



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

PATRONES DE COMPORTAMIENTO EN LOS MOVIMIENTOS
VERTICALES Y HORIZONTALES DEL DORADO (*Coryphaena*
hippurus LINNAEUS 1758) EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA
CALIFORNIA SUR, MÉXICO

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación Biología Marina)

Presenta

CRISTINA HERNÁNDEZ TLAPALE

La Paz, Baja California Sur, Febrero de 2015.

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 13:00 horas del día 6 del mes de febrero del 2015, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Patrones de comportamiento en los movimientos verticales y horizontales del dorado (*Coryphaena hippurus* LINNAEUS 1758) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México"

Presentada por el alumno:

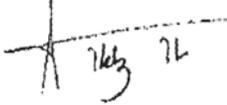
CRISTINA HERNÁNDEZ TLAPALE

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **BIOLOGÍA MARINA**

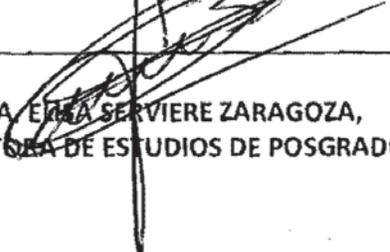
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su APROBACIÓN DE LA TESIS, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA


Dr. Arturo Muhlia Melo
DIRECTOR DE TESIS


Dr. Agustín Hernández Herrera
COTUTOR


Dr. Leonardo Andrés Abina Cárdenas
COTUTOR


DRA. ERIKA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMITÉ TUTORIAL

Dr. Arturo Muhlia Melo (Director de Tesis, CIBNOR)

Dr. Agustín Hernández Herrera (Cotutor, CICIMAR)

Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas (Cotutor, CICIMAR)

COMITÉ REVISOR DE TESIS

Dr. Arturo Muhlia Melo

Dr. Agustín Hernández Herrera

Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

Dr. Arturo Muhlia Melo

Dr. Agustín Hernández Herrera

Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas

Suplente: Dr. Juan Antonio De Anda Montañez

RESUMEN

En México el dorado (*Coryphaena hippurus*) es una especie reservada para la pesca deportiva. En específico en Baja California Sur, es un recurso importante tanto para la pesca deportiva como para la pesca artesanal. Es una especie de corta vida y rápido crecimiento, con una amplia distribución y picos de alta abundancia para la región, por lo que es considerada con potencial de desarrollo. Ante esta perspectiva, se han realizado una serie de estudios sobre su biología, aunque aún no se sabe cómo estos organismos rigen sus movimientos.

La vulnerabilidad de los pelágicos mayores a la pesca se determina por su distribución en la superficie del mar o en la columna de agua, qué tan rápido se mueven, tiempo de residencia en un área, si forman agregaciones, etc., por lo que el presente estudio se enfocó a comprender los movimientos verticales y horizontales a corto plazo con telemetría acústica y las variables que rigen sus movimientos en la Bahía de La Paz. Para lo cual se colocaron transmisores acústicos en seis peces a los que se les dio seguimiento continuo durante un periodo de 48 hrs. Los organismos capturados fueron juveniles.

Los movimientos horizontales variaron según el área de marcado, aunque no fueron muy dispersos, con tendencia a desplazarse más lejos de la costa durante el día que en la noche. La distancia total recorrida promedio fue de 38.8 Km, con velocidad promedio de 0.51 m/s y distancia máxima de alrededor de 48 Km; mientras que los movimientos verticales fueron mayoritariamente superficiales limitados a la profundidad de la termoclina cuando esta fue detectada. Asimismo, se logró observar un patrón de comportamiento relacionado con horas luz, de tal manera que el dorado se desplazó e hizo más inmersiones profundas durante la noche, lo cual se asocia a un cambio en los hábitos alimenticios.

Todas las variables predictivas (temperatura-pezu, profundidad-termoclina, hora, batimetría, distancia a la costa, sexo) en el análisis Modelos Aditivos Generalizados fueron significativas por lo que en conjunto nuestros resultados sugieren que los movimientos de *C. hippurus* se encuentran relacionados con sus

hábitos alimenticios, aunque también son influenciados por variables oceanográficas, geográficas, además de una variabilidad individual relacionada con el sexo y la edad.

Palabras clave: Dorado, movimientos horizontales, movimientos verticales, telemetría acústica.

ABSTRACT

The dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) is a reserved gamefish species in Mexico. Specifically in Baja California Sur, it is a very important resource for sports fishing and regional fishery. It is a species of low life span and rapid growth with wide distribution and high abundance in the region with development potential. With this in mind, although several studies on its biology have been performed, it is still unknown how this species regulates its movements. In fisheries, the vulnerability of large pelagic fish is determined by their depth distribution, travel speed, residency time, aggregation, and so on.

The objective of this study was to understand the short-term vertical and horizontal movements with acoustic telemetry related to the variables that regulate them in the Bahia de La Paz. Acoustic transmitters were attached to six juvenile fishes, which were tracked for 48 hrs.

