

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA DE BIOLOGÍA**

***CARACTERIZACION DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES  
ÍCTICAS EN LAS ZONAS ARRECIFALES DE ISLA AGUJA,  
PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA,  
CARIBE COLOMBIANO***

***Jeimy N. Cuadrado González***

***TRABAJO DE GRADO  
Presentado como requisito parcial  
para optar al título de  
BIÓLOGO***

**Bogotá, D.C.  
Agosto de 2002**

**NOTA DE ADVERTENCIA**

**“Los conceptos y opiniones emitidos en este trabajo son responsabilidad del autor y no comprometen en nada a la Pontificia Universidad Javeriana”. Artículo 23 de la Resolución N° 13 de julio de 1946.**

**CARACTERIZACION DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES  
ÍCTICAS EN LAS ZONAS ARRECIFALES DE ISLA AGUJA,  
PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA,  
CARIBE COLOMBIANO**

**JEIMY N. CUADRADO GONZÁLEZ**

**APROBADO**

---

**Director**  
**FABIO GÓMEZ DELGADO**  
Director del Museo Javeriano de Historia Natural

---

**Jurado**  
**IVÁN REY CARRASCO**  
Decano Facultad de Biología Marina  
UJTL

---

**Jurado**  
**JUAN RICARDO GÓMEZ**  
Director Carrera de Ecología  
PUJ

***A mis padres, confiar en mí  
y poder siempre contar con  
su apoyo, y a mis hermanos  
Con todo mi amor.***

## **AGRADECIMIENTOS**

A Fabio Gómez por su orientación y amistad.

A la Fundación SALVAMAR, por el apoyo logístico y permitirme realizar este trabajo.

A la escuela de buceo POSEIDÓN por sus equipos e instalaciones y a su personal por el apoyo inconstante.

Al museo Javeriano de Historia Natural y a su grupo de investigadores por los comentarios y aportes.

A Jenny, por poder contar con su apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación.

A mis padres por su apoyo económico y moral.

A mis demás familiares y amigos que de una u otra manera contribuyeron en el desarrollo de este trabajo.

**CARACTERIZACION DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES  
ÍCTICAS EN LAS ZONAS ARRECIFALES DE ISLA AGUJA,  
PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA,  
CARIBE COLOMBIANO**

**JEIMY N. CUADRADO GONZÁLEZ**

---

**ANGELA UMAÑA MUÑOZ, MPhil**  
Decana Académica

---

**LUZ MERCEDES SANTAMARÍA**  
Directora de Carrera

**TABLA DE CONTENIDO**

**PORTADA**

**RESUMEN**

**1. INTRODUCCIÓN**

**2. MARCO TEÓRICO**

**2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

**2.1.1 Antecedentes Internacionales**

**2.1.2 Antecedentes Nacionales**

**2.1.2 Antecedentes Locales**

**2.1 MARCO CONCEPTUAL**

**3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

**3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

**3.1.1 Preguntas de Investigación**

**3.2 JUSTIFICACIÓN**

**4. OBJETIVOS**

**4.1 OBJETIVO GENERAL**

**4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**5. HIPÓTESIS**

**6. MATERIALES Y MÉTODOS**

**6.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

**6.2 ÁREA DE ESTUDIO**

**6.2.1 Descripción del Área de estudio**

**6.2.2 Población de Estudio y Muestra**

**6.2.3 Variables de estudio**

**6.3 MÉTODOS**

**6.4 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

**6.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **6.5.1 Tamaño de la Muestra**

---

### **6.5.2 Riqueza**

---

### **6.5.3 Abundancia**

---

### **6.5.4 Diversidad**

---

#### **6.5.4.1 Índice de diversidad de Shannon-Wiener**

---

#### **6.5.4.2 Índice de diversidad de Simpson**

---

### **6.5.5 Comparación entre zonas de Estudio**

---

#### **6.5.5.1 Índice de Similaridad de Jaccard**

---

#### **6.5.5.2 Índice de Disimilaridad de Bray-Curtis**

---

## **7. RESULTADOS**

---

### **7.1 TAMAÑO MUÉSTREAL**

---

### **7.2 RIQUEZA**

---

#### **7.2.1 Riqueza Específica**

---

#### **7.2.2 Riqueza por Familias**

---

#### **7.2.3 Distribución de Especies en el Área de Estudio**

---

#### **7.2.4 Estructura Trófica**

---

### **7.3 ABUNDANCIA**

---

#### **7.3.1 Abundancia por Zonas**

---

#### **7.3.2 Abundancia del Área**

---

#### **7.3.3 Rangos de las Especies según su abundancia**

---

### **7.4 DIVERSIDAD**

---

#### **7.4.1 Índice de Shannon-Wiener**

---

#### **7.4.2 Índice de Simpson**

---

### **7.5 COMPARACIÓN ENTRE ZONAS DE MUESTREO**

---

#### **7.5.1 Índice de Similaridad de Jaccard**

---

#### **7.5.2 Índice de Disimilitud de Bray-Curtis**

---

#### **7.5.3 Prueba de $X^2$ y Kruskal-Wallis**

---

## **8. DISCUSIÓN**

---

## **9. CONCLUSIONES**

---

## **10. RECOMENDACIONES**

---

## **11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

## **ANEXOS**



## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Riqueza específica de las Zonas

---

**Tabla 2.** Riqueza por Familias en el Área

---

**Tabla 3.** Abundancia por Especies

---

**Tabla 4.** Abundancia por Familias en el Área

---

**Tabla 5.** Índices de Diversidad

---

**Tabla 6.** Matriz de Similitud y Disimilitud entre Zonas de Estudio

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Área de Estudio

**Figura 2.** Zonas de Estudio

**Figura 3.** Curva de estandarización muestral por número acumulado de especies por zonas

**Figura 4.** Gráfica de riqueza por zonas

**Figura 5.** Riqueza de las familias en el área

**Figura 6.** Distribución de las especies en el área

**Figura 7.** Estructura trófica

**Figura 8.** Estructura trófica según abundancia

**Figura 9.** Especies más abundantes del área

**Figura 10.** Familias más abundantes del área

**Figura 11.** Clasificación de especies según su abundancia relativa

**Figura 12.** Comportamiento general de la comunidad según su abundancia

**Figura 13.** Dendrograma de similitud entre comunidades de Jaccard

## ÍNDICE DE ANEXOS

[Anexo 1. Listado taxonómico de la especies registradas en el área de Isla Aguja, Caribe colombiano](#)

---

## RESUMEN

En el presente trabajo se describen y comparan los valores de riqueza, abundancia, diversidad y similitud que caracterizan la estructura de las comunidades ícticas de los parches arrecifales Morrito Largo (ML), Punta Aguja (PA), Calichan (CAL), El Salidero (SAL) y El Torín (TOR) en el área de Isla Aguja ubicada en el PNN Tayrona en el Caribe colombiano mediante el método de Censo Visual Rápido (CVR) durante los meses de febrero y abril de 2002. Fueron registradas un total de 129 especies incluídas en 64 géneros y 38 familias, exceptuando a tres especies que no fueron reconocidas y fueron denominadas como morfotipos. La diferencia en términos de riqueza íctica de las zonas oscila entre 86 a 94 especies demostrando la gran riqueza en el área en general. Las especies que se destacaron como las más abundantes durante el estudio fueron *Stegastes partitus* (2.42%), *Acanthurus bahianus* (2.40%), *Chromys cyanea* (2.39%), *Sparisoma aurofrenatum* (2.28%) y *Myripristis jacobus* (2.21%). Las familias más importantes en términos de riqueza y de abundancia fueron POMACENTRIDEA (12.35%), LABRIDAE (9.62%), SCARIDAE (9.36%), SERRANIDAE (8.71%) y HAEMULIDAE (8.69%) que han sido reportadas en otros estudios como las familias de mayor dominancia en el Mar Caribe. Los valores de diversidad de Shannon-Weiner (4.20 – 4.26) y Simpson (0.983 – 0.984) permitieron concluir que la zona en general presenta una alta diversidad y una baja dominancia de especies. Los valores de similaridad, permitieron observar que las zonas son muy parecidas en cuanto a composición y estructura de las comunidades ícticas en el área. Este trabajo fue planteado a partir de la necesidad de conocer las características cuantitativas de las comunidades de peces presentes en el área, que permitan establecer parámetros aplicables posteriormente en planes de manejo ambiental y conservación, además de ser un aporte científico y cultural.

## 1. INTRODUCCION

Conocer la composición, estructura y funcionamiento de la biodiversidad es un requisito indispensable para propiciar su conservación y uso sostenible. El objetivo general de esta investigación, consiste en obtener una expresión cuantitativa de la composición y estructura de las diferentes especies que conforman la comunidad íctica de cada zona de estudio. De esta manera, se pretende crear una base de información para la difusión del conocimiento en el área y para los turistas, principalmente los practicantes del buceo deportivo, ya que esta actividad complementada a la del turismo general, es el soporte de la economía de los nativos de la región.

El trabajo consistió en realizar un censo visual de las especies ícticas que conforman los arrecifes de Isla Aguja y un islote llamado Morrito Largo, ubicados en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT), Caribe colombiano en cinco zonas arrecifales utilizadas comúnmente para el buceo deportivo, estas zonas reciben los nombres de Morrito Largo, Punta Aguja, Calichan, El Salidero y El Torín ubicados todos al noroeste del parque hacia mar abierto. El registro de las comunidades ícticas se realizó mediante el método de muestreo CVR (Censo Visual Rápido) por ser este el método más ampliamente utilizado en la actualidad (Garzón 1999, Gómez y Vieira 1996, Solano et al. 1995, 1993, Torres 1993), principalmente por ser no destructivo ni extractivo. El muestreo se realizó desde mediados de febrero hasta mediados de abril de 2002. Luego de obtener los datos de riqueza (Composición), abundancia y diversidad se estableció la estructura de la comunidad íctica en cada zona, esta fue comparada con el fin de obtener el grado de similitud existente entre estas proporcionando una caracterización de los sitios que aporte información valiosa de posterior aplicación en proyectos tanto de desarrollo sostenible como de recreación, educación y evaluación ambiental.

Finalmente la información obtenida en campo, se aportará para diseñar una cartilla guía que será elaborada por la Fundación Salvamar siendo enfocada a buzos

deportivos y a los nativos de la región consistente en la presentación de las especies ícticas que se encuentran en estas zonas y algunas de sus características más relevantes a nivel biológico y ecológico con el fin de dar a conocer más de cerca esta información haciéndola productiva como conocimiento científico, cultural, turístico y recreativo.

La iniciativa de este proyecto fue tomada al notar la necesidad por parte de los habitantes de la región de conocimiento sobre sus recursos y la utilización y conservación de los mismos, dados a conocer debido a la participación activa de los pobladores de la región en los “clean-up” o limpiezas submarinas realizadas por la Fundación Salvamar, en los que esta población ha manifestado el deseo de formar parte de estos eventos que contribuyen de manera significativa con el mantenimiento y el adecuado aprovechamiento de sus recursos sin agotarlos. Simultáneamente este trabajo hace parte del macroproyecto: *“Peces marinos de Colombia: Una aproximación al conocimiento de la composición, distribución, ecología y comportamiento de la fauna íctica colombiana, con énfasis en los peces arrecifales”* del programa de investigación y conservación de ecosistemas marinos que actualmente adelanta la Fundación Salvamar en convenio con el Museo Javeriano de Historia Natural Lorenzo Uribe S.J.

El desarrollo de este trabajo se encuentra enmarcado en la aplicación particular de la Política Nacional de Biodiversidad aprobada en 1995 por el Consejo Nacional Ambiental la cual se fundamenta en conservar, conocer y utilizar los factores tanto tangibles (moléculas, genes, especies, poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes), como intangibles (conocimientos, innovaciones y practicas culturales asociadas) que componen la biodiversidad nacional buscando beneficios que sean utilizados de manera justa y equitativa para la comunidad en general (Ministerio del Medio ambiente. 199\_).

## **2. MARCO TEORICO**

## 2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

### 2.1.1 Antecedentes internacionales

En **1998** se publica un estudio de **Timothy y Johnson** realizado en el sur de la Gran Barrera de Arrecifes Coralinos de Australia, el que examina el grado de variación espacial y temporal de la estructura de la comunidad y la densidad poblacional de peces en arrecifes variables tanto en tamaño como en conectividad, encontrando que la composición del sustrato no está relacionada aparentemente con la estructura de las agrupaciones de peces de los arrecifes. Simultáneamente muestran como las épocas de reclutamiento son determinantes en la estructura de la comunidad, siendo al mismo tiempo la disponibilidad de recursos y las preferencias de hábitat de las agrupaciones de peces características muy relevantes en este aspecto.

En **1997 Caley** examina las relaciones entre los patrones regionales y locales de la diversidad que presentan las comunidades de peces de arrecife de dos zonas en la Gran Barrera Arrecifal de Australia.

En **1985 Kimmel** estima la abundancia relativa de 80 especies de peces mediante tres métodos visuales en el que incluye el CVR planteado por Jones & Thompson (1978), y un método nuevo basado en este llamado el VFC (Conteo Visual Rápido) buscando mejorar la naturaleza cuantitativa de los resultados, evitando de esta manera la sobreestimación de las especies más abundantes.

En **1984 Sale y Douglas** realizan un estudio que pretende determinar si la estructura de los arrecifes influye en la estructura de las agrupaciones de peces hablando en términos de número de peces, número de especies y composición de especies presentes por arrecife a través del tiempo, estudiando 20 parches arrecifales de la Gran Barrera Arrecifal Australiana y sus características físicas, concluyendo que las agrupaciones de peces en los arrecifes se encuentran determinadas más por el equilibrio natural del arrecife refiriéndose a la ganancia (reclutamiento) y la pérdida (por muerte o emigración) que por sus relaciones con el sustrato.

En **1982 Williams** compara la estructura de las comunidades de peces y corales de una serie de arrecifes en la región central de la Gran Barrera de Arrecifes Australiana. Utiliza un método de censo visual similar al CVR, realizando 5 muestreos sobre cada arrecife. Asegura que la estructura de las comunidades ícticas se encuentra relacionada por aspectos físicos como la exposición al oleaje, sedimentación, profundidad y complejidad topográfica así como a factores biológicos como la composición de las comunidades de corales y el reclutamiento.

En **1981 Carpenter et al.** efectúan un estudio sobre la influencia de la estructura del sustrato en la abundancia local y la diversidad de las comunidades ícticas de dos sitios en un arrecife de Filipinas, el cual confirma lo formulado anteriormente por otros autores acerca de que la abundancia incrementa con el grado de complejidad del tipo de sustrato presente en los arrecifes. **Anderson et al.** tratan de explicar la estructura de las comunidades de peces arrecifales mediante los peces de la familia Chaetodontidae estableciendo dos hipótesis según las cuales 1.) Las comunidades de peces arrecifales se estructuran de manera similar a las comunidades terrestres, y/o, 2.) La estructura de las comunidades es debida al reclutamiento de larvas y concluyen que hay diferencias importantes en los nichos de muchas de las especies que coexisten localmente; el reemplazo geográfico ocurre entre las especies del mismo nicho; las especies de las replicas de sitios pequeños, dentro de un tipo del hábitat son distribuidas de manera consistente con ambas hipótesis.

En **1980 Gladfelter et al.** realizan una publicación obtenida de la comparación entre parches arrecifales ubicados uno en el Océano Pacífico y otro en el Océano Atlántico mostrando su similaridad y diversidad en cuanto a las comunidades ícticas arrecifales allí presentes.

En **1978 Jones & Thompson** realizan una comparación entre comunidades ícticas arrecifales de ocho localidades en Florida utilizando una técnica nueva de conteo aleatorio similar a la técnica de especies/área de ecología vegetal, pero reemplazando el área por tiempo. Esta metodología permite censar comunidades ícticas de manera rápida y eficaz.



En **1975 Alevizon et al.** efectúan una comparación de la estructura de las comunidades ícticas en dos arrecifes de coral ubicados uno en Islas Las Aves (Venezuela) y otro en Key Largo (Florida) en el Atlántico Occidental mediante “cinetransectos” mostrando una fuerte similitud entre los dos sitios estudiados en cuanto a la presencia de especies (75 % de especies de peces en común).

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

En **1998 Mejía et al.** presentan una lista de 273 especies de peces marinos que fueron registrados en los complejos arrecifales oceánicos de los atolones de Courtown, Albuquerque, Serrana y Roncador aledaños al complejo arrecifal de San Andrés y Providencia mostrando una homogeneidad con otros registros obtenidos para arrecifes diferentes del Caribe.

En **1995 Solano et al.** presentan una caracterización de las comunidades ícticas y coralinas de Isla Barú, en el Caribe colombiano registrando un total de 93 especies de peces evidenciando la alta riqueza íctica de la zona. Durante el mismo año, **Torres** realiza una guía de buceo y de peces en la cual se incluye principalmente generalidades de peces de arrecife reportados para Cartagena y el Parque Nacional Natural Corales del Rosario

En **1994 Morales** realiza un estudio sobre la abundancia, distribución y diversidad de peces arrecifales de la Isla de Gorgona en el arrecife de La Azufrada presentando un total de 71 especies.

En **1993 Torres** hace una comparación de abundancia y diversidad entre 235 especies de peces presentes en cinco zonas del Caribe colombiano y simultáneamente realiza una comparación entre las coberturas del sustrato de las zonas de estudio y asegura que las zonas son muy similares entre sí.

En **1991 Acero & Garzón**, realizan una recopilación de registros de peces pertenecientes a la familia Serranidae presentando datos descriptivos, biológicos y ecológicos de las 20 especies de la tribu Epinepheli en el Caribe colombiano.

En **1990 Acero y Garzón** establecen las especies de peces pertenecientes a la familia Antennaridae que se encuentran en Colombia presentando generalidades biológicas, geográficas y ecológicas sobre las especies y una clave taxonómica. Durante el mismo año, **Solano et al.** realizan un trabajo en el parque Nacional Natural Corales del Rosario censando las poblaciones de peces de las familias Chaetodontidae, Pomacanthidae, Pomacentridae, Labridae y Scaridae estableciendo la relación de estas con la cobertura coralina, algal y de arena presente en estos arrecifes, encontrando relaciones significativas entre la cobertura de coral con la diversidad de especies, densidad poblacional y abundancia de peces entre otras.

En **1986 Acero y Garzón** describen 19 especies de peces colectadas en los archipiélagos coralinos de las Islas del Rosario y de San Bernardo que no habían sido registradas para el Caribe colombiano donde se describen aspectos biológicos y ecológicos de las especies colectadas.

En **1984 Acero et al.** presentan una lista de los peces óseos que habían sido registrados hasta ese momento para el Caribe colombiano incluyendo simultáneamente 31 nuevos registros y descripciones. Durante el mismo año **Acero** expone la participación fundamental de los peces dentro de los ecosistemas de arrecifes y se refiere a estos como una fuente de alimento y de ingresos económicos para la población costera, exaltando la explotación destructiva que se hace tanto del arrecife en conjunto, como de las comunidades ícticas allí presentes.

En **1983 Garzón y Acero** describen 20 especies de peces colectados en áreas de arrecifes de la costa norte colombiana, de las cuales 19 son nuevos registros para el Caribe, incluyendo información sobre aspectos ecológicos y biológicos de las especies como morfometría y coloración de los individuos entre otros.

En **1974 Palacio** publica un reporte de las 290 especies de peces recolectadas en el Caribe colombiano por la universidad de Miami. Es el primer autor que realiza un esfuerzo por inventariar peces arrecifales en el Caribe Colombiano.

En **1971 Dahl** mediante su libro “Los peces del norte de Colombia” da a conocer la fauna íctica presente en la zona norte de Colombia presentando en él ilustraciones de las especies de peces registradas y datos sobre estas como claves taxonómicas y generalizaciones sobre su biología.

### **2.1.3 Antecedentes locales**

En **1992 Acero & Rivera** realizan un estudio acerca de la relación presente entre la estructura de la comunidad íctica de las familias Chaetodontidae y Pomacanthidae basado en densidad y composición, con la calidad del arrecife en tres sitios de la región con grados de deterioro distintos donde se observa que la calidad del estado de los arrecifes condiciona a la estructura de estas comunidades.

En **1989 Acero y Garzón** realizan una publicación mediante la cual dan a conocer tres nuevos registros ícticos (*Gymnothorax hubbsi*, *Synodus saurus* y *Parasphyraenops incisus*) para la región de Santa Marta en el sur del Caribe mostrando datos sobre la merística y la morfometría de las especies, y comentarios correspondientes a su distribución geográfica.

En **1987 Acero y Garzón** realizan una lista de especies de peces coralinos encontrando 372 especies agrupadas en 67 familias incluyendo peces óseos y cartilaginosos en la región de Santa Marta (desde el Rodadero hasta Guachaquita) comentando simultáneamente las características oceanográficas y ecológicas más importantes de la región. Aseguran haber inventariado el 90% de la ictiofauna arrecifal samaria y proponen que esta es la región política colombiana con la ictiofauna marina más variada calculando que existen más de 600 especies ícticas.

Durante **1986 Garzón y Acero** presentan una comparación entre la ictiofauna presente en los arrecifes coralinos de las regiones de Cartagena (Islas del Rosario e Islas de San Bernardo) y de Santa Marta (incluyendo el PNN Tayrona) encontrando que a pesar de ser dos zonas cercanas geográficamente presentan diferencias notorias en la composición íctica.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo efectivo de este trabajo es necesario aclarar los conceptos que serán utilizados y que son de vital importancia para el entendimiento del mismo. El concepto de **comunidad** dentro del contexto de un arrecife coralino puede entenderse de manera muy amplia, ya que en este ecosistema se presentan diversos tipos de poblaciones que interactúan entre sí, es de esta manera como las poblaciones de peces interactúan con la de corales, con las de invertebrados y en general con cada una de las que se encuentran presentes en esta comunidad. La aplicación de este término está planteada desde la panorámica de la **comunidad íctica** la cual es asumida como *el conjunto de poblaciones de peces en un tiempo y espacio determinado* (Begon *et al.* 1996, Krebs 1995) *que interactúan entre sí* (Smith & Smith 2000) y esta formada por las especies de peces presentes en cada zona de estudio, haciendo de esta manera más fácil la comprensión de los resultados y el agrupamiento que posteriormente nos facilitará el análisis en cuanto a la comparación que se realizó de cada una de estas zonas dentro del área de estudio. El concepto de **población** es asumido como el agrupamiento de individuos de la *misma especie que comparten un tiempo y espacio determinados* (Begon *et al.* 1996, Audesirk & Audesirk 1996, Krebs 1995) *dentro de una comunidad*.

Este estudio se limita a un grupo reducido de especies, y por esta razón, la diversidad más que referirse al ecosistema lo hace a un **taxa** siendo el objeto de este estudio el taxa de peces arrecifales presentes en cada zona.

La diversidad fue asumida como *la medición de la variedad de las especies de peces dentro de la comunidad íctica*, **riqueza** (Smith & Smith 2000, Stiling 1996, Sale & Douglas 1984, Moreno en prensa), *y el número de individuos*, **abundancia**, (Smith & Smith 2000, Sale 1996, Sale & Douglas 1984) *que componen dichas especies en cada zona de estudio*, apoyada en la definición de Ramírez (1999a) que define diversidad como la variedad de especies que se presenta en una dimensión espacio-temporal definida, resultante de conjuntos de interacción entre especies que se integran en un proceso de selección, adaptación mutua y evolución, dentro de un marco histórico de variaciones medioambientales locales. Adicionalmente se establecerá un valor de **diversidad**  $\propto$  el cual pretende establecer la *diversidad*

*presente en una comunidad determinada* (Ramírez 1999a, Stiling 1996, Colivaux 1986) *que se considera homogénea* (Moreno en prensa). En dicho marco estas especies constituyen una estructura compleja, en la que cada elemento expresa una abundancia dependiente de los elementos restantes (**Abundancia Relativa o Porcentual**). La **estructura** *hace referencia a la composición* (Timothy & Johnson 1998, Sale 1996, Sale & Douglas 1984, Jones & Thompson 1978), *de la comunidad biológica* (Sale & Dybdahl 1975, Odum 1962), *y su distribución en un espacio, delimitado por factores abióticos* (Kolasa 1989, Odum 1962), *con características propias*.

La gran diversidad de las comunidades ícticas arrecifales ha sido ampliamente reconocida por varios autores en diferentes zonas arrecifales del mundo y han sido amplios los planteamientos efectuados por estos autores para explicar la diversidad de estos ecosistemas, algunos autores han atribuido esta característica a la complejidad estructural y a su consecuencia en la diversidad de nichos (Galzin **et al.** 1994, Sale & Douglas 1984, Williams 1982, Carpenter **et al.** 1981, Jones & Thompson 1978), además también a la diversidad y cobertura de la comunidad coralina (Díaz **et al.** 2000, Solano **et al.** 1990, Schumacher 1978), al balance entre las tasa de reclutamiento y la pérdida de especies (Sale 1996, Sale & Douglas 1984, Sale **et al.** 1984, Williams 1982), la rugosidad del fondo arrecifal (Carpenter **et al.** 1981), las interacciones entre los individuos de la comunidad como predación y competencia (Sale 1996, Hobson 19\_), la amplia tolerancia de las comunidades ícticas en respuesta a las características cambiantes del hábitat (Sale 1996, Sale & Douglas 1984, Sale & Dybdahl 1975) y a la coexistencia de especies (Anderson **et al.** 1981) entre otros.

Schuhmacher (1978), hace referencia a la utilización que los geólogos y los biólogos emplean para definir un **arrecife**: *“Un arrecife es una estructura constituida por organismos vivientes, por lo general en forma de banco, que desde el fondo marino se eleva hasta la superficie del agua y que es tan grande que influye considerablemente en las particularidades físicas y con ello también en las ecológicas del ambiente. Su consistencia es lo bastante sólida como para resistir*

*los embates del oleaje y formar así un recinto de muchos años de duración, característicamente subdividido para habitantes con adaptaciones específicas”.*

Los arrecifes de coral son ecosistemas de gran complejidad, que empieza con la propia complejidad de los corales. Éstos son animales modulares, pólipos cilíndricos parecidos a anémonas, con tentáculos para capturar presas rodeando la abertura o boca. Existe una estrecha relación entre corales y algas. En los tejidos de su capa gastrodérmica viven zooxantelas simbióticas, fotosintéticamente activas, algas dinoflageladas endozoicas de las que depende el coral para su crecimiento más eficaz (Smith & Smith 2000). La mayoría de los corales forman colonias sésiles apoyadas en las partes altas de las colonias muertas, y paran de crecer cuando encuentran la superficie del agua. Las áreas coralinas comprenden, además de las formaciones coralinas que le dan su nombre, una serie de biotopos y hábitats asociados, usualmente distribuidos en forma de mosaico, que se distinguen entre sí por la naturaleza física del sustrato (sedimentos, escombros coralinos, rocas), por componentes bióticos conspicuos que cubren el fondo (algas, fanerógamas, esponjas, abanicos de mar, etc.) y por ser elementos característicos de fauna y flora. Cada uno de estos ambientes constituye una unidad discreta del paisaje propio de las áreas coralinas, cuya presencia y esquema de distribución dentro de dichas áreas es la respuesta a una serie de procesos geomorfológicos, hidrográficos y biológicos que operan en el corto, mediano y largo plazo (acreción coralina, erosión, sedimentación, energía del oleaje, gradientes de profundidad, tectonismo, oscilaciones en el nivel del mar, perturbaciones atmosféricas, etc.) y que moldean la identidad geomorfológica y ecológica de cada una de las áreas. Cada área coralina posee sus características propias, aunque a grandes rasgos muestre considerables semejanzas con otras (Díaz *et al.* 2000).

