

DIVERSIDAD DE CONDRICHTHYES Y OSTEICHTHYES EN TRES ECOSISTEMAS MARINOS: MANGLAR, ARRECIFE CORALINO Y ROCOSO DE LA ZONA SUBMAREAL DE LA ISLA SAN CRISTÓBAL

Diversity Condrichthyes Osteichthyes and three Marine Ecosystems: Mangroves, Coral Reef and Rocky Subtidal Zone of San Cristobal Island

Ernesto Leandro Vaca Pita¹, Luís Muñiz Vidarte²

Recibido el 25 de junio de 2011; recibido en forma revisada 15 de octubre 2011, aceptado 25 de noviembre 2011

Resumen

El presente trabajo fue realizado en San Cristóbal-Galápagos, empleando la metodología de transectos lineales de peces en tres tipos de ecosistemas: coral, rocoso y manglar, se utilizó un carrete con una cinta de 50 metros para realizar transectos lineales en donde se registraron las especies de peces y número de individuos para cada una. Se escogieron cinco sitios de la isla representantes de los tres ecosistemas: Isla Lobos, Las Negritas, La Tortuga, Rosa Blanca Manglar, Rosa Blanca Coral y Punta Pitt, desde Febrero hasta Agosto del 2010. Se identificaron un total de 66 especies distribuidas en 32 familias, de las cuales tan solo en 10% resultaron ser especies endémicas a Galápagos, la mayor parte de especies registradas en este estudio fueron especies de amplia distribución y panámicas.

Se detectaron diferencias significativas en los índices de dominancia y riqueza específica entre los ecosistemas manglar-rocoso y manglar-coral, al comparar las diferencias temporales para cada sitio, sólo en las Negritas se evidenciaron estas diferencias (ANOVA dos vías, Tukey $P < 0,05$). A nivel de la estructura comunitaria de peces, los corales y ecosistemas rocosos fueron similares, mientras que los manglares resultaron diferentes con respecto a los otros dos ecosistemas.

Palabras claves: Transectos, diversidad, dominancia, riqueza específica.

Abstract

The present research was done in San Cristóbal – Galápagos applying the lineal transects methodology in three types of ecosystems which are coral, rocky and mangrove, using a 50 meters line to do the transects and taking the fish data about specie and number of individuals. There were chosen five sub tidal places around the island: Isla Lobos, Las Negritas, La Tortuga, Rosa Blanca and Punta Pitt, since February to August 2010. We identified a total of 66 species between 32 families, just the 10% resulted to be endemic to Galápagos, the most part of the species registered for this research were wide distribution species and panamic. There were detected differences between diversity, dominance and specific richness between mangrove – rocky and mangrove – coral ecosystems, comparing the temporal differences for each site, just in Las Negritas were evidence of these differences (two ways ANOVA, Tukey $P < 0,05$). The fish community structure, the corals and rocky ecosystems were similar, while the mangroves resulted different referring to the other ecosystems.

Key words: Transects, diversity, dominance, specific richness.

¹ Egresado de la Carrera de Biología, Tesis de grado – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

² Magister en Diseño Curricular por competencia, Biólogo, Director Tesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

1. Introducción

Las islas Galápagos se encuentran en una ubicación privilegiada donde ocurre la confluencia de 3 grandes corrientes oceánicas, por el norte, la Corriente de Panamá acarreando masas de agua caliente y por el sur la corriente fría de Humboldt y la Subcorriente Ecuatorial (Subcorriente de Cromwell) con grandes masas de aguas frías y productivas que tienen su afloramiento (upwelling) al oeste (Banks, 2002). Esta mezcla de masas de agua ha provocado que la costa de Ecuador, al igual que en el caso de las Islas Galápagos, posea una gran riqueza de especies marinas tanto de aguas tropicales como subtropicales (Rivera, 2005).

Los peces son uno de los grupos neotónicos más abundantes y diversos del océano, presentan un cuerpo de forma fusiforme que les permite deslizarse cómodamente a través del agua, este cuerpo minimiza la cantidad de turbulencia creada por el cuerpo cuando se mueve a través del agua (Wilson, 1985). Galápagos alberga a una gran variedad de especies de peces, de las cuales 444 han sido descritas (Grove & Lavenberg, 1997).

A nivel general, los organismos presentan adaptaciones que los confinan a determinados tipos de ecosistemas en los cuales tienen la oportunidad de desenvolverse y subsistir. Los peces de arrecife son concretamente aquellos que se asocian directa e íntimamente con el substrato rocoso con fines de alimentación, refugio, protección y/o reproducción (Thomson et al., 1979; Ryer y Olla, 1995). La estructura de las comunidades de peces en los ambientes de arrecifes coralinos es el resultado de la interacción de factores y procesos que operan a diferentes escalas, tanto espaciales como temporales (Chávez, 2008).

Ciertas especies de peces suelen ser muy abundantes en los ecosistemas, Chávez (2008) demuestra en sus resultados que especies, como por ejemplo *Chromis atrilobata* y *Thalassoma lucasanum*, serranidos y Pomacentridos fueron las más abundantes. Estas especies son la mayoría de origen panámico y son visitantes ocasionales de arrecifes rocosos y

coralinos (Chávez, 2008), similares a las especies presentes en la isla San Cristóbal que se localiza en la región sureste del archipiélago. Sin embargo, existen ciertas especies que se destacan por su alta tasa de ocurrencia en casi todos los tipos de ecosistema en la mayoría de las islas, como es el caso de las damiselas (Familia: Pomacentridae), que son el componente más distribuido y abundante de las comunidades de peces de arrecife y son considerados como herbívoros numéricamente dominantes en ciertos arrecifes y hábitats (Scott and Russ, 1987; Ceccarelli, 2007).

La diversidad de las comunidades naturales es un atributo altamente complejo, resultante de factores físicos y biológicos que pueden estar organizados tanto en el espacio como en el tiempo, es por esta razón que el estudio de la diversidad se realiza mediante factores aislados (Vásquez et al. 1998), por lo cual este estudio se enfoca en determinación de las estructuras de las comunidades de peces óseos y cartilagosos en Galápagos, específicamente en la isla San Cristóbal mediante el análisis de la abundancia y diversidad de los mismos, y enfocándose en el tipo de ecosistema como factor determinante. Los estudios realizados en peces de arrecife en el Golfo de California se han basado fundamentalmente en la descripción faunística o en la estructura de las comunidades, más no en la estimación de la abundancia (Jiménez, 1999), en el presente estudio se toma en cuenta ambas.

