



Reporte de Avance: Censo de los tiburones del Parque Nacional Marino La Isla del Coco.

Etapa que cubre este Reporte: Julio 2005 – Mayo 2007

Investigadores Principales:

Randall Arauz, PRETOMA

Alex Antoniou, P.h.D. Shark Research Institute

Ilena Zanela, PRETOMA.

Leonard Joseph Victor Compagno, Ph.D. Shark Research Institute

Marie Levine, Shark Research Institute

Presentado al Area Conservación Marina Isla del Coco (ACMIC) del Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC).

ATENCION. Este es un Informe Preliminar de Resultados, únicamente para uso del Área de Conservación Marina Isla del Coco (ACMIC) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Por lo tanto, se ruega **NO CITAR LOS RESULTADOS DE ESTA INVESTIGACION, A MENOS QUE SE COMUNIQUE PREVIAMENTE CON LOS AUTORES**

Noviembre, 2007

Introducción

El Parque Nacional Marino Isla del Coco, localizado a 550 km de la Península de Osa, es la única isla oceánica en el Pacífico Oriental que posee bosque tropical húmedo. Su posición estratégica como primer punto de contacto con la contracorriente Norte ecuatorial, y el sin número de interacciones entre la isla y el ecosistema marino que la rodea, hacen de la Isla del Coco un laboratorio ideal para el estudio de procesos biológicos. Este sitio goza de reconocimiento mundial por sus belleza y diversidad marina, que atrae a buzos de todos los rincones del planeta para observar grandes especies pelágicas, como tiburones, rayas y delfines. Entre las especies más abundantes y emblemáticas se destaca el tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Garrison 2005).

Esta especie se caracteriza por ser costera-pelágica y por realizar migraciones en aguas tropicales y subtropicales, cuyas rutas todavía son desconocidas. Debido a su historia natural, es susceptible tanto a la pesquería artesanal costera, como a la de palangre pelágica. Esta vulnerabilidad ha afectado tanto sus poblaciones que en el 2007 fue incluida en la Lista Roja de la UICN como especie amenazada, en peligro. Inclusive, se ha reportado como en Isla del Coco su población ha disminuido en un 71% en solo 10 años (Myers *et al* 2004).

Una de las grandes preocupaciones del Parque Nacional Marino Isla del Coco es la reducción de las poblaciones de tiburones. Generalmente, se piensa que este fenómeno se debe a la explotación pesquera desmedida. Sin embargo, sin información científica sobre biometría, estacionalidad, explotación de hábitat y movimientos migratorios, es muy difícil cuantificar el impacto de la industria pesquera sobre los tiburones de la Isla del Coco y diseñar medidas de manejo para tiburones.

Este es un momento crítico para las especies que habitan las 12 millas de Área Marina Protegida alrededor del Parque Nacional Marino Isla del Coco donde no se permite la pesca, especialmente si se pretende que resistan las presiones de la industria pesquera internacional, que explota los “stocks” de tiburones en las aguas internacionales del Pacífico Oriental sin control alguno.

Debido a la naturaleza altamente migratoria de los tiburones, se hace necesario determinar los movimientos migratorios de los tiburones alrededor de la Isla del Coco y establecer a ciencia cierta si existe conectividad entre las poblaciones de tiburón martillo de la Isla del Coco y las Islas Galápagos (Ecuador) y Malpelo (Colombia), e identificar la existencia de corredores biológicos para determinar cuáles áreas o sitios están en mayor necesidad de protección y definir estrategias de conservación y manejo.

Objetivo Principal

Demostrar científicamente si las poblaciones de tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), tiburón de Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*), y tiburón de arrecife punta blanca (*Triaenodon obesus*), son residentes o temporales. Las poblaciones de tiburones del Parque Marino están bajo presiones crecientes debido a la pesca industrial ilegal. Al demostrar que las poblaciones son

residentes, el Parque Marino puede justificar la protección de estas especies como recursos marinos inherentes del Parque Marino Isla del Coco y así de Costa Rica como nación. Esta protección no solo mantiene el balance natural en el ecosistema marino de Isla del Coco, sino que a la vez conserva el ingreso continuo de divisas generadas por la industria eco turística del buceo, una actividad que depende obviamente de las poblaciones de tiburones. Así mismo, si las poblaciones no son residentes, es necesario determinar si son recurrentes y la relación que tienen con poblaciones de la misma especie en otras Islas Oceánicas de la región.

Los objetivos específicos son:

- a. Proveer información científica para el manejo y protección de las especies de tiburones dentro del Parque Marino Isla del Coco.
- b. Determinar los movimiento de los tiburones cerca de la Isla del Coco por medio del uso de marcas visuales, telemetría satelital y radio telemetría.
- c. Determinar las relaciones con tiburones de otras regiones del mundo por medio del análisis de ADN mitocondrial.

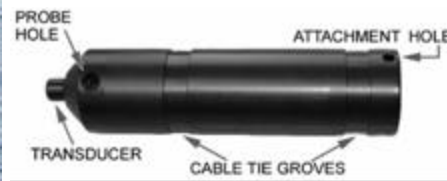
Metodología

Para monitorear los movimientos de las poblaciones de tiburones martillo, se utilizaron transmisores ultrasónicos VEMCO código V16 multipropósito para especies medianas y grandes, en tiburones individuales. Los V16 trabajan en conjunto con un receptor automatizado VR2, el cual se fija al sustrato por medio de un ancla y se suspende el mismo en la columna de agua por medio de una boya. El módulo en código de la marca V16 emite un pulso acústico que se caracteriza por ser infrecuente y aleatorio entre el rango pre-especificado. Este pulso incluye un número de identificación que permite distinguir cada marca individualmente. Los transmisores con códigos realizan un mejor papel para realizar estudios de residencia y monitoreo automatizado de migraciones por su batería de larga vida y por la gran cantidad de marcas que se pueden utilizar en la misma frecuencia. Los V16 se fijan a los tiburones por medio de una arbaleta modificada, utilizando buzos con SCUBA en los sitios de agregación conocidos como estaciones de limpieza.

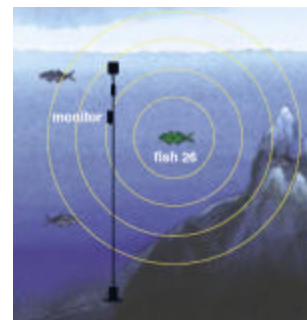
<http://www.pretomacr.org/content/category/5/112/153/>



Transmisor V16



Receptor VR2



Receptor VR2 instalado

También se utilizaron para este estudio Marcas PTT-100 Archivales, conocidos como “Pop up”, de Microwave Telemetry Inc. Los mismos registran información sobre la hora de la salida y puesta del sol, la temperatura, y la presión, además de que son capaces de archivar esta información durante un año, para enviar toda la información después vía PTT al satélite Argos, una vez que el transmisor se haya caído del animal. Así mismo, la marca se puede programar para que se caiga en una fecha y hora aproximada determinada. En caso de que la marca viaje por debajo de una profundidad especificada o se mantenga a una profundidad constante (al fondo o en la superficie), esta se soltara de la cuerda de monofilamento y viajara a la superficie donde transmitirá la información a Argos. Si las condiciones del tiempo son adecuadas, la marca puede transmitir un año completo de datos archivados utilizando el sistema Argos de cuatro satélites en un lapso aproximado de diez días en latitudes medias. Estas marcas se fijan al individuo utilizando una arbaleta modificada.



Marca tipo PAT en un tiburón ballena

Actividades:

Se han realizado las siguientes giras a la Isla del Coco:

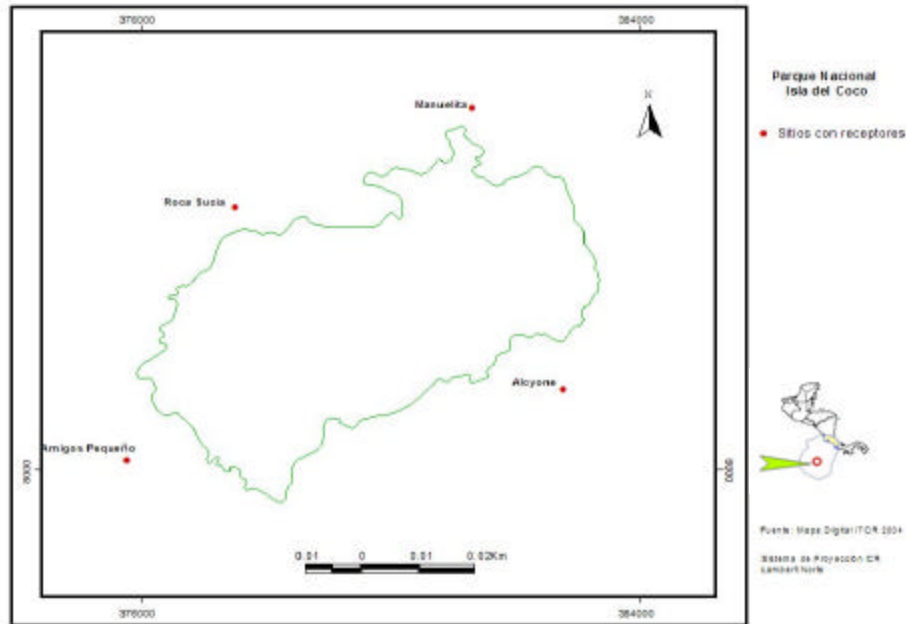
16 – 26 de setiembre, 2004. Viaje de reconocimiento y familiarización con el sitio. No se realizó marcación de tiburones.

