



**Protocolo para el levantamiento de línea base y monitoreo de las Zonas de Recuperación Pesquera ubicadas en Bahía la Graciosa y Laguna Santa Isabel, Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique**



Fuente: MAR Fund/Lighthawk

**Autora: Ana Giró Petersen  
Marzo, 2014**

## **Introducción**

El monitoreo ayuda a determinar los cambios que ocurren en el tiempo en cada sitio, además suministra evidencia para sustentar si las Zonas de Recuperación Pesquera (ZRP) se están recuperando o si es necesario incluir más programas de manejo de las zonas. En el caso de las tres ZRP de Bahía la Graciosa y Laguna Santa Isabel el monitoreo brindará las herramientas necesarias para poder evaluar el funcionamiento de estas zonas.

Uno de los principales objetivos de un programa de monitoreo es proveer los datos necesarios del ecosistema para evaluar si se está teniendo un manejo adecuado. Cuando se establecen ZRP incrementa la importancia de monitoreo para evaluar el estado de las zonas y determinar si se están cumpliendo las metas de manejo. El trabajo de monitoreo debe establecerse con el apoyo de las comunidades pesqueras involucradas ya que esto crea apoyo público para las iniciativas de manejo y una apropiación de las zonas por parte de los comunitarios.

## Muestreo de Peces

Para la caracterización de la comunidad de peces en los sitios de muestreo (Figura 1) se utilizarán tres métodos los cuales se detallan a continuación, es importante tomar en cuenta que se realizarán los muestreos tanto en las ZRP como en los sitios de control:



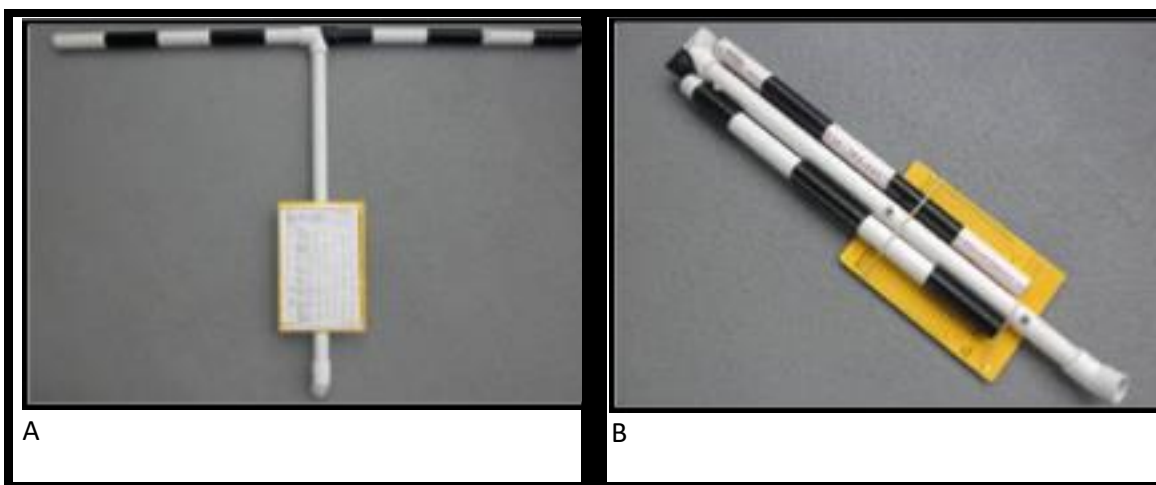
Figura No.1 Mapa de las Zonas de Recuperación Pesquera

### 1. Transectos realizados por censos visuales

(Esta metodología estará sujeta a la visibilidad de las zonas y se evaluará en la primera salida de campo, la factibilidad de dicha metodología).