Justificación

La Reserva Marina de Galápagos (RMG) presenta más de 444 especies descritas (Grove & Lavenberg, 1997), de las cuales todavía persisten muchas especies sin ser descritas. A nivel global, sobre peces poco se sabe todavía de su dinámica poblacional, como el grado de crecimiento, supervivencia, fecundidad y reclutamiento (Trujillo, 2003), existe una conspicua pausa de la investigación científica en la vida marina de las Galápagos (Grove et al., 1984), también se desconoce cómo están conformadas las comunidades que habitan cada ecosistemas marino, especialmente los que tienen presencia de corales que son en teoría los que más diversidad

contienen y es sorprendente pese a que en Galápagos son muy escasos y han sido severamente afectados durante eventos de Oscilación Sur-este El Niño (OSEN), especialmente en el evento de 1982-1983. Las altas temperaturas causaron blanqueamiento (Bleaching) y mortalidad en muchos arrecifes coralinos a lo largo de archipiélago. Actualmente hay indicios de recuperación en las colonias de coral gracias a los peces y erizos (Bio-erosionadores) que al alimentarse despejan áreas recubiertas de algas y permiten que los corales se puedan asentar y repoblar (Glynn et al., 2009).

Hipótesis

La diversidad de los peces cartilaginosos y óseos en la isla San Cristóbal está determinada por el tipo de ecosistema en la zona submareal de la misma.

Objetivos

Objetivo General

1. Determinar la diversidad de peces cartilaginosos y óseos en tres ecosistemas marinos: manglar, arrecife coralino y rocoso de la zona submareal de la isla San Cristóbal.

Objetivos Específicos

1. Identificar las especies de peces que ocurren dentro de cada uno de los ecosistemas.
2. Determinar la diversidad en cada ecosistema.
3. Caracterizar la función de cada nicho ecológico.

2. Materiales y Métodos

Materiales

Recursos Humanos

El Equipo humano involucrado en las actividades de la tesis estará constituido por el tesista Leandro Vaca Pita, por los asesores externos: El máster en ciencias Juan Carlos Murillo Responsable de Recursos Marinos de la isla San Cristóbal y tutor

directo otorgado por la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), y la Doctora Judith Dekinger Profesora de la universidad San Francisco de Quito (USFQ).

Recursos Institucionales

El presente trabajo estará bajo el financiamiento del Parque Nacional Galápagos (PNG), dicha institución dedicada al Manejo y Conservación de los Recursos de la Reserva Marina de Galápagos.

Materiales de Campo

- Embarcaciones, lanchas de patrullaje Sea ranger 8 y 10.
- GPS.
- Equipo de buceo.
- Carrete con cinta de 50 metros.
- Cámara fotográfica Canon PowerShot SD 1200 IS (Housin).
- Tabla de PVC para anotaciones bajo el agua.

Métodos

Área de Estudio

La Reserva Marina fue creada el 18 de Marzo de 1998 y es manejada por el Servicio Parque Nacional Galápagos, siendo una de las más grandes en el mundo y la primera Reserva Marina de Ecuador. El 13 de Diciembre del año 2001, se anunció oficialmente por parte del Comité de Patrimonios de la UNESCO la inclusión de la Reserva Marina de Galápagos (RMG) como Patrimonio Natural de la Humanidad. Está constituida por 138.000 kilómetros cuadrados del Océano Pacífico, con el objetivo principal de conservar las especies marinas que habitan las islas y limitar la pesca industrial, promocionando el turismo, pesca artesanal y buceo. El área de estudio, la isla San Cristóbal se encuentra ubicada entre los 0°51'23.41" S de latitud y 89°17'25.31" O de longitud y tiene un perímetro costero de aproximadamente 159 km. El proyecto se centrará en tres zonas ecológicas de cinco sitios en particular en esta isla.

Muestreo de campo

Los empezé a tomar datos desde el 20 de Febrero del 2010 hasta el 31 de Agosto del 2010, se realizaron un total de 23 salidas y 181 transectos, estos fueron realizados durante el día en 5 sitios de la isla San Cristóbal, estos fueron: Punta Pitt, Rosa Blanca, Negritas, Isla Lobos y La Tortuga (Fig 1). Para trasladarse a los sitios de monitoreo se contó con el apoyo de una de las fibras del PNG, en cada salida se presentaron diferentes estados de marea (pleamar y bajamar).



Figura 1. Mapa de las Isla San Cristóbal, especifica los 5 sitios en donde se realizaron los monitoreos con el respectivo tipo de ecosistema de cada sitio y sus coordenadas, estos son: Negritas (Rocoso) 0°56'29.74" S y 89°35'07.84" O; Isla Lobos (Rocoso) 0°51'34.07" S y 89°33'42.69" O; Rosa Blanca (Coral y manglar) 0°48'29.50" S y 89°20'32.00" O; La Tortuga (Manglar) 0°42'28.12" S y 89°24'28.39" O; Punta Pitt (Coral) 0°41'58.99" S y 89°14'42.24" O.

Los datos fueron obtenidos mediante censos visuales empleando buceo SCUBA y snorkel, los transectos tuvieron 50 metros de longitud utilizando una cinta métrica de fibra de vidrio de 50 metros de largo y fueron realizados por un equipo de 3 personas, dos de las cuales se encargaban de trazar el transecto y tomar datos, la tercera persona se encargaba de tomar fotografías a los peces y a las características del ecosistema en general.

Posteriormente se identificaba las especies de peces mediante la utilización de una guía casera hecha por el autor basada en las siguientes referencias: peces de arrecife de Galápagos de Paul Humman (1993) y Grove & Lavenberg (1997).

Las salidas se realizaron en la mañana, en sitios como los manglares se realizaba snorkel, en el caso de lugares con presencia de ambientes rocosos y corales se realizaba buceo SCUBA, ya que por lo general estos ecosistemas eran monitoreados a una profundidad de entre 7 a 14 metros de profundidad, inmediatamente se buscaba un sitio con el sustrato adecuado (rocoso, coral o raíces de manglar) para empezar el primer transecto.

- Un miembro del equipo se encarga de sostener el carrete que contiene la cinta (50 metros), mientras que los otros dos miembros se colocan a cada lado de la línea.
- Los 2 miembros a cada lado de la línea de transecto (Figura 2a) empiezan a nadar y a tomar datos de los peces tomando como referencia 1 metro a partir de la línea de transecto, en este caso cada pez que se encuentra dentro de los 2 metros (lado izquierdo y derecho de la línea) es anotado (Figura 2b).
- La información que se toma es la especie y el número de individuos, también se toman datos de temperatura y profundidad con la ayuda de una computadora de buceo.

El número de réplicas que se obtuvo fue de entre 3 a 5 por sitio.



Figura 2. (a) Muestra a los dos buzos ubicados a cada lado del transecto, para tomar datos de la ictiofauna (b) Muestra a la ictiofauna que ocurre dentro del transecto.

Análisis estadísticos

Para el cálculo de diversidad se utilizarán los siguientes indicadores:

Número total de especies (S), índice de Margalef (d): $d = (S-1)/\log N$, donde N = el número total

de individuos.