17 – 27 de Julio, 2005. Se marcaron los primeros 6 tiburones con transmisores acústicos y se instalaron dos receptores en la Isla del Coco, uno en Alcyon y otro en Roca Sucia. En setiembre, y con la colaboración de Cristiano Paoli de Undersea Hunter S.A. se procedió a marcar 3 tiburones más.

5 – 15 de diciembre, 2005. Viaje para recuperar la información de los dos receptores, y atender la producción de un vídeo “Caught in the Moment”.

2 – 15 de julio, 2006. Se marcaron 15 tiburones con transmisores acústicos, 5 con transmisores de satélite, y se recuperó la información de los dos receptores. Además, se instalaron dos receptores más, en Manuelita y Dos Amigos Pequeño. Esta expedición se realizó en colaboración con Excercise Jurassic Shark de Inglaterra y la Sociedad Geográfica Real de Londres.

25 – 31 may, 2007. Se marcaron 10 tiburones martillo más con transmisores de satélite, y se recuperó la información de los receptores.



RESULTADOS

El primer grupo de tiburones fue marcado con transmisores V16 entre julio - setiembre 2005, cuando se marcaron 10 tiburones martillo hembra: 7 en Alcyone, 2 en Manuelita y 1 en Roca Sucia. Se instalaron dos receptores, uno en Alcyone y otro en Roca Sucia. Dos de las marcas colocadas en Alcyone se perdieron, mientras que las demás siguieron transmitiendo información por un mínimo de 3 y un máximo de 28 días. Los seis tiburones que se marcaron en Alcyone y Roca Sucia aparecieron solo en el sitio de marcaje. Los tiburones marcados en Manuelita presentaron una mayor movilidad: el 2409 se registró en Roca Sucia y Alcyone, y el 2410 en Roca Sucia (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) marcados en julio-setiembre 2005, en Isla del Coco, Costa Rica.

Código	Sexo	Fecha de marcaje	Sitio de marcaje	Sitio registrado	Fecha último Registro
2401	H	7/25/2005	Alcyone	Alcyone	8/8/2005
2402	H	7/25/2005	Alcyone	Alcyone	7/28/2005
2403	H	7/25/2005	Alcyone	Alcyone	8/12/2005
2404	H	Perdida	Alcyone		
2405	H	8/17/2005	Roca Sucia	Roca Sucia	8/22/2005
2406	H	Perdida	Alcyone		
2407	H	7/25/2005	Alcyone	Alcyone	8/2/2005
2408	H	7/25/2005	Alcyone	Alcyone	8/22/2005
2409	H	9/1/2005	Manuelita	Roca Sucia y Alcyone	9/24/2005
2410	H	9/28/2005	Manuelita	Roca Sucia	10/20/2005

En Alcyone la mayoría de las apariciones se reportó entre las 6 h y 14 h, siendo las 12 h y las 7 h las horas con más registros. En Roca Sucia se reportó una menor cantidad de apariciones respecto a Alcyone, sin embargo los tiburones siguen la misma tendencia en ambos sitios. De hecho, en Roca Sucia la mayoría de los registros se observó entre las 6 h y 15 h, siendo las 7 h y 14 h las horas con más apariciones (Figura 2).

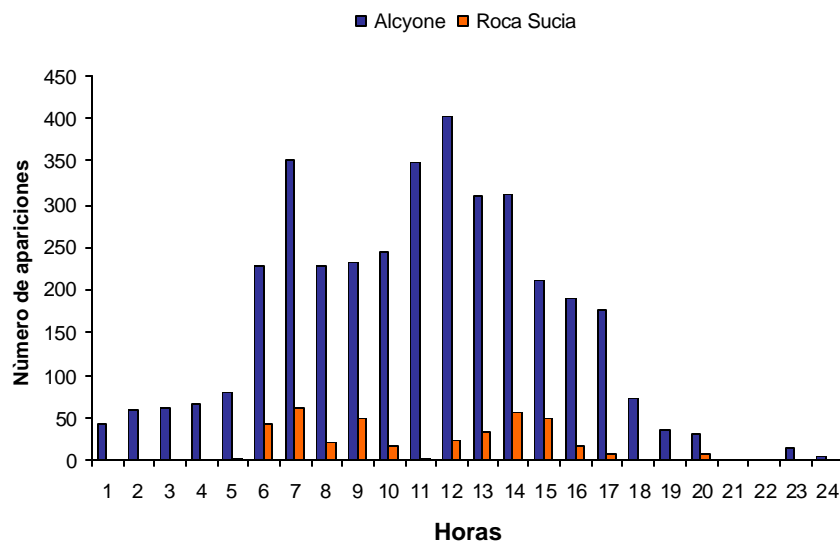


Figura 2. Número de apariciones según la hora de los tiburones marcados en julio-setiembre 2005, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 4113).

En la figura 3 se pueden observar las apariciones por hora de los tiburones en Alcione y se confirma la tendencia antes mencionada: 4 de los tiburones marcados aparecieron en Alcione exclusivamente en la mañana y en horas tempranas de la tarde (entre las 4 h y 15 h); además, uno fue captado hasta horas tempranas de la noche (18 h). Por el otro lado, uno fue registrado durante altas horas de la noche y en la madrugada (entre las 22 h y 3 h).

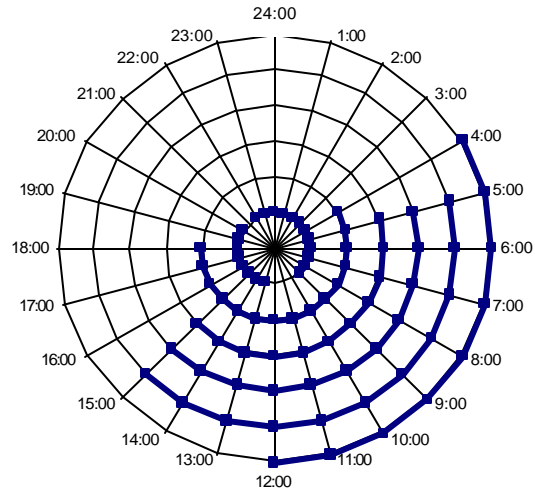


Figura 3. Horas en que los tiburones marcados en julio-setiembre 2005 fueron registrados en Alcione, Isla del Coco, Costa Rica. Cada anillo representa un tiburón martillo y los puntos azules señalan las horas en que los tiburones aparecieron en el sitio.

En la Figura 4 se pueden observar las apariciones por hora de los tiburones en Roca Sucia. En este sitio solo se registraron 3 tiburones: 2 fueron captados solamente en la mañana y en horas tempranas de la tarde (entre las 6 h y 17 h), mientras que 1 se registró en el día (entre las 5 h y 17 h) y también en la noche (20 h).

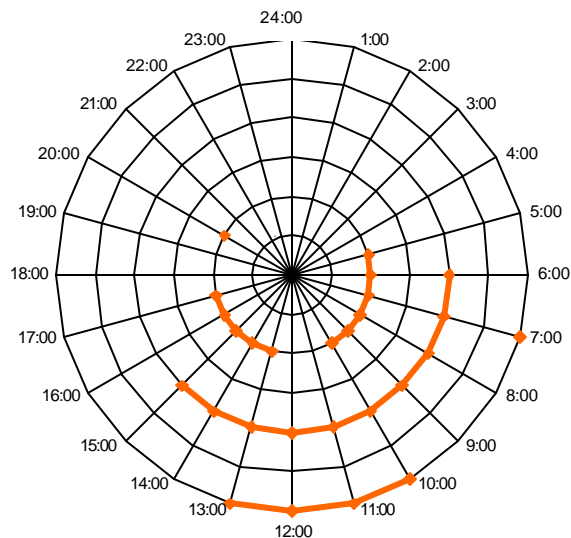


Figura 4. Horas en que los tiburones marcados en julio-setiembre 2005 fueron registrados en Roca Sucia, Isla del Coco, Costa Rica. Cada anillo por medio representa un tiburón martillo y los puntos naranjados señalan las horas en que los tiburones aparecieron en el sitio.