Las estructuras tridimensionales de un arrecife crean diferentes condiciones de luminosidad y modifican el curso e intensidad de las corrientes. Se producen también gradientes de temperatura y en la concentración de nutrientes y oxígeno entre las diferentes zonas del arrecife, así como entre este y las zonas circundantes. De todo ello resultan multitud de microambientes y se propicia la existencia de diversas asociaciones de organismos (Díaz *et al.* 1996).

Los arrecifes del Caribe colombiano, están más ampliamente distribuidos y desarrollados que los del Pacífico, geomorfológica y estructuralmente son más variables y albergan una mayor cantidad de especies de coral. En el Caribe colombiano pueden distinguirse dos grandes áreas geográficas con arrecifes coralinos: el área costera continental y el área oceánica. A lo largo de algunos sectores de la costa del continente se encuentran arrecifes franjeantes y de parche que por lo general son pequeños y confinados al interior de bahías y ensenadas de aguas relativamente claras y protegidas del oleaje. Ejemplos representativos de estos arrecifes existen en la región de Santa Marta, donde los ramales del norte de la Sierra Nevada de Santa Marta se adentran abruptamente en el mar formando una serie de bahías y ensenadas en el PNN Tayrona, (Díaz *et al.* 1996). Pese a que las aguas marinas y costeras reciben en mayor o menor grado la influencia de las descargas de aguas dulces con sedimentos en suspensión, lo que implica una serie de limitantes para el asentamiento y el desarrollo de la comunidad coralina, en algunos sectores particulares, se ha posibilitado el desarrollo de verdaderas estructuras arrecifales, y la diversidad de corales y de otros organismos que habitan en ellas puede ser equiparable o incluso superar a la de las áreas oceánicas (Díaz *et al.* 2000) siendo este el caso de los parches arrecifales estudiados, ya que estos se encuentran cercanos a descargas de aguas continentales, pero a pesar de esto, existe un cubrimiento coralino considerable para toda el área.

Fue encontrado por Garzón & Acero (1986) que existen notorias diferencias en la fauna de peces propia de arrecifes coralinos de las regiones de Cartagena (islas del Rosario y de San Bernardo) y de Santa Marta (incluyendo el Parque Tayrona), a pesar de encontrarse geográficamente separadas por una distancia aproximada de solo 220 km. Las diferencias entre las regiones de Cartagena y Santa Marta, respecto a su fauna de peces arrecifales, se hacen evidentes porque numerosas especies (27, aproximadamente 10% del total) encontradas en las islas de Cartagena no existen o tienen poblaciones exiguas en las formaciones coralinas del área de Santa Marta.

Según Garzón y Acero (1986) los principales factores limitantes para el establecimiento exitoso de las especies ícticas en el área de Santa Marta, pueden ser:

- La inestabilidad ambiental, causada por las variaciones estacionales marcadas en la temperatura y la transparencia del agua, corrientes, sedimentación y la disponibilidad de alimento. Además por los descensos bruscos de la temperatura del agua durante la estación seca.

A este respecto vale recordar que los peces son organismos que no pueden regular la temperatura del cuerpo, por lo general muy sensibles a los cambios drásticos de la temperatura ambiental, en especial las especies tropicales que son más estenotermas (Nikolsky 1978, Smith 1982: en Garzón y Acero 1986).

- El desarrollo menor de las formaciones coralinas, que podrían limitar la existencia de hábitats y/o microhábitats específicos para ciertos peces.
- La mayor turbidez del agua, que eventualmente podría impedir el asentamiento de especies que tengan preferencias por aguas limpias de sedimentos.
- La baja temperatura promedio del agua.
- Otros factores relacionados con la naturaleza de las comunidades bióticas locales y sus interacciones como predación, competencia, territorialismo, etc.

Dentro de los arrecifes coralinos los peces son una parte fundamental pues contribuyen a su dinámica alimenticia y morfológica (Acero 1984). Los peces arrecifales tienen un número de características que los definen, entre los que se encuentran los rasgos propios de las agrupaciones que conforman, las características ecológicas, las asociaciones que presentan con el hábitat, los patrones de distribución y las características taxonómicas y estructurales. Los hábitos de interacción de los peces en los arrecifes toman tres formas generales: las relaciones directas entre la estructura arrecifal (Jones 1988 en: Jones 1991) y el refugio, la interacción alimenticia que involucra a los propios peces arrecifales y la biota sésil (incluyendo las algas) y el rol de la estructura arrecifal y los patrones de alimentación (Choat & Bellwood 1991).

Existen varias hipótesis que intentan explicar los procesos de estructuración de las agrupaciones ícticas arrecifales (Jones 1991), entre estas se destacan:



### **Hipótesis de limitación por reclutamiento:**

#### ✘ *Modelo de Competencia* (Smith y Tyler 1972)

Asegura que la competencia durante el proceso de postreclutamiento estructura las diversas comunidades y que esta se encuentra determinada por la disponibilidad de espacio en el arrecife. Asegura que los niveles de recurso permanecen constantes y por ende la comunidad y el número de individuos de las poblaciones permanece constante y en equilibrio.

#### ✘ *Modelo de Lotería arrecifal* (Sale 1977)

Expone que los patrones de la estructura y la alta diversidad de las comunidades ícticas arrecifales están potencialmente establecidos por los patrones estocásticos debido a que la oportunidad de la larva de colonizar un hábitat disponible es impredecible. Continúa con la suposición que los peces compiten por espacio, pero asegura que la competencia no puede alterar la abundancia relativa de las especies debido a que la oportunidad de la larva de colonizar un hábitat disponible es impredecible (Sale 1996, Sale & Douglas 1984, Gladfelter *et al.* 1980).

#### ✘ *Modelo de disturbio por predación* (Talbot *et al.* 1978)

Asume los procesos de predación como el principal proceso limitante de la población y la estructura de las agrupaciones de peces y como el principal agente selectivo de afección de las estrategias reproductivas.

#### ✘ *Modelo de limitación del reclutamiento* (Victor 1986, 1983, Doherty 1983, 1982)

Afirma que el aporte de larvas es normalmente insuficiente para el tamaño total de la población como para lograr llegar a la capacidad de carga del medio (Jones 1991), durante el preestablecimiento, la mortalidad de las larvas y los huevos determinan los patrones de abundancia de los adultos (Glynn 1988, Smith 1978 en: Williams 1991, Doherty & Williams 1988).

### **Hipótesis del modelo de MacArthur & Wilson (1967)**

Plantea una variación de la Teoría Biogeográfica de Islas aplicada a los arrecifes coralinos asegurando que el tamaño de la isla (arrecife) determina la diversidad de las comunidades que allí se presentan (Galzin *et al.* 1994). Se logra un equilibrio (entre ganancia y pérdida) de las especies en las comunidades ícticas de los arrecifes coral y los factores estocásticos, siendo menos importantes en la

determinación de estas comunidades. Añaden que la alta diversidad de comunidades ícticas arrecifales es permitida exclusivamente por una variación de factores distintos al azar en el reclutamiento de la larva; de éstos, la estructura del hábitat es el más evidente (Sale 1980, Bonhnsack y Talbot 1980, Talbot *et al.* 1978).

### **Hipótesis de competencia:**

Es la interacción determinante de la abundancia de (y como consecuencia de la diversidad local) de las agrupaciones de peces (Hixon 1991).

*Competencia intraespecífica:* Algunos experimentos afirman que esta actúa como un recurso limitante y que se hace evidente en las tasa de crecimiento (Forrester 1990, Jones 1988, 1987, Victor 1986, Doherty 1983, 1982 en: Jones 1991).

*Competencia con otros peces:* puede alterar patrones de distribución entre hábitats, pero no sobre las abundancias de las especies en la población.

### **Hipótesis de predación**

Atribuye a la predación la alta diversidad de peces en los parches arrecifales pequeños como factor que permite mantener a las abundancias de las especies en niveles equilibrados (Talbot *et al.* 1978 en: Ebeling & Hixon 1991).

### **Hipótesis de diversidad de nichos**

Es planteada desde dos versiones diferentes :

1. Las especies han desarrollado especializaciones previniendo la exclusión por competencia en un medio donde la disponibilidad de recursos ha estado limitada en el tiempo evolutivo.
2. A pesar de la competencia continua, el mismo medio puede proveer refugios que disminuyan la competencia o situaciones donde cada competidor domine un subhábitat particular o una subdivisión de un recurso base (Colwell & Fuentes 1975 en: Ebeling & Hixon 1991).

Estas versiones se basan en la repartición de nichos como la ocupación de diferentes hábitats, la alimentación de diferentes agrupaciones de presas o estando activas en diferentes intervalos de tiempo (Schoener 1974, Pianka 1973 en: Ebeling & Hixon 1991). Si esta hipótesis es cierta la comunidad puede explicarse estructuralmente mediante varios eventos: complementariedad de nichos,

complementariedad geográfica, resistencia, clímax, saturación de establecimiento y limitación de recursos (Ebeling & Hixon 1991).

### **Disturbios**

Mediante la turbulencia causada por las tormentas tropicales además de los tifones y los huracanes los peces pueden morir y la estructura de la población puede ser temporalmente alterada (Lassing 1983, Tribble et al. 1982, Woodley et al. 1981, Bohsack y Talbot 1980, Bortone 1976 en: Ebeling & Hixon 1991).

Connell (1978 en: Ebeling & Hixon 1991) asegura que en las áreas bajas en disturbios y en las áreas que presentan disturbios continuos la diversidad es baja, mientras que áreas con disturbios intermedios son las que pueden presentar mayor grado de diversidad, debido a la oportunidad de colonización de las especies subordinadas y la disminución. La diversidad local máxima ocurre cuando un nivel intermedio de disturbio mantiene a la agrupación que ocupa el parche en un estado sucesional intermedio.

### **Disponibilidad de recursos (Doherty 1991)**

- **Espacio:** Las poblaciones pueden estar limitadas por la disposición de espacio particularmente si éste, es defendido o si la exclusión mutua puede ocurrir. Los requerimientos de espacio están generalmente relacionados con la territorialidad de los individuos.
- **Refugio:** La disponibilidad de hoyos que sirvan de refugio durante tormentas y para protección de predadores.}
- **Alimento:** Por solapamiento de los niveles tróficos (Sale 1980, 1978, 1977, Smith 1978)

Otros estudios incluyen a las interrelaciones como un factor determinante en la estructuración de comunidades principalmente a las relaciones tróficas (Hobson 19\_).

### **3. PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

No existe una caracterización de la ictiofauna presente en las zonas arrecifales de Isla Aguja, siendo los estudios realizados hasta el momento una generalización de la presencia de las especies ícticas en grandes extensiones de la región del Magdalena y el PNNT basado en descripciones taxonómicas y biológicas que no presentan datos cuantitativos sobre parámetros ecológicos como riqueza, abundancia y diversidad. Esta ausencia de conocimiento específico, impide realizar monitoreos de cada parche arrecifal a largo plazo que permitan establecer los cambios o transformaciones que a través del tiempo se presentan en estas áreas, entendidas como ecosistemas importantes para conservación de la biodiversidad, objetivo primordial del macroproyecto de seguimiento y conservación que pretende establecer la Fundación Salvamar para la región de Taganga y sus zonas aledañas, formulado al observar el inadecuado manejo de recursos que se hace en el área arrecifal en donde la pesca indiscriminada, la sobreexplotación de sus componentes y el deterioro causado por las frecuentes visitas de buzos, está llevando a estas zonas a una inminente destrucción. De la misma manera, dar a conocer la importancia de los recursos naturales de la zona, las fuentes de explotación y algunas pautas que junto con otras establecidas por estudios más amplios del área y en otros tipos de comunidades, permitan realizar sugerencias sobre el manejo de estos recursos, ya que constituyen la base directa e indirecta de sus actividades productivas y económicas. De la formulación del problema surgen las siguientes preguntas:

##### **3.1.1 Preguntas de investigación**

1. ¿ Qué especies de peces componen las comunidades ícticas de los parches de arrecifes de coral circundantes a Isla Aguja ?
2. ¿ En que proporciones se presentan las especies ícticas de las zonas ?
3. ¿Cuál es la diversidad de la ictiofauna en cada una de las zonas de estudio ?
4. ¿ Son similares en estructura las comunidades ícticas de las zonas de estudio?

### 3.2 JUSTIFICACIÓN

Es importante destacar el papel multifuncional que representa la elaboración de los censos realizados para las comunidades faunísticas y florísticas de un ecosistema. En primer lugar, es determinante conocer realmente qué componen los ecosistemas para cuantificar, caracterizar y preservar la biodiversidad existente que conforma nuestro patrimonio nacional, para que a la vez que son conservados y utilizados sean correctamente administrados, lo cual se encuentra ligado a las políticas de manejo establecidas por el Ministerio del Medio Ambiente como ente regulador y administrador de la investigación en biodiversidad.

Generalmente, los planes de manejo ambiental como el que pretende realizar la fundación Salvamar, son realizados a largo plazo en varias etapas; la primera de ellas y que en parte se desarrolló durante este estudio, consistió en la caracterización de la comunidad íctica del área de Isla Aguja, siendo ésta la base fundamental para el desarrollo de las siguientes fases consistentes en monitoreos que a la larga van a permitir determinar la dinámica del ecosistema y con ella las principales estrategias para la elaboración de planes de manejo ambiental para el área dentro de un contexto de desarrollo sostenible, el establecimiento de áreas de conservación, los inventarios *per se* y el aumento del conocimiento científico y poblacional, entre otros.

Basados en este conocimiento, y mediante los resultados de otros estudios dentro del área, es factible realizar propuestas sociales para el uso de recursos, que permita implementar planes de desarrollo sostenible que beneficien a la comunidad y les permita aprovecharlos sin agotarlos, favoreciendo de esta manera la economía de los pobladores de la región y asegurando los recursos para las generaciones venideras.

Acero (1992) promulga: “No se necesita profundizar en demasía en la literatura científica ni en las experiencias universales para comprender que solamente desde el conocimiento científico detallado de los ambientes se puede llegar a su manejo conveniente”. En el área así como en las diferentes zonas arrecifales son varias las formas de explotación a las que son sometidos los arrecifes coralinos y que

ocasionan la disminución de las poblaciones ícticas, entre estas encontramos diversas maneras de utilización comercial pues los corales son derribados para su uso en las fabricas de cal y en la producción de cemento (Schuhmacher 1978), y su utilización como elementos decorativos. En el caso de los peces arrecifales su importancia económica, recreacional y estética es de enorme magnitud. Muchas familias incluyen especies de gran valor comercial (Serranidae, Carangidae, Lutjanidae, Haemulidae, Labridae, Sphyraenidae y Scombridae), casi todos son animales comestibles, básicos para la supervivencia de los moradores costeros dedicados a la pesca artesanal; muchísimas especies alcanzan precios importantes en la industria de los peces ornamentales (Syngnathidae, Serranidae, Sciaenidae, Chaetodontidae, Pomacanthidae, Pomacentridae, Cirritidae, Scaridae, Opistognathidae, Acanthuridae y Balistidae) (Acero 1992).

Acero y Garzón (1987) enuncian: “Actualmente una larga serie de factores amenaza la adecuada conservación de esta área (refiriéndose al PNN Tayrona); algunos de estos factores son la colonización acelerada, el turismo caótico, la pesca delictiva generalizada con dinamita, la sobrepesca con redes y arpones mecánicos y la elevada sedimentación ocasionada por la erosión relacionada con la tala indiscriminada”, lo cual ha producido una disminución significativa de las poblaciones de peces utilizados como alimento. Un ejemplo de estos es la situación de las poblaciones de los Serranidos (chernas, cabrillas y meros, especies de alto interés comercial y algunas utilizadas para subsistencia) cerca de los centros urbanos del Caribe, principalmente en la región de Santa Marta (Acero y Garzón 1991), estos motivos conforman la principal razón para la elaboración de un plan de manejo que permita el adecuado aprovechamiento de los recursos en el área. Cuando son afectadas algunas de las condiciones normales de estos ecosistemas, las especies que lo habitan, entre ellas las que conforman la comunidad íctica, se ven severamente afectadas, haciendo evidente la disminución de la producción pesquera, entre otras muchas consecuencias funestas; cuando se presenta una sobre-explotación de las especies ícticas, se rompe el equilibrio en que estos ecosistemas se mantienen debido a la proliferación de algas que impide su desarrollo normal, causando su deterioro y la pérdida de espacio béntico ocupado

por los corales homogeneizando el terreno y evitando la diversidad característica presente en un arrecife de coral (Torres 1993).

En este caso específico, la población costera de la región basa su sostenimiento y economía en la explotación pesquera y el turismo, el cual básicamente, está representado por el buceo recreativo que el PNN Tayrona y sus alrededores ofrece. Por esto, no podemos permitir que el arrecife sea consumido llevando consigo a todas las comunidades presentes y entre ellas a la comunidad íctica, ya que esta simboliza una fuente de alimento e ingreso económico para las familias que allí habitan. De igual forma, el interés de la comunidad por adquirir un conocimiento sobre el potencial íctico (entre otros) que poseen y la forma de cuidarlos y manejarlos fueron razones de peso que impulsaron la propuesta de este trabajo que simultáneamente pretende abrir las puertas a nuevos estudios mediante la generación de nuevos interrogantes buscando una continuidad en el desarrollo de la adquisición de conocimientos aplicables y productivos.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Establecer la estructura de las comunidades ícticas en las zonas arrecifales de estudio pertenecientes a Isla Aguja con vistas a la comparación entre estas.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar la composición (riqueza) de las comunidades ícticas presentes en los parches arrecifales de Isla Aguja.
2. Establecer la abundancia relativa de las especies presentes en cada zona.
3. Determinar los valores de diversidad para la comunidad íctica registrada en cada zona.
4. Realizar una comparación en términos de riqueza, abundancia relativa y diversidad de las comunidades ícticas encontradas entre las zonas arrecifales concernientes al área de Isla Aguja.

## 5. HIPÓTESIS

Se formuló una sola hipótesis de estudio, ya que los parámetros observados (riqueza, abundancia y diversidad) de manera independiente, son establecidos de manera más cualitativa, de este modo se planteó que:

**Ha:** Las comunidades ícticas del área son disímiles entre si y presentan diferencias significativas en términos de estructura (riqueza, abundancia y diversidad).

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio efectuado es de tipo cuantitativo comparativo, ya que la determinación de la estructura de la comunidad íctica de cada zona permite efectuar una comparación entre estas con el fin de conocer su situación en el área, pensando en el establecimiento posterior de áreas importantes para conservación en el plan de manejo ambiental que pretende efectuar la fundación Salvamar. A pesar la cercanía entre las zonas, las comunidades ícticas de cada una se encuentran expuestas a factores diversos (patrón de corrientes, ubicación en barlovento o sotavento, estructura física arrecifal) que las podrían hacer variar en cuanto a su estructura, este motivo también impulso a realizar la comparación mediante la cual se adquirió una visión más amplia del área de estudio. Los datos obtenidos de abundancia son de carácter semicuantitativo, ya que los valores no están determinados por el número de individuos por especie, sino que ha sido obtenido mediante el establecimiento de una escala artificial de puntajes establecida por la metodología de muestreo.

*Variable respuesta:* Abundancia y riqueza de las comunidades ícticas.

*Unidad de Respuesta:* Cada una de las zonas de estudio.

*Unidad de Muestreo:* Comunidad íctica presente en cada zona de estudio.



## 6.2 ÁREA DE ESTUDIO

### 6.2.1 Descripción del área de estudio

El Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) se encuentra localizado en la costa Caribe de Colombia al noreste de la ciudad de Santa Marta entre Punta las Minas (esquina noreste de la ensenada de Taganga) y la desembocadura del río piedra (Figura 1). Tiene un área de 15 000 hectáreas (150 km<sup>2</sup>) de las cuales 3 000 (20% del área total) corresponden a una faja marina de 1 Km de ancho. Su área fue declarada como reserva mediante la resolución ejecutiva N° 292 de agosto de 1969 (Bula-Meyer 1991).

Los rasgos morfológicos y paisajísticos del área de Santa Marta y del Parque Nacional Natural Tayrona están determinados por el macizo montañoso de la Sierra Nevada de Santa Marta, cuyas estribaciones septentrionales se adentran hacia el mar formando una característica costa de tipo “rias”, en las que se alternan bahías con playas arenosas en su interior y cabos rocosos con acantilados. La plataforma continental, en sentido estricto, es prácticamente ausente en esta área, y los fondos se precipitan rápidamente a profundidades de más de 500 m a distancias relativamente cortas de la línea de la costa. El contorno de la costa en este sector está caracterizado por una serie de ensenadas relativamente cerradas, cuyos costados occidentales están más expuestos al viento y al oleaje, y algunos islotes rocosos como Isla Aguja, que representan prolongaciones interrumpidas de las estribaciones montañosas.

La hidrodinámica del área está determinada por el régimen de los vientos alisios. Durante los meses de sequía (diciembre a abril), época en la que se realizó el estudio, los fuertes alisios de NE generan una corriente en sentido paralelo a la costa en la parte oriental del área y hacia mar afuera en la parte occidental, produciendo un fenómeno local de surgencia o afloramiento de aguas subsuperficiales relativamente frías (20°-25°C), el cual le imprime al área ciertas características ecológicas especiales. Durante el periodo de lluvias, o menos seco, las aguas superficiales tienden a ser más cálidas (27°-29°C) y transparentes debido

a la ausencia de surgencia y a la influencia de la contracorriente de Panamá, que trae consigo cierta carga de material orgánico e inorgánico proveniente de las descargas continentales del Río Magdalena y de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Bula-Meyer 1985, Ramírez 1990 en: Díaz *et al.* 1996).



**Figura 1. Área de estudio.** Comprende la parte nororiental del Parque Nacional Natural Tayrona, Colombia.

Las formaciones coralinas que bordean buena parte de la costa rocosa del área, especialmente a lo largo del litoral de acantilados se pueden organizar en dos grupos según el tipo de sustrato y el espesor del andamiaje coralino. El primero corresponde a rocas metamórficas caídas y acumuladas como producto de la erosión de los acantilados, los cuales han sido parcialmente colonizados de biota hermatípica a partir de los 5-8 m de profundidad. El segundo tipo son formaciones

coralinas edificadas sobre un sustrato rocoso más estable, generalmente en zonas menos expuestas a la acción del oleaje, que han alcanzado un cierto espesor y están constituidas generalmente por corales masivos hemisféricos de gran tamaño (*Montrastea cavernosa*, *M. faveolata*, *Colpophyllia natans*, entre otros). Estas formaciones frajeantes son por lo general poco amplias y se profundizan relativamente rápido hasta los 25-30 m, donde se inicia un plano inclinado arenoso con escombros coralinos. La diversidad y abundancia de los octocorales en estas formaciones es mucho mayor que en las zonas expuestas al oleaje, especialmente en los cabos y en los costados occidentales de las bahías. Por el contrario, en estas zonas la cobertura de corales pétreos es baja y está dominada por formas con crecimiento costroso, sin embargo pueden alcanzar coberturas altas (> 80%) a profundidades mayores a 10 m en algunos sitios (Díaz *et al.* 2000).

En algunos sectores la cobertura promedio de coral vivo registrada en 1998-1999 (37.5%) es mayor a la estimada recientemente en la mayoría de las demás áreas coralinas del Caribe colombiano. No obstante, en ciertos sectores fuertemente impactados por las descargas de desechos (Santa Marta, Taganga y zonas aledañas) y pesca ilegal con explosivos (algunos sectores de inmediaciones del Cabo de La Aguja y la bahías de Concha, Gayraca y Neguange), se observan coberturas muy bajas y sobrecrecimiento del coral por algas y esponjas. Aunque probablemente con menor severidad que en otras regiones, los corales en esta área resultaron afectados por varios episodios de blanqueamiento ocurridos entre 1983 y 1998, los cuales, junto con enfermedades como la banda blanca, posiblemente fueron los principales causantes de mortalidad extensiva de las especies ramificadas (*Acropora* spp) y foliares (*Agaricia* spp) (Díaz *et al.* 2000).

El estudio se llevó a cabo en los parches arrecifales circundantes a Isla Aguja perteneciente al PNNT (Figura 2), este se describe como un islote rocoso piramidal que representa una prolongación interrumpida de las estribaciones montañosas de la Sierra Nevada de Santa Marta (Díaz *et al.* 2000), los cuales se encuentran organizados en parches diferenciales entre sí, ya que presentan algún tipo de límite físico como la presencia de grandes arenales que rodean a la mayoría de los parches. Las zonas de estudio y algunas de sus generalidades son:

### **Morrito Largo**

Es un islote rocoso de menor tamaño que isla Aguja y se encuentra al lado noroccidental de esta, a los  $11^{\circ}19'12.4''$  N y  $74^{\circ}12'21''$  W (Figura 2a). Su arrecife es pendiente, tanto que se presenta como una pared casi vertical, formada por roca compacta, posee una gran belleza faunística característica de las paredes del Caribe. Es de todas las zonas de estudio, la que se encuentra expuesta de manera más directa al oleaje y a una mayor intensidad de corrientes. Presenta dominancia de octocorales y de especies de crecimiento costroso, mientras que la cobertura de corales pétreos es baja.

### **Punta Aguja**

Se encuentra localizada en el extremo norte de la isla que lleva el mismo nombre y esta ubicada al frente del PNNT hacia mar abierto, entre las coordenadas  $11^{\circ}39'15.4''$  N y  $74^{\circ}12'09.2''$  W (Figura 2b). Su profundidad promedio es cercana a los 25 m (81 pies). Presenta un arrecife medianamente inclinado, extendido sobre un fondo rocoso, formado por rocas compactas y cantos rodados. Por las corrientes permanentes durante todo el año los corales blandos toman una forma hidrodinámica a favor de la corriente. Posee lugares fuertemente influenciados por las corrientes marinas y otros protegidos del oleaje donde se encuentra un mayor desarrollo coralino. Presenta una conexión coralina con Morrito Largo, llamada por los buzos de la región El Paso del Angel en donde se presenta una fuerte intensidad de corrientes.

### **Calichan**

Se encuentra localizado la costa occidental de isla Aguja a los  $11^{\circ}18'58.7''$  N y  $74^{\circ}11'52.1''$  W (Figura 2c). Su profundidad aproximada es de 35 m (115 pies). Posee una estructura arrecifal formada por cantos rodados de diferentes tamaños, extendido sobre un fondo areno-rocoso. Esta compuesto por un cantil semivertical, posee una montaña de coral de lapas o laminas duras que se sumerge a una profundidad de 35 metros. Se encuentra rodeado por un fondo arenoso de gran extensión.



**Figura 2a. Morrito Largo (ML)**



**Figura 2b. Punta Aguja (PA)**



**Figura 2c. Calichan (CAL)**



**Figura 2d. El Salidero (SAL)**



**Figura 2e. El Torín (TOR)**

**Figura 2. Zonas de estudio.** Se presentan los cinco parches arrecifales utilizados como zonas de muestreo.

### **El Salidero**

Se encuentra ubicado en la punta sur de Isla Aguja, entre los 11°18'48.5' N y 74°11'46.6' W (Figura 2d). Su profundidad aproximada es de 15 m (45 pies). Se encuentra conformado por un arrecife medianamente inclinado extendido desde un leve cantil hasta el fondo rocoso. Algunos sectores de este arrecife están ubicados de tal manera que se encuentran fuertemente influenciados por la acción tanto del oleaje como de las corrientes y simultáneamente, presenta otros sectores resguardados en zonas de poco oleaje en donde las formaciones coralinas son más complejas y diversas con predominancia de grandes formas masivas.

### **El Torín**

Se encuentra localizado en la parte costera oriental de la isla que entre los 11°18'48.9' N y 74°11'38.7' W (Figura 2e). Tiene una profundidad estimada en 21 m (70 pies). Es un sitio de una gran extensión y se encuentra conformado por cantos rodados de diferentes tamaños. Posee una amplia diversidad de corales y de fauna al igual que su topología marina en donde se destacan los hidrocorales como las especies coralinas dominantes .