La diversidad (H') que se obtiene a través del índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949).

$$H' = - \sum p_i (\log_b p_i)$$

donde p_i es la proporción del conteo total alcanzado por la especie i .

La equidad (J') que se obtiene de acuerdo a Pielou (1966):

$$J' = H' (\text{observada}) / H' \text{max}$$

donde $H' \text{max}$ es la máxima diversidad posible que podría alcanzarse si todas las especies fueran igualmente abundantes ($= \log S$). Cuando $J' = 0$, no existe equidad y cuando $J' = 1$ implica máxima equidad (Krebs, 1985). Todo esto con la ayuda del Paquete informático PRIMER.

Para conocer las diferencias entre cada índice que representa a cada ecosistema, se realizará un ANOVA's de 2 vías en el STATISTICA V8; siendo uno de los vías cada factor ambiental medido (temperatura y condición del oleaje).

Se elaboró una matriz de similitud triangular basada en el coeficiente de similitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957):

$$S_{jk} = 100 \frac{\sum_{i=1}^p 2 \min (y_{ij}, y_{ik})}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})}$$

y_{ij} representa la fila i y la columna j de la matriz de datos, por ejemplo, la abundancia de la especie i en la muestra j ($i = 1, 2, \dots, p$; $j = 1, 2, \dots, n$).

Se realizó un análisis exploratorio de los datos por medio del procedimiento MDS, y se representó la similitud en la estructura de la comunidad entre ecosistemas y sitios por medio de un dendrograma (cluster), posteriormente se sometió a un análisis estadístico ANOSIM de 1 vía para evaluar las

diferencias en la estructura de la comunidad de zonas y por último se identificaron las especies tipificantes y discriminantes para conocer cuáles resultaron ser las principales causantes de tales diferencias entre los ecosistemas (SIMPER).

En las tablas en que se enlistan las especies más ocurrentes, se tomó solamente en cuenta las que obtuvieron un porcentaje mínimo de 1% en la composición de especies de todos los sitios y por sitios, mientras que el resto que representaron menos del 1% se los detalla como un solo grupo (Otros), también se coloca el número total de especies (N) que se estimaron en los muestreos con transectos.

3. Resultados

Índices de diversidad y dominancia por ecosistemas

El número de especies o riqueza específica (S) fue claramente superior en Punta Pitt con un total de 47 especies, seguido por Rosa Blanca con 39 especies, mientras los valores más bajos estuvieron en las Negritas con 33 y Rosa Blanca Manglar con 31 especies. Los ecosistemas con mayor diversidad de peces fueron los Coralinos (Tabla 1).

Los sitios con comunidades coralinas mostraron los mayores valores de diversidad de Margalef (d) (es decir más especies y abundantes), representados por los sitios Punta Pitt y Rosa Blanca Coral (Tabla 1).

El índice de Dominancia de Simpson (λ) tuvo su valores más altos en La Tortuga con 0,31 seguido por Rosa Blanca Manglar con 0,25 y Punta Pitt con 0,24; mientras que los sitios que mostraron menor dominancia fueron Negritas, Rosa Blanca Coral e Isla Lobos con 0,17; 0,17 y 0,14 respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Muestra los índices: número de especies (S), número de peces contados N , Equidad (J'), Dominancia Simpson (λ) y diversidad H' (**loge**) de todos los sitios muestreados.

Sitios de muestreo	Riqueza específica S	N	diversidad d	Equidad J'	H'(loge)	Dominancia λ
Isla Lobos Rocosos	32	6941	3,51	0,64	2,20	0,14
La Tortuga Manglar	32	3269	3,83	0,51	1,78	0,31
Negritas Rocosos	33	5167	3,74	0,60	2,09	0,17
Punta Pitt Coral	47	8992	5,05	0,53	2,05	0,24
Rosa Blanca Coral	39	5718	4,39	0,59	2,15	0,17
Rosa Blanca Manglar	31	5160	3,51	0,49	1,67	0,25

Diversidad y dominancia según estación climática, ecosistemas y sitios

Al comparar los índices de diversidad de Margalef (d) y Dominancia de Simpson (λ) con relación a las variables ecosistemas y estación climática (T°), sí se detectaron diferencias significativas entre ecosistemas pero no entre estaciones climáticas dentro de cada ecosistema (ANOVA dos vías, $P > 0,05$; prueba Tukey); es así que existen diferencias significativas en la diversidad d de los ecosistemas coralinos y rocosos con relación al ecosistema de manglar (Figuras 8), Mientras que en la dominancia (λ) existen diferencias marcadas entre la comunidades de peces del Manglar y los otros dos ecosistemas (Figura 9). De manera gráfica se nota una mayor diversidad en época cálida (invierno) que en la fría (verano).

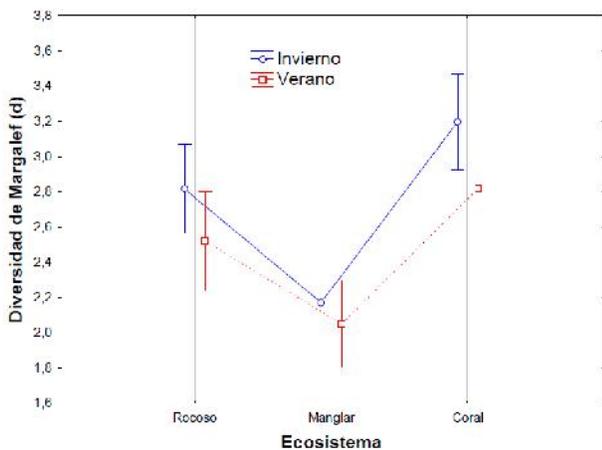


Figura 8. Muestra los índices de diversidad en cada uno de los tres ecosistemas y entre estaciones climáticas para cada ecosistema.

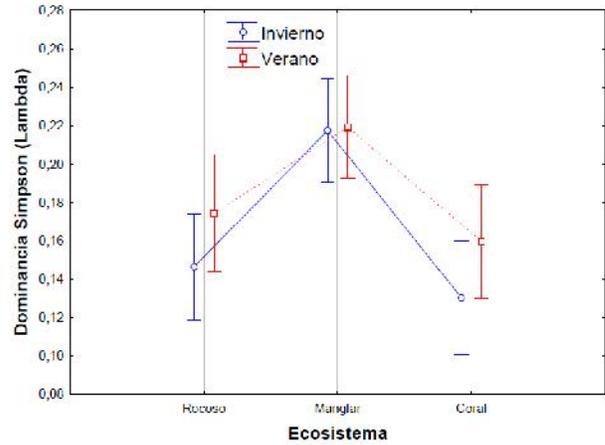


Figura 9. Muestra los índices de dominancia de Simpson en los tres tipos de ecosistemas y por estación climática.