Los tiburones marcados en el 2005 generalmente se acercaron a los sitios de recepción durante las horas del día, tanto en julio y agosto como en setiembre y octubre. Sin embargo, en Alcyone durante el 28, 29 y 30 de julio los tiburones marcados aparecieron durante la noche y en la madrugada (Figura 5 y 6).

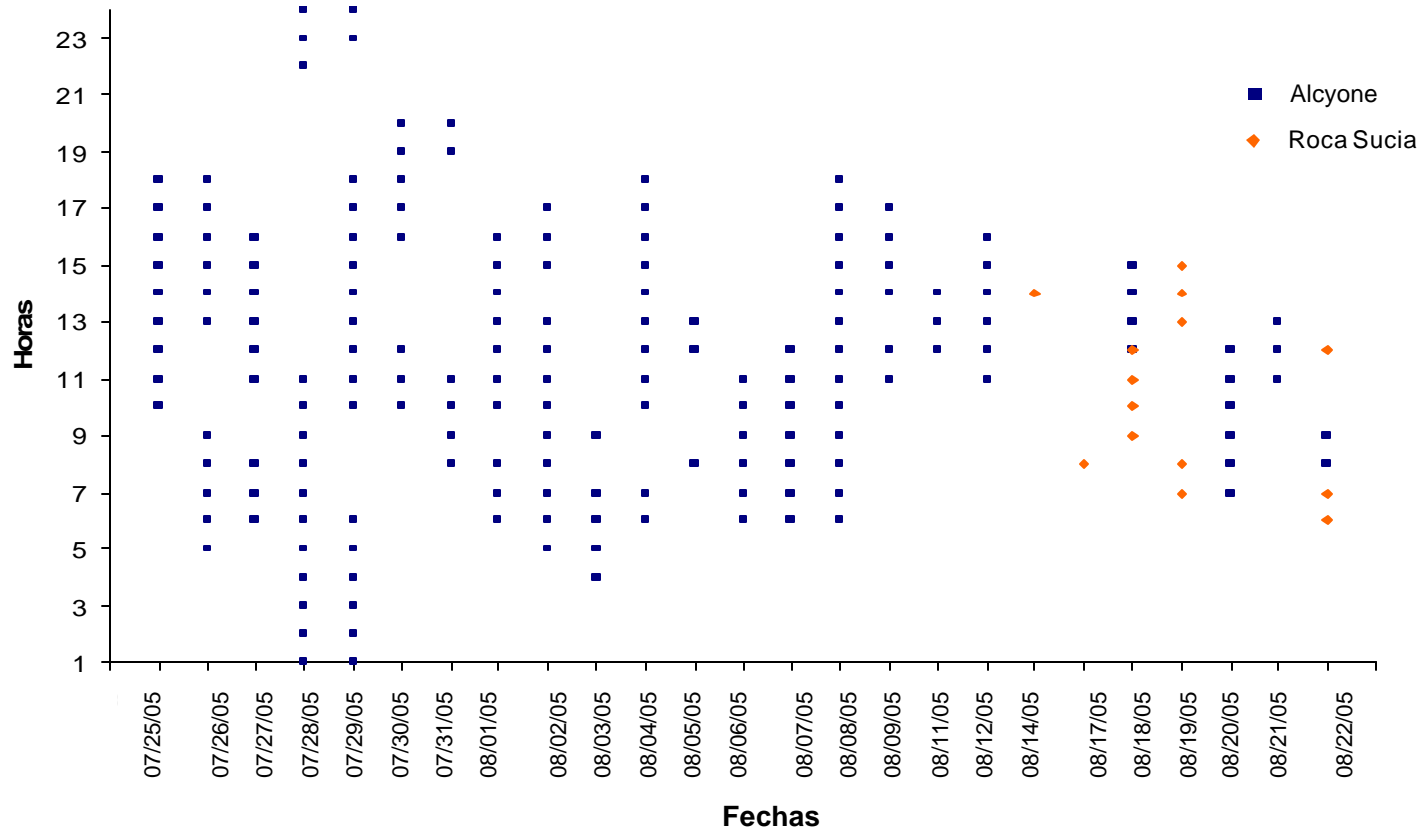


Figura 5. Horas por fechas en que los tiburones marcados fueron capturados por los dos receptores en julio-agosto 2005, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 198).

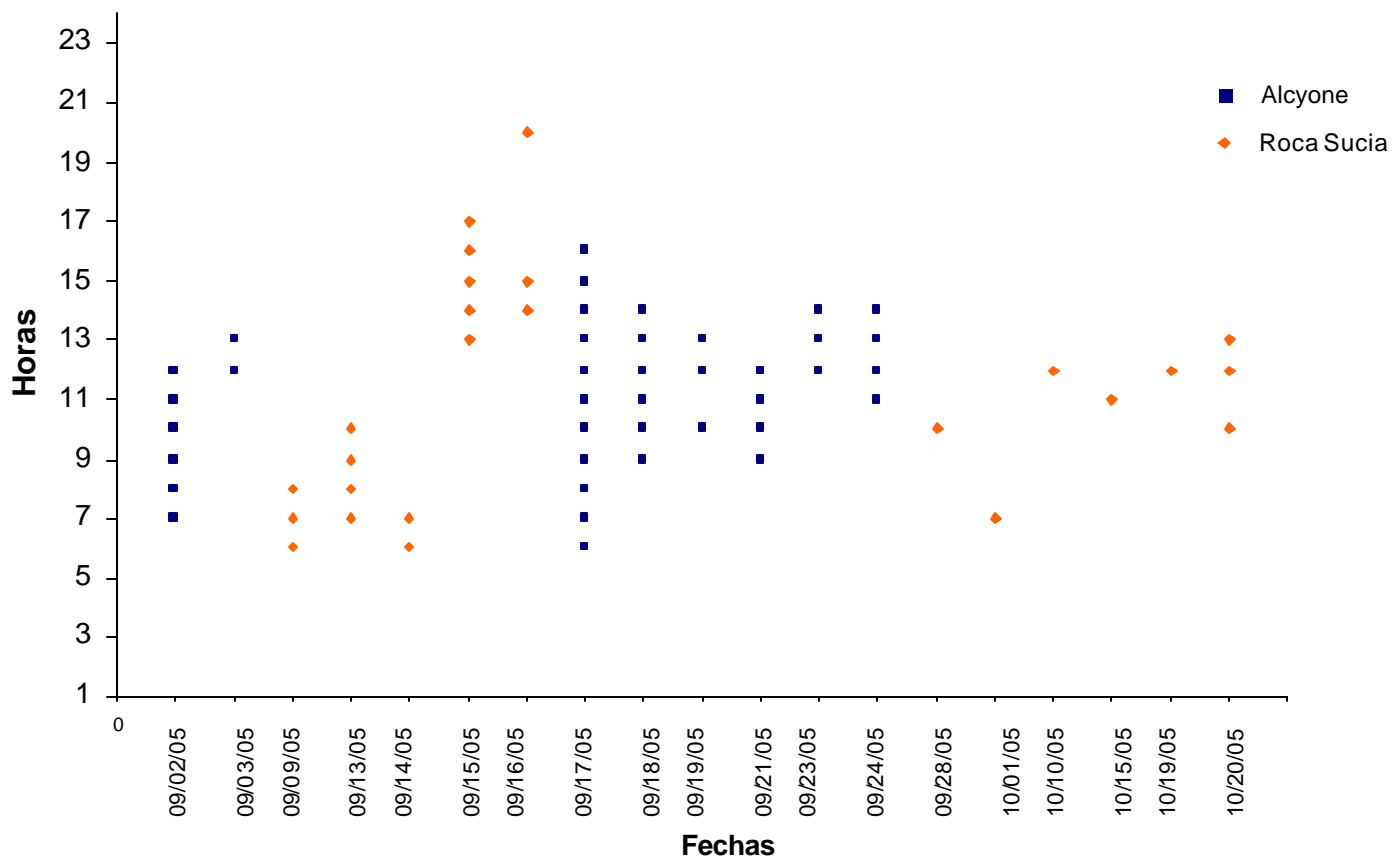


Figura 6. Horas por fecha en que los tiburones marcados fueron captados por los dos receptores en setiembre-octubre 2005, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 65).

El tiburón 2409 se marcó en Manuelita y aparentemente no volvió a dicho sitio de recepción. La mayoría de los registros de este individuo se reportó en Alcystone, donde permanece entre las 10 h y 13 h. Por el otro lado, la mayor cantidad de apariciones en Rocas Sucias se registraron entre las 6 h y 7 h y entre las 14 h y 15 h (Figura 7).