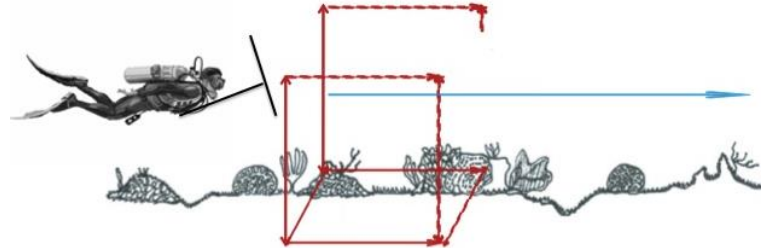
Este se realiza mediante buceo autónomo, utilizando la técnica de transecto en túnel. Se identifican, cuentan y se estima el tamaño de todos los individuos de las especies de peces que se observan dentro de un volumen de agua contenido en el espacio que comprende una distancia de 1 m a cada lado del transecto (2 m de ancho), 2 m hacia el frente (largo del túnel) y 2 m sobre la columna de agua (alto del túnel), considerando la medición desde el fondo marino hasta recorrer los 30 m de cada uno de 10 transectos en cada sitio (Figura 3).

Para poder estimar la talla al igual que la zona del “Túnel imaginario” se recomienda utilizar una “vara T” donde la tabla puede ir enganchada en la misma y esta pueda doblarse para que no cause ningún problema al bucear (Figura 2).



Fuente: AGRRA ver 5.5, 2013.

Figura 2. A. Vara T utilizada para monitoreo de peces extendida, B. Vara T utilizada en el monitoreo de peces doblada



Fuente: Protocolo de monitoreo comunitario COBI, 2012

Figura 3. Método de túnel. Las líneas en rojo marcan el área que se debe considerar para el censo de peces, 1 m a cada lado de la línea del transecto (2 m), 2 m hacia arriba y 2 m al frente.

La abundancia de peces será registrada en las hojas de registro de datos (Tabla 1). La talla aproximada se registrará agrupándola en seis categorías o intervalos de clase; de 0 a 5, 6 a 10, 11 a 20, 21 a 30, 31 a 40, y > 40 cm. Si el pez registrado es más grande que 40 cm, el buzo anotará la talla estimada (esto puede ayudar en el cálculo de biomasa).

Tabla 1. Hoja de registro de datos de peces por transecto.

<b>Nombre:</b>	<b>Compañero:</b>	<b>Fecha</b>	<b>Profundidad:</b>			
<b>Sitio:</b>	<b>Transecto:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora final:</b>			
<b>Especie</b>	<b>Abundancia (No. Individuos) por talla.</b>					
	<b>0-5 cm</b>	<b>6-10 cm</b>	<b>11-20 cm</b>	<b>21-30 cm</b>	<b>31-40 cm</b>	<b>&gt; 40 cm</b>

Fuente: Protocolo de monitoreo comunitario COBI, 2012

Esta metodología de monitoreo va dirigida a valorar cambios en la distribución y abundancia de especies de peces de importancia comercial y ecológica. En cada sitio monitoreado se registran los peces observados seguido de su talla estimada. El tiempo contemplado para su realización es entre 6 y 8 minutos por transecto para totalizar 10 transectos por sitio.

- Parámetros: Distribución y abundancia de las especies de peces por sitio.
  - Indicadores: Riqueza específica (S); Diversidad ecológica (H); Densidad total (individuos/m<sup>2</sup>); Biomasa total (gramos/m<sup>2</sup>) estimada según talla promedio; Estructura de tamaños de las poblaciones.
  - Criterio de los indicadores: Cambios significativos en la abundancia de especies clave y en la estructura de tamaños determinan cambios en la estructura trófica de la comunidad (COBI, 2012)
- Equipo a utilizar
- Cinta de 30 m
  - 2 plomos de 2 libras con gancho
  - Lápiz
  - Tabla de apuntes
  - Vara T
  - Guía de identificación (opcional)
  - Equipo completo de buceo autónomo SCUBA

## **2. Transectos realizados por censos virtuales, evaluación acústica por recuento de ecos (ecosonda).**

El reciente desarrollo de sistemas acústicos de imagen de alta resolución pueden producir imágenes cercanas a la de un video para estimar la cantidad de peces en agua con baja visibilidad (Moursund et al 2003; Tiffan et al 2004; Mueller et al 2006). Actualmente, las ecosondas sencillas dan cierta idea de la abundancia de peces, pero las ecosondas empleadas con integradores dan excelentes estimaciones (Mueller et al 2006).

Las ecosondas funcionan simplemente enviando una onda sonora al agua; si encuentra un objeto que la refleje, parte volverá, según la clase de objeto y su profundidad. Cuando al retorno la recibe el transductor de la ecosonda, se transforma en corriente eléctrica que se emplea para accionar una pantalla.