Las comunidades de peces muestreadas en Punta Pitt Coral, Rosa Blanca Coral y las Negritas Rocosos presentaron el mayor número de especies S con $N= 48$, $N=39$ y $N=33$ respectivamente, además de los valores más altos de riqueza específica (ANOVA dos vías, $P > 0,05$; prueba Tukey; Figura 10); sólo en las Negritas se detectaron diferencias significativas según la estación climática, siendo (d) mayor en invierno que en verano.

Por otro lado, los sitios La Tortuga y Rosa Blanca Manglar tuvieron los mayores índices de dominancia, con valores altos tanto de verano como en invierno. También se observan valores altos de dominancia en las Negritas Rocosos en verano y en isla Lobos rocosos en invierno (Figura 11).

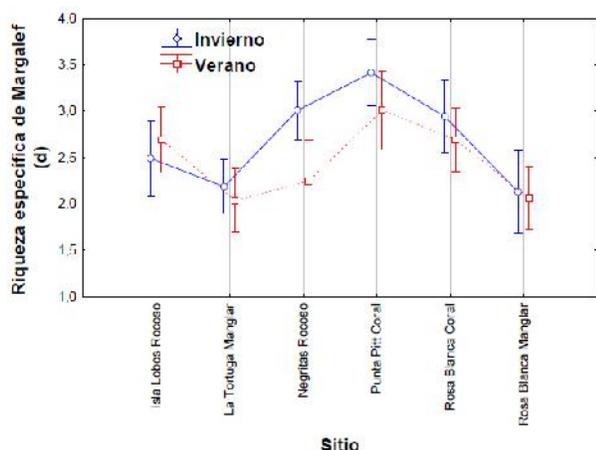


Figura 10. Comparación de los valores de diversidad de Margalef (d) de cada sitio muestreado.

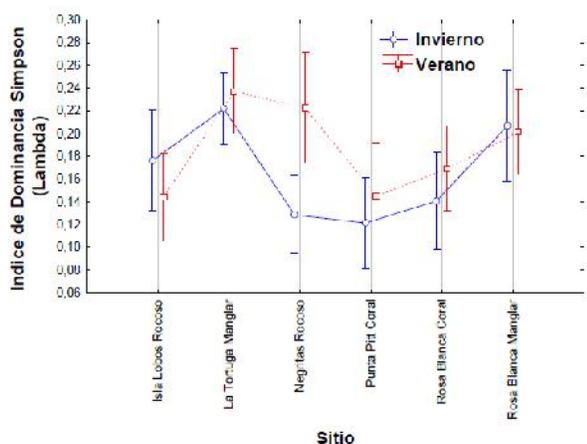


Figura 11. Comparación del índice de dominancia de Simpson (Lambda) de cada sitio muestreado.

Similitud de la estructura comunitaria entre ecosistemas

Los resultados del dendograma y mapa de MDS de las Figuras 12 y 13 muestran una clara diferencia en la similitud de la estructura de la comunidad de los sitios con ecosistemas de manglar (sitios La Tortuga y Rosa Blanca) con relación a los otros sitios representantes de los ecosistemas rocoso y coral; mientras que la Prueba de muestras pareadas de ANOSIM (Tabla 2), presenta valores de $R > 0,76$ entre el ecosistema de manglar versus el rocoso y coralino, lo que implica mayor grado de disimilitud en la estructura de estas comunidades; por el contrario

al comparar el ecosistema coralino con el rocoso el valor de R es bajo (0,16) indicando un alto grado de similitud.

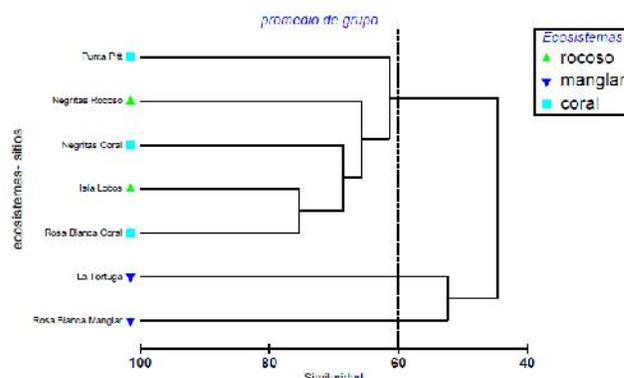


Figura 12. dendograma de análisis de cluster para cálculo de similitud en la estructura de las comunidades de peces de los sitios muestreados.

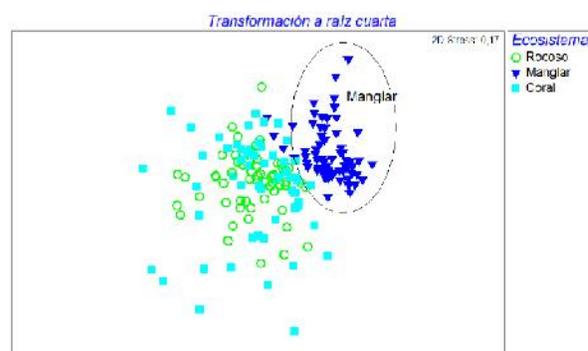


Figura 13. Mapa MDS de Similitud de Bray Curtis entre los ecosistemas estudiados en la isla San Cristóbal.

Especies representativas por sitios de muestreo

Las especies más representativas en todos los ecosistemas fueron: *Prionurus laticlavus* con 18,2%, *Halichoeres dispilus* con 14,0%, *Thalassoma lucasanum* con 13,4%, *Stegastes arcifrons* con 10,5%, *Stegastes beebei* con 10,0%; mientras que 54 especies contribuyen sólo con el 7.4% de la abundancia (Tabla 11).

Tabla 11. Número de especies más representativas, total de individuos y porcentajes por especies.

Especies	Total	%
<i>Prionurus laticlavus</i>	6410	18,2
<i>Halichoeres dispilus</i>	4917	14,0
<i>Thalassoma</i>	4709	13,4

<i>Stegastes arcifrons</i>	3715	10,5
<i>Stegastes beebei</i>	3541	10,0
<i>Apogon atradorsatus</i>	1885	5,3
<i>Scarus ghobban</i>	1714	4,9
<i>Paranthias colonus</i>	1436	4,1
<i>Xenocys jessiae</i>	1361	3,9
<i>Bodianus diplotaenia</i>	1008	2,9
<i>Abudefduf troschelii</i>	803	2,3
<i>Anisotremus</i>	633	1,8
<i>Gerres cinereus</i>	524	1,5
Otros (N=54)	2591	7,4
Total	35247	100,0

En isla Lobos se registraron un total de 32 especies, siendo las más representativas: *Stegastes beebei* con 20,7%, *Prionurus laticlavus* con 16,7%, *Halichoeres dispilus* con 16,1%, *Xenocys jessiae* con 15,3%, *Paranthias colonus* con 11%; 21 especies en este sitio contribuyeron sólo 2,7% de la abundancia total en la zona (Tabla 12).

