Romero, O. Aburto, L. Campo, J. L. Castro-Aguirre , L. T. Findley, E. Amador, Y G. Paredes-Ríos. 2002. Diversidad y abundancia de peces arrecifales en Bahía de La Paz, Golfo de California: una evaluación del componente críptico en paredes y cabezas de coral. VIII Congreso Nacional de Ictiología. Puerto Ángel, Oaxaca. Noviembre 18-22 , 2002.

Bohnsack, J.A., D.E. Harper, D.B. McClelland 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)** : 797-823.

Brock, R.E. 1982. A critique of visual census method for assessing coral reef fish populations. *Bull. Mar. Sci.* **32**: 269-275.

Caley, J.M. y J. St. John. 1996. Refuge availability structures assemblages of tropical reef fishes. *J. An. 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 reefs: The importance of comparison with natural reefs. *Artificial Reef Management*, **22(4)**: 28-33.

Cobb, J.R. 2002. Population dynamics and productivity of cryptic fishes. Pp. 118. **En:** *Resúmenes del 2002 Joint Meeting of Ichthyologists and Hepetologists*. University of Kansas. E.U.A.

Daniel, W.W. 1997. **Bioestadística**. Edit. LIMUSA. México. 878 Pp.

De la Cruz, G.A. 1991. Manual del programa de análisis de comunidades (ANACOM) CINVESTAV-IPN. Merida, Yucatán. 216 Pp.

Depczynski, M. y E.R. Bellwood. 2003. The role of cryptobenthic 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.

Ferreira, E.L., E.A. Goncalves y R. Coutinho. 2001. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Env. Biol. Fish* **61**: 353-369.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Summer, K.E. Carpenter y V.H. Niem. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pácifico centro-oriental*. Roma, FAO. **Vol. II**: 647-1200 Pp.

González-Cabello 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**. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 84 p.

- Greenfield, D.W. 2003. A survey of the small reef fishes of Kāneo' ohe Bay, O'ahu, Hawaiian Islands. *Pfíc Sci.* **57(1)**: 45-76.
- Hubbs, C.L. y K.F. Lagler. 1947. **Fishes of the Great Lakes region.** University of Michigan Press. 186 Pp.
- Krebs, C.J. 1999. **Ecological Methodology.** 2<sup>nd</sup>. Ed. Addison Wesley Longman, Inc. 620 Pp.
- Lindsay, J.B. 2003. Temporal patterns in the settlement of cryptic reef fish. Pp. 42. En: *Resúmenes del 2003 Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists.* Manaos, Brasil.
- Molles, M.C. 1978. Fish species diversity on model and natural reef patches: Experimental Insular Biogeography. *Ecol Monogr.* **48**: 289-305.
- Monteforte, M. y M. Cariño. 1992. Exploration and evaluation of natural stocks of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteridae) : La Paz Bay, South Baja California, México. *Ambio.* **21(4)**: 314-320.
- Patzner, R.A. 1999. Habitat utilization and depth distribution of small cryptobenthic fishes (Blenniidae, Gobiesocidae, Gobiidae, Tripterygiidae) in Ibiza (Western Mediterranean Sea). **55**: 207-214.
- Prochazka, K. 1998. Spatial and trophic partitioning in cryptic fish communities of shallow subtidal reefs in False Bay, South Africa. *Env. Biol. Fish* **51**: 201-220.
- Romero Ponce, R. C. 2002. Estructura comunitaria de peces asociados a cabezas de coral en cuatro localidades de Bahía de La Paz, B.C.S. **Tesis de Licenciatura,** Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 97 p.
- Rilov, G. y Y. Benayahu. 2002. Rehabilitation of coral reef-fish communities: the importance of artificial-reef relief to recruitments rates. *Bull. Mar. Sci.* **70(1)**: 185-197.

Sala, E. y C.A. Sánchez. 2000. El "Proyecto Fauna Arrecifal" y la investigación científica aplicada a la gestión de las especies marinas de ornato en el Mar de Cortés.55-60pp. En: Aburto, M.O. y C.A. Sánchez (Eds).*Recursos del Golfo de California. Estrategias de Manejo para las Especies Marinas de Ornato*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.

Sale, P.F.1991. *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*. Academic Press. E.U.A. 754 p.