La evaluación de la densidad de peces, a partir del recuento de peces en forma de ecos en una ecosonda, constituye un método directo de medir la abundancia de peces y es eficaz cuando éstos se presentan como blancos individuales. En este sentido, es importante lograr una estabilidad en la velocidad de la embarcación (2 nudos) para lograr que los peces de un cardumen (no muy denso) aparezcan individualmente. El registro de un pez aparece con la forma de una V invertida o en forma de pez como tal, lo que facilita la tarea del recuento.

La precisión de los datos enviados por la ecosonda depende del equipo utilizado. Es muy importante tener en cuenta la frecuencia, longitud de pulso, ángulo del haz del transductor y la capacidad del mismo.

- Frecuencia

Corresponden a las oscilaciones del transductor durante la transmisión. Las mayores frecuencias (150, 200 o más kHz) discriminan mejor que las bajas (50 kHz) porque la longitud

de onda es menor. De esta forma la longitud de onda se hace conmensurable con objetos pequeños lo que permite una mejor reflexión del sonido (Shishkova, 1977).

- Longitud de pulso

Generalmente en los equipos pequeños no puede ser modificada por el operador y constituye un punto clave en la discriminación de los peces. La duración del pulso es el tiempo que el transductor vibra (durante la transmisión) y puede variar según los equipos entre 0.1 ms (milisegundo) a 0.6 ms y ocasionalmente 1 ms. La velocidad de propagación del sonido en el agua, es de aproximadamente 1,500 m/seg y según la duración del pulso, genera longitudes de pulso entre 0.15 m a 1.5 m. En consecuencia, dos peces que estén a una distancia en profundidad menor o igual a la longitud de pulso, aparecerán como uno solo. De esto, se deduce que es preferible disponer de equipos de corta longitud de pulso.

- Angulo del haz de ultrasonido del transductor

Preferentemente el ángulo debe ser pequeño (aproximadamente 10 grados). El área que abarca un pulso a medida que aumenta la profundidad se incrementa y considerando lo mencionado en el punto anterior, se pierde discriminación cuando el diámetro del pulso es mayor, dado que aumenta la probabilidad de encontrar más de un pez a la misma profundidad dentro del haz.

- Equipo a utilizar
  - Ecosonda multihaz, Raymarine
  - Libreta de apuntes

## 2.1 Cálculo de la densidad de peces

Para el cálculo de la abundancia de peces se realizará un recorrido por los polígonos en una embarcación (velocidad de 2 nudos) con la ecosonda, se formará una cuadrícula para cada zona (Figura 4, 5 y 6). Cubriendo de esta manera un gran volumen de agua. Se contarán la cantidad de emisiones de un pulso de sonido,  $V$  invertida o peces. Conociendo el ángulo del haz de ultrasonido, las profundidades y la distancia recorrida es posible calcular el volumen de agua muestreado. La sumatoria de los volúmenes de cada una de esas porciones es el volumen de agua muestreado en cada zona. El número de marcas (emisiones del pulso de sonido) dividido por el volumen calculado nos da la densidad.

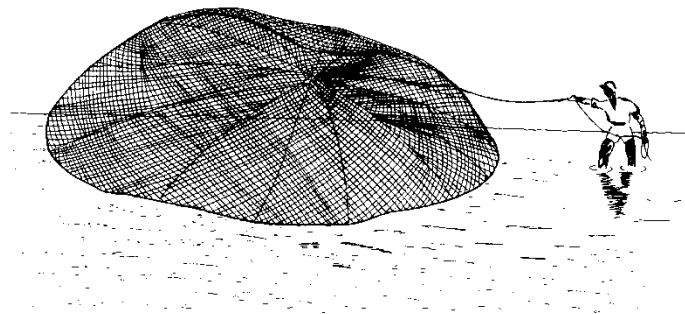
Se estimará el volumen parcial de agua con la siguiente fórmula

$$V_i = \frac{D}{3} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot (H_1^2 + H_2^2 + H_1 \cdot H_2)$$

- $\alpha$  : ángulo del haz de ultrasonido
- $H_1$  : profundidad 1
- $H_2$  : profundidad 2
- $D$  : distancia
- $V_i$  : volumen parcial