#### **6.2.2 Población de estudio y muestra**

La “población” de estudio esta conformada por cada una de las comunidades ícticas presentes en los arrecifes censados en las zonas de estudio del área de Isla Aguja en el PNN Tayrona. La muestra, consiste en las especies de peces registradas por observación directa con el método del CVR, encontradas en las comunidades ícticas que presenta cada una de las zonas de estudio.

#### **6.2.3 Variables de estudio**

- Independientes: Riqueza y abundancia relativa
- Dependientes: Diversidad  $\infty$

### 6.3 MÉTODOS

El método de censo que se utilizó para establecer la composición y estructura de la comunidad íctica del área fue el Censo Visual Rápido (CVR) propuesto por Jones & Thompson en 1978 y modificado en 1985 por Kimmel. El CVR fue utilizado, por ser ésta una técnica que permite hacer un efectivo censo de las especies de peces presentes en cada zona y al mismo tiempo no afecta la dinámica del ecosistema del arrecife, por no ser destructivo ni extractivo como otros métodos en donde es utilizada la dinamita y sustancias como icticidas. Varios autores han asegurado que los datos arrojados por esta técnica son registros razonablemente precisos de la ictiofauna visible y que no se ve influenciada por variaciones extremas en la claridad del agua (Sale & Douglas 1981: en Torres 1993). Kimmel (1985) asegura que el CVR es el más fácil de los métodos estudiados para el uso en campo, que es más eficiente en tiempo que el de transecto, y a diferencia del VFC (Visual Fast Count) no requiere del conteo individual de peces, siendo ideal para el examen rápido de comunidades cuando el factor tiempo es limitante y el propósito básico es la caracterización general. Además, es un método económico ya que no requiere altas inversiones en equipo utilizándose únicamente un equipo de buceo de aire comprimido, una tabla acrílica en la que se registran las especies y un reloj de buceo para contabilizar el tiempo.

Las limitaciones principales del censo visual en un estudio de esta naturaleza son: (1) algunas de las especies crípticas o secretivas, de hábitos nocturnos y de pequeño tamaño (<5 cm) son generalmente subestimadas o no representadas en muestreos diurnos (Kimmel 1985, Solano *et al.* 1995); sin embargo Gladfelter *et al.* (1980) mostraron que casi todas especies nocturnas eran censadas de día, pero eran numéricamente subestimadas, (2) la abundancia obtenida se da en puntaje y no tiene en cuenta el número de individuos de cada especie (Kimmel 1985) ya que los conteos exactos de individuos son difíciles, sobre todo en especies móviles. A pesar de estas desventajas Gladfelter *et al.* encuentran en sus estudios un alto grado de consistencia entre los censos efectuados y además aseguran que esas especies que permanecían no detectadas eran un grupo predeciblemente muy

crítico y su ausencia no invalidó las comparaciones realizadas. Debido a estas limitantes, se considera que especies de familias como los Gobidae, Blennidae, Microdesmidae y según Sale y Douglas (1984) las de hábitos oceánicos como Scombridae y Carangidae que son poco probables de observación en los censos visuales, se encuentran subestimadas en este estudio, siendo en algunos casos como el de los Gobidos la captura por icticida la única manera de establecer un valor estimado sobre la verdadera abundancia de esta clase de especies de peces pequeños que residen en estructuras arrecifales (Smith 1973, Rusell *et al.* 1978 en: Garzón y Acero 1988).

Esta técnica de registro, esta basada en la modificación del concepto de especies por unidad de área, usada en ecología de las poblaciones vegetales, donde la dimensión espacial (área), esta sustituida por la dimensión temporal (orden cronológico de observación), de manera que se obtenga un registro basado en la cantidad de especies observadas por unidad de tiempo (Jones & Thompson 1978). Originalmente la metodología fue establecida para desarrollarse en un lapso de tiempo de 50 minutos, dividido en cinco intervalos de diez minutos cada uno. Debido a los limitantes de tiempo ocasionados por el tiempo efectivo de las inmersiones programadas, cada deriva se efectuó en 30 minutos contabilizados desde el momento en que se llega al fondo y se dividió en seis intervalos de cinco minutos cada uno. El valor de aparición de cada intervalo es descendente desde el primer avistamiento, siendo los primeros intervalos de tiempo los de mayor valor por considerarse que las especies más abundantes son las primeras que se ven en este tipo de metodología (Jones y Thompson 1978, Kimmel 1985). Esta reforma para estos intervalos de tiempo fue planteada por Gómez & Vieira en 1996, siendo también establecida en el Taller de SIMAC (Sistema nacional de Monitoreo de Arrecifes coralinos en Colombia) en 1999 obteniendo óptimos resultados, siendo ajustada sin cambiar sus bases fundamentales ni alterar su objetivo central.

Para desarrollar este estudio se contó con un tiempo de 2 meses durante los cuales se registraron las especies de peces que conforman cada una de las zonas realizando un buceo libre y aleatoriamente sobre el arrecife (**deriva**) a una profundidad entre 10 a 22 metros en promedio, identificando tantas especies de



peces como fue posible, con un total de 35 inmersiones de las que 10 fueron de reconocimiento y las 25 restantes de toma de datos, de 30 minutos cada una, divididos como lo indica el método en 6 intervalos de tiempo de 5 minutos cada uno a los cuales se le asignaron valores de abundancia representativos:

Especies observadas durante el primer intervalo.....	6
Especies observadas durante el segundo intervalo.....	5
Especies observadas durante el tercer intervalo.....	4
Especies observadas durante el cuarto intervalo.....	3
Especies observadas durante el quinto intervalo.....	2
Especies observadas durante el sexto intervalo.....	1

El valor de abundancia relativa para cada especie, aunque su registro se hizo durante toda la deriva, fue el valor asignado al intervalo correspondiente al primer avistamiento, es decir, siendo tenido en cuenta sólo en donde apareció por primera vez, evitando el riesgo de sobre-estimación de la abundancia por especie que se genera al hacer la sumatoria de todos los intervalos como es propuesto en el trabajo de Jones & Thompson en 1978, utilizando este ajuste efectuado por Kimmel (1985).

#### 6.4 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En primera instancia, se realizó una revisión bibliográfica que permitió obtener algunos datos fundamentales sobre el área de estudio y las comunidades de peces potenciales que habitan los arrecifes del PNN Tayrona, aumentando el conocimiento científico con una indagación sobre otras especies reportadas para el Caribe colombiano.

El estudio se realizó en época seca, la primera parte de la fase de campo consistió en realizar un reconocimiento del área de trabajo la cual se ejecutó en una y media semanas, durante las cuales se evaluaron las condiciones de trabajo de cada una de las zonas de estudio. Este tiempo fue destinado simultáneamente, al reconocimiento de especies para lo cual se utilizaron libros de apoyo de Warren E. Burges *et al.* (199\_, 200\_) haciendo el ajuste pertinente a la lista que se llevó como

base de referencia sobre las especies ícticas que allí se podían encontrar. Para esta actividad y el resto de actividades de recolección de datos que se obtuvieron en campo, se contó con el equipo básico de buceo (Careta, snorkel, aletas) y simultáneamente el equipo SCUBA (regulador, chaleco - compensador de flotabilidad-, aire comprimido, profundímetro y manómetro). Los datos se consignaron en una tabla acrílica que incluía el formato previo del CVR que consiste en una columna que indica la especie a la que pertenece el pez observado, otra que indica el número de deriva o censo que a su vez esta dividida en el total de intervalos por deriva (6) y finalmente una columna que totaliza los valores de abundancia relativa obtenidos para cada deriva en cada zona (ver anexo 1). Se utilizó un lápiz, profundímetro (que esta incluido en la consola del equipo SCUBA) y un reloj sumergible con alarma (cronometro).

## **6.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

El análisis de datos permitió reconocer la riqueza, abundancia y diversidad, de las comunidades ícticas y sus especies, presentes en cada zona de estudio mediante la aplicación de índices.

### **6.5.1 Tamaño de la muestra**

Para definir el número mínimo de derivas (repeticiones) que debían efectuarse en cada parche arrecifal del área de estudio se realizó una observación del comportamiento de la curva obtenida de la grafica del número acumulado de especies contra el número de derivas (Torres 1993, Solano *et al.* 1995) en la que el número de especies nuevas en una muestra aumenta de manera logarítmica por incrementos aritméticos en el área de muestreo, y en la que la nivelación de las curvas de número de especies acumuladas por censo y su tendencia a alcanzar una asíntota, indican el tamaño muestral que da validez cuantitativa a los datos obtenidos, ya que allí aparecen representadas la gran mayoría de las especies (Margalef 1977 en: Ramírez 1999a) y además porque un solo conteo puede ser de poca significancia debido a la desigualdad en la distribución de los peces sobre el arrecife (Jones & Thompson 1978). De esta manera, se estableció en 5 el número

repeticiones, ya que la extensión de cada parche no es muy amplia y mediante pocas repeticiones fue posible obtener resultados representativos de cada comunidad.

### **6.5.2 Riqueza**

La **riqueza** está dada por el número total de especies obtenido a partir de los censos realizados a cada zona de estudio (Ramírez 1999a), sin tomar en cuenta su valor de importancia (Moreno, en prensa) dentro de la comunidad íctica. Es entendida como la variedad de las especies de peces dentro de la comunidad íctica de cada una de las zonas de estudio preestablecidas.

### **6.5.3 Abundancia**

La **Abundancia** consiste en un estimativo que parte de una escala artificial creada para la metodología de muestreo (CVR) en donde el número de individuos por especie es reemplazado y se asignan valores que representa la abundancia de las especies presentes en la zona durante la deriva. A pesar de que esta abundancia por no tener en cuenta el número de individuos puede tacharse de errónea, Kimmel (1985) asegura que la obtención de valores de abundancia para peces es extremadamente difícil debido a la movilidad y el rápido ajuste de las comunidades de peces a los factores bióticos y abióticos, a los factores comportamentales como el de los cardúmenes, la territorialidad o la preferencia por determinados sustratos en adición a una distribución no uniforme de estas; sin embargo, constituyen la línea base de los datos de estas agrupaciones de peces que son necesarias para el establecimiento de manejo de recursos, la evaluación de respuestas a efectos antrópicos y naturales y a la localización de poblaciones específicas. La **Abundancia relativa o porcentual** de una especie corresponde a su porcentaje de representatividad respecto al total de especies indicando su contribución a la comunidad (Franco *et al.* 1989, Ramírez 1999b).

### **6.5.4 Diversidad**

Los valores de **diversidad** fueron determinados realizando un análisis del sentido estructural de la comunidad, basados en la abundancia proporcional, es decir, describiendo la relación gráfica entre el valor de importancia de las especies en

función de un arreglo secuencial por intervalos de la más a la menos importante (Krebs 1989, Magurran 1988 en: Moreno en prensa) evaluando tanto la dominancia como la equidad de la comunidad. La diversidad es la medición de la variedad de las especies de peces dentro de la comunidad íctica, y la abundancia de los individuos que componen dichas especies en cada zona de estudio.

#### 6.5.4.1 Índice de diversidad de Shannon-Wiener

La diversidad de cada zona de estudio se calculó mediante el **índice de Shannon-Wiener** (Equidad) ya que este se encuentra descrito para comunidades indefinidamente grandes que no se pueden estudiar en su totalidad por infraestructura, costos, tiempo, personal o imposibilidad misma y, por tal razón su valor debe estimarse a partir de una muestra, a pesar de que su cálculo arroje un estimador sesgado, por cuanto se desconoce el verdadero valor del número de especies del taxa bajo estudio (Pielou 1975 en: Ramírez 1999a).

$$H = - \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i) \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde **H'** es la diversidad de especies, **s** el número de especies y **p<sub>i</sub>** es la proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie **i** (Smith & Smith 2000).

#### 6.5.4.2. Índice de diversidad de Simpson

Simultáneamente fue aplicado el **índice de Simpson** (Dominancia):

$$\lambda = \sum p_i^2 \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde **p<sub>i</sub>** es la abundancia proporcional de la especie **i** (Moreno en prensa) es decir, corresponde a la proporción de individuos de la especie respecto al total de especies indicando su contribución a la comunidad.

Este índice es conocido como una medida de concentración y se refiere a la probabilidad de extraer dos individuos de una misma especie. Su aplicación recae tanto en el conocimiento total de un taxa como en muestras. Este índice ha sido visto como una medida de dominancia, debido a su marcada dependencia de las

especies más abundantes (Moreno en prensa, Franco *et al* 1989, Ramírez 1999b). El inverso de este índice, es decir, el que representa diversidad es:

$$\lambda = 1 - \sum p_i^2 \quad (\text{Ecuación 3})$$

y representa la equidad de una comunidad (Magurran 1988 en: Moreno en prensa), por lo tanto, si el índice resulta en un valor cercano a uno, se asume que la comunidad en estudio posee una baja dominancia y una alta diversidad.

El uso de estos índices de diversidad en función de comparar valores derivados del método de especies/tiempo puede ser considerado como cuestionable ya que este no utiliza conteo de individuos. Sin embargo, en otros trabajos han sustituido el peso de las especies por números en computación para este índice (Bechtel & Copeland 1970 en: Jones & Thompson 1978) y encontraron que la sustitución de especies/tiempo es una equivalencia válida para la abundancia de las especies.

## 6.5.5 Comparación entre zonas de estudio

### 6.5.5.1 Índice de similaridad de Jaccard

Posteriormente se aplicó el **índice de similaridad de Jaccard** que confrontó lo encontrado en cada una de las zonas de estudio. Este índice, representa el valor porcentual de las ocurrencias simultáneas respecto al total e las especies y su oscilación respecto a los límites superior (1) e inferior (0) (Ramírez 1999a). Para hallar este índice, se aplica la ecuación:

$$I_J = \frac{c}{a + b - c} \quad (\text{Ecuación 4})$$

donde **a** es el número de especies presentes en el sitio A, **b** el número de especies presentes en el sitio B y **c** el número de especies presentes en ambos sitios A y B (Moreno en prensa, Ramírez 1999a, 1999b).

### 6.5.5.2 Índice de disimilaridad de Bray-Curtis

Al mismo tiempo, buscando darle más robustez al dato de similaridad obtenido por el índice de Jaccard, se aplicó el **índice de disimilitud de Bray-Curtis** (1957, en Ramírez 1999b) ya que permite cuantificar la distancia sobre un espacio multidimensional entre variables merísticas como la abundancia. Este índice se encuentra dominado por las especies más abundantes, a la vez que sobrestima la afinidad entre atributos no comunes, pero de magnitudes pequeñas. En busca de disminuir este sesgo se transforman las abundancias a abundancias relativas. Este índice es:

$$D_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^S |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{ik})} \quad (\text{Ecuación 5})$$

donde ***D<sub>jk</sub>*** es la disimilaridad entre las estaciones ***j*** y ***K***, ***X<sub>ij</sub>*** la abundancia de la especie ***i*** en la estación ***j***, ***X<sub>ik</sub>*** la abundancia de la especie ***i*** en la estación ***k*** y ***S*** el número de especies que se comparan.

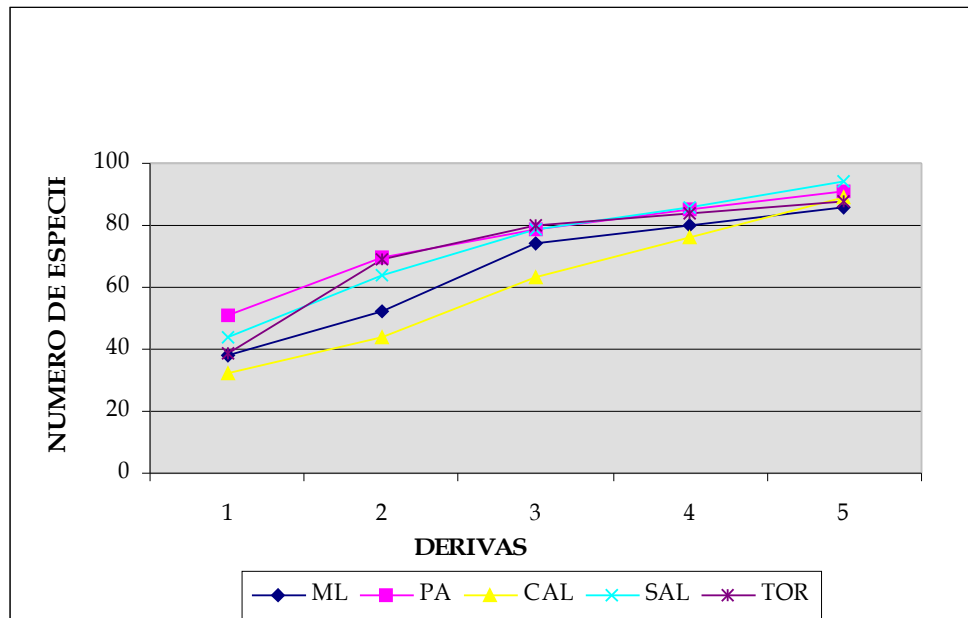
Posteriormente se aplicó una **prueba de X<sup>2</sup>** mediante la cual se estableció la distribución de los datos; en este estudio, los datos presentaron una distribución diferente a la normal; sin embargo, con el fin de aplicar una prueba paramétrica se realizó una transformación de los datos mediante la raíz cuadrada y el Log X, utilizando el programa estadístico Statistix, a pesar de ello. Los datos se siguieron distribuyendo de una manera diferente a la normal por lo que se empleó una **Prueba de Kruskal-Wallis**, mediante la cual se pretendió establecer si existían o no diferencias significativas entre las estaciones muestreadas basándonos en los datos obtenidos de abundancia de cada zona.

La interpretación de los resultados de los índices de diversidad (Shannon-Wiener y Simpson) y los de los índices de similaridad (Jaccard) y disimilaridad (Bray-Curtis) obtenidos en este estudio, se encuentra basada en las tablas respectivas de interpretación para cada uno publicada por Ramírez (1999b).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 TAMAÑO MUESTREAL

Mediante la graficación del número de especies acumuladas (Eje Y) contra el número de derivas (Eje X) se obtiene la nivelación de las curvas del número acumulado de especies por deriva para cada zona y se observa la tendencia a alcanzar una asíntota entre la cuarta y la quinta deriva (Figura 3) indicando que el tamaño muestral dá validez cuantitativa a los datos obtenidos. Otros autores (Solano *et al.* 1995, Williams 1982) han planteado en estudios bajo condiciones similares de los arrecifes, que el tamaño muestral es suficiente para registrar hasta el 90% de la comunidad íctica. Debido a inconvenientes logísticos y económicos, este estudio no pudo ampliarse a más de las cinco derivas, pero esta, fue considerada una muestra representativa de la comunidad íctica suficientemente robusta para efectuar el estudio.



**Figura 3. Curva de estandarización muestral por número acumulado de especies por zonas.** Los números del 1 al 5 corresponden al número de derivas por zonas Morrito Largo (ML), Punta Aguja (PA), Calichan (CAL) y El Torín (TOR).

## 7.2 RIQUEZA

### 7.2.1 Riqueza específica

Se encontraron 129 especies (Anexo 1) de las cuales 126 fueron plenamente identificadas y 3 no pudieron ser reconocidas hasta especie ya que el método de censo y registró desarrollado fue de carácter netamente visual, siendo denominadas como morfotipos.

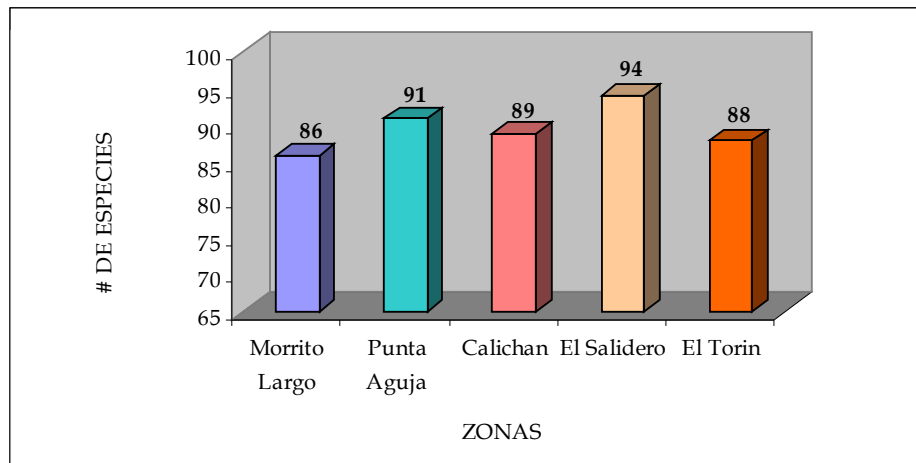
En la tabla 1 se registran el número de especies que fueron observadas para cada deriva realizada en las cinco zonas de muestreo y el número de especies totales, es decir la riqueza que presentó cada zona. La zona que mayor riqueza presentó fue El Salidero (94 especies, 73%), seguida por Punta Aguja (91, 70.5%), Calichan (89, 69%), El Torín (88, 68.2%) y finalmente con la menor riqueza Morrito Largo (86, 66.7%) (Figura 4).

**Tabla 1. Riqueza específica de las zonas.**

ZONA	DERIVA	NÚMERO DE ESPECIES ACUMULADAS	NÚMERO DE ESPECIES NUEVAS	NUMERO DE ESPECIES TOTALES	%
Morrito Largo	1	38	38	86	66.7
	2	46	14		
	3	63	22		
	4	56	6		
	5	57	6		
Punta Aguja	1	50	50	91	70.5
	2	56	19		
	3	58	9		
	4	57	6		
	5	53	6		
Calichan	1	32	32	89	69
	2	32	13		
	3	53	19		
	4	62	13		
	5	59	13		
El Salidero	1	44	44	94	73
	2	59	20		
	3	61	15		
	4	63	7		
	5	59	8		
El Torín	1	39	39	88	68.2
	2	61	30		
	3	51	11		
	4	60	4		
	5	59	4		

El porcentaje (%) representa la cantidad de especies encontradas por zona sobre el total de especies registradas en el área.

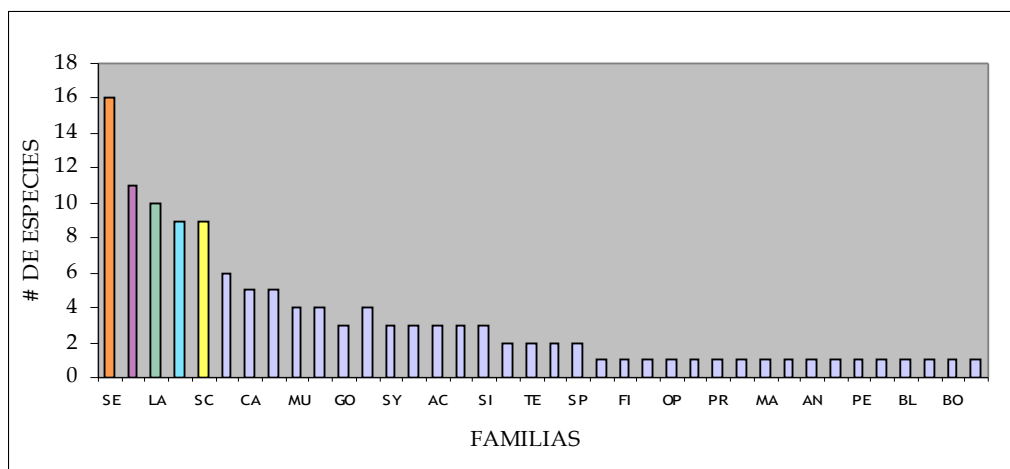




**Figura 4. Gráfica de riqueza por zonas.** Muestra la cantidad de especies presentes en cada zona de muestreo.

### 7.2.2 Riqueza por Familias

En la tabla 2 se presenta un listado con las 38 familias que fueron encontradas en las zonas especificando el número de géneros que presenta cada una, así como el número de especies correspondientes. La familia SERRANIDAE fue la que presentó mayor número de especies (16 especies, en 7 géneros), seguida por la familia HAEMULIDAE (11 especies en 2 géneros). En la figura 5, se representa cada una de las familias presentes y el número de especies encontradas.



**Figura 5. Riqueza de las familias del área.** Se presentan todas las familias presentes en el área, en donde las familias de mayor riqueza fueron respectivamente SERRANIDAE (SE), HAEMULIDAE (HA), LABRIDAE(LA), POMACENTRIDAE (PC) y SCARIDAE (SC) y son destacadas en colores diferentes.

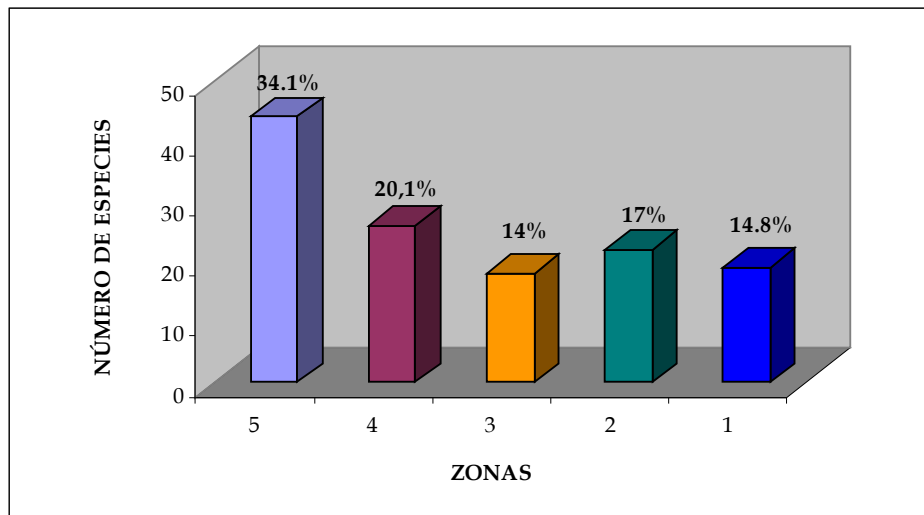
**Tabla 2. Riqueza por familias.**

<b>Familia</b>	<b># Géneros</b>	<b># Especies</b>
SERRANIDAE	7	16
HAEMULIDAE	2	11
LABRIDAE	5	10
POMACENTRIDAE	4	9
SCARIDAE	3	9
LUTJANIDAE	2	6
CHAETODONTIDAE	1	5
MONACANTHIDAE	2	4
POMACANTHIDAE	2	4
OSTRACIIDAE	2	4
MURAENIDAE	1	4
GOBIIDAE	3	3
HOLOCENTRIDAE	2	3
SYNODONTHIDAE	1	3
CARANGIDAE	1	3
SCIANIDAE	1	3
ACANTHURIDAE	1	3
MULLIDAE	2	2
TETRAODONTHIDAE	2	2
SPHYRAENIDAE	1	2
DIODONTHIDAE	1	2
OPHICHTHIDAE	1	1
ANTENNARIDAE	1	1
HEMIRAMPHIDAE	1	1
AULOSTOMIDAE	1	1
FISTULARIDAE	1	1
SCORPAENIDAE	1	1
OPHISTOGNATHIDAE	1	1
PRIACANTHIDAE	1	1
APOGONIDAE	1	1
MALACANTHIDAE	1	1
ECHENEIDIDAE	1	1
PHEMPERIDAE	1	1
CIRRITHIDAE	1	1
BLENNIDAE	1	1
BOTHIDAE	1	1
BALISTIDAE	1	1
MICRODESMIDAE	1	1
<b>Morfotipos</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>38</b>	<b>64</b>	<b>129</b>

En la última fila se presentan las sumatorias correspondientes por familias (38), géneros (64) y especies (129) en toda el área.