Tabla 12. Número de especies más representativas de Isla Lobos, total de individuos y porcentajes por especies N=32

Especies	Total	%
<i>Stegastes beebei</i>	1437	20,7
<i>Prionurus laticlavus</i>	1159	16,7
<i>Halichoeres dispilus</i>	1115	16,1
<i>Xenocys jessiae</i>	1060	15,3
<i>Paranthias colonus</i>	764	11,0
<i>Thalassoma</i>	473	6,8
<i>Apogon atradorsatus</i>	219	3,2
<i>Chromis atrilobata</i>	172	2,5
<i>Bodianus diplotaenia</i>	145	2,1
<i>Stegastes arcifrons</i>	142	2,0
<i>Holocanthus passer</i>	66	1,0
Otros (N=21)	40	2,7
Total	6792	100

En la Tortuga se registraron un total de 32 especies, y entre las más abundantes están: *Stegastes arcifrons* con 51,8%, *Gerres cinereus* con 16%, *Abudefduf troschelii* con 8,9%,

Xenomugil thoburni con 5,2%. 21 especies representan el 4,8% del total contado durante los muestreos (Tabla 13).

Tabla 13. Número de especies más representativas de La Tortuga, total de individuos y porcentajes por especies N=32

Especies	Total	%
<i>Stegastes arcifrons</i>	1693	51,8
<i>Gerres cinereus</i>	523	16,0
<i>Abudefduf troschelii</i>	292	8,9
<i>Xenomugil thoburni</i>	169	5,2
<i>Xenocys jessiae</i>	141	4,3
<i>Haemulon scudderii</i>	67	2,0
<i>Lutjanus argentiventris</i>	61	1,9
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	59	1,8
<i>Sphoeroides annulatus</i>	42	1,3
<i>Thalassoma lucasanum</i>	34	1,0
<i>Labrisomus dendriticus</i>	32	1,0
Otros (N=21)	156	4,8
Total	3269	100,0

Las especies más representativas de Las Negritas fueron: *Halichoeres dispilus* con 29,7%, *Prionurus laticlavus* con 17,9%, *Thalassoma lucasanum* con 16,3%, *Stegastes beebei* con 14,4% mientras que 23 especies aportaron con 4,5% de la abundancia total (Tabla 14).

Tabla 14. Número de especies más representativas de Las Negritas, total de individuos y porcentajes por especies N=33.

Especies	Total	%
<i>Halichoeres dispilus</i>	1535	29,7
<i>Prionurus laticlavus</i>	923	17,9
<i>Thalassoma lucasanum</i>	842	16,3
<i>Stegastes beebei</i>	743	14,4
<i>Bodianus diplotaenia</i>	221	4,3
<i>Stegastes arcifrons</i>	206	4,0
<i>Chromis atrilobata</i>	142	2,7
<i>Paranthias colonus</i>	127	2,5
<i>Plagiotremus azaleus</i>	100	1,9
<i>Holocanthus passer</i>	93	1,8
Otros (N=23)	235	4,5
Total	5167	100

Las especies más representativas de Punta Pitt fueron: *Prionurus laticlavus* con 44,9%, *Apogon atradorsatus* con 14,6%, *Thalassoma lucasanum* con 6,7%, *Anisotremus interruptus* con 6,3%, *Halichoeres dispilus* con 6%, *Bodianus diplotaenia* con 5,2%; otras especies (N= 38 especies) representaron el 6,8% (Tabla 15).

Tabla 15. Número de especies más representativas de Punta Pitt, total de individuos y porcentajes por especies N=47.

Especies	Total	%
<i>Prionurus laticlavus</i>	4035	44,9
<i>Apogon atradorsatus</i>	1316	14,6
<i>Thalassoma lucasanum</i>	602	6,7
<i>Anisotremus</i>	568	6,3
<i>Halichoeres dispilus</i>	540	6,0
<i>Bodianus diplotaenia</i>	469	5,2
<i>Stegastes beebei</i>	335	3,7
<i>Paranthias colonus</i>	277	3,1
<i>Abudefduf troschelii</i>	120	1,3
<i>Xenocys jessiae</i>	120	1,3
Otros (N=38)	610	6,8
Total	8992	100,0

Las especies más representativas de Rosa Blanca Coral fueron: *Halichoeres dispilus* con 28,7%, *Thalassoma lucasanum* 22,9%, *Stegastes beebei* con 16,3%, *Apogon atradorsatus* con 6,1%. Otras especies (N= 29) contribuyeron con el 5% del total (Tabla 16).

Tabla 16. Número de especies más representativas de Rosa Blanca Coral, total de individuos y porcentajes por especies N= 39.

Especies	Total	%
<i>Halichoeres dispilus</i>	1642	28,7
<i>Thalassoma</i>	1308	22,9
<i>Stegastes beebei</i>	934	16,3
<i>Apogon atradorsatus</i>	350	6,1
<i>Prionurus laticlavus</i>	281	4,9
<i>Paranthias colonus</i>	264	4,6
<i>Scarus ghobban</i>	217	3,8
<i>Stegastes arcifrons</i>	195	3,4

<i>Bodianus diplotaenia</i>	161	2,8
<i>Halichoeres nicholsi</i>	81	1,4
Otros (N=29)	285	5,0
Total	5718	100,0

Las especies más representativas de Rosa Blanca Manglar fueron: *Scarus ghobban* 28,62%, *Stegastes arcifrons* 28,18%, *Thalassoma lucasanum* 28,1%, *Abudefduf troschelii* 6,2%; otros (N= 22 especies) representaron sólo el 2,2% (Tabla 17).

Tabla 17. Número de especies más representativas de Rosa Blanca Manglar, total de individuos y porcentajes por especies N= 31.

Especies	Total	%
<i>Scarus ghobban</i>	1477	28,6
<i>Stegastes arcifrons</i>	1454	28,2
<i>Thalassoma</i>	1450	28,1
<i>Abudefduf troschelii</i>	318	6,2
<i>Stegastes beebei</i>	91	1,8
<i>Lutjanus</i>	73	1,4
<i>Lutjanus viridis</i>	63	1,2
<i>Sphoeroides</i>	62	1,2
<i>Halichoeres dispilus</i>	56	1,1
Otros (N= 22)	116	2,2
Total	5160	100

4. Discusión

La metodología de transectos visuales son en resumen una de las mejores aplicadas al estudio de ictiofauna de arrecifes (Harmelin-Vivien et al., 1985) ya que representan una opción poco agresiva para recopilar información y son las más ampliamente utilizadas tanto en arrecifes naturales como artificiales (Relini et al., 1994), son precisos para estimar el número de especies y permiten estudiar los cambios temporales ya que no requiere la extracción de organismos (Pérez et al, 1996); sin embargo, a la vez presenta limitaciones como la no observación de las especies crípticas, o la subestimación de las abundancias de algunas especies (Sale y Sharp,

1983; Brock, 1982), principalmente porque se trata de especies altamente móviles (en especial los peces óseos).