## 3. Identificación y cálculo de biomasa de especies de peces por medio de lances con atarraya.

La atarraya o también conocida como red de lanzamiento es una red circular con bolsas en la orilla, la cual está cargada de plomos y tiene una cuerda para jalar en el centro (Figura 4). El diámetro de la atarraya puede variar de uno hasta cuatro metros, con una luz de malla de 1 a 2 cm. La manera de utilizarla es lanzarla al aire y al caer ésta forma un círculo, el cual al llegar al fondo la misma es jalada de la cuerda de manera que al cerrarse capture a los peces. Este tipo de red es muy útil en áreas donde el fondo es rocoso, con muchos troncos de árboles, donde la vegetación acuática es abundante o donde el agua es muy turbia (Gaviño et al., 1982). Se puede lanzar la red desde una canoa, lancha o desde la orilla de la bahía. En general se capturan pocos ejemplares por cada lance de atarraya es por esto que se deben realizar varios lances por sitio. La ventaja de la atarraya es que los peces salen vivos y se pueden regresar al agua, creando un mínimo impacto (Guzmán y Ortiz, 2000).



Fuente: FAO, 2000

Figura 4. Atarraya

### 3.1 Metodología para el de monitoreo por lances de atarraya

Para obtener datos constantes y fiables es importante que el atarrayador sea siempre el mismo. También es importante atarrayar al azar en diferentes puntos de los sitios que están siendo monitoreados (Figuras 5, 6 y 7).

Antes de comenzar con el muestreo se debe de realizar una calibración del atarrayador con la atarraya que se utilizará. De la siguiente manera: Se debe de realizar 5 lances en tierra y se debe de señalar con 8 estacas colocadas en forma equidistante, los bordes límites del círculo que forma la atarraya. Seguidamente se mide la distancia ( $D_1$ ) en metros entre las estacas 1 y 5, continuar midiendo la  $D_2$  entre las estacas 2 y 6,  $D_3$  entre las estacas 3 y 7 y finalmente, la  $D_4$  entre las estacas 4 y 8. En cada lance, se calcula la distancia promedio  $D_i = (D_1 + D_2 + D_3 + D_4)/4$ . Al final, de todos los lances ejecutados se obtiene una distancia  $D$  promedio:  $D = (D_i)/X$  donde,  $D_i$  es la distancia calculada para cada lance  $i$ ;  $X$ , es el número total de lances realizados (5).

Asumiendo que el área o superficie de la atarraya es similar a la de un círculo, la distancia  $D$  es el diámetro del círculo. Por lo tanto, el área o superficie ( $A_a$ ) de la atarraya se calcula de la manera siguiente:

$$Aa = \pi r^2$$

Donde  $r$  es el radio del círculo ( $D/2$ )

Para el muestreo cada uno de los polígonos se dividen como se presentan en las figuras 4, 5 y 6. Cada punto rojo representa un sitio de muestreo con atarraya, se realizarán 20 lances para los polígonos No. 1 y 2 y 15 lances para el polígono No.2 (Figura 5, 6 y 7).