### 7.2.3 Distribución de especies en el área de estudio

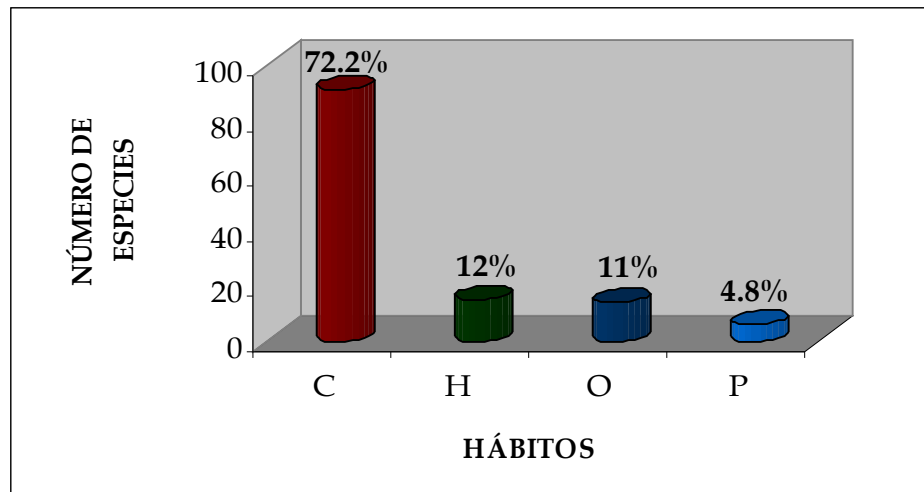
Las especies que fueron comunes en todas las zonas fueron un total de 44 (34.10%), las que fueron encontradas en 4 de las 5 zonas fueron 26 (20.15%). Las que se encontraron en 3 de las zonas fueron 18 (14%), las que compartían solamente dos zonas 22 (17.05%) y finalmente las especies que solamente se presentaron en una zona, las denominadas especies exclusivas fueron 19 (14.7%), de las cuales la mayoría se encontraban en Calichan (8, 42.1%) seguido por El Salidero (5, 26.3%), El Torín (3, 15.8%), Morrito Largo (2, 10.5%) y finalizando Punta Aguja (1, 5.3%) (Figura 6).



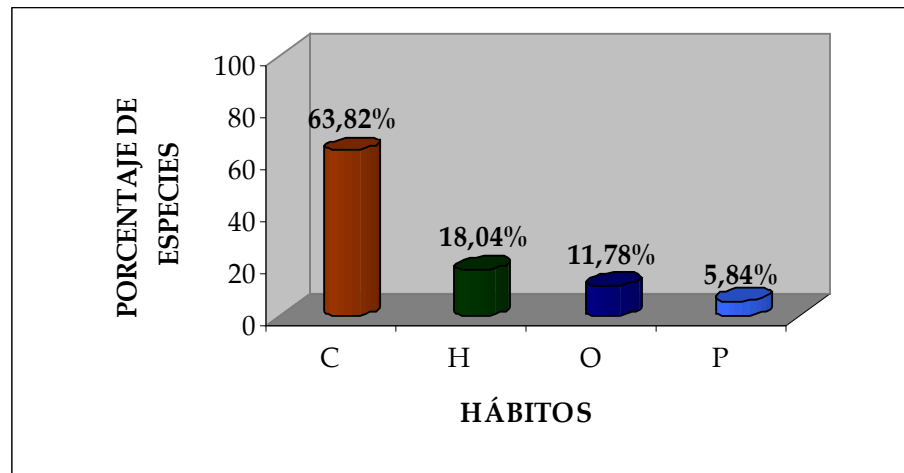
**Figura 6. Distribución de las especies en el área.** Se presenta la distribución de especies según la cantidad de zonas en que fueron registradas. Los números 1-5 (eje x) indican el número de zonas.

### 7.2.4 Estructura trófica

Los hábitos alimenticios dentro de la comunidad íctica registrada (según Mejía 1997, Torres 1993) fueron clasificados en cuatro grupos principales Carnívoros (C), Herbívoros (H), Omnívoros (O) y Planctívoros (P). Se muestra la amplia dominancia de especies con hábitos carnívoros (72.2%) sobre las demás (Figura 7). De la misma manera, mediante la abundancia de las especies se comprobó la gran dominancia de especies de hábitos carnívoros sobre los demás niveles tróficos, variando poco en los porcentajes que cada uno representa (figura 8).



**Figura 7. Estructura trófica.** Los hábitos alimenticios de las especies se clasificaron en cuatro niveles carnívoros (C), herbívoros (H), omnívoros (O) y planctívoros (P).



**Figura 8. Estructura trófica según abundancia.** Los hábitos alimenticios de las especies se clasificaron en cuatro niveles carnívoros (C), herbívoros (H), omnívoros (O) y planctívoros (P).

### 7.3 ABUNDANCIA

Con la finalidad de estandarizar y tener una mayor comprensión de los datos obtenidos, estos fueron convertidos en abundancia porcentual, ya que transformar las abundancias a porcentajes reduce el peso de las especies más abundantes (Ramírez 1999a).

### 7.3.1 Abundancia por zonas

Los valores (puntajes) estimados de abundancia total obtenidos para cada especie en las zonas de estudio, son mostrados en la tabla 3.

El valor máximo que una especie podía presentar por zona era de 30, resultado obtenido al multiplicar el valor máximo por deriva (6) por las cinco derivas efectuadas.

Las especies que presentaron los valores máximos de abundancia estimados (30) en Morrito Largo fueron ***Stegastes partitus***, ***Acanthurus bahianus***, ***Chromis cyanea***, ***Sparisoma aurofrenatum*** y ***Myripristis jacobus*** ocupando un porcentaje de 2.54% cada especie. La familia que presentó mayor abundancia en esta zona, fue POMACENTRIDAE (11.62%) seguida por la HAEMULIDAE (10.60%).

En Punta Aguja, las especies que presentaron valores de abundancia más altos (30, 2.27%) fueron ***Stegastes partitus***, ***Acanthurus bahianus***, ***Sparisoma aurofrenatum***, ***Myripristis jacobus***, ***Halichoeres garnoti***, ***Haemulon flavolineatum***, ***Chaetodon sedentarius*** y ***Abudefduf saxatilis***. Las familias más abundantes fueron POMACENTRIDAE (12.74%) y SERRANIDAE (9.78%).

En Calichan fueron ***Stegastes partitus***, ***Acanthurus bahianus***, ***Acanthurus coeruleus*** y ***Canthigaster rostrata*** (30, 2.62) y las familias fueron POMACENTRIDAE (12.50%), seguido por SERRANIDAE (11.80%).

En El Salidero, las especies más abundantes fueron ***Stegastes partitus***, ***Acanthurus bahianus***, ***Sparisoma aurofrenatum***, ***Myripristis jacobus***, ***Bodianus rufus***, ***Canthigaster rostrata***, ***Haemulon chrysargyreum***, ***Mulloidichthys martinicus*** y ***Abudefduf saxatilis*** (30, 2.22%). En esta zona las familias POMACENTRIDAE y HAEMULIDAE obtuvieron un porcentaje de 10.87%.

En El Torín las especies más abundantes fueron ***Stegastes partitus*** y ***Chromis cyanea*** (2.49%). De igual modo que en las zonas anteriores POMACENTRIDAE fue la más abundante (13.97%) seguido por HAEMULIDAE (11.14%).

**Tabla 3. Abundancia por zonas y en el área**

No Sp	ESPECIE	NT	ML	PA	CAL	SAL	TOR	PUNTAJE	ABUN. %
80	<i>Stegastes partitus</i>	O	30	30	30	30	30	150	2,42
107	<i>Acanthurus bahianus</i>	H	30	30	30	30	29	149	2,40
76	<i>Chromis cyanea</i>	H	30	29	29	30	30	148	2,39
98	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	H	30	30	23	30	28	141	2,28
13	<i>Myripristis jacobus</i>	P	30	30	26	30	21	137	2,21
86	<i>Halichoeres garnoti</i>	C	23	30	27	28	29	137	2,21
62	<i>Pseudupeneus maculatus</i>	C	22	29	29	28	28	136	2,19
51	<i>Haemulon flavolineatum</i>	C	28	30	26	24	27	135	2,18
84	<i>Bodianus rufus</i>	C	28	27	26	30	24	135	2,18
123	<i>Canthigaster rostrata</i>	C	19	25	30	30	26	130	2,10
101	<i>Sparisoma viride</i>	H	27	25	28	26	23	129	2,08
67	<i>Chaetodon sedentarius</i>	C	29	30	23	21	23	126	2,03
92	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	C	22	30	17	29	29	126	2,03
61	<i>Mulloidichthys martinicus</i>	C	22	24	22	30	27	125	2,02
32	<i>Serranus tigrinus</i>	C	23	28	26	22	23	122	1,97
77	<i>Chromis multilineata</i>	P	29	19	28	26	20	122	1,97
14	<i>Aulostomus maculatus</i>	C	27	24	28	26	12	117	1,89
109	<i>Acanthurus coeruleus</i>	H	18	26	30	29	14	117	1,89
74	<i>Abudefduf saxatilis</i>	O	2	30	27	30	25	114	1,84
95	<i>Scarus iserti</i>	H	29	25	16	28	14	112	1,81
122	<i>Lactophrys triqueter</i>	C	24	22	23	24	19	112	1,81
17	<i>Cephalopholis cruentata</i>	C	17	29	21	24	16	107	1,73
65	<i>Chaetodon capistratus</i>	C	25	24	16	23	15	103	1,66
50	<i>Haemulon chrysargyreum</i>	C	24	20	4	30	24	102	1,65
70	<i>Holocanthus tricolor</i>	C	16	23	19	23	21	102	1,65
72	<i>Pomacanthus paru</i>	O	22	26	14	20	17	99	1,60
55	<i>Haemulon plumieri</i>	C	20	18	10	25	22	95	1,53
6	<i>Synodus intermedius</i>	C	11	24	22	14	15	86	1,39
46	<i>Ocyurus chrysurus</i>	C	17	19	9	19	19	83	1,34
11	<i>Holocentrus adscensionis</i>	C	21	25	0	20	15	81	1,31
71	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	O	23	13	12	23	10	81	1,31
85	<i>Clepticus parra</i>	C	28	19	18	9	7	81	1,31
125	<i>Diodon holocanthus</i>	C	18	10	21	21	8	78	1,26
66	<i>Chaetodon ocellatus</i>	C	21	22	9	21	4	77	1,24
78	<i>Microspathodon chrysurus</i>	H	11	14	3	19	28	75	1,21
31	<i>Serranus tabacarius</i>	C	0	1	18	23	25	67	1,08
73	<i>Amblycirrhitus pinus</i>	P	11	16	6	20	13	66	1,07
121	<i>Lactophrys polygonius</i>	C	17	19	4	18	8	66	1,07
82	<i>Stegastes variabilis</i>	O	18	17	13	0	17	65	1,05
64	<i>Chaetodon aculeatus</i>	C	23	23	10	0	8	64	1,03
69	<i>Holocanthus ciliaris</i>	C	17	21	4	17	5	64	1,03
96	<i>Scarus taeniopterus</i>	H	11	16	11	10	13	61	0,98
68	<i>Chaetodon striatus</i>	C	6	22	0	12	19	59	0,95

12	<i>Holocentrus rufus</i>	C	11	21	0	18	6	56	0,90
45	<i>Lutjanus synagris</i>	C	0	0	3	23	28	54	0,87
87	<i>Halichoeres maculipinna</i>	C	0	0	20	11	23	54	0,87
100	<i>Sparisoma rubripinne</i>	H	0	4	15	19	11	49	0,79
108	<i>Acanthurus chirurgus</i>	H	3	9	18	2	16	48	0,77
24	<i>Hypoplectrus unicolor</i>	C	15	13	19	0	0	47	0,76
19	<i>Epinephelus guttatus</i>	C	7	10	8	14	6	45	0,73
23	<i>Hypoplectrus puella</i>	C	6	17	19	0	3	45	0,73
48	<i>Haemulon aurolineatum</i>	C	5	5	0	14	19	43	0,69
56	<i>Haemulon sciurus</i>	C	8	6	0	17	10	41	0,66
79	<i>Stegastes diencaeus</i>	O	11	6	9	1	14	41	0,66
117	<i>Cantherhines pullus</i>	O	3	11	0	8	18	40	0,65
44	<i>Lutjanus mahogoni</i>	C	7	5	5	14	6	37	0,60
60	<i>Equetus punctatus</i>	C	11	8	4	13	0	36	0,58
115	<i>Aluterus scriptus</i>	O	14	10	7	4	0	35	0,56
93	<i>Cryptotomus roseus</i>	H	0	12	6	12	4	34	0,55
3	<i>Gymnothorax moringa</i>	C	7	4	11	6	4	32	0,52
81	<i>Stegastes planifrons</i>	O	6	11	0	11	4	32	0,52
116	<i>Cantherhines macroceros</i>	C	15	7	0	0	9	31	0,50
33	<i>Opistognathus aurifrons</i>	C	0	6	6	15	3	30	0,48
47	<i>Anisotremus virginicus</i>	C	12	9	0	0	9	30	0,48
7	<i>Synodus saurus</i>	C	6	14	6	3	0	29	0,47
103	<i>Coryphopterus personatus</i>	O	2	5	12	6	4	29	0,47
34	<i>Priacanthus arenatus</i>	C	2	2	0	1	23	28	0,45
124	<i>Sphoeroides spengleri</i>	C	0	3	12	9	4	28	0,45
37	<i>Echeneis naucrates</i>	C	3	7	6	5	4	25	0,40
52	<i>Haemulon macrostoma</i>	C	0	0	0	13	11	24	0,39
54	<i>Haemulon parra</i>	C	14	3	0	6	1	24	0,39
53	<i>Haemulon melanurum</i>	C	0	0	0	12	11	23	0,37
16	<i>Scorpaena plumieri</i>	C	0	0	19	3	0	22	0,36
58	<i>Equetus acuminatus</i>	C	0	1	6	15	0	22	0,36
97	<i>Scarus vetula</i>	H	6	4	9	1	2	22	0,36
127	Morfotipo 1		0	5	0	2	15	22	0,36
18	<i>Cephalopholis fulva</i>	C	8	6	4	0	3	21	0,34
59	<i>Equetus lanceolatus</i>	C	0	10	5	0	6	21	0,34
99	<i>Sparisoma chrysopterygum</i>	H	4	0	12	5	0	21	0,34
29	<i>Paranthias furcifer</i>	P	10	10	0	0	0	20	0,32
104	<i>Gobiosoma illecebrosus</i>	C	0	4	6	0	10	20	0,32
105	<i>Nes longus</i>	O	0	0	6	14	0	20	0,32
83	<i>Bodianus pulchellus</i>	C	8	6	5	0	0	19	0,31
110	<i>Sphyræna barracuda</i>	C	0	1	0	0	18	19	0,31
42	<i>Lutjanus apodus</i>	C	8	0	2	4	4	18	0,29
15	<i>Fistularia tabacaria</i>	C	3	5	9	0	0	17	0,27
57	<i>Haemulon striatum</i>	C	13	0	0	4	0	17	0,27
120	<i>Lactophrys bicaudalis</i>	C	0	0	9	8	0	17	0,27
126	<i>Diodon hystrix</i>	C	0	6	7	1	3	17	0,27
38	<i>Caranx crysos</i>	C	5	6	0	5	0	16	0,26
75	<i>Abudefduf taurus</i>	O	0	12	4	0	0	16	0,26

43	<i>Lutjanus jocu</i>	C	3	0	0	4	8	15	0,24
27	<i>Mycteroperca phenax</i>	C	1	3	4	5	0	13	0,21
28	<i>Mycteroperca venenosa</i>	C	5	3	0	0	5	13	0,21
90	<i>Halichoeres radiatus</i>	C	0	0	6	1	6	13	0,21
102	<i>Ophioblennius atlanticus</i>	C	0	3	0	0	10	13	0,21
25	<i>Mycteroperca bonaci</i>	C	3	4	5	0	0	12	0,19
89	<i>Halichoeres poeyi</i>	C	0	2	7	3	0	12	0,19
30	<i>Rypticus saponaceus</i>	C	0	0	7	0	4	11	0,18
36	<i>Malacanthus plumieri</i>	C	0	7	0	0	4	11	0,18
106	<i>Ptereleotris helenae</i>	P	0	0	5	1	5	11	0,18
2	<i>Gymnothorax miliaris</i>	C	2	0	2	6	0	10	0,16
9	<i>Antenarius multiocellatus</i>	C	0	0	0	10	0	10	0,16
26	<i>Mycteroperca interstitialis</i>	C	5	5	0	0	0	10	0,16
40	<i>Caranx ruber</i>	C	0	0	0	3	6	9	0,15
88	<i>Halichoeres pictus</i>	C	0	0	5	4	0	9	0,15
94	<i>Scarus coeruleus</i>	H	6	3	0	0	0	9	0,15
111	<i>Sphyræna picudilla</i>	C	6	0	3	0	0	9	0,15
91	<i>Lachnolaimus maximus</i>	C	4	0	0	4	0	8	0,13
4	<i>Gymnothorax vicinus</i>	C	6	0	0	1	0	7	0,11
118	<i>Monacanthus tuckeri</i>	C	1	0	0	0	6	7	0,11
119	<i>Acanthostracion quadricornis</i>	C	0	5	0	2	0	7	0,11
5	<i>Myrichthys breviceps</i>	O	0	6	0	0	0	6	0,10
63	<i>Pempheris schomburgkii</i>	P	0	0	4	0	2	6	0,10
8	<i>Synodus synodus</i>	C	0	0	5	0	0	5	0,08
128	Morfotipo 2		0	0	0	5	0	5	0,08
129	Morfotipo 3		0	0	5	0	0	5	0,08
39	<i>Caranx hippos</i>	C	0	0	0	0	4	4	0,06
41	<i>Lutjanus analis</i>	C	0	0	0	4	0	4	0,06
10	<i>Hemiramphus brasiliensis</i>	C	3	0	0	0	0	3	0,05
22	<i>Hypoplectrus nigricans</i>	C	0	0	3	0	0	3	0,05
49	<i>Haemulon carbonarium</i>	C	1	0	0	2	0	3	0,05
112	<i>Bothus lunatus</i>	C	0	0	0	3	0	3	0,05
113	<i>Balistes vetula</i>	C	0	0	0	3	0	3	0,05
114	<i>Aluterus schoepfi</i>	H	0	0	3	0	0	3	0,05
1	<i>Gymnothorax funebris</i>	C	0	0	0	0	2	2	0,03
35	<i>Apogon townsendi</i>	O	0	0	2	0	0	2	0,03
20	<i>Epinephelus striatum</i>	C	1	0	0	0	0	1	0,02
21	<i>Hypoplectrus guttavarius</i>	C	0	0	1	0	0	1	0,02

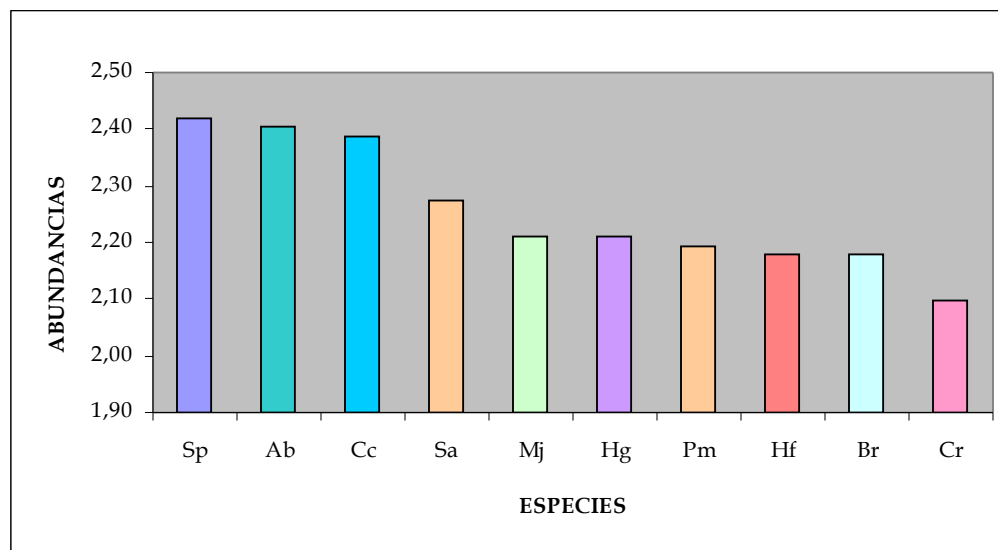
Se presenta el número de cada especie (N°), el nivel trófico al que pertenece como carnívoros(C), herbívoros(H), plactívoros(P) y omnívoros(O) en las zonas de muestreo Morrito Largo(ML), Punta Aguja(PA), Calichan(CAL), El Salidero(SAL) y El Torín (TOR), según el orden de importancia de las abundancias porcentuales (ABUN. %)

### 7.3.2 Abundancia del área

El valor máximo que una especie podía presentar en el área de estudio era de 150 de abundancia, ya que el valor máximo obtenido por zona era 30 y al multiplicarlo

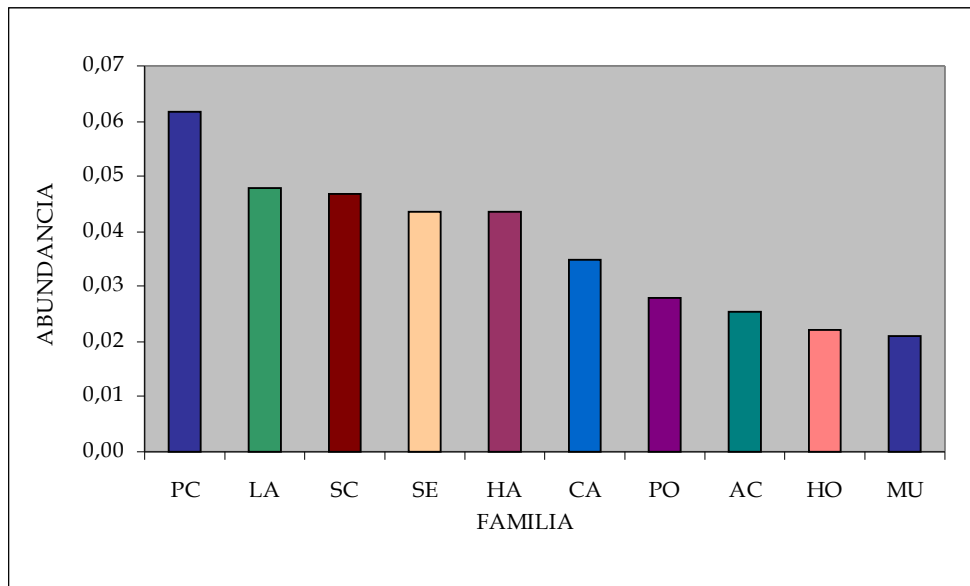


por las cinco zonas de estudio se obtenía un puntaje de 150. La única especie que presento el valor máximo fue ***Stegastes partitus*** (150, 2.42%), seguidamente se encuentran ***Acanthurus bahianus*** (149, 2.40%), ***Chromis cyanea*** (148, 2.39%), ***Sparisoma aurofrenatum*** (141, 2.28% ), y ***Myripristis jacobus*** y ***Halichoeres garnoti*** (137, 2.21%) (Tabla 3). Las especies que presentaron los valores más altos de abundancia se grafican en la figura 9.



**Figura 9. Especies más abundantes del área.** Se muestran las diez especies más abundantes en el área ***Stegastes partitus*** (Sp), ***Acanthurus bahianus*** (Ab), ***Chromis cyanea*** (Cc), ***Sparisoma Aurofrenatum*** (Sa), ***Myripristis jacobus*** (Mj), ***Halichoeres garnoti***(Hg), ***Pseudopeneus maculatus***(Pm), ***Haemulon flavolineatum*** (Ha), ***Bodianus rufus*** (Br) y ***Canthigaster rostrata*** (Cr).

En general, las familias que presentaron mayores puntajes de abundancia en el área se presentan en la figura 10 y tabla 4 en la siendo POMACENTRIDAE la de mayor porcentaje (12.35%) seguida por LABRIDAE (9.62%), SCARIDAE (9.36%) SERRANIDAE (9.36%) y HAEMULIDAE (8.69%) respectivamente.



**Figura 10. Familias más abundantes del área.** Fueron respectivamente POMACENTRIDAE (PC), LABRIDAE (LA), SCARIDAE(SC), SERRANIDAE (SE), HAEMULIDAE (HA), CHAETODONTIDAE (CA), POMACANTHIDAE (PA), ACANTHURIDAE(AC), HOLOCENTRIDAE(HO) y MULLIDAE(MU).

### 7.3.3 Rangos de las especies según su abundancia

Para organizar a las especies que se presentaron por rangos de abundancia se creó una escala artificial según la cual las especies se clasificaron de acuerdo a su porcentaje de abundancia relativa como:

**Raras** si su valor de abundancia relativa se presentaba de **0 a 0.50%**.

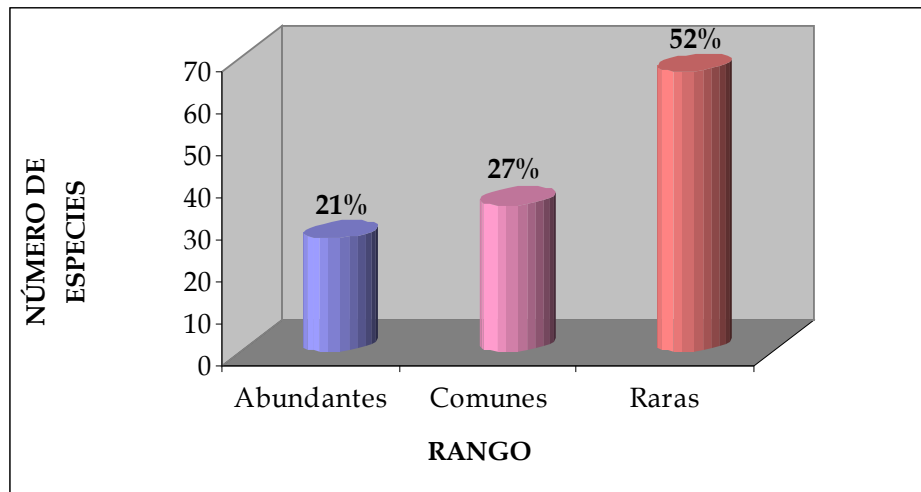
**Comunes** si su valor de abundancia variaba de **0.51% a 1.50%**.

**Abundantes** si su valor de abundancia era **mayor de 1.50%**.

Esta escala fue creada con el fin de graficar la composición según la abundancia relativa de las especies en el área mostrada en la figura 11.