Saucedo, P. Y M. Monteforte. 1997. Breeding cycle of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Gould 1851) under repopulation conditions at Bahía de La Paz. B.C.S., Mexico. *Aquacult. Res.* **28**: 367-378.

Syms, C. y G.P. Jones. 2000. Disturbance, habitat structure and the dynamics of a coral-reef fish community. *Ecology* **8(10)**: 2714-2729.

Seaman, W. 2001. *Artificial Reef Evaluation: With Application to natural Marine Habitats*. CRC Press.U.S.A.246 Pp.

Thomson, D.A., L.T. Findley & A.N. Kerstitch. 1979. *Reef Fishes of Sea of Cortez. The Rocky-Shore Fishes of the Gulf of California*.University of Arizona Press. 302 pp.

Thomson, D.A., L.T. Findley & A.N. Kerstitch. 2000. *Reef fishes of Sea of Cortez: The Rocky-Shore Fishes of the Gulf of California*.University of Texas Press. Revised edition. 353 p.

Thomson, D.A. y M. Gilligan.1983. The Rocky Shore fishes. 98-129. En: "*Island biogeography in the Sea of Cortez*". Case, T.J. y M.L. Cody (Eds). University of California Press.

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.

Wilson, J., C.W. Osenberg, C.m. St. Mary, C.A. Watson y W.J. Lindberg. 2001. Artificial reefs, the attraction-production issue, and density dependence in marine ornamental fishes. *Aquat. Sci. Co.* **3**:95-105.

William, J.R. y B. H. James . 1994. Fifth International Conference on Aquatic Habitat Enhancement. *Bull. Mar. Sci.* **55(2-3)**: 265-1359 Pp. University of Miami, Miami, FL. U.S.A.

Willis, T.J. 2001. Visual census underestimate density and diversity of cryptic reef fishes. *J. Fi. Biol.* **59**: 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.

II. ANEXO I. Elenco sistemático de especies de peces asociadas a los módulos artificiales utilizados durante el experimento realizado en el islote "El Merito" dentro de la Bahía de La Paz, B.C.S.

Phillum: Chordata

Subphillum: Vertebrata

Superclase: Gnatostomata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Orden: Scorpaeniformes

Suborden: Scorpaenoidei

Familia: Scorpaenidae

*Scorpaenodes xyris* (Jordan y Gilbert, 1882)

Orden: Perciformes

Suborden: Percoidéi

Familia: Serranidae

*Alphestes immaculatus* (Breder, 1936)

*Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868)

*Serranus psittacinus* (Valenciennes, 1855)

Familia: Apogonidae

*Apogon retrosella* (Gill, 1862)

Familia: Pomacanthidae

*Pomacanthus zonipectus* (Gill, 1862)

Suborden: Labroidei

Familia: Pomacentridae

*Stegastes rectifraenum* (Gill,1862)

ANEXO 1.- Continuación.....

Familia: Labridae

*Halichoeres dispilus* (Günther,1864)

Familia: Scaridae

*Nicholsina denticulata* (Evermann y Radcliffe, 1917)

Suborden: Blennioidei

Familia: Labrisomidae

*Exesper asper* (Jenkins y Evermann,1896)

*Malacoctenus hubbsi* (Springer,1959)

*Paraclinus sini* (Hubbs, 1952)

Familia: Chaenopsidae

*Acanthemblemaria crockeri* (Beebe y Tee-Van, 1938)

*Protoblemaria bicirris* (Hildebrand, 1946)

Familia: Blennidae

*Hypsoblennius brevipinnis* (Günther, 1861)

*Hypsoblennius gentilis* (Girard,1854)

Suborden: Gobioidi

Familia: Gobiidae

*Barbulifer pantherinus* (Pellegrin, 1901)

*Coryphopterus urosphilus* (Ginsburg, 1938)

*Elacatinus digueti* (Pellegrin, 1901)

*Elacatinus punctulatus* (Ginsburg, 1938)

*Lythrypnus dalli* (Gilbert, 1890)

*Lythrypnus puchellus* (Ginsburg, 1938)

ANEXO I.- Continuación.....

Orden: Tetraodontiformes

Suborden: Tetraodontoidei

Familia: Tetraodontidae

*Canthigaster punctatissima* (Günther, 1870)