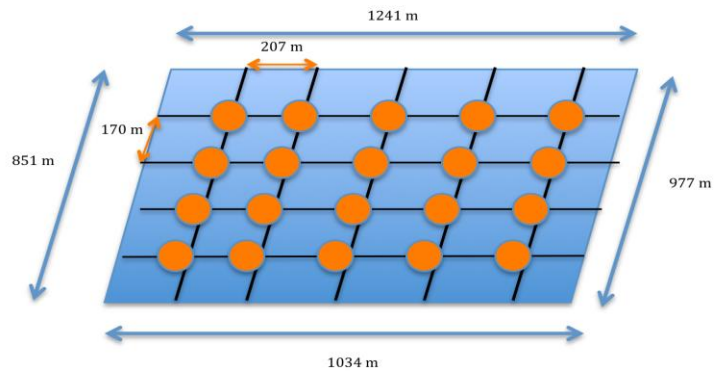


Figura 5. Zonas de muestreo, Polígono No.1 Graciosa

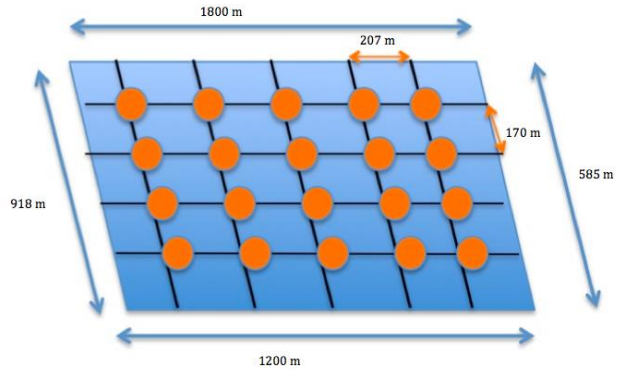


Figura 6. Zonas de muestreo, Polígono No.2 Bajo Graciosa



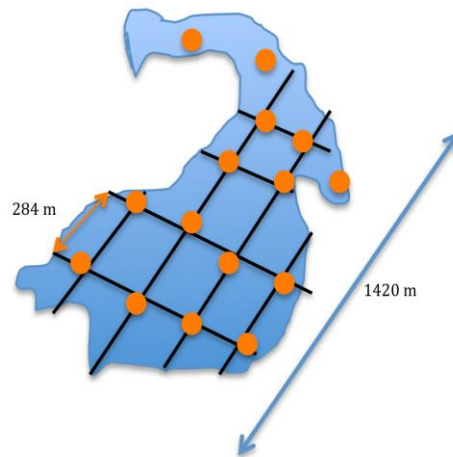


Figura 7. Zonas de muestreo, Polígono No.3 Laguna Santa Isabel

### 3.2 Cálculo de la densidad y biomasa de peces por medio de lances con atarraya

Se realiza el cálculo de peces capturados por cada lance de atarraya ( $N_c$ )

$N_c = N/L$  donde "N" es el número total de peces capturados y "L", el número de lances realizados. Luego, se determina la densidad  $D_c$  mediante la siguiente fórmula:  $D_c$  (peces/m<sup>2</sup>) =  $N_c/A_a$  donde  $N_c$  es el número promedio de peces por lance de atarraya y  $A_a$ , el área promedio de la atarraya (m<sup>2</sup>).

Los datos que se obtienen permiten calcular el peso promedio y el número de peces por lance. En base al número de peces por lance se calcula el número de peces por m<sup>2</sup>. El número de peces por m<sup>2</sup> se estima dividiendo el número de peces por lance entre el 40% de la superficie de la atarraya (Error promedio). Con la experiencia puede que en el futuro no se tome en cuenta un 40% pero tal vez un 30% o un 50% de la superficie total de la atarraya. El número total de peces es el número estimado de peces por m<sup>2</sup> multiplicado por la superficie total del sitio en m<sup>2</sup>. Este número total de peces multiplicado por el peso promedio da la biomasa total.

### 3.3 Identificación de especies obtenidas por lances con atarraya

Para la identificación de las especies capturadas por medio del muestreo con atarraya se utilizarán guías de identificación de peces y se tomarán en cuenta los nombres comunes que los pescadores les den, esto con el fin de lograr una correcta identificación. Se tomarán fotos de cada espécimen capturado y se realizarán mediciones de la longitud total de los peces. Todos los peces se retornarán al agua.

- Equipo a utilizar
  - Atarraya
  - GPS
  - Cámara fotográfica y de video
  - Cinta métrica
  - Cubetas
  - Embarcación

- Guías de identificación
- Hojas de registro

Tabla 2. Hoja de registro de datos de peces por medio de lances con atarraya.

Nombre del atarrayador:		
Nombre de quien registra los datos:		
Fecha:		Hora de inicio:
Sitio:		Hora final:
<b>Abundancia de peces</b>		
<b>Especie o nombre común</b>	<b>Talla en cm</b>	<b>Peso total por lance de atarraya</b>

### Parámetros físicos y químicos del agua

Los parámetros físicos y químicos del agua están estrechamente relacionados con la calidad del agua y la abundancia de peces. En el océano abierto los parámetros fluctúan poco a través del tiempo, pero en aguas someras y cercanas a la costa pueden ocurrir muchas variaciones. Tomando en cuenta que las ZRP se encuentran en aguas someras es importante medir estos parámetros. Esto puede dar explicaciones claras de lo que está sucediendo en el medio. Por ejemplo, las lluvias fuertes pueden disminuir la salinidad y la temperatura y esta puede estar asociada aun cambio en la diversidad de especies. Contar con datos de este índole puede ser una manera de explicar lo que ocurre en el medio. Todos estos parámetros pueden ser medidos de forma conveniente en el campo.