La temperatura y las condiciones del mar, en especial en Punta Pitt y Rosa Blanca Coral, fueron factores que dificultaron en cierta medida el trabajo de muestreo, por un lado las temperaturas bajas disminuyen la concentración de los buzos y su resistencia (Jiménez, 1999), limitando de esta manera el tiempo de las inmersiones y acortando el número de réplicas; mientras que las condiciones del mar como fuertes oleajes y corrientes, y baja visibilidad también dificultan el número de réplicas posibles durante una inmersión.

Diversidad y conservación de peces en San Cristóbal

El estudio se enfocó principalmente en la variación de la diversidad de las comunidades de peces a nivel espacial, y demostró que el tipo de ecosistema fue un factor determinante de la diversidad y riqueza independiente de la temperatura.

Para San Cristóbal se registraron un total de 66 especies distribuidas en 32 familias; aunque algunos métodos de estimación acumulativa de especies (Chao2, Jackknife1) indicarían que habrían más de 80 especies entre todos estos sitios. Las 66 especies encontradas corresponden al 15% de las 444 especies registradas y descritas para Galápagos por Grove & Lavenberg (1997) y al 38% de las 175 especies registradas para los estudios de línea base (Edgar et al, 2002); un total de 47 especies se observaron en Punta Pitt Coral, 31 en Rosa Blanca Manglar y 39 en Rosa Blanca Coral, 33 en las Negritas Rocoso, 32 en Isla Lobos Rocoso y 32 en La Tortuga Manglar; sin embargo, el valor promedio de especies registradas por Edgar et al., (2002) para la isla San Cristóbal en el trabajo de línea base fue sólo de 15, por lo que este trabajo se convierte en pionero al detallar en mayor nivel la biodiversidad de peces en esta isla. Por otro lado, es importante también resaltar que el 10% de las especies registradas en este estudio son endémicas (7 especies) y ninguna de estas está aún evaluada en la lista roja de la UICN.

Variación de la biodiversidad por ecosistemas, sitios y estación climática

La Diversidad λ (dominancia) y riqueza específica (d) presentaron diferencias significativas a nivel de tipo de ecosistema y estación climática, causada por el ecosistema de manglar; es así que “d” fue significativamente inferior en el manglar que en los otros dos ecosistemas, mientras que la dominancia λ fue mayor (casi el doble) en el manglar que en los ecosistemas de coral y rocoso, mientras que no se registraron diferencias significativas a nivel de estación climática (invierno y verano), aunque los índices de riqueza se observan relativamente más altos en invierno que en verano. Las comunidades de peces muestreadas en Punta Pitt Coral, Rosa Blanca Coral y las Negritas Rocoso presentaron el mayor número de especies; evidenciando que los ecosistemas coralinos son más biodiversos, la posible razón de la mayor concentración y diversidad de peces en estos hábitats se debe a que las variables estructurales como la cobertura de coral, arena, algas o rocas y la abundancia de invertebrados, además de características topográficas como la profundidad y rugosidad, presentan un efecto positivo en la aglomeración de especies y abundancia de muchos peces arrecifales, especialmente en aquellas especies que tienen intervalos de movimiento reducido (Zayas, 2005).

Los ecosistemas coralinos y rocosos presentan entre todas las características mencionadas, bastante irregularidad en su estructura física, esto significa que contienen una gran cantidad de refugios (grietas, cuevas, fisuras, etc.) para albergar a distintas clases de organismos, en el caso de los peces albergan especies de hábitos crípticos como *Epinephelus labriformis* o *Labrisomus dendriticus* y peces de hábitos nocturnos como el *Apogon atradorsatus* que durante el día se refugian entre las rocas por centenares (Figura 15), es así que podríamos deducir que mientras más irregularidad exista en el ecosistema, mayor será la diversidad que éste presente; además, esta clase de ecosistemas están

ubicados a las afueras de la costa, por los que son ricos en nutrientes por lo que están fuertemente influenciados por las corrientes marinas (observación personal en Punta Pitt Coral y Rosa Blanca Coral). El 0,2% del área marina a nivel mundial está ocupada por arrecifes de coral (Veron et al., 2009), y son los ecosistemas marinos de mayor biodiversidad en el océano, se estima que contienen alrededor de un tercio de todas las especies marinas descritas en el mundo (Reaka-Kudla, 1997, 2001).



Figura 15. Peces cardenales de punta negra (*Apogon atradorsatus*) escondidos en un arrecife rocoso en Punta Pitt.

Por otro, como se mencionó en el párrafo anterior, los ecosistemas de manglar presentaron los más bajos índices de riqueza y mayores índices de dominancia, esto se refleja en los sitios de La Tortuga y Rosa Blanca Manglar. Llerena (2009) en su trabajo en donde colectó peces con trasmallo, había registrado en La Tortuga un total de 14 especies de peces y en Rosa Blanca Manglar 10; para este estudio, se obtuvo un total de 32 especies en La Tortuga y 31 en Rosa Blanca Manglar. Las especies que contribuyeron en mayor proporción a los índices de dominancia en La Tortuga fueron *Stegastes arcifrons* (51,8%) y *Gerres cinereus* (16%), mientras que en Rosa Blanca Manglar fueron *Scarus ghobban* (28,6%) y *Stegastes arcifrons* (28,2%), *Thalassoma lucasanum* (28,1%); cabe destacar que *S. ghobban* (Loro barbazul) presenta cierta relevancia ya que todos los individuos observados fueron en su mayoría juveniles, con lo cual se podría afirmar que Rosa Blanca Manglar es un sitio de reclutamiento y crianza para esta especie. Las zonas de manglar estudiadas

se encuentran en ensenadas semicerradas y rodeadas de una densa vegetación acuática (manglar), esta característica de hábitat lo hace más valioso y adecuado como refugio de tiburones neonatos y especies de peces en estado juvenil para protegerse de sus depredadores entre las raíces de los mangles.

(Llerena, 2009; Yáñez et al., 1998), esto fue confirmado en este estudio, en donde el tiburón punta blanca (*Triaenodon obesus*) y la raya sartén (*Dasyatis brevis*) fue característico en Rosa Blanca Manglar. Los componentes de biodiversidad de estos ecosistemas son únicos debido a que incluyen nichos y son fronteras a nivel de eco-regiones (Yáñez et al., 1998), debido a esta característica de los ecosistemas marinos de manglar, es que la mayoría de peces óseos registrados en este estudio eran de estadios juveniles.