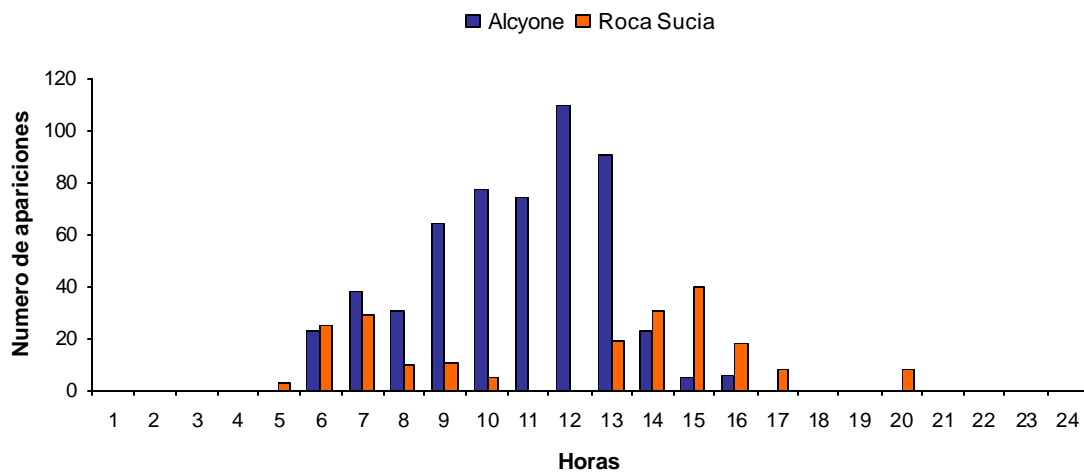


Figura 7. Número de apariciones según la hora del tiburón 2409 marcado en Manuelita en setiembre 2005, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 1289).

Este tiburón suele visitar el sitio de recepción (ya sea Alcystone o Rocas Sucias) solo una vez por día: llega a la estación de limpieza y permanece en sus alrededores por un periodo que oscila entre las 2 y 11 horas. El único día donde no respetó este comportamiento fue el 9/16/2005, cuando se pudieron observar varias horas de diferencias entre una aparición y la otra. En esta misma fecha se reportó la aparición más temprana (5 h) y la más tardía (20 h) (Figura 8).

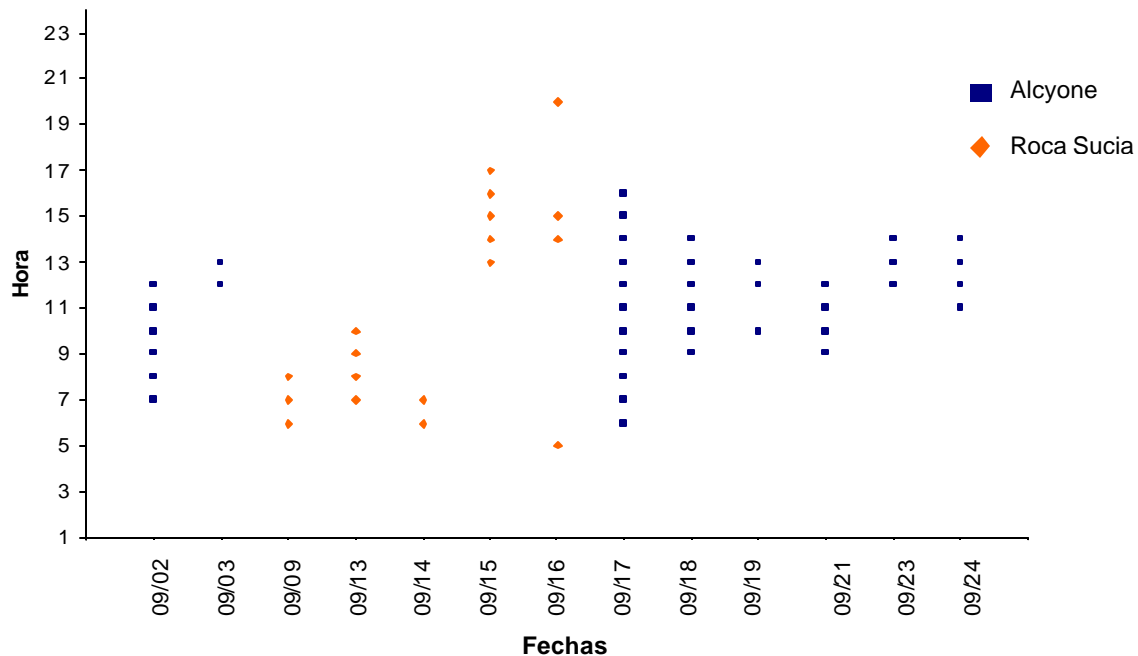


Figura 8. Horas por fecha en que el tiburón 2409 marcado en Manuelita fue captado por los dos receptores en setiembre-octubre 2005, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 57).

El segundo grupo de tiburones fue marcado durante la expedición de julio 2006, cuando se marcaron otros 10 tiburones martillos hembra con transmisores V16, 4 en Alcyone, 4 en Dos Amigos Pequeño y 2 en Roca Sucia , y otros 5 tiburones martillo fueron marcados con transmisores satelitales PAT.

Tres de los cuatro tiburones marcados en Alcyone aparecieron solo en el sitio de marcaje, mientras que los demás presentaron una mayor movilidad. En este caso el periodo en que las marcas transmitieron información fue muy variable: el 3094 se alejó de la isla el mismo día del marcaje, mientras que el 3093 se reportó hasta el 8/24/2006 y volvió a aparecer en Alcyone cuatro meses después, el 1/6/2007 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) marcados en julio 2006, en Isla del Coco, Costa Rica.

Código	Sexo	Fecha de marcaje	Sitio de marcaje	Sitio registrado	Fecha último registro
3090	F	7/6/2006	2 Amigos peq.	2 Amigos peq. y Alcyone	7/7/2006
3091	F	7/7/2006	Alcyone	2 Amigos peq. y Alcyone	7/21/2006
3092	F	7/8/2006	Roca Sucia	Manuelita y 2 Amigos peq.	7/13/2006
3093	F	7/7/2006	Alcyone	Alcyone	1/6/2007
3094	F	7/10/2006	Alcyone	Alcyone	7/10/2006
3095	F	7/10/2006	Alcyone	Alcyone	7/18/2006
3096	F	7/9/2006	2 Amigos peq	Alcyone	7/19/2006
3097	F	7/6/2006	2 Amigos peq	2 Amigos peq.	7/15/2006
3098	F	7/9/2006	2 Amigos peq	2 Amigos peq., Manuelita, Alcyone	8/4/2006
3099	F	7/10/2006	Roca Sucia	2 Amigos peq., Manuelita, Alcyone	7/23/2006

En Alcyone la mayoría de las apariciones se reportó entre las 7 h y 11 h, siendo las 9 h y las 10 h las horas con más registros. En Manuelita y en Dos Amigos Pequeño se reportó una menor cantidad de apariciones respecto a Alcyone. En Dos Amigos Pequeño la mayoría de registros se observó entre las 13 h y 17 h, mientras que en Manuelita los registros fueron muy escasos y sin ninguna tendencia definida (Figura 9).

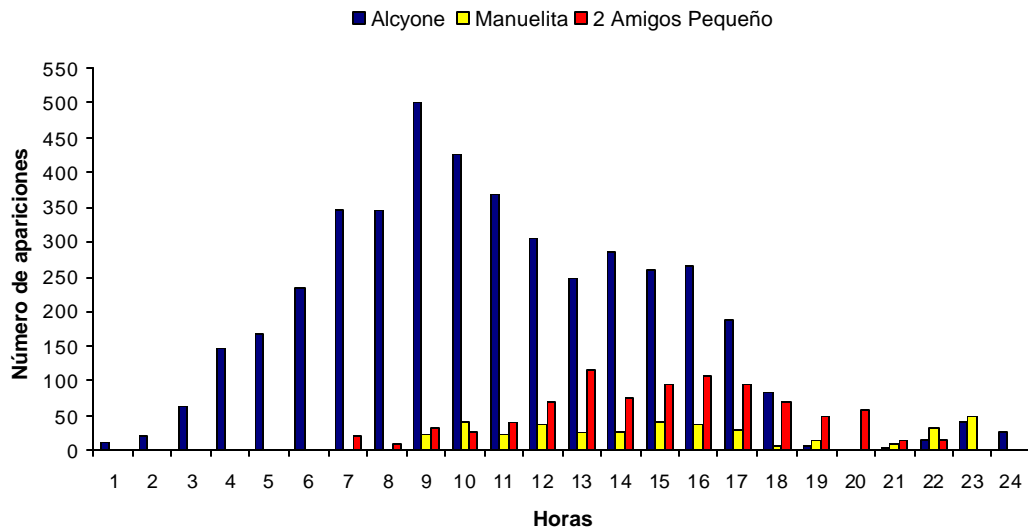


Figura 9. Número de apariciones según la hora de los tiburones marcados en julio 2006, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 5674).