Se tomarán los siguientes parámetros utilizando una sonda multiparamétrica.

- Temperatura superficial del agua y del fondo
- Salinidad
- pH
- Turbidez
- Concentración de oxígeno
- Visibilidad

- Equipo a utilizar
  - Sonda Multiparamétrica
  - Disco Secchi
  - Libreta de apuntes

### Estimación de corrientes superficiales

Se estimarán las corrientes superficiales utilizando la metodología descrita en Hughes, S. A 2002. Esta metodología se basa en soltar objetos flotantes que no tengan mayor rozamiento con el viento, en este caso se utilizarán naranjas. Se soltarán en lugares estratégicos dentro de la Bahía la Graciosa y se observarán las mismas y su movimiento por un periodo de tiempo de 2 horas. Se observará la trayectoria de las mismas.

- Equipo a utilizar
  - Bolsa de 20 naranjas
  - Cronometro
  - Libreta de apuntes
  - GPS para señalar el lugar donde se lanzaran las naranjas

### **Levantamiento Batimétrico**

Se realizará un levantamiento batimétrico de las zonas muestreadas con el fin de conocer el relieve del fondo y la composición del suelo. Se realizará un recorrido para abarcar todas las zonas de manera completa en forma de cuadrícula como se muestra en las líneas negras de las Figuras 5, 6 y 7.

- Equipo a utilizar
  - Ecosonda multihaz de marca Raymarine
  - Libretas de apuntes
  - Programa Surfer

## Bibliografía consultada

- Acker, W.C. 2005. Sea Technology. Digital Transducers: A New Sonar Technology, 31-35.
- Barrientos, R. 2013. Diagnóstico de actores, instituciones y organizaciones que están trabajando en temas marino-costeros relacionados a la diversidad biológica y conservación sostenible en el RVSPM.
- Csirke B. 1999. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación. FAO, Roma.
- Dávila, V. 2013. Síntesis bibliográfica sobre manglares, pastos marinos y diversidad biológica acuática asociada al Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique. KFW.
- Dávila, V. 2013. Manual de la base de datos de referencias bibliográficas del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique. KFW.
- Dávila, V. 2013. Identificación y obtención de información existente sobre manglares, pastos marinos y otra información de utilidad para el manejo del ecosistema marino costero del RVSPM y elaboración de una propuesta metodológica para el levantamiento de la línea base para pastos marinos y manglares. KFW.
- Fulton, S y Garcia S. 2012. Manual de monitoreo arrecife mesoamericano, Protocolo de Monitoreo Comunitario. Comunidad y Biodiversidad AC. (COBI).
- Galan, X. 2006. Pastos Marinos: composición comunitaria, biomasa de pastos marinos y morfometría de *Talassia testudinum*, en dos sitios de Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala.
- Gerlotto, F. 1994. Exhaustive observation of 3D school structure using multibeam side scan sonar: potential use for school classification, biomass estimation and behaviour studies. *ICES C.M.* 1994/B:26 Ref. D. 12 pp.
- Hughes, S. A. 2002. "Estimating surface currents near coastal structures using dye and drogues," ERDC/CHL CHETN-VI-37, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Lang, J. C 2013. AGRRA Protocol Version 5.5, 31pp.
- MacDonlad, B. 2011. Análisis de la Diversidad de las Praderas de Pastos Marinos en la Laguna Marino-Costera de La Bahía la Graciosa, Izabal, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Biología.
- Norberto O. 2006. Evaluación Acústica de peces por recuento de ecos. Instituto Nacional de Limnología, José Macía
- Otaolauruchi, R. 2002. Contribución al conocimiento de la meiofauna de la bahía La

Graciosa, Atlántico de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

- Ramírez G, A. 2006. **Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades**. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Rogers, C.S 2001. Manual para el monitoreo de arrecifes de coral en el Caribe y Atlántico Occidental, WWF/Islas Vírgenes. 123 pp.