El sitio conocido como Las Negritas fue el único que mostró diferencias significativas a nivel de estación climática con relación al nivel de riqueza específica, el cual fue mayor en invierno que en verano, mientras que la dominancia fue claramente superior en verano, esto posiblemente se deba a que entre los meses de noviembre a diciembre que se presentó el evento de El Niño Oscilación Sur (ENOS), la temperatura del agua se elevó, lo que produjo una alta actividad reproductiva en algunas especies de peces, lo que explica su elevada riqueza específica y abundancia entre los primeros meses de muestreo (Febrero a Julio) debido a eventos pulsos de reclutamiento derivados de ENOS meses antes, cabe anotar que las diferencias de temperatura en este sitio en el intervalo de las dos estaciones de febrero a agosto (invierno a verano) fluctuó entre 30,5 a 16,5 ° C respectivamente.

Especies dominantes, tipificantes y discriminantes

En Punta Pitt Coral, la especie que mostró dominancia (44,9%) durante todo el tiempo de muestreo fue el cirujano de cola amarilla (*P. laticlavus*), el cual al parecer juega un importante rol en el ecosistema de coral de este sitio, ya que su función ecológica es el controlar la

población de algas que crecen sobre las rocas y el esqueleto del coral muerto. En la Tortuga (manglar) fue el sitio que mostró el mayor índice de dominancia, representado principalmente por la damisela de cola amarilla (*S. arcifrons*) con el 51,8% de la composición total de especies, la abundancia de esta especie posiblemente se deba a que este ecosistema contiene una extensa cobertura de algas que son la principal fuente de alimento de esta especie, además muchos de los individuos registrados eran juveniles y los manglares son considerados como ecosistemas que proveen de alimento y refugio a una gran variedad de organismos de diferentes niveles tróficos (Yáñez et al., 1998). En Rosa Blanca la especie que mostró el mayor índice de dominancia fue el loro barbazu (*S. ghobban*) en donde la mayor parte de los individuos registrados eran juveniles, posiblemente este sitio es una zona de reclutamiento específica para esta especie, mientras que la damisela de cola amarilla (*S. arcifrons*) fue la segunda especie que contribuyó al índice de dominancia; sin embargo, la misma fue la más dominante en La Tortuga, esta especie pertenecen a la familia Pomacentridae y confirman que los miembros de esta familia son el componente más distribuido y abundante de las comunidades de peces de arrecife y son considerados como herbívoros numéricamente dominantes en ciertos arrecifes y hábitats (Scott y Russ, 1987; Ceccarelli 2007),

Las tres principales especies tipificantes de los ecosistemas rocosos fueron *Halichoeres dispilus* con 29,2%, *Stegastes beebei* con 25,8%, *Thalassoma lucasanum* con 12,2%, de las cuales *Halichoeres dispilus* y *Stegastes beebei* contribuyeron también a la dominancia en este ecosistema; lo interesante al comparar estos dos indicadores es que *Priorunus laticlavus* (cirujano cola amarilla) aunque es dominante en este ecosistema en los dos sitios muestreados, no es una especie típica; es decir, que no apareció con mucha frecuencia en los muestreos realizados; por su parte *H. dispilus* y *S. beebei*, normalmente se asocian con fondos rocosos, de arena, y con presencia de coral (Grove & Lavenberg, 1997) y fueron especies ocurrentes y abundantes en la

mayoría de los transectos: *S. beebei* fue la especie más abundante en Isla Lobos, la cual es muy común en hábitats rocosos (Grove & Lavenberg, 1997), mientras que *H. dispilus* fue la especie más representativa en las Negritas; *T. lucasanum* son peces de hábitos gregarios que se alimentan de plancton en la columna de agua, su rango de profundidad va de 1 a 65 metros, sin embargo prefieren las aguas poco profundas (Grove & Lavenberg, 1997), se conoce que esta especie es un limpiador (Trujillo, 2003), podría ser que el ecosistema contribuya en gran medida a la preferencia del hábitat de esta especie y le provea de las condiciones óptimas para ocupar su nicho como especie limpiadora. Las tres especies también contribuyeron a la disimilitud entre los ecosistemas rocoso-coralino y rocoso-manglar, *S. beebei* y *H. dispilus* fueron más ocurrentes en los ecosistemas rocosos que en los manglares especialmente en Isla Lobos y Negritas, mientras que *T. lucasanum* fue una especie discriminante entre los ecosistemas rocoso-coral.

Para los corales, fueron cuatro las especies más representativas: *S. beebei*, *H. dispilus*, *T. lucasanum* y *P. laticlavus* (tabla 4), este tipo de ecosistema para estas especies es muy conveniente, especialmente para los hábitos que estas presentan, por ejemplo *P. laticlavus* es una especie que prefiere los sitios con poca profundidad, tal vez esto se debe a que los sitios con cobertura de coral se encuentran por lo general a poca profundidad, contienen una gran cobertura de algas que crecen sobre las rocas gracias a que tienen acceso a los rayos solares, y son el alimento de esta especie, para *T. lucasanum* en los ecosistemas de coral existe la presencia de muchas especies de peces y otros organismos los cuales contienen parásitos que son una de sus fuentes de alimento de la misma, osea una especie limpiadora (Trujillo, 2003), sin contar con los crustáceos y demás invertebrados que se refugian entre los corales y algas; de entre estas especies, *H. dispilus*, *S. beebei* y *P. laticlavus* contribuyeron a la disimilitud entre los ecosistemas coral- manglar, siendo todas más abundantes en los corales, mientras que *H. dispilus* y *P. laticlavus* fueron las especies

discriminantes entre los ecosistemas rocoso-coral, la primera estuvo más presente en el ecosistema rocoso, mientras que la otra lo fue en los coralinos.

En los ecosistemas de manglar las especies *S. arcifrons*, *A. troschelii* y *T. lucasanum* fueron las más típicas, *S. arcifrons* fue la especie que contribuyó en gran porcentaje a la dominancia de los manglares, y al mismo esta especie junto con *A. troschelii* repercutieron en la disimilitud entre los ecosistemas de manglar-rocoso y manglar-coral, siendo principalmente abundantes en los manglares, estas dos especies prefieren las aguas poco profundas, y los manglares tienen las condiciones adecuadas para albergarlas, ambas pertenecen a la familia *Pomacentridae* y son el componente más distribuido y abundante de las comunidades de peces de arrecife y son considerados como herbívoros numéricamente dominantes en ciertos hábitats (Scott and Russ, 1987; Ceccarelli, 2007).

4. Conclusiones

1. El tipo de ecosistema es determinante para la composición de las comunidades de peces, siendo los ecosistemas de coral los más biodiversos (Punta Pitt), seguido de los ecosistemas rocosos y los manglares. Los manglares representan una zona de reclutamiento para muchas especies de peces, en particular el sitio Rosa Blanca la presencia del scarido (*Scarus ghobban*) en etapa juvenil fue notoria y se podría mencionar que este sitio es específico para el reclutamiento de esta especie.
2. Las comunidades de peces de los ecosistemas coral y rocoso son más similares en comparación con los manglares, con el cual presentan una marcada disimilitud; sin embargo, no se presentaron mayores diferencias a nivel de estación climática dentro de cada ecosistema.