En la Figura 10 se pueden observar las apariciones por hora de los tiburones en Alcyone, en julio del 2006. En este sitio se registraron 8 tiburones: 5 fueron captados en horas de la mañana y tarde (entre las 4 h y 17 h), mientras que 3 fueron registrados también en la noche y en la madrugada, inclusive un tiburón fue captado en Alcyone prácticamente a lo largo de todo el día.

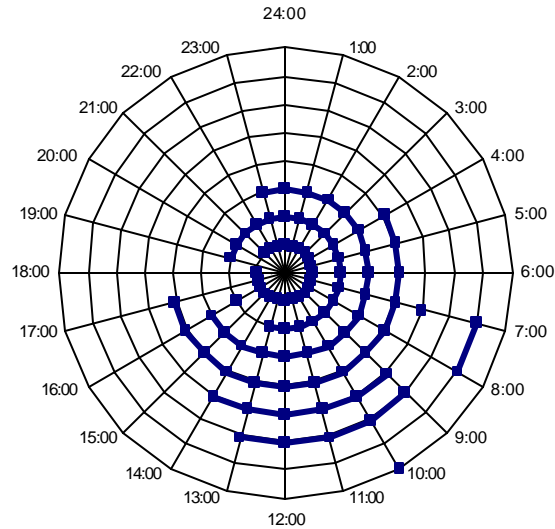


Figura 10. Horas en que los tiburones marcados en julio 2006 fueron registrados en Alcyone , Isla del Coco, Costa Rica. Cada círculo representa un tiburón martillo y los puntos azules señalan las horas en que los tiburones aparecieron en el sitio.

En la Figura 11 se pueden observar las apariciones por hora de los tiburones en Dos Amigos Pequeño, en julio del 2006. En este sitio se reportaron 6 tiburones: 3 fueron captados solo en la mañana y en la tarde (entre 7 h y 17 h), mientras que los remanentes se registraron en la tarde y en la noche. En este caso ningún tiburón apareció en la madrugada, entre las 24 h y 6 h.

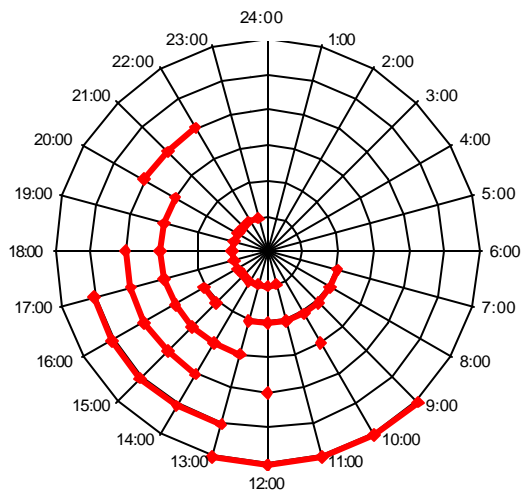


Figura 10. Horas en que los tiburones marcados en julio 2006 fueron registrados en Dos Amigos Pequeño, Isla del Coco, Costa Rica. Cada círculo representa un tiburón martillo y los puntos rojos señalan las horas en que los tiburones aparecieron en el sitio.

En la Figura 12 se pueden observar las apariciones por hora de los tiburones en Manuelita, en julio del 2006. En este sitio se reportaron solamente 3 tiburones, 2 de los cuales fueron captados exclusivamente en la tarde y en la noche (entre 12 h y 22 h), mientras que 1 fue registrado también en horas de la mañana. También en este caso ningún tiburón apareció en la madrugada y en tempranas horas de la mañana, entre las 24 h y 8 h.

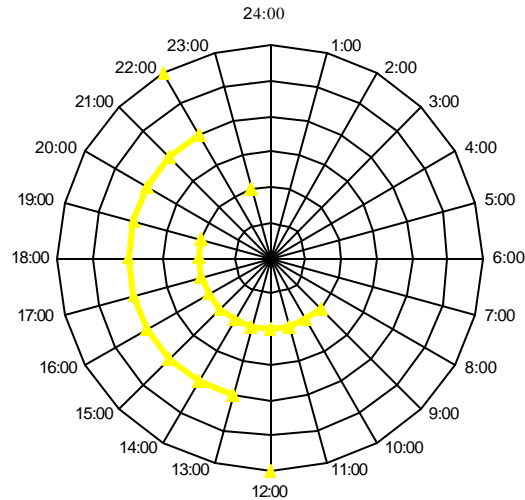


Figura 12. Horas en que los tiburones marcados en julio 2006 fueron registrados en Manuelita, Isla del Coco, Costa Rica. Cada círculo representa un tiburón martillo y los triángulos amarillos señalan las horas en que los tiburones aparecieron en el sitio.

Se observó como en los días sucesivos al marcaje los tiburones han frecuentado los tres sitios de recepción (Alcyone, Dos Amigos Pequeño y Manuelita) generalmente entre las 9 y 17 horas. Sin embargo entre el 7/13/2006 y el 7/18/2006 en Alcyone los tiburones visitaron el sitio en la noche y en la madrugada (Figura 13).

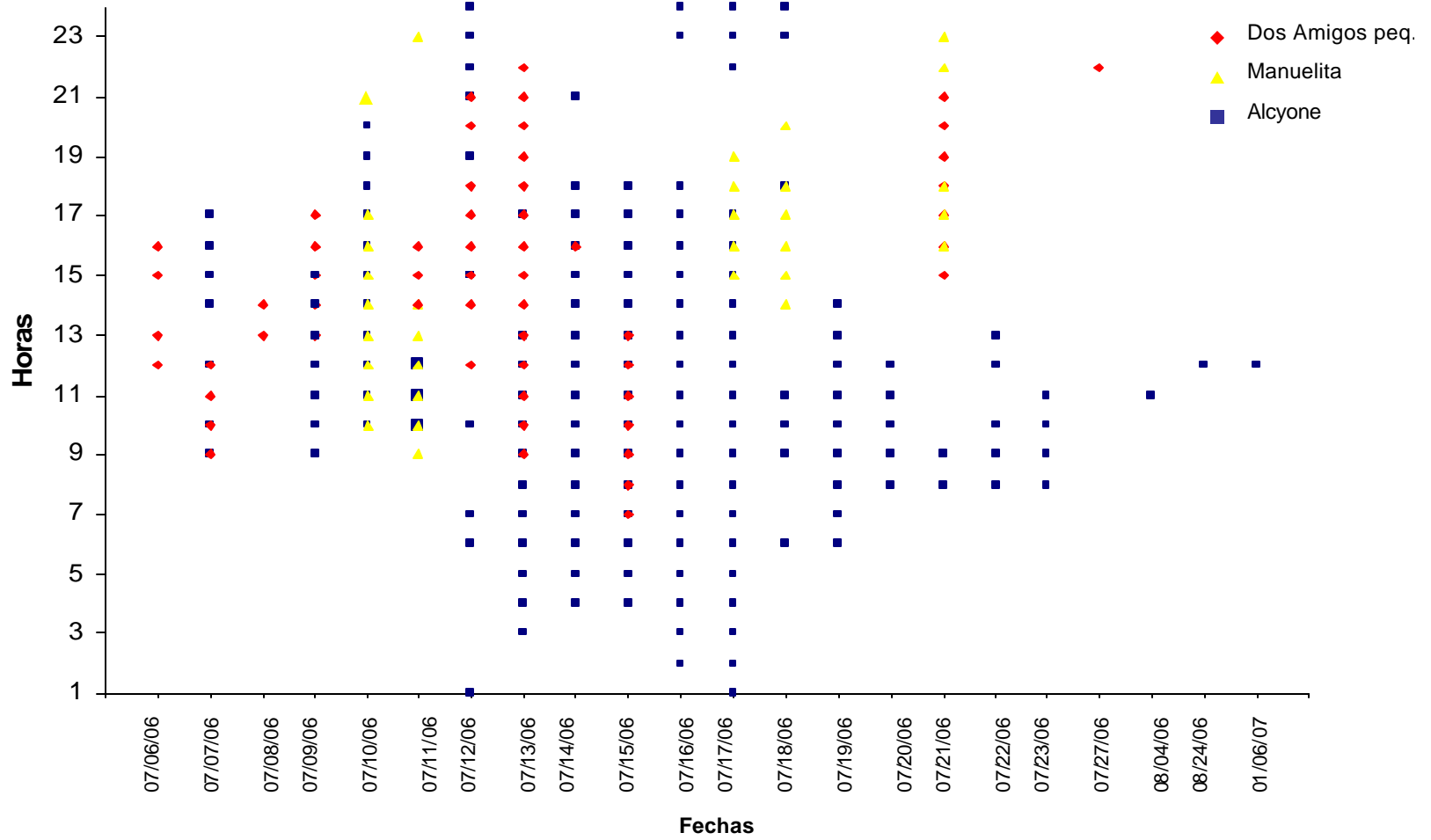


Figura 13. Horas por fecha en que los tiburones marcados en julio 2006 fueron capturados por los receptores en Isla del Coco, Costa Rica (n = 238).