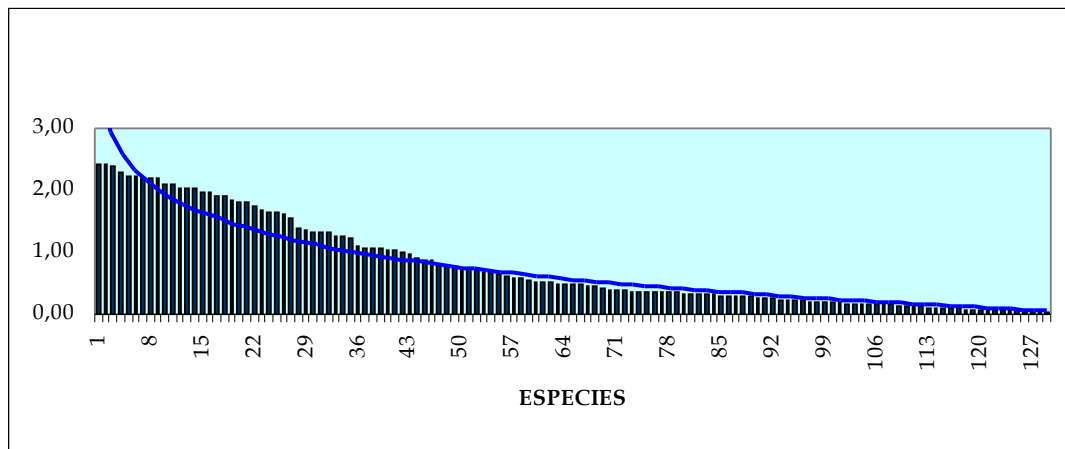
**Tabla 4. Abundancia por familias en el área.**

<i>Familias</i>	<i>Abundancia (Puntaje)</i>	<i>Abundancia Porcentual (%)</i>
POMACENTRIDAE	0.06	12.35
LABRIDAE	0.05	9.62
SCARIDAE	0.05	9.36
SERRANIDAE	0.04	8.71
HAEMULIDAE	0.04	8.69
CHAETODONTIDAE	0.03	6.95
POMACANTHIDAE	0.03	5.60
ACANTHURIDAE	0.03	5.08
HOLOCENTRIDAE	0.02	4.44
MULLIDAE	0.02	4.23
LUTJANIDAE	0.02	3.42
OSTRACIIDAE	0.02	3.27
TETRAODONTIDAE	0.01	2.56
SYNODONTIDAE	0.01	1.94
AULOSTOMIDAE	0.01	1.89
MONACANTHIDAE	0.01	1.88
DIODONTIDAE	0.01	1.54
GOBIIDAE	0.01	1.30
SCIANIDAE	0.01	1.28
CIRRITHIDAE	0.01	1.07
MURAENIDAE	0.00	0.83
OPHISTOGNATIDAE	0.00	0.49
PRIACANTHIDAE	0.00	0.47
CARANGIDAE	0.00	0.45
SPHYRAENIDAE	0.00	0.45
ECHENEIDIDAE	0.00	0.40
SCORPAENIDAE	0.00	0.36
FISTULARIDAE	0.00	0.28
BLENIIDAE	0.00	0.21
MALACANTHIDAE	0.00	0.18
MICRODESMIDAE	0.00	0.18
ANTENNARIIDAE	0.00	0.16
OPHICHTIDAE	0.00	0.10
PEMPHERIDAE	0.00	0.10
HEMIRAMPHIDAE	0.00	0.05
APOGONIDAE	0.00	0.05
BOTHIDAE	0.00	0.05
BALISTIDAE	0.00	0.03



**Figura 11. Clasificación de especies según su abundancia relativa**

En general, la abundancia de toda la comunidad íctica es mostrada en la figura 12 en donde es visible, una gran cantidad de especies raras y una pocas dominantes.



**Figura 12. Comportamiento general de la comunidad según su abundancia.**

#### 7.4 DIVERSIDAD

Los valores de diversidad que son registrados en la tabla 5, fueron obtenidos a partir de la aplicación de los índices de Simpson (Dominancia) y Shannon-Weiner (Equidad).

**Tabla 5. Índices de Diversidad.**

<b>Zonas</b>	<b>Abundancia Porcentual (%)</b>	<b>ID Simpson (Inverso)</b>	<b>ID Shannon-Wiener</b>
<b>ML</b>	19.03	0.9830	4.2034
<b>PA</b>	21.28	0.9841	4.2698
<b>CAL</b>	18.46	0.9833	4.2434
<b>SAL</b>	21.82	0.9843	4.2741
<b>TOR</b>	19.41	0.9839	4.2581

Se muestran los resultados obtenidos de los índices de diversidad (ID) para cada área Morrito Largo (ML), Punta Aguja (PA), Calichan (CAL), El Salidero (SAL) y El Torín (TOR).

#### **7.4.1 Índice de Shannon-Wiener**

Los valores de diversidad de Shannon-Wiener para el presente estudio (Tabla 5) varían entre 4.20 (Morrito Largo) y 4.26 (Punta Aguja), los cuales según la tabla utilizada para la interpretación (Ramírez 1999) poseen una **Muy alta diversidad  $\alpha$** .

#### **7.4.2 Índice de Simpson**

Los valores de diversidad obtenidos a partir del índice de Simpson (Tabla 5) oscilaron entre 0.9830 (Morrito Largo) a 0.9843 (El Salidero) que es interpretado por una tabla homóloga presentada por el mismo autor, que indica que las estaciones que presentan un índice entre un valor de 0.9 a 1 (que es el caso de todas las estaciones muestreadas) poseen una **Muy alta diversidad o/y muy baja dominancia**.

### **7.5 COMPARACIÓN ENTRE ZONAS DE MUESTREO**

#### **7.5.1 Índice de similaridad de Jaccard**

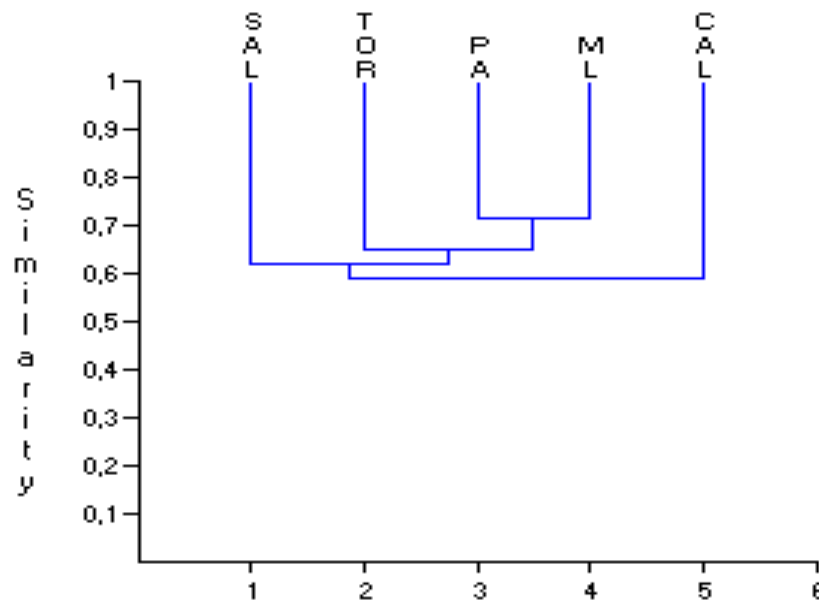
Este índice, permitió establecer la similitud entre estaciones presentando puntajes de 0.53 a 0.73, interpretado según en el cual los valores cercanos a cero son los que presentan muy baja semejanza incrementándose los valores hasta uno en el cual la totalidad de la comunidad íctica sería totalmente igual para las zonas (Tabla

6) (Ramírez 1999b) . Este índice revela una alta similitud entre especies en la mayoría de las zonas comparadas. El valor mas alto lo presento la comparación entre **Morrito Largo y Punta aguja (0.73)** y el menor valor fue para **Morrito Largo y Calichan (0.53)** el cual es interpretado como una semejanza media. Este resultado se grafica mediante un dendrograma en la figura 13.

**Tabla 6. Matriz de Similitud y Disimilitud entre zonas de estudio.**

	ML	PA	CAL	SAL	TOR
ML	*	0.193	0.318	0.272	0.325
PA	0.73	*	0.275	0.245	0.265
CAL	0.53	0.60	*	0.306	0.317
SAL	0.61	0.62	0.59	*	0.257
TOR	0.60	0.69	0.35	0.42	*

Los valores de color azul representan la similitud (Jaccard) entre las zonas y los de color verde la disimilitud (Bray-Curtis).



**Figura 13. Dendrograma de similitud entre comunidades de Jaccard.** Gráfica la similitud entre las zonas Morrito Largo(ML), Punta Aguja(PA), Calichan (CAL), El Salidero (SAL) y El Torín (TOR).

### 7.5.2 Índice de Disimilitud de Bray-Curtis

Este índice utiliza las abundancias de las especies presentes en cada zona para la comparación (Tabla 6). Confirmando el valor obtenido con el índice de Jaccard, las zonas **menos disímiles** entre si fueron **Morrito Largo y Punta Aguja (0.193)**, mientras que las de **mayor grado de disimilitud fueron Morrito Largo y Calichan (0.318)** siendo interpretado como los valores mas cercanos a cero las zonas menos disímiles (mas semejantes) y los mas cercanos a 1 los mas disímiles (menos semejantes). Este índice se basó en la abundancia relativa que cada especie presentó en cada zona dentro del área.

### 7.5.3 Prueba de $X^2$ y Kruskal-Wallis

Inicialmente se aplicó una prueba de  $X^2$ , esta prueba presentó un valor para **p = 0.758** con 4 grados de libertad y un valor de significancia de **alfa 0.050** mediante la cual se encontró que los datos obtenidos no obedecían a una distribución normal. Debido a esto, y ya que la transformación de los datos a raíz cuadrada y logaritmo en base 2 y 10 no cambió el resultado de la distribución, fue necesario aplicar una prueba no paramétrica para establecer si existían o no diferencias significativas entre las zonas en términos de sus abundancias relativas.

La prueba utilizada, fue la Prueba de Kruskal-Wallis, el resultado obtenido fue un valor critico donde **H = 9.488** (df=4) el que demostró que las diferencias en términos de **abundancia, riqueza y diversidad** entre las zonas no es significativa, por lo cual fue aceptada la hipótesis nula, es decir, la hipótesis planteada que esperaba que se presentaran diferencias entre las cinco zonas de estudio, en cuanto a la estructura de sus comunidades ícticas fue descartada. La obtención de este resultado fue posible mediante la utilización del programa de estadística XLSTAT versión 5.1.

## 8. DISCUSIÓN

Varios estudios en el Caribe colombiano han presentado un número similar de especies al reportado por este estudio, entre estos encontramos el estudio realizado por Torres en 1993 quien utiliza la misma técnica de muestreo, registrando 84 especies en Islas del Rosario, 83 en Banco Tortuga, 89 en Islas de San Bernardo, 87 en Banco Bushnell, y 89 en el Golfo de Urabá. En 1995 Solano *et al.*, presentan un inventario en donde registran un total de 93 especies en 52 géneros y 30 familias en Isla Barú, estos autores aseguran evidenciar la gran riqueza íctica de la zona por el número de especies presentes, teniendo en cuenta el tamaño reducido del área estudiada, lo que permitiría aseverar que la riqueza íctica de las zonas en estudio presentadas por este trabajo, muestra también una alta riqueza de especies en cuanto a las comunidades ícticas presentes en el área. En el Caribe en general, son varios los trabajos que demuestran una alta riqueza íctica en las zonas arrecifales (Mejía 1997, Solano *et al.* 1995, Torres 1993, Jones & Thompson, 1978).

Según los resultados obtenidos, se puede asegurar existe una gran riqueza íctica en el área; esta riqueza puede estar explicada por la amplia disposición de nichos (Garzón 1999, Kolasa 1989, Jones & Thompson 1978) de los parches como lo explica la hipótesis de diversidad de nichos, que aunque no poseen un gran tamaño si presentan un ambiente muy heterogéneo ya que el sustrato del área se encuentra dotado de colonias de corales tanto masivos como ramificados y de variaciones físicas (Hobson 19\_) como la intensidad del oleaje, la ubicación de barlovento o sotavento, la inclinación, la disponibilidad de estructuras huecas en algunos casos que sirven de refugio a algunas especies (Williams 1991), a la relativa estabilidad ambiental del área que aunque presenta un evidente deterioro a causa de la pesca indiscriminada y la visita regular de buzos se encuentra aparentemente en buen estado (Acero y Rivera 1992).

La menor riqueza del área fue presentada por Morrito Largo debida posiblemente a que esta zona es de las cinco estudiadas la que presenta mayor verticalidad ya que está conformada por paredes casi verticales y además es la zona que presenta mayor intensidad en los patrones locales de corrientes por estar más expuesto hacia mar abierto que las demás siendo fuertemente influenciado también, por la



intensidad del oleaje lo que limita el tipo de especies tanto coralinas como ícticas que puedan soportar estas condiciones.

Las zonas de mayor riqueza fueron El Salidero y Punta Aguja respectivamente; estas zonas se encuentran en la punta sur y norte de Isla Aguja y presentan la mayor cantidad de especies coralinas de las zonas, que aunque tiene partes que son fuertemente influenciadas por las corrientes tiene zonas también de relativa calma y el relieve del bentos es más irregular que en las demás zonas (Solano *et al.* 1990) permitiendo la estabilización de especies con características diferentes, esto podría explicarse mediante la teoría de disponibilidad de recursos en donde se tienen en cuenta factores como el espacio, el refugio y el alimento potencialmente utilizables por estas comunidades. Se piensa que la riqueza puede verse directamente relacionada en la región con la posibilidad que tienen las especies de la utilización de recursos y al solapamiento de nichos (Tymothy & Johnson 1998, Solano *et al.* 1990, Sale 1977 en: Anderson *et al.* 1981) donde a pesar de que existan especies con los mismos requerimientos de alimento o refugio, estas pueden coexistir.

Otros autores (Sale & Douglas 1984, Williams 1982, Sale & Dybdahl 1975) aseguran que la riqueza de las zonas es debida al reclutamiento de larvas, pero para hacer una afirmación contundente en este aspecto seria necesario evaluar las tasa de reclutamiento de las especies en los parches.

Las interacciones tróficas, pueden influir fuertemente en la estructura de las comunidades arrecifales (Sale & Steel 1989, Hobson 19\_), la clasificación de las especies en niveles tróficos permitió establecer la organización trófica de los peces presentes en el área. En la figura 7 se ve que la gran cantidad de especies son carnívoras (72.2%) siendo seguidas por las especies herbívoras (12%), omnívoras (11%) y finalmente las planctívoras (4.8%), esto significaría que la pirámide de biomasa normal presente en las comunidades biológicas no se estaría cumpliendo, pero lo que realmente ocurre es que no todos los componentes del ecosistema se están teniendo en cuenta por lo tanto no puede generarse una verdadera pirámide de biomasa (Goldman & Talbot 1976). En los arrecifes coralinos normalmente se presenta este resultado en el que las especies carnívoras son dominantes con un amplio porcentaje sobre los demás niveles tróficos (Ebeling & Hixon 1991, Goldman

& Talbot 1976). Margalef (1980) afirma que en un arrecife de coral entre el 60 y el 94% de las especies son carnívoras, entre el 0 y el 23% herbívoras y entre el 6 y el 32% omnívoras y que este resultado es producto de la diversificación de los predadores, la que hace referencia a la especialización de algunos grupos de peces (como los lábridos) como un mecanismo que está aparentemente evitando o minimizando la competencia por alimento como recurso limitante (Ebeling & Hixon 1991, Kolasa 1989, Luckhurst & Luckhurst 1978, Goldman & Talbot 1976). Podría pensarse que en la comunidad existe una repartición de recursos debido principalmente a la sobreposición de los hábitos alimenticios, en el caso de los carnívoros, podría consistir en la repartición de las presas por tamaño (Williams 1991, Anderson *et al.* 1981) o estar relacionada con los diferentes intervalos de tiempo en la actividad de forrajeo de algunas familias (Colton y Alevizon 1981 en: Solano *et al.* 1990, Ebeling & Hixon 1991, Williams 1991, Luckhurst & Luckhurst 1978) como ocurre con los peces de la familia HOLOCENTRIDAE que se observaban en los muestreos de la mañana dentro de refugios y los muestreos realizados en la tarde por fuera de estos aumentando su grado de actividad.

Aunque las especies carnívoras no se presentan dentro de las cinco especies más importantes por abundancia, sí constituyen buena parte de las especies dominantes de la zona (*Halichoeres garnoti*, *Pseudupeneus maculatus*, *Haemulon flavolineatum*, *Bodianus rufus* y *Canthigaster rostrata*) además, la figura 8 que demuestra la clasificación trófica de las especies según abundancia, mantiene porcentajes muy similares a los presentados en términos de riqueza. Es necesario resaltar que tres de las especies que se presentaron como las más abundantes son herbívoras (*Stegastes partitus*, *Acanthurus bahianus* y *Sparisoma aurofrenatum*) esto puede explicarse porque estas especies están concentradas en zonas poco profundas determinadas por la activación fotosintética, y su abundancia declina rápidamente con la profundidad (Steneck 1988, Bouchon-Navarro & Harmelin-Viven 1981 en: Choat 1991) y el muestreo realizado se encuentra en el rango óptimo de distribución de las especies de este nivel trófico. Probablemente una característica que es determinante en este aspecto es la disposición alimenticia que se ofrece en estos arrecifes para las poblaciones de peces herbívoros (McClanahan *et al.* 2001) ya que en las zonas de estudio se presentó una cobertura

considerable de algas. Algunos autores (Ebeling & Hixon 1991) destacan a las especies herbívoras como las principales forrajeadoras en términos de diversidad y biomasa. Aunque las especies planctívoras no se encuentran en un alto porcentaje (4.8%) también están representadas por valores importantes de abundancia por dos especies (***Chromis cyanea*** y ***Myripristis jacobus***) que se encuentran de la misma manera ampliamente distribuidas en el área.

Mediante la diversidad observada en las comunidades evaluadas y su alto grado de madurez puede pensarse que el sistema es estable explicado por la ganancia de homeostasis debida al aumento de las interacciones tróficas (Franco ***et al.*** 1989).

Las diez especies que representan los valores mas altos de abundancia porcentual han sido también referenciadas en otros estudios del Caribe como las más abundantes (Solano ***et al.*** 1995, Torres 1993), y presentan todos los niveles tróficos indicando la utilización variada de recursos que brinda el ecosistema arrecifal a las especies de peces presentes. Las abundancias porcentuales más altas obtenidas por familia muestran una consistencia con las que han sido reportadas como las más abundantes en varias localidades del Caribe (Solano ***et al.*** 1995, Galzin ***et al.*** 1994, Torres 1993, Jones & Thompson 1978). POMACENTRIDAE, seguida por LABRIDAE, SCARIDAE, SERRANIDAE y HAEMULIDAE. Teniendo en cuenta que estas mismas familias también constituyen las más importantes por riqueza, se puede decir que definitivamente son relevantes dentro del arrecife y la modificación de estas pueden transformar la estructura establecida para la comunidad íctica del área; estas familias se destacan por la multitud de nichos que ocupan en el complejo arrecifal (Ebeling & Hixon 1991). Como ejemplo de esto, se encuentra la familia POMACENTRIDAE, ya que durante el estudio se observó que las especies de esta familia ocupaban diversos nichos ecológicos, los peces de los géneros ***Stegastes***, ***Microspathodon*** y ***Abudefduf*** (***S. partitus***, ***S. diencaeus***, ***S. planifrons***, ***S. variabilis***, ***M. chrysurus***, ***A. saxatilis*** y ***A. taurus***) son omnívoros y territorialistas, esto implica una fuerte competencia intra e interespecifica por espacio, usualmente se encontraban muy cercanos a las estructuras físicas del arrecife y presentaban comportamiento agresivo y solitario (en la mayoría de los casos); mientras que las especies del género ***Chromis*** (***C. cyanea*** y ***C.***

*multilineata*) principalmente planctívoras, se encontraron usualmente en la columna de agua en agrupaciones de varios individuos. La baja abundancia de las especies mostrada en las tablas 3 y 4 y en las figuras 9 y 10, demuestra una baja dominancia de estas en la comunidad, siendo la máxima abundancia relativa obtenida por especie de 2.42% (*Stegastes partitus*) y por familia 12.35% (POMACENTRIDAE). Existe un reporte cualitativo donde se presenta a *Chromis multilineata*, como una especie dominante para la región de Santa Marta sobre *C. cyanea* (Acero & Garzón 1989); este estudio presentó el resultado contrario ya que esta *C. multilineata* a pesar de ser una especie alta en abundancia no se encuentra entre las diez de mayor abundancia, mientras que *C. cyanea* ocupa el tercer lugar de abundancia en el área.

Los valores de diversidad resultantes de la aplicación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (4.2) y Simpson (0.98) junto con las figuras 11 y 12, permiten establecer que en general las comunidades ícticas estudiadas presentan una **Muy alta diversidad** reflejada en la existencia de **muchas especies raras** (índice de Shannon-Wiener) y de **pocas especies dominantes** (índice de Simpson). El resultado de los índices demuestra la consistencia de la escala de clasificación de especies mostrada en la figura 10, donde es evidente la predominancia de las especies raras (52%) presentes en el área sobre las especies comunes (27%) y las especies abundantes o dominantes (21%); simultáneamente, al observar los patrones de distribución de las especies sobre las zonas de estudio en el área, permite observar una gran cantidad de especies que se encuentran exclusivamente en una sola zona (14.7%). Existen varios estudios en los que se han presentado valores altos de diversidad asociados a la presencia de un gran número de especies raras (Ebeling & Hixon 1991, Sale 1980, Sale y Dybdahl 1975). Es importante destacar que el índice de Shannon-Wiener es tomado por algunos autores como un índice de equidad el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia de todas las especies muestreadas; por otro lado, y complementario a esto, se tiene el índice de Simpson, tomado este como un índice de dominancia o heterogeneidad que además de tener en cuenta el valor de importancia para cada especie tiene en cuenta el valor de importancia del número total de especies en la comunidad (Moreno en prensa), al utilizar el inverso de este índice (Ecuación 3), obtenemos un

valor de equidad, lo que nos permite asegurar la complementariedad de los resultados de los dos índices aplicados.

De esta manera podemos considerar a estas comunidades como muy complejas ya que una comunidad es más compleja mientras mayor sea el número de especies que la compongan (más vías de flujo de energía en la cadena trófica) y mientras menos dominancia presenten una o pocas especies con respecto a las demás (Solano *et al.* 1995, Franco *et al.* 1989), por esto aunque el índice de diversidad de Shannon-Wiener no es el máximo (5) si se encuentra muy cercano a éste indicando que la mayoría de las especies están representadas en proporciones iguales (Pielou 1977 en: Torres 1993) es decir que la distribución del número de individuos en cada especie demuestra equitatividad o uniformidad que unido a el gran número de especies presentes podría explicar el incremento de la diversidad (Ramírez 1999, Franco *et al.* 1989).

La gran diversidad que presenta el área en general podría ser resultado de la heterogeneidad morfológica de la costa y la dinámica de las aguas (Díaz 1991). Simultáneamente, esta gran diversidad puede deberse a la relación entre grado de deterioro de los arrecifes y la estructura de las comunidades de peces ya que los parches arrecifales estudiados aun se hallan relativamente conservados ya que su “buen” estado de conservación se puede inferir por la presencia de peces que han sido caracterizados en la región como indicadores de las óptimas condiciones del arrecife como *Chaetodon capistratus* (Acero y Rivera 1992), especie que se encontró presente en todas las zonas de estudio y con una abundancia considerable.

En síntesis, los factores que inciden en el número de especies en un ecosistema y en el acoplamiento de sus abundancias, los cuales desempeñan un papel fundamental en la estructura de las comunidades y con ello en su diversidad y dinámica, se encuentran definidos por la naturaleza general de los arrecifes tropicales, ambientalmente por los requerimientos e imposiciones de las historias de vida de las especies de peces allí presentes (Sale 1996), las condiciones que potencien la migración como las corrientes y la ausencia de barreras que impidan la

distribución, la heterogeneidad espacial, la organización trófica y las relaciones inter e intraespecíficas (Ramírez 1999a, Sale & Steel 1989) principalmente cuando los peces son pequeños y vulnerables, ya que estos son desplazados por residentes de otras y la propia especie que son más grandes. La estructura de las comunidades ícticas, sin embargo, puede variar a través del tiempo ya que los sistemas arrecifales son vistos como sistemas abiertos y por ende inconstantes (Sale 1996, Sale *et al.* 1984, Sale & Steel 1989, 1986, Sale & Douglas 1984).

Las zonas de estudio fueron evidentemente muy similares entre sí, esto permite asegurar que no existen diferencias significativas en cuanto a la comunidad íctica muestreada en el área de estudio. Esto conlleva a rechazar la hipótesis alterna que planteaba que las zonas del área eran disímiles en términos de estructura y composición de la comunidad íctica, siendo los valores de riqueza y diversidad poco variables entre las zonas. Este resultado fue también evidenciado en la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis que comprobó que en términos de estructura, las comunidades no presentaban diferencias significativas; este resultado es reflejado en la ordenación por similaridad, presentado por el dendrograma de similaridad de Jaccard en la figura 13. Otros estudios parecidos han presentado resultados análogos (Sale 1996, Sale & Douglas 1984, Bonhsack 1983, Sale & Dybdahl 1975).

La similaridad en estructura de estas comunidades puede estar fuertemente regulada por procesos bióticos determinando las abundancias relativas de las diferentes especies, esto debido a que la estructura de las agrupaciones de los parches arrecifales de los sitios del Caribe están reguladas por procesos determinísticos, como la densidad dependiente de la competencia o predación (Sale 1996). Alternativamente la gran similaridad puede deberse simplemente a que estos tienen pocas alternativas en un sistema con un pool de pocas especies disponibles, es decir, la similaridad puede deberse a la poca oportunidad de cambio (Sale 1996). Sin embargo, esto va en contraposición con lo expuesto por los resultados que permiten ver el gran número de especies del área siendo un 14.8% de las especies exclusivas para una sola zona que a la larga van a repercutir en una gran disponibilidad de larvas. Sin embargo, la variación estructural global puede no deberse a la entrada y salida de las especies relativamente raras, a pesar de

registrarse numerosas de estas en el arrecife, sino a la variación a través del tiempo en la distribución y abundancia de las especies más comunes (Sale *et al.* 1984).

A pesar de que todas las zonas presentaron un alto grado de similaridad, se estableció mediante el índice de similaridad de Jaccard y de Bray-Curtis, que las zonas más parecidas fueron Punta Aguja y Morrito Largo, esto puede explicarse por que estas fueron las zonas que presentaron menor número de especies exclusivas (1 y 2 respectivamente) y además son las únicas zonas que se encuentran conectadas entre si por un corredor de corales llamado por los buzos de la región El Paso del Ángel. De la misma manera Calichan fue la zona de menor similaridad siendo la zona que presentó mayor registro de especies exclusivas (8).

La similaridad de los sitios puede estar también asociada a la cercanía de las zonas de muestreo, ya que además de ser aledañas, se encuentran en la misma área y se encuentran sometidos a los mismos patrones ambientales como el patrón de corrientes, la temperatura del agua, la descarga de aguas y desechos continentales, la afluencia de aguas dulces, entre otros, es decir la comunidad puede estar siendo reflejo de las condiciones locales (Hobson 19\_, Garzón y Acero 1986, Gladfelter *et al.* 1980, Goldman & Talbot 1976). El cambio de larvas entre sitios va en decremento con la distancia entre estos (Sale 1996), esto nos podría hacer pensar que la riqueza de especies entre sitios, que es muy similar teniendo el 34.11% del total de las especies registradas en todos los sitios, puede estar relacionada con la posibilidad de establecimiento de las larvas en los parches cercanos pudiendo ser simultáneamente un resultado de los patrones de corriente y de la ausencia de barreras importantes que limiten la distribución de las especies en la región (Acero *et al.* 1990). Es posible que la similaridad presentada entre las comunidades ícticas se deba a la semejanza en estructura y tamaño que presentan las zonas arrecifales y a las características de los atributos del hábitat que se encuentran relacionadas directamente con la distribución de las especies sobre el arrecife (Galzin *et al.* 1994, Sale & Steel 1989, Sale & Douglas 1984) por el sedentarismo de los peces que no se dispersan y en muchos casos viven allí mucho tiempo y no se presentan en los demás arrecifes (Sale y Dybdahl 1975).

## **9. CONCLUSIONES**

En cada zona se presentan valores altos de riqueza lo que demuestra la diversidad del área, considerando el reducido espacio ocupado por los parches arrecifales en estudio.

Los valores más altos de abundancia fueron obtenidos por las especies y las familias que con anterioridad han sido reportadas como las dominantes para el Mar Caribe, lo que permitiría pensar en una dominancia constante de estas, en sectores bajo las mismas condiciones.

Las comunidades ícticas estudiadas que conforman los arrecifes del área presentaron una diversidad muy alta reflejada por la escasa dominancia de estas, presentándose un alto número de especies raras o poco frecuentes.