3. De la composición de peces observada en los sitios visitados hubo especies que se caracterizaron por ser especies típicas dentro de cada sitio o bien especies discriminantes entre sitios. La damisela de cola anillada (*S. beebei*), la damisela de cola amarilla (*S. arcifrons*), la vieja camaleón (*H. dispilus*), la vieja de Cortéz (*T. lucasanum*) y sargento mayor (*A. troschelii*), fueron típicas para determinados ecosistemas y sitios, en especial la damisela de cola amarilla que resaltó en los ecosistemas de manglar, esta especie es en gran proporción abundante y por lo tanto sería componente biológico esencial para estos ecosistemas. Entre las especies discriminantes encontramos a la damisela de cola anillada (*S. beebei*), la damisela de cola amarilla (*S. arcifrons*), la vieja camaleón (*H. dispilus*) y el cirujano de cola amarilla (*P. laticlavus*), de los cuales los tres primeros fueron discriminantes entre los ecosistemas coral- manglar y rocoso-manglar, mientras que el cirujano de cola amarilla (*P. laticlavus*) lo fue para los ecosistemas rocoso-coral.
4. Este trabajo se convierte en pionero porque detalla la biodiversidad de peces en la isla San Cristóbal, lo cual se lo resume de manera muy superficial en los estudios de línea base de la Reserva Marina de Galápagos. De todas las especies que se documentaron, tan solo el 10% fue de especies endémicas (7 especies), y la gran mayoría estuvo representada por especies de origen Indo-Pacífico, seguido de especies de amplia distribución, mientras que el índice de especies endémicas es muy bajo.

5. Recomendaciones

1. Este trabajo es un estudio pionero, por lo tanto las futuras investigaciones sobre peces enfocados en San Cristóbal

- deberían tener como referencia este trabajo.
2. Se enfocó la investigación tomando en cuenta principalmente la distribución de peces a nivel espacial, una futura investigación deberá estar enfocada en el ámbito temporal tomando como mínimo los doce meses del año; además de los efectos sobre la estructura de la comunidad de otros tipos de factores tales como nivel de marea, corrientes marinas, oleaje, efectos de la zonificación, etc.
 3. Otra parte importante, es evaluar hasta qué punto las actividades antropogénicas (turismo y pesca) afectan la estructura de los ecosistemas, y cuáles serían los límites o soportes en resiliencia y homeostasia con la pérdida de biodiversidad derivada de estas actividades.
 4. Otros temas importantes que pueden derivarse de este estudio, son los estudios sobre reclutamiento de peces óseos y cartilaginosos que ocurren dentro de cada uno de estos hábitats, y su importancia para el manejo de especies comerciales. La abundancia y hábitos nocturnos de algunas especies podrían ser también temas de estudio para el futuro.
 5. Estudio de diversidad de peces en arrecifes artificiales y de bajos someros deberían ser también prioritarios como temas de investigación.

Referencias

- [1] Ackermman, J.L. y D.R. Bellwood. 2000. Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 206: pp 227-237.
- [2] Aburto-Oropeza, O. y E. F., Balart. 2001. Community structure of fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Mar. Ecol.* 22 (4): pp 287-305.
- [3] Chávez, J. C. 2008. Caracterización y estructura de la ictiofauna de arrecifes rocosos y coralinos en Punta Carrizal, Colima, México para fines de inventario y conservación de la diversidad animal. Universidad de Colima Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DJ020. México D. F.
- [4] Galzín, R. 1987. Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs. I. Spatial scales. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41, pp 129-136.
- [5] Glynn, P. W., Bernhard Riegl, Adrienne M. S. Correa & Iliana B. Baums. 2009. Rapid recovery of a coral reef at Darwin Island, Galápagos islands. *Journal Galápagos Research* (66). 76. pp 6-13.
- [6] Hearn, A. 2008. The rocky path to sustainable fisheries management and conservation in the Galápagos Marine Reserve. *Ocean & Coastal Management* 51 (8-9): 567-574.
- [7] Heylings P, Bensted-Smith R, Altamirano M. 2002. Zonificación e historia de la reserva marina de Galápagos. In: Danulat E, Edgar GJ, editors. *Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad*. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: Fundación Charles Darwin y Servicio Parque Nacional de Galápagos; 2002. pp. 10–21.
- [8] Jiménez, S.V. 1999. Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en la zona de Isla Cerralvo, B.C.S, México. Instituto Politécnico Nacional/Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México. 91p.
- [9] Pérez, H., F. Galván, L. A. Abitia. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del Suroeste del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 1996, 22(3): pp 273-294.
- [10] Reaka-Kudla, M.L. 1997. Global biodiversity of coral reefs: a comparison with rainforests. In: Reaka-Kudla, M.L., Wilson, D.E. (Eds.), *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Joseph Henry Press.
- [11] Reaka-Kudla, M.L. 2001. Known and unknown biodiversity, risk of extinction and conservation strategy in the sea. *Waters in Peril*, pp 19–33.
- [12] Shima, J. S. 1999. An evaluation of processes that influence variability in abundance of a coral reef fish. Ph. D. Dissertation, University of California at Santa Bárbara.
- [13] Thomson, D. A., L. T. Findley y A.N. Kerstitch. 1979. Reef fish of the sea of Cortéz. University of Arizona Press, Boulder. 302p.
- [14] Trujillo, O. 2003. Reclutamiento de peces de arrecife en Isla Cerralvo y Punta Perico, B.C.S, México. Instituto Politécnico Nacional/Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México. 77p.
- [15] Vásquez, J., P. Camus, F. Ojeda. 1998. Diversidad, estructura y funcionamiento de ecosistemas costeros rocosos del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71, pp 479-499.
- [16] Villareal, A. 1988. Distribución y diversidad de peces en el arrecife coralino de Cabo Pulmo – Los Frailes, B.C.S. Tesis de licenciatura. UABCS, La Paz, B.C.S., México. 144p.

- [17] Wellington, G. M. 1975. The Galápagos Coastal and Marine Environments. A resource report to the Department of National Parks and Wildlife. Quito, Ecuador, 357p.
- [18] Wellington, G. M. 1984. Marine environment and protection. En: R. Perry. (ed.), Key Environments: Galápagos, pp 247–263. Pergamon Press, Oxford.
- [19] Wilson, R., J. Wilson. 1985. Watching Fishes. Understanding Coral Reef Fish behavior. Gulf Publishing Company. New York, 268p.
- [20] Yáñez, A., R. R. Twilley., A. L. Lara. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. Revista Madera y Bosques 4(2), 1998: pp 3-19
- [21] Zayas, J. A. 2005. Análisis temporal de la estructura comunitaria de los peces crípticos asociados a un arrecife artificial en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S., México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 84p.