El tiburón 3098 apareció en tres sitios: Dos Amigos Pequeño, Manuelita y Alcyone. La mayor cantidad de registros se reportó en Manuelita, seguido por Dos Amigos Pequeño. En este último sitio el tiburón se registró principalmente entre las 13 h y 15 h, mientras que en Manuelita entre las 15 h y 17 h. Se puede observar que prefiere frecuentar las estaciones de limpieza en la tarde e inclusive en la noche (Figura 14).

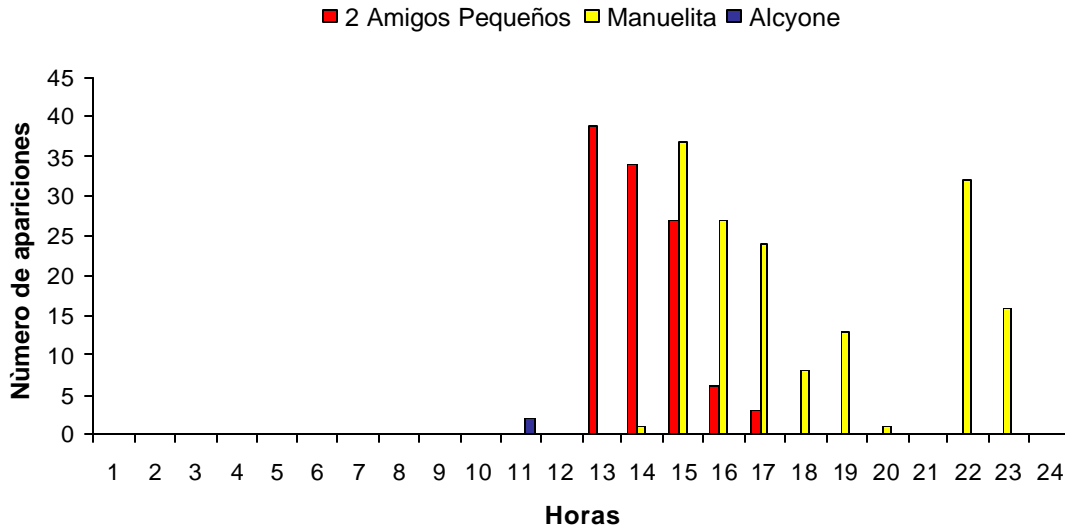


Figura 14. Número de apariciones según la hora del tiburón 3098 marcado en Dos Amigos Pequeño en julio 2006, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 273).

Este tiburón suele llegar a los sitios de recepción y permanecer en sus alrededores por un periodo que oscila entre 1 y 6 horas. Sin embargo, el 7/18/2006 y el 7/21/2006 el tiburón aparentemente se alejó de Manuelita y volvió unas horas más tarde. En estos mismos días se reportaron apariciones del 3098 a altas horas de la noche (20, 22 y 23) (Figura 15).

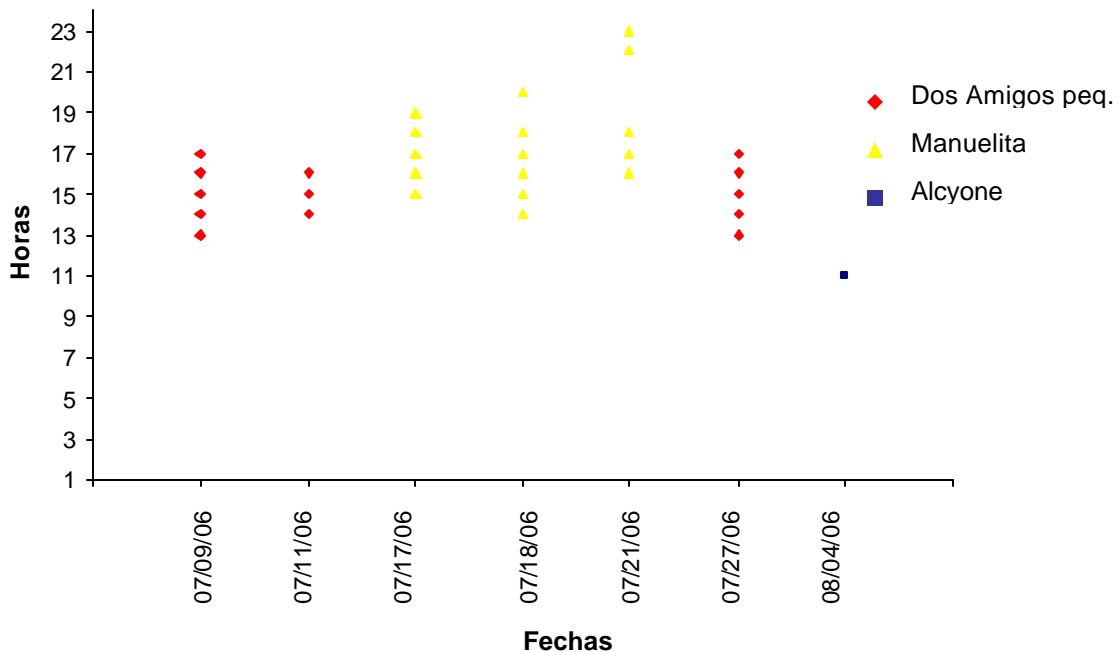


Figura 15. Horas por fecha en que el tiburón 3098 marcado en Dos Amigos Pequeño fue captado por los receptores en julio-agosto 2006, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 26).

El tiburón 3099 que se marcó en Roca Sucia, apareció en tres sitios: Alcylene, Dos Amigos Pequeño y Manuelita. En este caso la mayor cantidad de registros se reportó en Alcylene, seguido por Dos Amigos Pequeño. En Manuelita este tiburón solo se observó el 7/11/2006, día después de su marcaje. En Alcylene la mayor cantidad de registros se dio entre las 8 h y 11 h. Mientras que en Dos Amigos se observaron más apariciones a las 17 h y 18 h. A diferencia del 3098, este tiburón frecuenta más las estaciones de limpieza en la mañana (Figura 16).

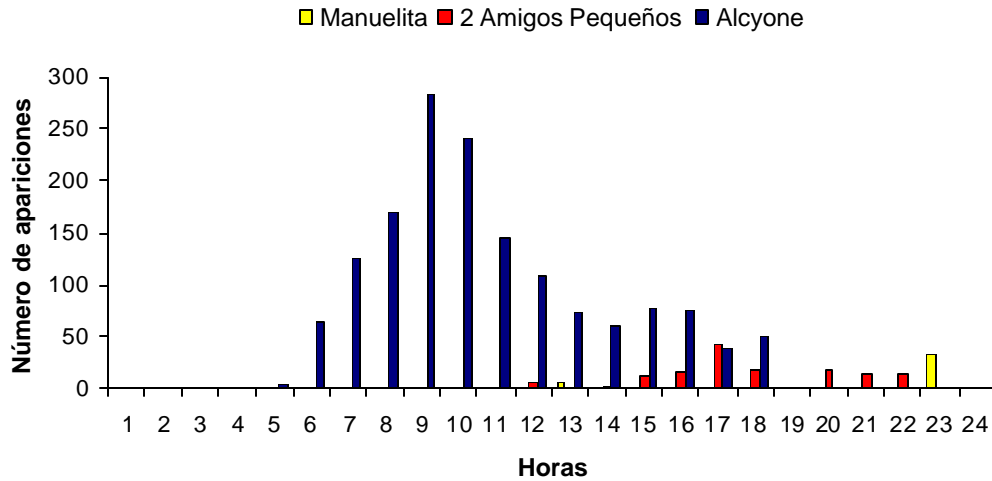


Figura 16. Número de apariciones según la hora del tiburón 3099 marcado en Roca Sucia en julio 2006, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 1748).

Este tiburón, al día siguiente del marcaje, apareció solo en Manuelita, primero a las 12 h y sucesivamente a las 23 h. Generalmente llega a los sitios de recepción entre las 7 h y 14 h y puede permanecer hasta 12 horas seguidas en la misma estación de limpieza (7/16/2006). Se observó que entre el 7/11/2006 y el 7/13/2006, el tiburón visitó los sitios a tardas horas de la noche (21 h, 22 h y 23 h) (Figura 17).