La similitud entre las zonas fue evidente en términos de riqueza, abundancia y diversidad, esto es posiblemente resultado de la similitud física entre los parches, su cercanía y a las condiciones ambientales a las que se encuentran sometidas.

Las comunidades ícticas del área pueden definirse como comunidades altamente complejas debido a la gran cantidad de especies que en ellas se presentan y la baja dominancia de especies que poseen.

Los bajos valores de abundancia presentados por las especies en el área, permiten establecer que las comunidades ícticas del área presentan una gran uniformidad generando una gran diversidad. Además se destacan por la multitud de nichos que ocupan en el complejo arrecifal.

La predominancia de especies de hábitos alimenticios carnívoros en todas las comunidades evaluadas hace pensar que en estas comunidades puede presentarse el fenómeno de diversificación de predadores que hace referencia tanto a la especialización de las especies disminuyendo la competencia como a la repartición de recursos planteado por varios autores.



La abundancia de algunas especies herbívoras, puede ser explicada por la disponibilidad de alimento, ya que en las zonas de estudio se presentó un considerable cubrimiento algar.

Morrito Largo fue la zona que presentó el menor número de especies, probablemente por sus condiciones de intensidad de oleaje, los patrones de corrientes y la verticalidad del arrecife lo que le otorga unas características propias al sitio, las que algunas especies no se encuentran en capacidad de enfrentar.

El Salidero y Punta Aguja fueron las zonas que presentaron el mayor número de especies y también las que presentaron mayor heterogeneidad de condiciones físicas y ambientales ya que ambas poseen sectores influidos fuertemente por las corrientes y otros donde la intensidad del oleaje y corrientes no son tan fuertes. Además son los sitios de mayor irregularidad béntica generando espacios propicios para el desarrollo de especies de múltiples requerimientos.

La diversidad del área puede deberse principalmente a la relación de las comunidades ícticas con las variadas características físicas y ecológicas que presenta el entorno.

## **10. RECOMENDACIONES**

Mediante los resultados obtenidos, pueden hacerse algunas recomendaciones según las cuales:

- ❖ Deben realizarse estudios más detallados sobre las características ambientales de la región como patrones de corrientes, temperatura, características fisicoquímicas y salinidad del agua entre otros que permitan establecer el grado de recambio y los patrones locales a los que se encuentran sometidas estas comunidades.
- ❖ Investigaciones particulares sobre los requerimientos biológicos, fisiológicos y ecológicos de cada una de las especies presentes en cada comunidad y su influencia en la estructuración de esta.

- ❖ Estudios basados en la misma metodología en las diferencias épocas del año que puedan reflejar la dinámica de las poblaciones ícticas y con ella los posibles factores que la determinan y la limitan, ya que el estudio realizado se efectuó únicamente en época seca y esto puede ser un limitante para una interpretación de resultados más veraz.
- ❖ Establecer el grado de deterioro que presenta al área y sus posibles causales.
- ❖ Establecer porcentajes de cobertura de la comunidad coralina y su estado.
- ❖ Identificar las intervenciones antrópicas (como la pesca, la actividad del buceo y el vertimiento de desechos) sobre el medio y su grado de influencia en el arrecife, y en las comunidades biológicas que lo habitan.
- ❖ Efectuar estudios de seguimiento de la comunidad íctica a largo plazo que permitan establecer de manera más exacta su estructura y los factores que sobre ella actúan.

Simultáneamente, se pueden realizar unas recomendaciones basadas en lo observado en campo, según las cuales:

- ❖ Deben establecerse en las escuelas de buceo una introducción que concientice a la comunidad de buzos que visitan la zona de la importancia del ecosistema arrecifal y el cuidado que deben tener en aspectos tales como el aleteo cerca de los fondos que generan la turbidez del agua, la que en casos extremos mediante las partículas levantadas produce el taponamiento de la boca de los pólipos de coral provocando su muerte, la extracción de componentes del ecosistema como conchas de caracoles o de bivalvos que son fundamentales en el regeneramiento del ecosistema y hacen parte del ciclo de nutrientes de este y también en el cuidado en el descenso al iniciarse la inmersión, en la que algunos buzos fracturan las colonias de coral ramificado y los octocorales y se posan sobre los corales masivos causando una muerte inmediata a estos organismos. Una solución a este problema podría ser un mejor manejo de grupos grandes de buzos, en donde el instructor de buceo que generalmente va adelante, sea asistido al final del grupo por un auxiliar que corrija y se mantenga al tanto de las acciones de los buzos.

- ❖ Se hace necesario implementar un método de anclaje en cada una de las zonas de estudio, el cual podría ser financiado por las escuelas de buceo de Taganga, Santa Marta y El Rodadero quienes visitan constantemente estas zonas arrecifales, evitando de esta manera que al anclarse la lancha de la gran cantidad de escuelas de buceo del sector, causen la muerte de las colonias coralinas que son las que sirven de agarre para el ancla de este tipo de embarcaciones; a su vez esto estaría evitando que al recoger las anclas cuando van a zarpar las lanchas, se destruya otra parte del arrecife por la fuerza que hacen para desprender el ancla de su punto de apoyo. Sin embargo, en caso de no obtener los recursos para implantar un sistema de anclaje se sugiere que las escuelas de buceo reglamenten que el ayudante del capitán de la lancha se sumerja en todos los casos, para desajustar el anclaje.
- ❖ Realizar jornadas de aseo en las playas de pesca, ya que los pescadores generalmente botan la basura y los residuos de pescados en la costa, los que van a parar al mar y de los cuales muchos son elementos no biodegradables (como plásticos y botellas) que causan gran deterioro en los arrecifes.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acero, A. 1984. Los peces de las formaciones coralinas del Caribe Colombiano. Colombia: Ciencia y Tecnología. 2(4): 26-31.

Acero, A. 1992. Taller de Arrecifes coralinos. Suplemento 1. *Bol. Ecotrópica* : Ecosistemas tropicales.

Acero, A. y J. Garzón. 1987. Peces arrecifales de la región de Santa Marta (Caribe colombiano). I. Lista de especies y comentarios generales. *Acta Biol. Col.* 1(3): 83-105.

Acero, A. y J. Garzón. 1986. Peces de las Islas del Rosario y de San Bernardo (Colombia) II. Tres nuevos registros para la costa norte continental colombiana. *An. Ins. Inv. Mar. Punta de Betín.* 15-16: 3-29.

Acero, A. y J. Garzón. 1989. Peces arrecifales de la región de Santa Marta (Caribe colombiano). II. Tres nuevos registros para el sur del Caribe. *Caribbean journal of science*, 25(1-2) 41-44.

Acero, A. y J. Garzón. 1990. Los antennaridos (Pisces: Antenaridae) de los mares colombianos y aguas adyacentes con énfasis en los del Caribe. *Bol. Ecotrópica* 21: 5-22.

Acero, A. y J. Garzón. 1991. Meros, chernas y cabrillas del Caribe colombiano (Pisces: Serranidae: Epinephelinae: Epinephelini). *Caldasia* 16(78): 355-376.

Acero A. y M. Rivera. 1992. Peces de las familias Chaetodontidae y Pomacanthidae de la región de Santa Marta (Colombia): Densidad y relación con la calidad del arrecife. *Caribbean Journal of Science*. 28 (3-4): 184-190.

Acero A., J. Garzón-Ferreira y F. Koster. 1984. Lista de los peces óseos conocidos de los arrecifes del Caribe colombiano, incluyendo 31 nuevos registros y descripciones. *Caldasia* 14 (66): 37-84.

Alevizon, W. S. and M. G. Brooks. 1975. The comparative structure of two Western Atlantic reef-fish assemblages. *Bull. Mar. Sci.* 25 (4): 482-490.

Anderson, G. R. V., A. H. Ehrlich, P. R. Ehrlich, J. D. Roughgarden, B. C. Rusell and F. H. Talbot. 1981. The community structure of coral reef fishes. *Am. Nat.* 117(4): 476-495.

Audesirk T. and G. Audesirk. 1996. *Biología. La vida en la tierra*. Cuarta edición. Prentice-Hall. Mexico.

Begon, M., J. Harper and C. Townsend. 1996. *Ecology. Individuals, populations and communities*. Tercera edición. Editorial Oxford. USA.

Bohnsack, J. 1983. Species Turnover and the Order Vs Chaos controversy Concerning Reef Fish Community Structure. *Coral Reefs* 1:223-228.

Bohnsack, J. And F. H. Talbot. 1980. Species-packing by reef fishes on Australian and Caribbean reefs: an experimental approach. *Bull. Mar. Sci.* 30:710-723.

Bula-Meyer, G. 1991. Biodiversidad e importancia ecológica del sistema costero-marino del Parque Nacional Tayrona (parte 1). Memorias y conclusiones del seminario situación actual y perspectivas del Parque Nacional Natural Tayrona, Santa Marta, Colombia.

Caley, M. J. 1997. Are local patterns of reef fish diversity related to patterns of diversity at a larger scale?. *Proc. 8<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symposium*, Panamá 1: 993-998.

Carpenter, K., R. Miclat, V. Albaladejo & V. Corpuz. 1981. The influence of substrate structure on the local abundance and diversity of Philippine reef fishes. Proc. 4<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symposium, Manila Vol. 2.

Colivaux, P. 1986. Ecology. Edited by John Wiley. New York, USA.

Choat, J. H. 1991. The biology of Herbivorous Fishes on Coral Reefs. *In*: Sale, P.F. (Ed.). The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego. 120-153 p.

Choat, J. H. and R. Bellwood. 1991. Reef Fishes: Their History and Evolution. *In*: Sale, P.F. (Ed.). The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego. 39-61 p.

Dahl G. 1971. Peces del norte de Colombia. Ministerio de Agricultura. Instituto de desarrollo de los recursos naturales renovables Inderena. Bogotá, Colombia.

Díaz, J. M. 1991. Biodiversidad e importancia ecológica del sistema marino-costero del Parque Nacional Tayrona. Memorias y conclusiones del seminario situación actual y perspectivas del Parque Nacional Natural Tayrona, Santa Marta, Colombia.

Díaz, J. M., g. Díaz-Pulido, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, J. Sánchez & S. Zea. 1996. Atlas de los Arrecifes Coralinos del Caribe Colombiano. I. Complejos Arrecifales Oceánicos. Invemar. Santa Marta, Colombia.

Díaz, J. M., L. Barrios, M. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López, G. Ospina, F. Parra, J. Pinzón, B. Vargas, F. Zapata & S. Zea. 2000. Áreas Coralinas de Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis". INVEMAR. Santa Marta, Colombia.

Doherty, P. 1991. Spatial and Temporal Patterns in Recruitment. *In*: Sale, P.F. (Ed.). The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego. 261-292 p.

Ebeling, A. and M. Hixon. 1991. Tropical and Temperate Reef Fishes: Comparison of Community Structures. *In*: Sale, P.F. (Ed.). The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego. 294-327 p.

Franco, J., G. De la Cruz, A. Cruz, A. Rocha, N. Navarrete, G. Flores, L. G. Abarca, C. M. Bedia. 1989. Manual de ecología. Editorial Trillas. Segunda edición. México.

Galzin R. S. Planes, V. Dufour & B. Salvat. 1994. Variation in diversity of coral reef fish between French Polynesian atolls. Coral reefs 13: 175-180.

Garzón, J. 1999. Primer Taller del SIMAC. Sistema nacional de Monitoreo de arrecifes coralinos en Colombia. INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 36 p.

Garzón, J. y A. Acero. 1988. Los peces Gobiidae de los arrecifes del Caribe colombiano. I. Especies, distribución, frecuencia y abundancia. *An. Ins. Inv. Mar. Punta de Betín*. 18: 59-81.

Garzón, J. y A. Acero. 1986. Peces de las Islas del Rosario y de San Bernardo (Colombia).III. Comparación con otras regiones del Atlántico Oeste Tropical. *An. Ins. Inv. Mar. Punta de Betín*. 15: 67-77.

Garzón, J. y Acero, A. 1983. Nuevos registros de peces arrecifales para el Caribe colombiano. *An. Ins. Inv. Mar. Punta de Betín*. 13: 85-109.

Gladfelter, J., J. Ogden and E. Gladfelter. 1980. Similarity and diversity among coral reef fish communities: a comparison between tropical Western Atlantic (Virgin Islands) and tropical central Pacific (Marshall Islands) patch reefs. *Ecology*: 61 (5): 1156-1168.

Goldman, B. and F. H. Talbot. 1976. Aspects of the ecology of reef fishes. In: O. A. Jones and R. Endean, editors. *Biology and geology of coral reefs*. Volume 3. *Biology 2*. Academic Press. 125-154p New York, USA.

Gómez, F and C. Vieira. 1996. Ictiofauna asociada a los arrecifes coralinos hermatípicos de la Ensenada de Utría Choco Pacífico colombiano. *Universitas Scientiarum* 3(1-2): 53-61.

Hixon, M. 1991. Predation as a Process Structuring Coral Reef Fish Communities. *In: Sale, P.F. (Ed.)*. The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego. 475-500 p.

Hobson, E. 19\_. Reef-fish Community Structure. Southwest Fisheries Center, Tiburon Laboratory, California, USA.

Jones, G. P. 1991. Postrecruitment Processes in the Ecology of Coral Reef Fish populations: A multifactorial perspective. *In: Sale, P.F. (Ed.)*. The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, San Diego. 294-327 p.

Jones, R. and J. Thompson. 1978. Comparison of Florida Reef Fish assemblages using a rapid visual technique. *Bull. Mar. Sci.* 28: 159-172.

Kimmel, J. 1985. A New Species-time method for visual assessment of fishes and its comparison with established methods. *Environmental Biology of Fishes*. 12: 23-32.

Kolasa J. 1989. Ecological systems in hierarchical perspective: breaks in community structure and other consequences. *Ecology* 70(1): 36-47.

Krebs, C. J. 1995. *Ecología*. Estudio de la distribución y la abundancia. Segunda edición. México.

Luckhurst B. E. and K. Luckhurst. 1978. Diurnal Space Utilization in Coral Reef Fish Communities. *Marine Biology* 49: 325-332.

Margalef, R. 1995. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 591p.

Margalef, R. 1980. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona, España.

McClanahan T. R., M. McField, M. Huitric, K. Bergman, E. Sala, M. Nystrom, I. Nordemar, T. Elfving and N. A. Muthiga. 2001. Responses of algae, corals and fish to the reduction of macroalgae in fished and unfished patch reefs of Glovers Reef Atoll, Belize. *Coral Reef* 19: 367-379.

Mejía, L.S., J. Garzón and A. Acero. 1998. Peces registrados en los complejos arrecifales de los cayos de Courtown, Albuquerque y los bancos de Serrana y Roncador, Caribe occidental, Colombia. *Bol. Ecotrópica* 32: 25-42.

Mejía, L. 1997. Comunidades ícticas de los cayos colombianos de San Andrés y Providencia y su relación con la estructura y salud arrecifal. Informe final. Fundación para la promoción de la investigación y la tecnología. Universidad Nacional. Santa Marta, Colombia. 120p.

Morales, Y. 1994. Abundancia, distribución y diversidad de peces en un arrecife coralino de la Isla Gorgona. Tesis de Grado Biología marina). Universidad del Valle. Departamento de Biología. Sección de Biología marina. Cali, Colombia.

Moreno, C. En prensa. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Instituto de ecología y comportamiento animal. México.

Odum, E. 1962. Relationships between structure and function in ecosystems. Págs: 211-214 en: E. Kormondy (Ed) Readings in ecology. New Jersey, USA.

Palacio, F. 1974. Peces colectados en el Caribe colombiano por la Universidad de Miami. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Museo del Mar. Boletín No 6.

Ramírez, A. 1999a. Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.

Ramírez, A. 1999b. Manual de métodos y procedimientos estadísticos. Ministerio de Medio Ambiente, programa ambiental de manejo de recursos naturales.

Sale, P. 1980. The ecology of Fishes and Coral Reef. *Mar. Biol. Ann.* 18: 367-421.

Sale, P. 1996. Structure and dynamics of reef fish communities. A biogeographical comparison. Págs: 73-97 en: Long-Term studies of vertebrate communities. Academic press.

Sale, P. and R. Dybdahl. 1975. Determinants of community structure for coral reef fishes in an experimental habitat. *Ecology* 56:1343-1355.

Sale, P. & W. Douglas. 1984. Temporal variability in the community structure of fish on coral patch reefs and the relation of community structure to reef structure. *Ecology* 65(2): 409-422.

Sale, P., W. Douglas and P. Doherty. 1984. Choice of microhabitats by coral reef fishes at settlement. *Coral reefs* 3: 91-99.

Sale, P. and W. J. Steel. 1989. Temporal variability in patterns of association among fish species on coral patch reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 51:35-47.

Sale, P. and W. J. Steel. 1986. Random placement and the distribution of fishes among coral patch reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 28:165-174.

Schumacher, h. 1978. Arrecifes coralinos. Ediciones Omega. Barcelona, España.

Smith, R. and T. Smith. 2000. Ecología. Cuarta edición. España.

Solano, O., J. Alonso, L. Arango, C. Borda, E. Chiquillo, J. Faillace y J. Torres. 1990. Abundancia de las familias de peces arrecifales Chaetodontidae, Pomacanthidae, Pomacentridae, Labridae y Scaridae su relación con el sustrato. Memorias de VII Seminario Nacional de Ciencias del Mar. Colombia.

Solano, O., A. Guzmán, G. Navas y T. Camargo. 1995. Caracterización rápida de comunidades ícticas y coralinas (Isla Barú, Caribe colombiano). *Bol. Ecotropica* 29: 21-40.

Stiling, P. 1996. Ecology, Theories and applications. Prentice Hall, second edition. USA. 540 pp.

Talbot, F., C. Russell and G. V. Anderson. 1978. Coral reef fish communities: unstable high-diversity systems?. *Ecological Monographs* 49:425-440.

Torres, D. 1993. Abundancia y diversidad de 26 familias de peces arrecifales del costado Oeste del Caribe colombiano. Tesis de Grado. Facultad de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Cartagena, Colombia. 118p.

Torres, D. 1995. Guía de buceo y de peces de Cartagena de Indias y el Parque Nacional Natural Corales del rosario. Ministerio de Desarrollo Económico. Corporación Nacional de Turismo. Bogotá, Colombia.

Tymothy, R. and C. Johnson. 1998. Spatially and temporally predictable fish communities on coral reefs. *Ecological Monographs* 68(1): 25-50.

Warren, E., H. Axelrod & R. Hunziker. 19- . Mini atlas de peces de acuario marino. Editorial Hipano Europea. Barcelona, España.

Warren, E., H. Axelrod & R. Hunziker. 200- . Atlas of marine aquarium fishes. Third edition. USA.

Williams, DMcB. 1982. Patterns in the distribution of fish communities across the central Great Barrier Reef. *Coral reefs* 1: 35-43.

Williams, D.McB. 1991. Patterns and processes in the distribution of coral reef fishes. *In: Sale, P.F. (Ed.). The ecology of fishes on coral reefs.* Academic Press, San Diego. 437-474 p.



### **Recursos electrónicos:**

Centro de Buceo Tayrona. [www.buceotayrona.com/salid.html](http://www.buceotayrona.com/salid.html) [Consulta: 8 ene. 2002].

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Jose Benito Vives De Andrés. [www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/plantilla](http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/plantilla) [Consulta: 6 feb. 2002]

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Política de Biodiversidad. (Enero 15 2002). [www.humboldt.org.co/comunicación/publicaciones/biosintesis.html](http://www.humboldt.org.co/comunicación/publicaciones/biosintesis.html) [Consulta: 16 ene. 2002].

Ministerio del Medio Ambiente. Unidad de Parques Nacionales [www.parquenacionales.gov.co/areas/lasareas/tayrona/tayrintro](http://www.parquenacionales.gov.co/areas/lasareas/tayrona/tayrintro) [Consulta: feb. 6 2002].

Universidad Jorge Tadeo Lozano. Publicaciones electrónicas. Biología marina. Biodiversidad íctica del Caribe colombiano. Rey Iván y Arturo Acero. [www.utadeo.edu.co/publicaciones/publicacioneselectronicas/biologíamarina](http://www.utadeo.edu.co/publicaciones/publicacioneselectronicas/biologíamarina) [Consulta: feb. 10 2002].

## ANEXO 1

### LISTADO TAXONÓMICO DE LAS ESPECIES REGISTRADAS EN EL ÁREA DE ISLA AGUJA, CARIBE COLOMBIANO

#### FAMILIA MURAENIDAE

1. ***Gymnothorax funebris*** (morena verde) Ranzani, 1840
2. ***G. miliaris*** (morena rabirrubia) (Kaup, 1856)
3. ***G. moringa*** (morena pintada) (Cuvier, 1829)
4. ***G. vicinus*** (morena amarilla) (Castelnau, 1855)

#### FAMILIA OPHICHTHIDAE

5. ***Myrichthys breviceps*** (tieso rabiagudo) (Richardson, 1848)

#### FAMILIA SYNODONTIDAE

6. ***Synodus intermedius*** (lagarto manuelito) (Spix&Agassiz, 1829)
7. ***S. saurus*** (Linnaeus, 1758)
8. ***S. synodus*** (lagarto rojo) (Linnaeus, 1758)

#### FAMILIA ANTENNARIIDAE

9. ***Antenarius multiocellatus*** (Valenciennes, 1837)

#### FAMILIA HEMIRAMPHIDAE

10. ***Hemiramphus brasiliensis*** (agujeta brasileña, medio pico) (Linnaeus, 1758)

#### FAMILIA HOLOCENTRIDAE

11. ***Holocentrus adscensionis*** (carajuelo gallito) (Osbeck, 1765)
12. ***H. rufus*** (carajuelo soldado) (Walbaum, 1792)
13. ***Myripristis jacobus*** (carajuelo manchado) Cuvier, 1829

#### FAMILIA AULOSTOMIDAE

14. ***Aulostomus maculatus*** (pez trompeta) (Valenciennes, 1837)

#### FAMILIA FISTULARIIDAE

15. ***Fistularia tabacaria*** (corneta azul) Linnaeus, 1758

#### FAMILIA SCORPAENIDAE

16. ***Scorpaena plumieri*** (rascacio negro) Bloch, 1789

#### FAMILIA SERRANIDAE

17. ***Cephalopholis cruentata*** (cabrilla mamita) (Lacepede, 1802)
18. ***C. fulva*** (cabrilla mulata) (Linnaeus, 1758)
19. ***Epinephelus guttatus*** (mero colorado) (Linnaeus, 1758)
20. ***E. striatum*** (mero criollo) (Bloch, 1792)

21. *Hypoplectrus guttavarius* (Poey, 1852)
22. *H. nigricans* (cherna) (Poey, 1852)
23. *H. puella* (Cuvier, 1828)
24. *H. unicolor* (mantequero) (Walbaum, 1792)
25. *Mycteroperca bonaci* (cherna bonaci) (Poey, 1860)
26. *M. interstitialis* (cherna amarilla) (Poey, 1860)
27. *M. phenax* (cherna garopa) Jordan&Swain, 1884
28. *M. venenosa* (cherna de piedra) (Linnaeus, 1758)
29. *Paranthias furcifer* (cuna lucero) (Valenciennes, 1828)
30. *Rypticus saponaceus* (jabonero) (Bloch&Schneider, 1801)
31. *Serranus tabacarius* (guabina amarilla) (Cuvier, 1829)
32. *S. tigrinus* (Bloch, 1790)

FAMILIA OPISTOGNATHIDAE

33. *Opistognathus aurifrons* (Jordan&Thompson, 1905)

FAMILIA PRIACANTHIDAE

34. *Priacanthus arenatus* (ojona toro) Cuvier, 1829

FAMILIA APOGONIDAE

35. *Apogon townsendi* (Breder, 1927)

FAMILIA MALACANTHIDAE

36. *Malacanthus plumieri* (matajuelo) (Bloch, 1786)

FAMILIA ECHENEIDAE

37. *Echeneis naucrates* (rémora) Linnaeus, 1758

FAMILIA CARANGIDAE

38. *Caranx crysos* (cojinúa negra) (Mitchill, 1815)
39. *C. hippos* (jurel común) (Linnaeus, 1766)
40. *C. ruber* (cojinúa azul) (Bloch, 1793)

FAMILIA LUTJANIDAE

41. *Lutjanus analis* (pargo cebao) (Cuvier, 1828)
42. *L. apodus* (pargo amarillo) (Walbaum, 1792)
43. *L. jocu* (pargo perro) (Bloch&Schneider, 1801)
44. *L. mahogoni* (pargo ojón) (Cuvier, 1828)
45. *L. synagris* (pargo chino) (Linnaeus, 1758)
46. *Ocyurus chrysurus* (saltona) (Bloch, 1791)

FAMILIA HAEMULIDAE

47. *Anisotremus virginicus* (burro catalina) (Linnaeus, 1758)
48. *Haemulon aurolineatum* (ronco bravo) Cuvier, 1830
49. *H. carbonarium* (ronco carbonero) Poey, 1860
50. *H. chrysargyreum* (ronco boquilla) Günther, 1859
51. *H. flavolineatum* (ronco amarillo) (Desmarest, 1823)
52. *H. macrostoma* (ronco caco) Günther, 1859
53. *H. melanurum* (ronco mapurite) (Linnaeus, 1758)

- 54. *H. parra* (ronco plateado) (Desmarest, 1823)
- 55. *H. plumieri* (ronco coño) (Lacepede, 1801)
- 56. *H. sciurus* (ronco catire) (Shaw, 1803)
- 57. *H. striatum* (ronco listado) (Linnaeus, 1758)

FAMILIA SCIAENIDAE

- 58. *Equetus acuminatus* (obispo) (Bloch&Schneider, 1801)
- 59. *E. lanceolatus* (obispo coronado) (Linnaeus, 1758)
- 60. *E. punctatus* (obispo estrellado) (Bloch&Schneider, 1801)

FAMILIA MULLIDAE

- 61. *Mulloidichthys martinicus* (salmonete amarillo) (Cuvier, 1829)
- 62. *Pseudupeneus maculatus* (salmonete manchado) (Bloch, 1793)

FAMILIA PEMPHERIDAE

- 63. *Pempheris schomburgkii* Müller&Troschel, 1848

FAMILIA CHAETODONTIDAE

- 64. *Chaetodon aculeatus* (isabelita hocicona) (Poey, 1860)
- 65. *C. capistratus* (isabelita pintona) Linnaeus, 1758
- 66. *C. ocellatus* (isabelita mariposa) Bloch, 1787
- 67. *C. sedentarius* (isabelita) Poey, 186
- 68. *C. striatus* (isabelita) Linnaeus, 1758

FAMILIA POMACANTHIDAE

- 69. *Holacanthus ciliaris* (isabelita de piedra) (Linnaeus, 1758)
- 70. *H. tricolor* (isabelita medioluto) (Bloch, 1795)
- 71. *Pomacanthus arcuatus* (isabelita blanca) (Linnaeus, 1758)
- 72. *P. paru* (isabelita negra) (Bloch, 1787)

FAMILIA CIRRHITIDAE

- 73. *Amblycirrhitus pinos* (Mowbray, 1927)

FAMILIA POMACENTRIDAE

- 74. *Abudefduf saxatilis* (sargento mayor) (Linnaeus, 1758)
- 75. *A. taurus* (comepan basto) (Müller&Troschel, 1848)
- 76. *Chromis cyanea* (chopita azul) (Poey, 1860)
- 77. *C. multilineata* (chopita parda) (Guichenot, 1853)
- 78. *Microspathodon chrysurus* (chopita rabo amarillo) (Cuvier, 1830)
- 79. *Stegastes diencaeus* (Jordan&Rutter, 1897)
- 80. *S. partitus* (Poey, 1868)
- 81. *S. planifrons* (Cuvier, 1830)
- 82. *S. variabilis* (Castelnau, 1855)

FAMILIA LABRIDAE

- 83. *Bodianus pulchellus* (lorito lomonegro) (Poey, 1860)
- 84. *B. rufus* (lorito colombiano) (Linnaeus, 1758)
- 85. *Clepticus parrae* (lorito morado) (Bloch&Schneider, 1801)
- 86. *Halichoeres garnoti* (lorito rubio) (Valenciennes, 1839)

- 87. *H. maculipinna* (Müller&Troschel, 1848)
- 88. *H. pictus* (Poey, 1860)
- 89. *H. poeyi* (lorito orejinegro) (Steindachner, 1867)
- 90. *H. radiatus* (lorito arcoiris) (Linnaeus, 1758)
- 91. *Lachnolaimus maximus* (pargo pluma) (Walbaum, 1792)
- 92. *Thalassoma bifasciatum* (azuleja) (Bloch, 1791)

FAMILIA SCARIDAE

- 93. *Cryptotomus roseus* (loro dientón) Cope, 1871
- 94. *Scarus coeruleus* (loro azul) Bloch&Schneider, 1801
- 95. *S. iserti* (loro rayado)
- 96. *S. taeniopterus* (loro listado) Desmarest, 1831
- 97. *S. vetula* (loro perico) Bloch&Schneider, 1801
- 98. *Sparisoma aurofrenatum* (loro manchado) (Valenciennes, 1840)
- 99. *S. chrysopterum* (loro rabiromo) (Bloch&Schneider, 1801)
- 100. *S. rubripinne* (loro basto) (Valenciennes, 1840)
- 101. *S. viride* (loro verde) (Bonnaterre, 1788)

FAMILIA BLENNIIDAE

- 102. *Ophioblennius atlanticus* (Valenciennes, 1836)

FAMILIA GOBIIDAE

- 103. *Coryphopterus personatus* (Jordan&Thompson, 1905)
- 104. *Elacatinus illecebrosus* Böhlke&Robins, 1968
- 105. *Nes longus* (Nichols, 1914)

FAMILIA MICRODESMIDAE

- 106. *Ptereleotris helenae* (Randall, 1967)

FAMILIA ACANTHURIDAE

- 107. *Acanthurus bahianus* (navajero cirujano) Castelnau, 1855
- 108. *A. chirurgus* (navajero común) (Bloch, 1787)
- 109. *A. coeruleus* (navajero azul) Bloch&Schneider, 1801

FAMILIA SPHYRAENIDAE

- 110. *Sphyraena barracuda* (barracuda, picúa) (Walbaum, 1792)
- 111. *S. picudilla* (picudilla) Poey, 1860

FAMILIA BOTHIDAE

- 112. *Bothus lunatus* (lenguado amarillo) (Linnaeus, 1758)

FAMILIA BALISTIDAE

- 113. *Balistes vetula* (pejepuerco cachúo) Linnaeus, 1758

FAMILIA MONACANTHIDAE

- 114. *Aluterus schoepfi* (cachúa perra) (Walbaum, 1792)
- 115. *A. scriptus* (cachúa aguja) (Osbeck, 1765)
- 116. *Cantherhines macrocerus* (lija amarilla) (Hollard, 1853)
- 117. *C. pullus* (lija pintada) (Ranzani, 1842)

**118. *Monacanthus tuckeri*** ( Bean, 1906)

FAMILIA OSTRACIIDAE

**119. *Acanthostracion quadricornis*** (torito azul)

**120. *Lactophrys bicaudalis*** (cofre pintado)

**121. *L. polygonius*** (torito panal)

**122. *L. triqueter*** (cofre liso)

FAMILIA TETRAODONTIDAE

**123. *Canthigaster rostrata*** (Bloch, 1786)

**124. *Sphoeroides spengleri*** (sapito) (Bloch, 1785)

FAMILIA DIODONTIDAE

**125. *Diodon holocanthus*** (pez erizo) Linnaeus, 1785

**126. *D. hystrix*** (pez erizo, pez globo) Linnaeus, 1785

**127. Morfotipo 1**

**128. Morfotipo 2**

**129. Morfotipo 3**

**CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LAS  
COMUNIDADES ÍCTICAS EN ZONAS ARRECIFALES  
DE ISLA AGUJA, PNN TAYRONA, CARIBE  
COLOMBIANO**

*Jeimy Cuadrado González*

**Dirigido por: Fabio Gómez**

# ARRECIFE

*Estructura constituida por organismos vivos, tridimensional, que puede influir en las características físicas y ecológicas del ambiente.*

## COMUNIDAD ÍCTICA:

*Conjunto de poblaciones de peces que comparten un espacio y tiempo determinados.*

### Importancia:

- *Sustento alimenticio*
- *Elementos de ornamentación*
- *Recreación*



*Contribuyen a la dinámica alimenticia y morfológica del arrecife.*



# ESTRUCTURA

*Composición de la comunidad biológica y su distribución en un espacio delimitado por factores abióticos con características propias.*

**ABIÓTICA**

**BIÓTICA**

- *Riqueza*
- *Abundancia*
- *Diversidad*

# ANTECEDENTES

## INTERNACIONALES:

*Estructura del arrecife:* Sale 1991, Sale & Douglas 1984, Williams 1982, Gladfelter *et al.* 1980, Carpenter *et al.* 1981, Luckhurst & Luckhurst 1978 .

*Dinámica de la población:* Kolasa 1989, Sale & Douglas 1984, Williams 1982, Anderson *et al.* 1981, Goldman & Talbot 1976.

*Variación temporal:* Timothy & Johnson 1998, Sale 1996.

## NACIONALES:

*Reconocimiento:* Palacio 1974, Dahl 1971.

*Taxonómico:* Acero y Garzón 1986, Acero *et al.* 1984.

*Descriptivo y cuantitativo:* Mejía 1997, Solano *et al.* 1995, Torres 1993.

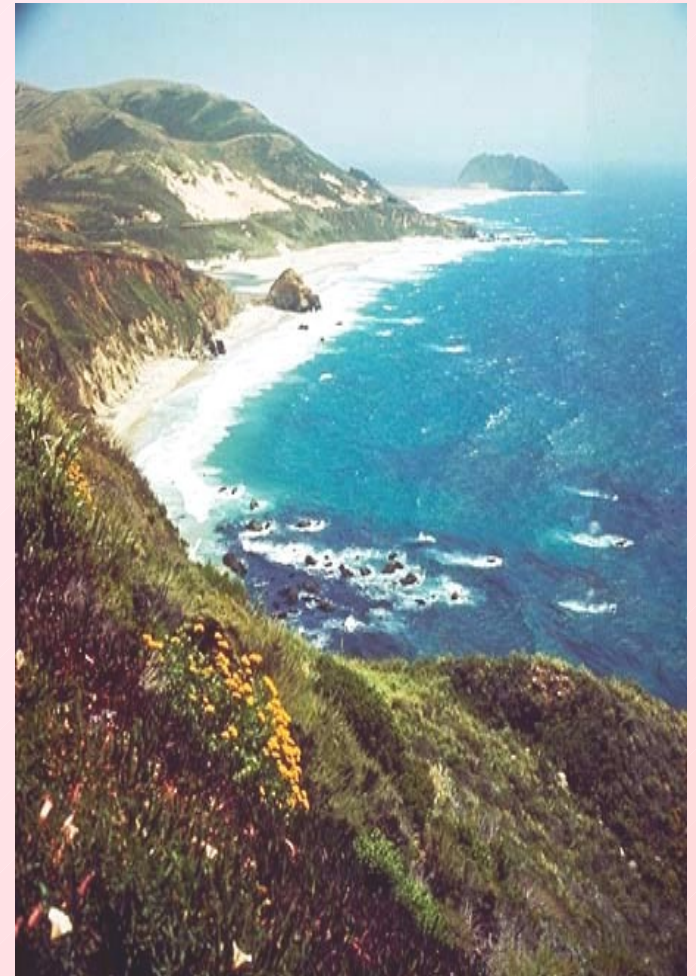
*Relación de comunidades ícticas con el sustrato: Mejía 1997,  
Solano et al. 1990.*

## **LOCALES:**

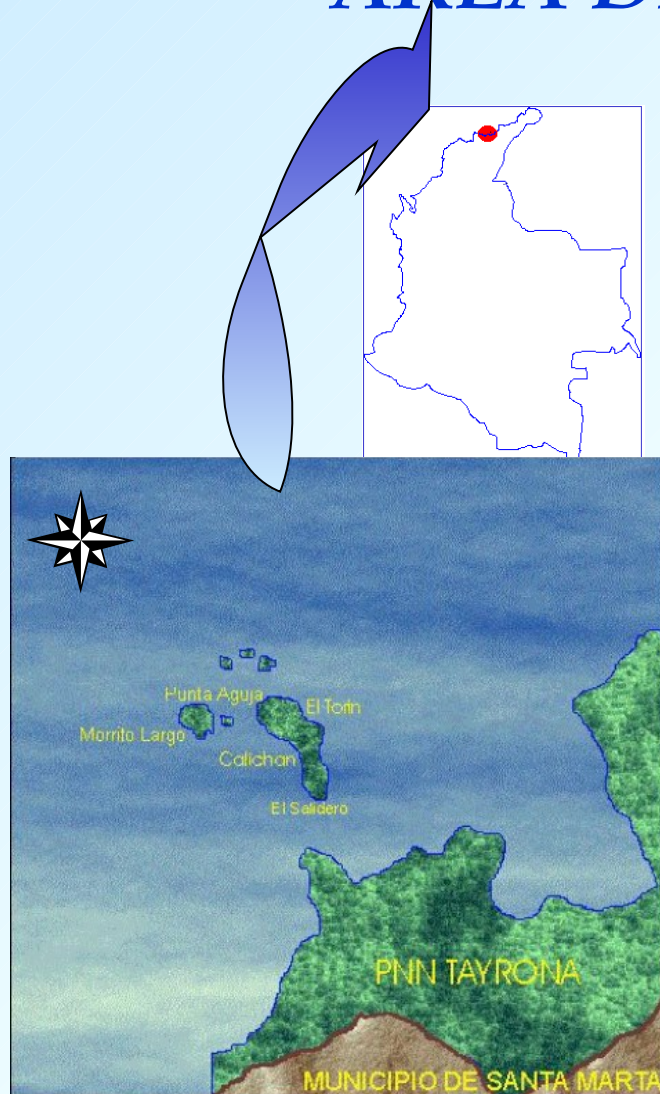
*Estudios taxonómicos: Acero y Garzón  
1987.*

*Estudios descriptivos: Acero y Garzón  
1991, 1990, 1989, 1983.*

*Estudios relacionados con características  
físicas y ambientales: Acero y Rivera  
1992, Acero y Garzón 1986.*



# ÁREA DE ESTUDIO



*El PNN Tayrona fue declarado reserva en 1969 Resolución #292.*

*Localizado al Noreste de Sta. Marta, 11°15'- 11°22' N, 73°57' - 74°12' W.*

*Constituido por 15 000 Hc 3 000 (20%) faja marina 1 Km.*

*Influenciado por los vientos Alisios del NE, surgencia de aguas frías (20°-25°C).*

# ZONAS DE MUESTREO

## *Isla Aguja*



*Morrito  
Largo*

*Punta  
Aguja*

*Calichan*

*El  
Salidero*

*El  
Torín*

# PROBLEMA DE

*En el área de estudio no existe una caracterización cuantitativa íctica específica, que permita establecer planes de manejo y ordenamiento territorial con el fin de conservar los recursos y hacerlos productivos dentro de un contexto de desarrollo sostenible.*

## HIPÓTESIS:

*Ha1: Alta riqueza en las zonas de estudio*

*Ha2: Baja abundancia relativa*

*Ha3: Alta diversidad en el área*

*Ha4: Disimilitud entre comunidades ícticas*

# *JUSTIFICACIÓN*

*Caracterización y cuantificación*

*Comunidad Biológica*

*Línea base*

*Difusión de  
conocimientos*

*Monitoréos*

*Científico*

*Cultural*

*Dinámica poblacional*

*Planes de manejo y  
conservación de recursos  
naturales*

# OBJETIVOS

## *General:*

*Establecer estructura de las comunidades ícticas, con vías a la comparación de estas entre las zonas de estudio buscando satisfacer una carencia de conocimiento específico.*

## *Específicos:*

- Determinar riqueza de cada zona de estudio.*
- Abundancia.*
- Diversidad*
- Realizar una comparación entre las zonas en términos de riqueza, abundancia y Diversidad.*



# MÉTODO

*Censo Visual Rápido (CVR)*

*Jones & Thompson 1978. Ajuste Gómez 1992.*

*Método exclusivamente visual, basado en la modificación del concepto de especies/área, donde la dimensión espacial es sustituida por una temporal, obteniendo un registro basado en especies/tiempo.*

*Febrero-Abril 2002, 35 inmersiones → 10 Reconocimiento*

*Deriva aleatoria(30 min.)*



*Registro de especies*

# Formato de Registro de Especies por CVR

		ECOSISTEMA						ECOSISTEMA						ECOSISTEMA						ABUNDANCIA TOTAL
No	ESPECIES	DERIVA No			INTERVALOS			DERIVA No			INTERVALOS			DERIVA No			INTERVALOS			
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
		6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1	
1	<i>Gymnothorax vicinus</i>	x						x									x			15
2	<i>Haemulon aurolinetum</i>		x								x									8
3	<i>Serranus tigrinus</i>			x												x				9
4	<i>Acanthurs bahianus</i>	x						x							x					18
5	<i>Stegastes partitus</i>														x					6
6	<i>Chaetodon acuelatus</i>								x											5
7	<i>C. capistratus</i>		x														x			8
8	<i>Canthigaster rostrata</i>										x				x					8
9	<i>Diodon holocanthus</i>																	x		6

## VENTAJAS

- ✓ Sencillo
- ✓ Económico
- ✓ Es NO destructivo
- ✓ Eficiente

## DESVENTAJAS

- ✗ Estimativo de Abundancia
- ✗ Subestimación de especies

# *Análisis de datos*

*Número de Derivas: Curva de Acumulación de especies por muestreo.*



*Similaridad*

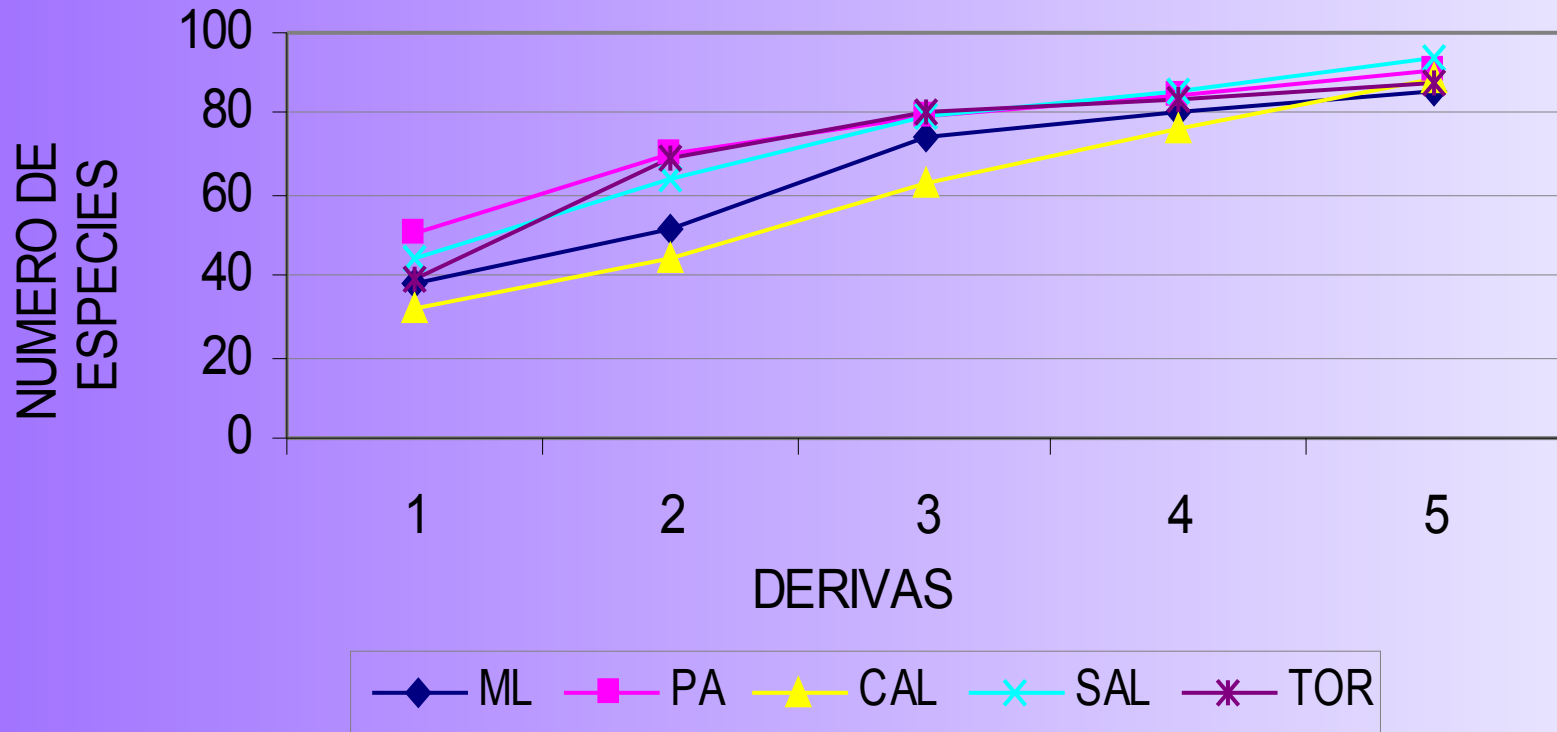
*Distribución de los datos*

*Diferencias significativas*

# RESULTADOS y DISCUSIÓN

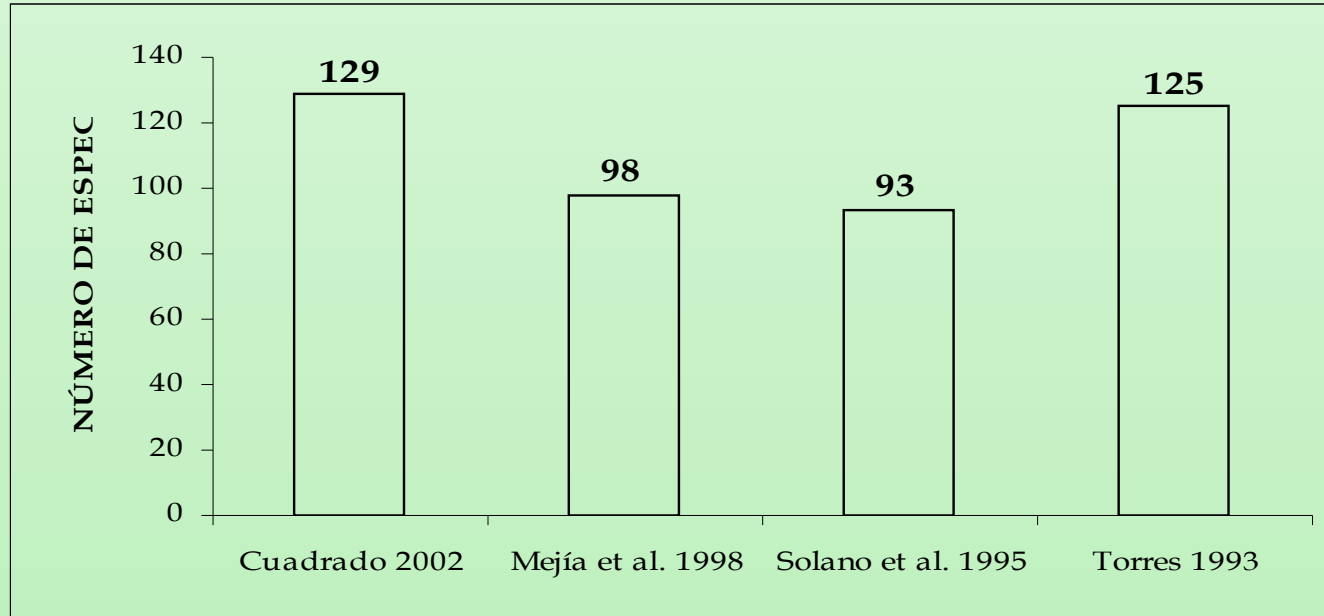


# Número de Muestras



Solano *et al.* (1995), Williams (1982) → 5 Replicas

# Riqueza en el Área



*Tamaño reducido de los arrecifes* →

*Alta riqueza de especies*

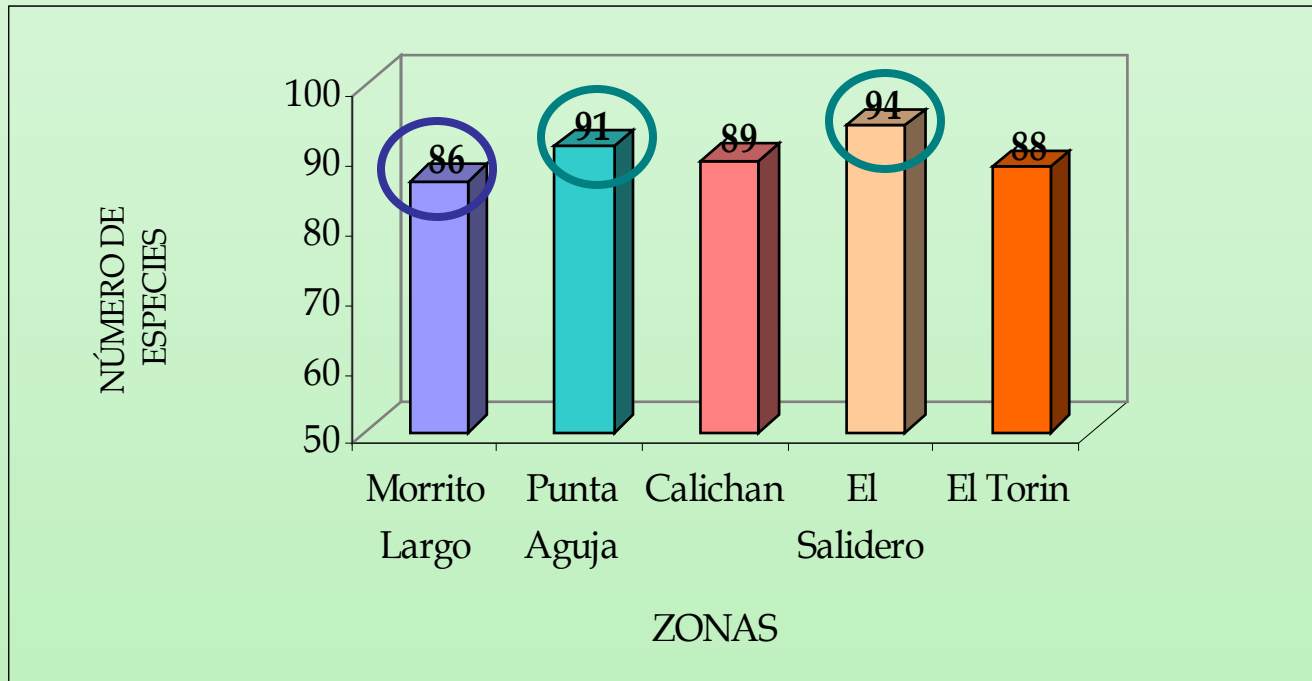
**Riqueza**



***Amplia disposición de Nichos (COEXISTENCIA)***  
(Tymothy & Johnson 1998, Garzón 1989, Kolasa 1989)

***Heterogeneidad física y ambiental***  
(Díaz 1991, Acero y Garzón 1986)

# Riqueza por zonas



*Mayor Riqueza*

El Salidero  
Variada  
May  
Relieve más irregular

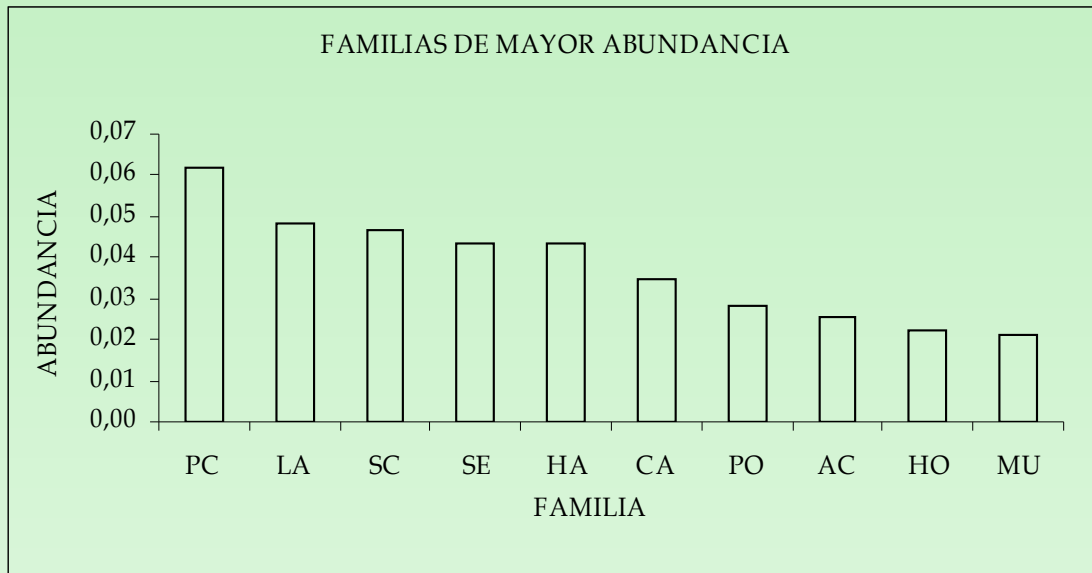
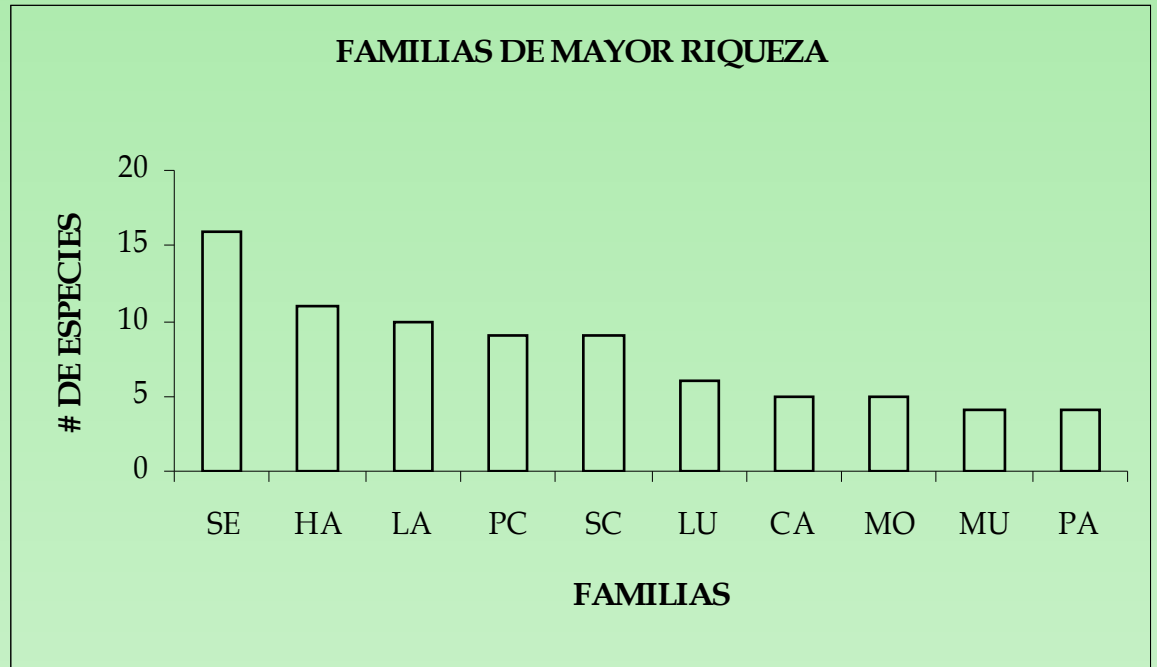
*Menor riqueza*