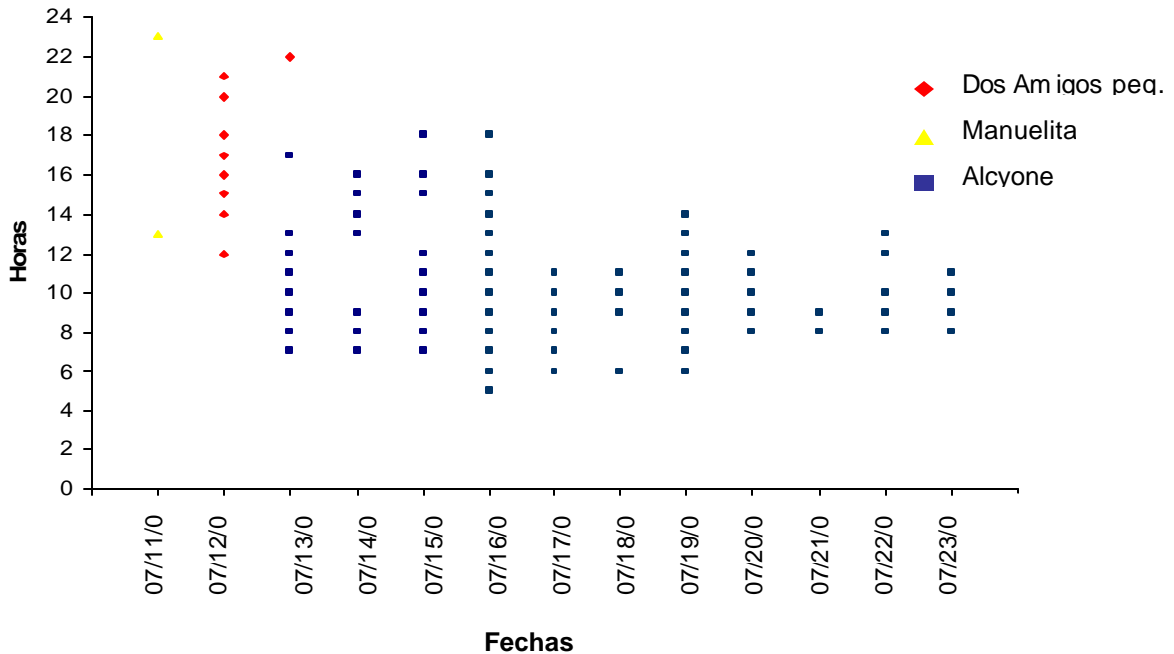


Figura 17. Horas por fecha en que el tiburón 3099 marcado en Roca Sucia fue captado por los receptores en julio 2006, en Isla del Coco, Costa Rica (n = 83).

2 tiburones marcados en Galápagos fueron reportados en la Isla del Coco. Se trata de los tiburones 1221 y 1206, marcados el 24/7/06 y el 21/7/06 respectivamente, por la Fundación Charles Darwin. El 1221 se registró solo el día 31/3/2007 en Dos Amigos Pequeño, con una sola repetición; mientras que el 1206 se registró el 31/3/2007 en Dos Amigos Pequeño con 37 repeticiones y el 17/4/2007 en Manuelita con 25 repeticiones.

De los 5 tiburones marcados con transmisores satelitales (Cuadro 3), los resultados fueron un tanto desalentadores, pues solo la marca 5003 reportó transmisiones, y tan solo por un lapso de una semana, entre el 8 y el 15 de julio del 2006. Uno de los transmisores falló, y los otros tres, aparentemente, se desprendieron del tiburón días después del marcaje.

Cuadro 3. Tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) marcados en julio 2006, en Isla del Coco, Costa Rica.

Código	Fecha marcaje	Sitio
18738	11/07/2006	Punta María
5003	08/07/2006	Dirty Rock
67452	11/07/2006	Manuelita
67453	06/07/2006	Manuelita
67454	07/07/2006	Alcyone

Aún así, la información que generó el tiburón con la marca 5003 fue sumamente valiosa, pues en cuestión de una semana el tiburón se enrumbó hacia el sur, desplazándose hacia las aguas al sur de las Islas Galápagos.

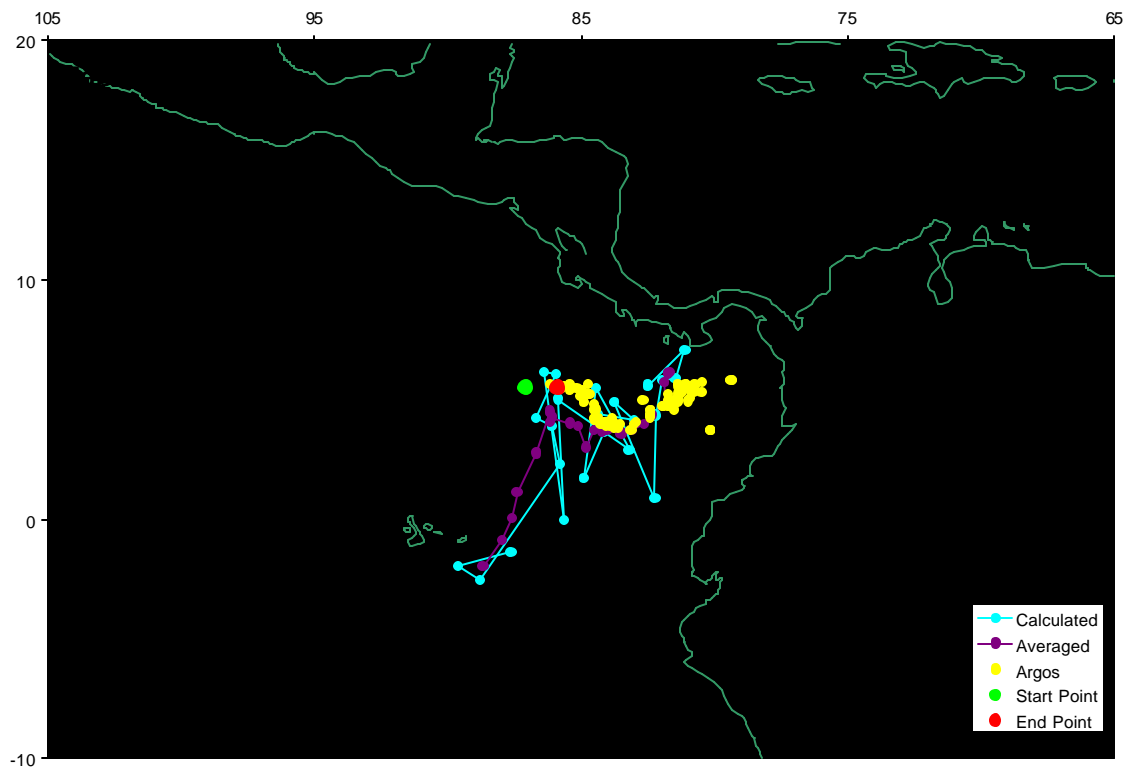
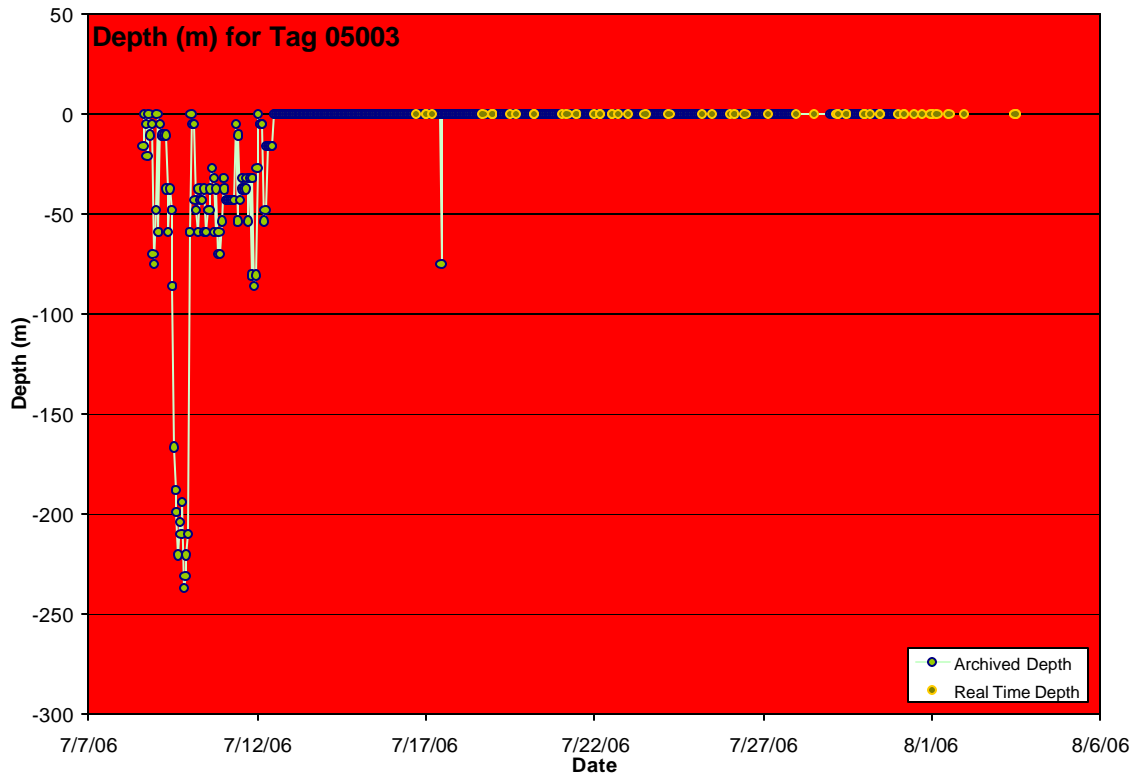


Figura 18. Mapa de los movimientos de un tiburón martillo marcado en la Isla del Coco, con la ruta calculada y la mejor ruta estimada promedio.

Además, se pudo comprobar el comportamiento de ascender y descender constantemente entre la superficie y los 100 metros de profundidad, descendiendo ocasionalmente hasta profundidades de casi 150 metros. Este comportamiento de constante desplazamiento entre aguas someras y profundas, ha sido descrito como el comportamiento del “yo-yo” (Klimley et al, 2005).



DISCUSIÓN

Isla del Coco es reconocida a nivel mundial por ser un sitio con una alta diversidad marina. Dicha isla está rodeada por montañas submarinas (como Roca Sucia y Acyone) e islotes (como Manuelita y Dos Amigos Pequeño) que forman aguas altamente productivas, con altas cantidades de plankton. Este último constituye la principal fuente de alimento para las especies pertenecientes a los niveles tróficos más bajos que, a su vez, soportan las poblaciones de grandes depredadores tope como atunes y delfines. A pesar de esto, los tiburones martillos utilizan las montañas submarinas y los islotes no como fuente de alimento, si no como zonas de limpieza (Klimley *et al.* 2005).

Los tiburones martillo que se marcaron en el 2005 transmitieron información hasta un máximo de 28 días (Cuadro 1), confirmando que *S. lewini* es una especie visitante, no residente de Isla del Coco. Probablemente los tiburones martillo visitan la isla durante sus largas migraciones, cuyas rutas y motivos todavía están desconocidas.

En el 2005 los tiburones martillo se registraron solo en Alcyone y en Roca Sucia, mostrando cierta fidelidad a las zonas de limpieza. De hecho, 6 de los 8 tiburones que transmitieron información fueron captados exclusivamente en el sitio de marcaje (Cuadro 1). Como consecuencia de esta fidelidad, la mayoría de las apariciones se reportaron en Alcyone, sitio donde se marcaron 7 de los 10 tiburones (Cuadro 1 y Figura 2).

Según los datos de la primera expedición, los tiburones martillo se comportan de manera similar en ambos sitios de recepción (Alcyone y Roca Sucia), prefiriendo visitar una vez al día las zonas de limpieza, generalmente en la mañana y en la tarde (Figura 2, 3 y 4). Esto concuerda con lo reportado por Klimley *et al.* (2005) en Bajo Espíritu, en el Golfo de California, donde los investigadores demostraron como *S. lewini* transcorre varias horas de la mañana y de la tarde en la montaña submarina, para luego desplazarse hacia aguas más profundas en busca de presas bentónicas, como los calamares.

Además, la similitud en las horas de estadía de los tiburones, sugiere un posible movimiento en escuela. Extrañamente solo uno de los tiburones marcados se desvió de este comportamiento en los días 28 y 29 de julio 2005, cuando visitó Alcyone durante altas horas de la noche y en la madrugada (Figura 5 y 6). Este comportamiento podría representar un movimiento individual, no de escuela y podría ser consecuencia de los ciclos lunares que quizá afecten la actividad nocturna de los tiburones (Anislado 2000).

El tiburón 2409 fue el que mostró mayor movilidad y, por ende, menor fidelidad a la zona de limpieza. A pesar de esto, dicho individuo reflejó claramente la tendencia general de los tiburones marcados: visitó Roca Sucia durante la mañana y la tarde; y apareció en Alcyone principalmente al rededor de mediodía (Figura 7 y 8).

Los tiburones martillo marcados en el 2006 transmitieron información por varios días seguidos (Cuadro 2); sin embargo, uno de ellos (el 3093) arrojó un dato trascendental. Dicho tiburón se alejó de la isla y volvió cuatro meses después al mismo sitio de recepción (Alcyone), demostrando que, a lo largo de sus migraciones, *S. lewini* visita la isla periódicamente. Además, el hecho de que volviera justamente al mismo sitio de recepción confirma una fidelidad o, por lo menos, una preferencia de los tiburones martillo hacia determinadas zonas de limpieza.

También en el 2006 Alcyone fue el sitio de recepción más visitado, de hecho 8 de los 10 tiburones marcados se registraron en dicho lugar (Cuadro 2). Como consecuencia, la mayoría de las apariciones totales se reportaron justamente en este sitio (Figura 9).

Los tiburones marcados en el 2006 se comportaron de manera similar respecto a los del 2005, visitando una vez al día las estaciones de limpieza, en la mañana o en la tarde. Sin embargo, en este caso la mayoría de apariciones en Alcyone se reportaron en la mañana, mientras que en Dos Amigos Pequeño en la tarde (Figura 10 y 11). Extrañamente en Manuelita la mayoría de registros se reportaron en la tarde y en la noche, esta tendencia probablemente se deba a la baja cantidad de registros reportados y a que solo tres tiburones visitaron este sitio (Figura 9 y 12).

Los tiburones marcados en el 2006 no solían visitar las estaciones de limpieza en la madrugada, esto a excepción de dos individuos que, entre el 16 y el 18 de julio 2006, visitaron Alcyone durante horas de la madrugada (Figura 13). La comparación entre los

resultados actuales y futuros, determinará si esta variación en los movimientos nocturnos se deba a ciclos lunares o, simplemente, a desviaciones en el comportamiento individual de los tiburones.

En el 2006 los tiburones que presentaron mayor movilidad fueron el 3098 y el 3099. En este caso, el 3098 demostró una preferencia en visitar las zonas de limpieza una vez al día, sobretodo en la tarde. Por el otro lado, el 3099 fue el más representativo del comportamiento de los tiburones marcados en el 2006, apareciendo en Alcyone durante las horas de la mañana y en Dos Amigos Pequeño en la tarde.

Los resultados de los transmisores satelitales fueron escasos por el desprendimiento prematuro de las marcas, lo que nos obligan a determinar cuál es el método más eficiente para marcar estos tiburones. Las marcas tipo PAT son considerablemente más grandes que las marcas V16, y crean mayor fricción y resistencia. Debido a que los tiburones se marcan utilizando equipo SCUBA, no es posible confirmar si la marca está aplicada correctamente, por lo que existe mayor probabilidad de desprendimiento prematuro. Una opción sería atrapar a los tiburones e inmovilizarlos en una camilla, lo cual permitiría constatar la calidad de la fijación de la marca sobre el animal.

Conclusiones Preliminares

- ? Los tiburones martillo se hacen presentes en los sitios de agregación (estaciones de limpieza) en horas de la mañana, y se retiran en horas del atardecer.
- ? Los tiburones martillo pueden visitar dos sitios de agregación en un día, aunque mantienen fidelidad por ciertos sitios.
- ? Durante las noches, los tiburones martillo visitan aguas de hasta 250 metros de profundidad.
- ? Los tiburones martillo son recurrentes, pues retornan a la Isla después de ausencias que pueden durar meses.
- ? Tiburones martillo marcados en las Islas Galápagos visitan la Isla del Coco.

LITERATURA CITADA

Anislado T. V. 2000. Ecología Pesquera del Tiburón Martillo, *Sphyrna lewini*, en el Litoral del Estado de Michoacán, México. Tesis Para Obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias (Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos), UNA, México.

Garrison, G. 2005. Peces de la Isla del Coco. Segunda Edición. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 393 pp.

Klimley, A. P., Richert J. and S. Jorgensen. 2005. The Home of Blue Water Fish. American Scientist, Vol. 93. Jan-Febr. 42-49 pp.

Myers, M. C., Vaughan C., Bin O., Polasky S. and A. Klampfer. 2005. Trends in shark and ray abundance in the Cocos Island Conservation Area, Costa Rica. International Conference for the Conservation and Management of Wildlife. Feb. 21-25, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.