*Morrito Largo*

Influencia de corrientes  
Verticalidad



# FAMILIAS



- SERRANIDAE
- HAEMULIDAE
| LABRIDAE |  |
| POMACENTRIDAE |  |
| SCARIDAE |  |



# *Familias más Importantes*



## **SERRANIDAE**

16 Especies, 7 géneros  
15 Carnívoras  
1 Planctofaga



## **HAEMULIDAE**

11 Especies, 2 géneros  
Carnívoras



**LABRIDAE**

10 Especies, 5 géneros

Carnívoras



**POMACENTRIDAE**

9 Especies, 4 géneros

6 Omnívoras

2 Herbívoras

1 Planctófaga



## SCARIDAE

9 Especies, 3 géneros

8 Herbívoras

1 Carnívora

Comunidad  
íctica

Compleja

Altamente  
desarrollada

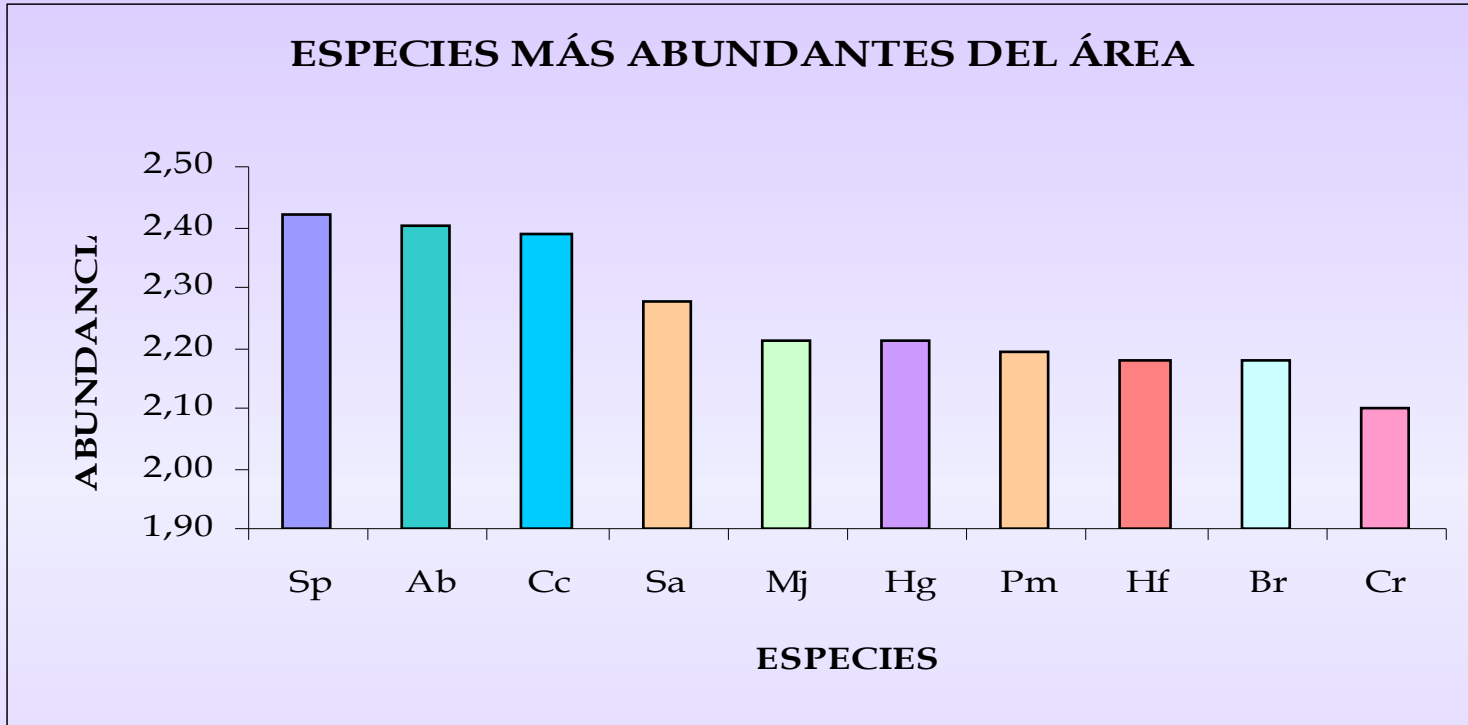


*Solano et al. 1995*

*Torres 1993*

*Jones & Thompson 1978*

# Abundancia



**Sp** *Stegastes partitus*  
**Ab** *Acanthurus bahianus*  
**Cc** *Cromis cyanea*  
**Sa** *Sparisoma aurofrenatum*  
**Mj** *Myripristis jacobus*

**Hg** *Halichoeres garnoti*  
**Pm** *Pseudopeneus maculatus*  
**Hf** *Haemulon flavolineatum*  
**Br** *Bodianus rufus*  
**Cr** *Canthigaster rostrata*

## *Especies más abundantes*



*Stegastes partitus*  
Damisela bicolor

Omnívora  
Long. 4-7 cm.  
Prof. 1-25 m.

## *Acanthurus bahianus*

Navajero cirujano  
Herbívora  
Long. 10-20 cm.  
Prof. 12-18 m.





*Chromomys cyanea*  
Chopita azul

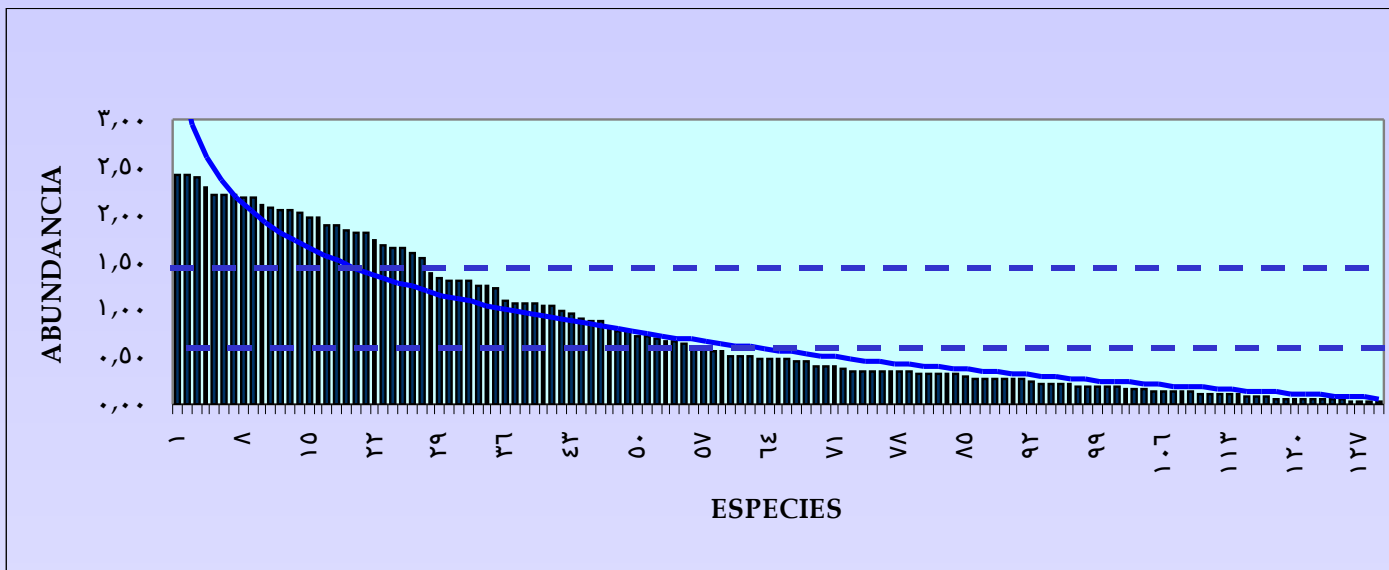
Herbívora  
Long. 7-10 cm.  
Prof. 18 m.

*Sparisoma aurofrenatum*  
Loro manchado

Herbívora  
Long. 30-40 cm.  
Prof. 1-27 m.

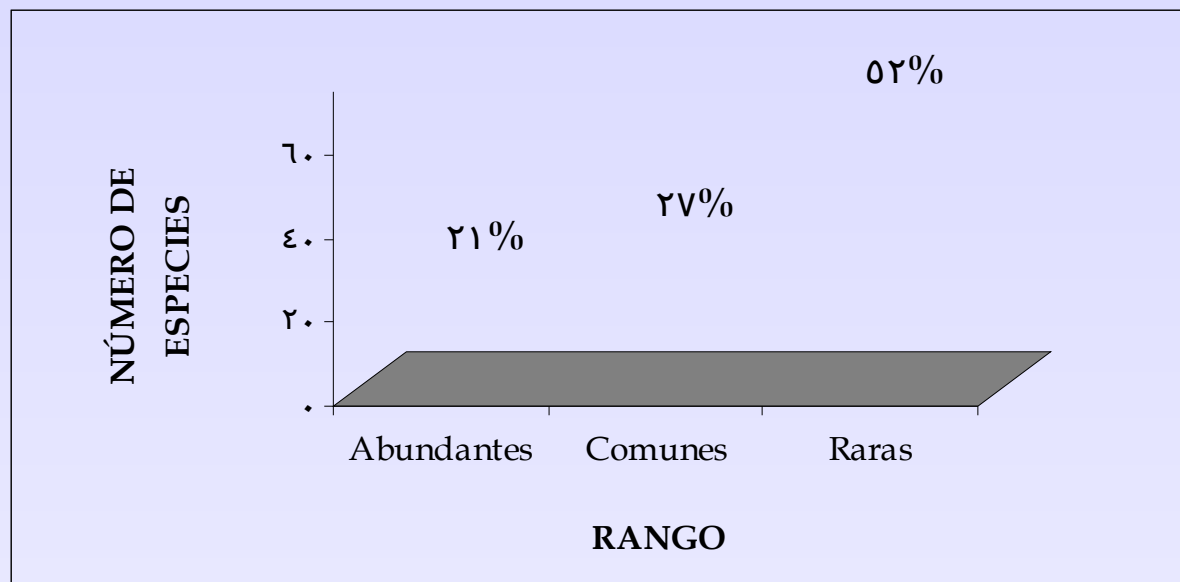


# COMUNIDAD

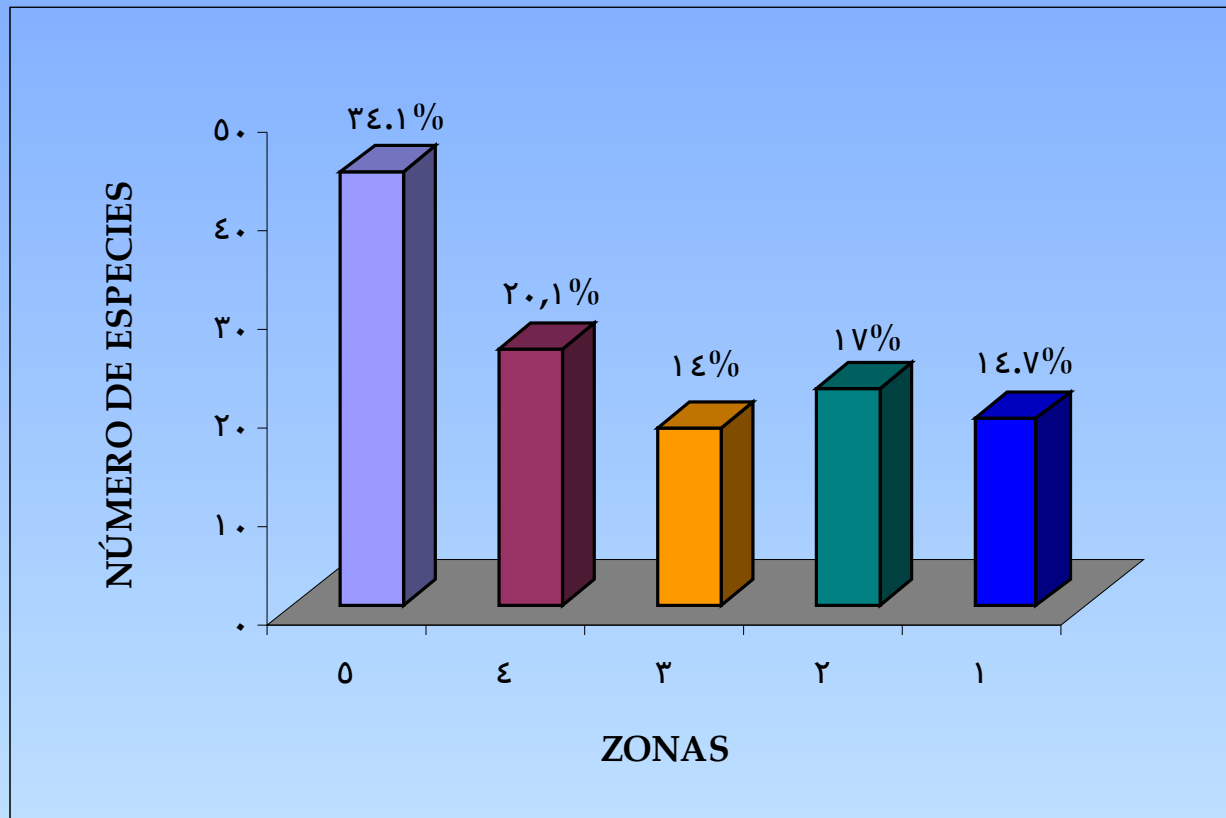


*Clasificación  
de especies  
según su  
abundancia*

0 - 0.50 Raras  
0.51-1.50 Comunes  
+1.50 Abundantes

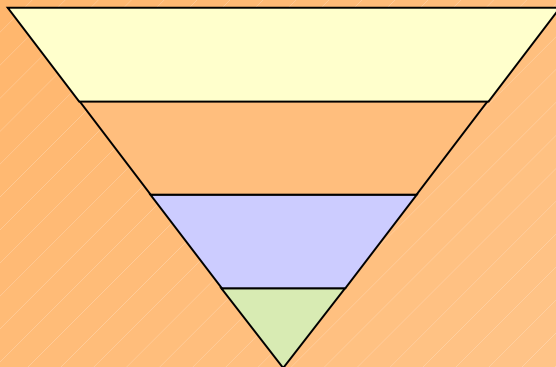
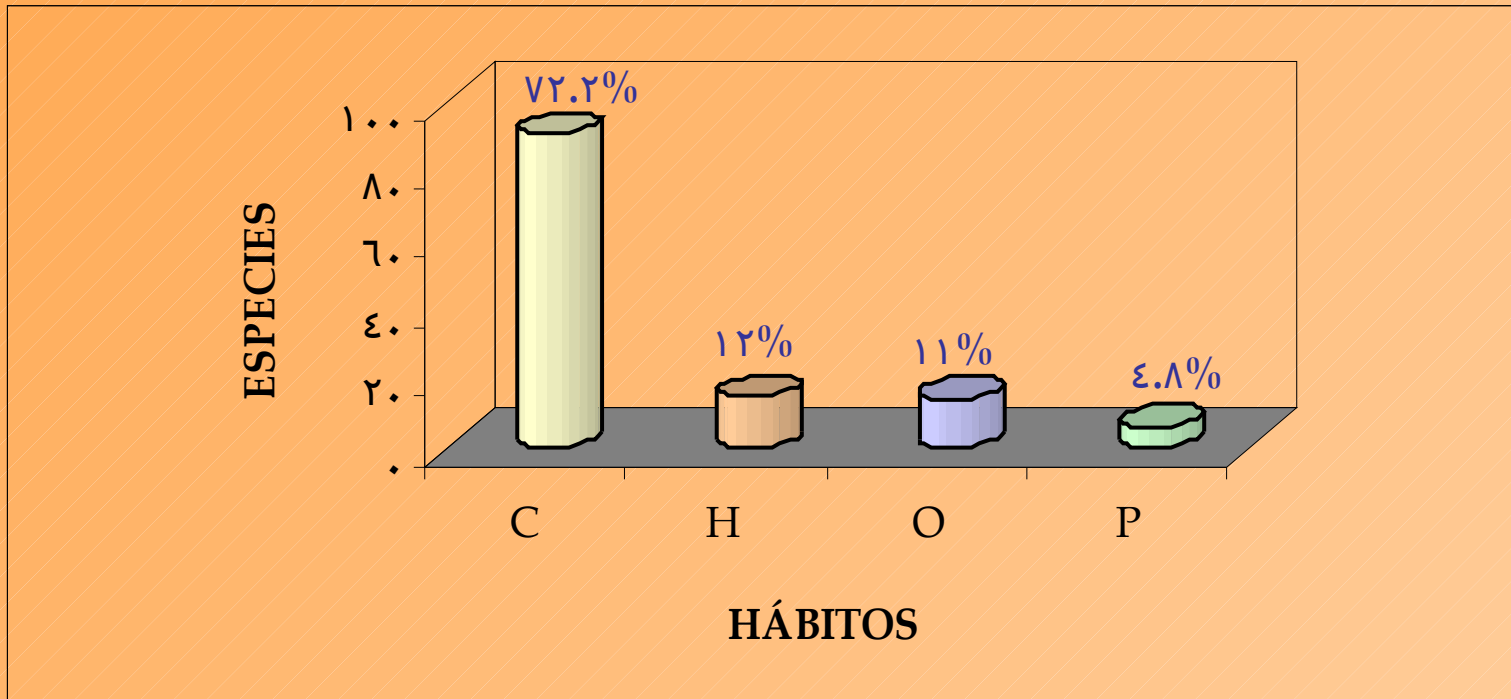


# *Distribución de las especies en el área*





# ESTRUCTURA TRÓFICA



*Piramide de Biomasa Invertida  
(Goldman & Talbot 1976)*

*Diversificación Predadores:*

- *Repartición de presas*
- *Ciclos de actividad de Forrajeo*

# *Diversidad*

<b>Zonas</b>	<b>ID Simpson (Inverso)</b>	<b>ID Shannon- Wiener</b>
<b>ML</b>	0.9830	4.2034
<b>PA</b>	0.9841	4.2698
<b>CAL</b>	0.9833	4.2434
<b>SAL</b>	0.9843	4.2741
<b>TOR</b>	0.9839	4.2081

*Shannon-Wiener* = 4.2 → **Muy Alta Diversidad**

*Simpson* = 0.98 → **Muy Baja Dominancia**

*(Ramírez 1999)*

*Pielou*: Índice de  $H'$  máximo, todas las especies están representadas en proporciones iguales.

*Índice de  
Shannon-Wiener*

4.2



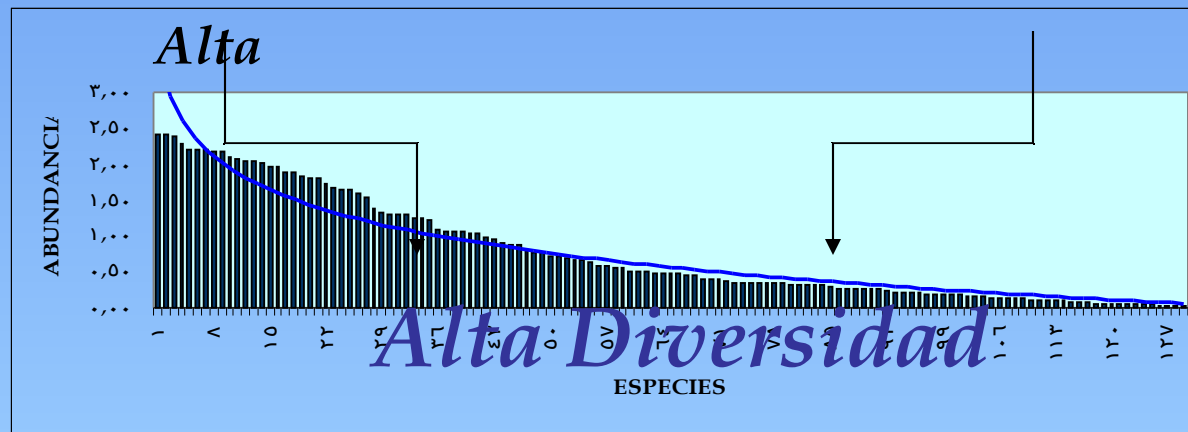
**UNIFORMIDA  
D**

*Índice de  
Simpson*

0.02



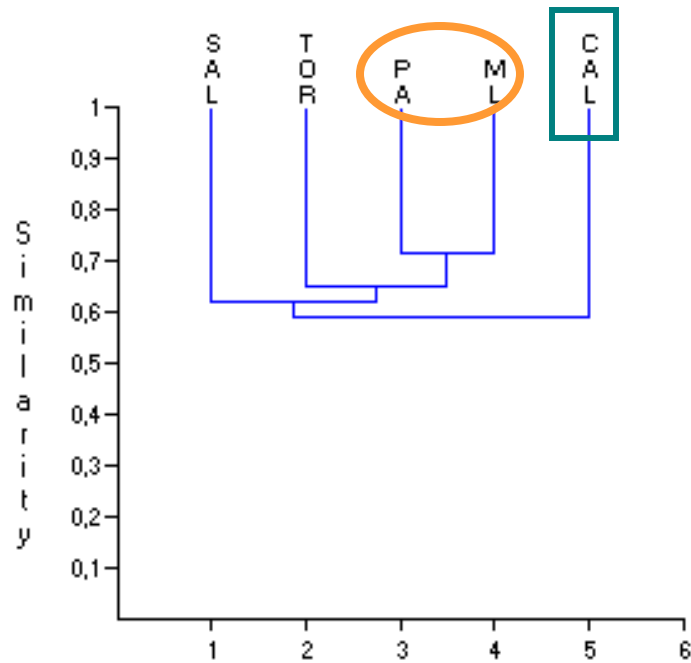
**HETEROGENIDAD  
Baja**



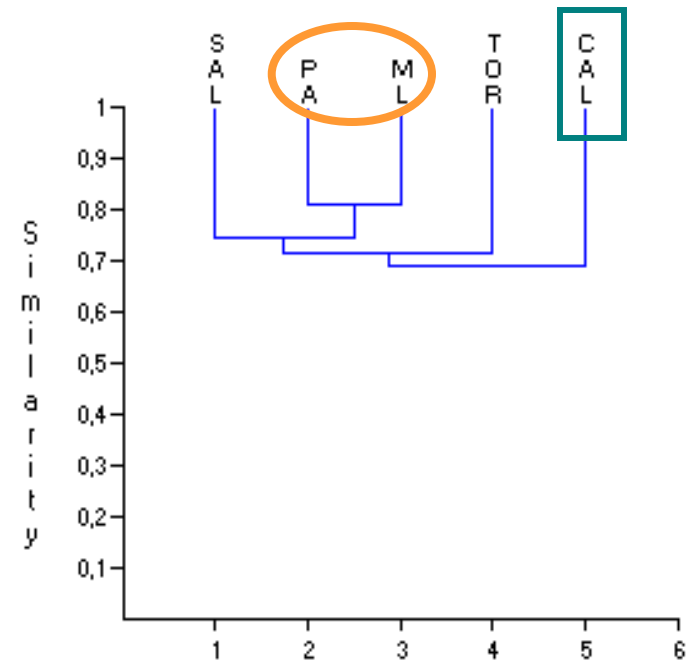
# Similitud

	ML	PA	CAL	SAL	TOR
ML	*	0.193	0.318	0.272	0.325
PA	0.73	*	0.275	0.245	0.265
CAL	0.53	0.60	*	0.306	0.317
SAL	0.61	0.62	0.59	*	0.257
TOR	0.60	0.69	0.35	0.42	*

## Jaccard



## Bray-Curtis



*Prueba de  $\chi^2$*   $\longrightarrow$   $p = 0.758$

*Prueba de Kruskal-Wallis*

**DISTRIBUCIÓN  
DIFERENTE A  
LA NORMAL**

$df = 4$   
 $\alpha 0.05$

*Rechaza la  $H_0$*

$H = 9.488$

*“Las zonas son muy  
similares entre sí, y NO  
presentan diferencias  
significativas”.*

## *Causas posibles de la similaridad entre zonas muestreadas:*

- Similaridad en estructura y tamaño de los arrecifes (Sale & Douglas 1984)
  - Cercanía de las zonas de muestreo (factores ambientales locales)
  - Ausencia de barreras importantes para distribución (Acero *et al.* 1990)
- Procesos determinísticos, densidad dependiente de predación o competencia (Sale 1996)
- Requerimientos e imposiciones de la historia de vida de las especies
- Poca oportunidad de cambio (composición de especies)

# CONCLUSIONES

En cada zona se presentan valores altos de riqueza, lo que demuestra la alta diversidad del área considerando el reducido espacio que ocupan las zonas de estudio. Aceptar Ha1.

Los bajos valores de abundancia relativa por especie obtenidos, permiten establecer la baja dominancia de especies y es posible explicación de los altos valores de diversidad, confirmando la Ha2 planteada.

La diversidad de las zonas fue alta mostrando una variada comunidad íctica, con poca uniformidad en el área presentando muchas especies raras o poco frecuentes y pocas dominantes.

La similitud entre las comunidades ícticas del área fue evidente y es posible consecuencia de la estructura arrecifal, la cercanía entre parches y las condiciones ambientales a las que están sometidas.

Las comunidades ícticas del área pueden definirse como altamente complejas debido a la gran cantidad y la baja dominancia de especies que presentan.

Las zonas que presentaron mayor cantidad de especies son las que presentan mayor irregularidad en el sustrato.

Los valores de abundancia más altos obtenidos por especies y familias demuestran la consistencia entre las comunidades ícticas presentes en el Caribe.

La predominancia de las especies carnívoras en las comunidades hacen pensar que se puede presentar el fenómeno de solapamiento de nichos o repartición de recursos.

La diversidad del área puede deberse principalmente a la relación de las comunidades ícticas con las características físicas y ecológicas del medio.



# *RECOMENDACIONES*

Realizar estudios particulares sobre los requerimientos biológicos, fisiológicos y ecológicos de cada una de las especies.

Estudios basados en la misma metodología durante las diferentes épocas del año que puedan reflejar la dinámica de las poblaciones ícticas y con ella los factores que la determinan y la limitan.

Establecer el grado de deterioro que presenta el área y determinar sus causales.

Establecer porcentajes de la comunidad coralina, su estado y su relación con la comunidad íctica.

Identificar las intervenciones antrópicas que actúan sobre el medio y su grado de influencia sobre el arrecife y en las comunidades biológicas que lo habitan.

Efectuar estudios de seguimiento de la comunidad íctica a largo plazo que permitan establecer de manera más exacta su estructura y los factores que sobre ella actúan.

*Utilizar los datos obtenidos en esta investigación como base fundamental en planes ambientales posteriores.*

*Crear lugares específicos de anclaje en cada una de las zonas de estudio evitando de esta manera el deterioro causado por las anclas al ser lanzadas y extraídas.*

*Crear una conciencia en las escuelas de buceo del manejo que los buzos deben hacer en las inmersiones siendo protectores del medio y regulando la acción de estos.*

# AGRADECIMIENTOS

*A Fabio Gómez por la dirección del trabajo.*

*A la Fundación SALVAMAR por el apoyo logístico.*

*A la escuela de buceo POSEIDON por facilitar los equipos y las instalaciones.*

*Al Museo Javeriano de Historia Natural y a su grupo de investigación por los aportes realizados.*

*A Jenny, por poder contar con su apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación.*

*A mis padres por su apoyo moral y económico.*

*A todos los que de una u otra manera me apoyaron.*



***GRACIAS !!!!!***