Horizontal movements varied according to the area where they were marked although they were not very dispersed, tending to move away from the coast during day than at night. The average total distance traveled was 38.8 Km with average velocity of 0.51 m/s while vertical movements were mostly shallow, and limited to the depth of the thermocline when they were detected. Likewise, a pattern of behavior related to daylight hours was possible to observe, such that dolphinfish moved and made deeper dives overnight, which is associated with a change in feeding habits.

All explanatory variables (Tem-pezu [temp-fish], Prof-termo [Depth-termo], Bathymetry, Distcost, and Gender) in the GAM analysis were significant. Therefore, all our results suggest that *C. hippurus* movements are influenced by oceanographic, geographic variables, and some individual variability.

Key words: Dolphinfish, horizontal movements, vertical movements and acoustic telemetry.

DEDICATORIA

A mis padres quienes con su buen ejemplo y esfuerzo, me siguen motivando en mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, por permitirme realizar mis estudios de maestría y por todas las facilidades otorgadas para realizar esta investigación.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada, No.becario 487113.

Al proyecto que financió este trabajo. CB: 133541. CONACYT. Movimientos, uso de hábitat y dinámica poblacional del dorado (*Coryphaena hippurus*) y otras especies de pelágicos mayores de importancia comercial en el Pacífico Mexicano.

A mi director de tesis Dr. Arturo Muhlia Melo, por su apoyo, consejos y asesorías durante la elaboración del trabajo.

A mis cotutores Dr. Agustín Hernández Herrera y Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas, por sus aportaciones así como consejos y revisiones a este trabajo.

Un especial y justo agradecimiento al Dr. James Thomas Ketchum Mejía, por haberme guiado, apoyado y por sus valiosos consejos durante las salidas a campo y análisis de la información.

Al Dr. James Ketchum del CIBNOR y al Dr. Mauricio Hoyos de Pelagios Kakunjá, A.C. por el préstamo del equipo de telemetría (VR100, hidrófono, GPS), material quirúrgico, herramientas y accesorios.

Al Dr. James Ketchum por el diseño de la base del hidrófono y método de marcado de dorados.

A Guillermo García Cortés y Jorge Cobos Anaya del Taller de Maquinados del CIBNOR por el diseño y fabricación de la base del hidrófono.

Al Dr. Armando Trasviña del CICESE por el préstamo del CTD CastAway y al Dr. Cesar Salinas del CIBNOR por el préstamo del CTD Ruskin-XR-420.

Al M.C. Jesús Bautista Romero y al Dr. Salvador Lluch Cota por el préstamo de la ecosonda.

Al equipo de buceo del CIBNOR Jorge Angulo Calvillo, Enrique Calvillo Espinoza y Mario Cota Castro por su apoyo y enseñanzas durante los seguimientos, así como todos los buenos y graciosos momentos para hacer más ameno el trabajo.

Al M. en C. Oswaldo Uriel Rodríguez García por su apoyo y compañerismo, así como Nelson Aguilar y Fernando Manini Ramos, porque sin todo este personal el trabajo en campo hubiese sido más difícil.

Al M. en C. Mauro Santiago García por sus sugerencias y asesoría en el análisis de datos del CTD en MatLab.

Al M. en C. Millo Marín Enríquez por sus comentarios y sugerencias en el análisis de datos, además de su valiosísimo apoyo con el uso del software R.

Al Dr. Raúl Martínez Rincón por su asesoría y sugerencias en el trabajo, y también consejos con el software R.

A la Dra. Patricia González Zamorano del laboratorio de SIG, por sus asesorías y sugerencias en la elaboración de mapas y análisis de datos.

A la Maestra Diana Dorantes, por su apoyo y ánimo en las clases de inglés, además en la revisión del resumen en inglés.

A mis amigos, Edisa, José Ángel, Cintya y Marce que estuvieron ahí para escucharme y darme ánimos las múltiples veces que se bajaron las pilas.

A todos

Muchísimas GRACIAS!!!

CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
CONTENIDO.....	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABLAS	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. HIPÓTESIS	10
5. OBJETIVOS	10
6. MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
7. RESULTADOS	20
8. DISCUSIÓN	51
9. CONCLUSIONES.....	58
10. SUGERENCIAS.....	60
11. LITERATURA CITADA.....	61
ANEXOS	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio Bahía de La Paz, Baja California Sur.....	12
Figura 2. Área cubierta durante los ocho seguimientos en la Bahía de La Paz. ..	20
Figura 3. Mapa batimétrico de la Bahía de La Paz, B.C.S.	21
Figura 4. Seguimientos 1 (San Juan de la Costa) y 2 (Brisa Mar), ubicando el punto de marcado- liberación del pez (circulo) y el fin del seguimiento (triangulo).	25
Figura 5. Seguimientos 3 y 4 realizados en Brisa Mar, ubicando el punto de marcado y liberación del pez (circulo) y el fin del seguimiento (triangulo).	26
Figura 6. Seguimientos 5 y 6 realizados en Punta diablo y en La Gaviota, ubicando el punto de marcado y liberación del pez (circulo) y el fin del seguimiento (triangulo).	27
Figura 7. Relación entre la tasa de movimiento y el periodo del día.	28
Figura 8. Relación entre la tasa de movimiento y el sexo.	29
Figura 9. Relación entre la distancia a la costa y el periodo del día.....	30
Figura 10. Relación entre la distancia a la costa y el sexo.....	31
Figura 11. Registros bajo la termoclina en distintos periodos del día. Día bajo termoclina (DB), Atardecer bajo termoclina (AB), Noche bajo termoclina (NB), Amanecer bajo termoclina (AMB), en el seguimiento 1 (A), seguimiento 2(B), seguimiento 3(C), seguimiento 4(D), seguimiento 5(E) y seguimiento 6 (F).	34
Figura 12. Movimientos verticales del Seguimiento 1 durante 48hrs. Línea profundidad del pez, línea negrita indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje X indican horas oscuridad.	37
Figura 13. Movimientos verticales del Seguimiento 2 durante 22 hrs. Línea profundidad del pez, línea negrita indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje X indican horas oscuridad.	38
Figura 14. Movimientos verticales del Seguimiento 3 durante aprox. 47 hrs. Línea profundidad del pez, línea negrita indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje x indican horas oscuridad.	39

Figura 15. Movimientos verticales del Seguimiento 4 durante 48hrs. Línea profundidad del pez, línea negrita indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje X indican horas obscuridad.	40
Figura 16. Movimientos verticales del Seguimiento 5 durante 38hrs. Línea profundidad del pez, línea negrita indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje X indican horas obscuridad.	41
Figura 17. Movimientos verticales del Seguimiento 6 durante 47hrs. Línea profundidad del pez, línea negrita indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje X indican horas obscuridad.	42
Figura 18. Profundidad promedio por minuto para todos los seguimientos.	43
Figura 19. Profundidad promedio por minuto para todos los seguimientos excepto para el seguimiento 5.	43
Figura 20. Frecuencia relativa de la profundidad registrada por las marcas colocadas en los peces.	44
Figura 21. Frecuencia relativa de la temperatura registrada por las marcas colocadas en los peces.	45
Figura 22. Frecuencia relativa de la distancia de los movimientos con relación a la costa.	45
Figura 23. Efecto estimado de la variable predictiva temperatura que el pez registró sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2 error estándar (ES).	47
Figura 24. Efecto estimado de la variable explicativa profundidad de la termoclina sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2ES.	47
Figura 25. Efecto estimado de la hora del día sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2ES.	48

Figura 26. Efecto estimado de la batimetría sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2ES.	49
Figura 27. Efecto estimado de la distancia a la costa sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2ES.	49
Figura 28. Relación entre la profundidad a la que el pez se desplazó con relación al sexo.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Resumen de la información de los ocho seguimientos activos de <i>Coryphaena hippurus</i> en la Bahía de la Paz.....	22
Tabla II. Muestra los acontecimientos más notorios en cada uno de los seguimientos.....	27
Tabla III. Distancia total recorrida para cada seguimiento.	28
Tabla IV. Estadística descriptiva para la tasa de movimiento en cada uno de los periodos.	29
Tabla V. Estadística descriptiva para la tasa de movimiento (m/s) con relación al sexo.	29
Tabla VI. Estadística descriptiva para la distancia a la costa (m) con relación a cada periodo.	30
Tabla VII. Estadística descriptiva para la distancia a la costa con relación al sexo.	31
Tabla VIII. Comparación pareada de Chi-cuadrada en cada tipo de inmersión por periodo del día para todos los dorados.	33
Tabla IX. Estadística descriptiva de las variables	33
Tabla X. Descripción de cada uno de los seguimientos de manera individual.....	36
Tabla XI. Resumen del modelo aditivo generalizado ajustado a los datos, CIA Criterio de Akaike	46

1. INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad de los pelágicos mayores altamente móviles a la pesca es determinada por su distribución en la superficie del mar o en la columna de agua, la velocidad de crucero, tiempo de residencia en un área y a la formación de grupos (Brill y Lutcavage 2001). La distribución de los organismos en los océanos es establecida por movimientos que a su vez son determinados por una serie de interacciones complejas en el ambiente, tanto de factores bióticos como abióticos (Jonsen *et al.* 2003) y de ciclos de vida particulares (Dingle 1996).

Comprender los efectos de las variables físicas sobre el comportamiento en los movimientos de los peces es crítico para robustecer la evaluación de las poblaciones. Se ha argumentado que las mediciones y en última instancia, predecir el efecto de las condiciones oceanográficas en el comportamiento de pelágicos mayores requiere de observaciones directas (Brill y Lutcavage 2001).

La telemetría acústica ha sido usada en los últimos 30 años para estudiar organismos *in situ*. Recientemente, la tecnología ha avanzado permitiendo obtener información detallada de los organismos marinos (Holland *et al.* 1993).

La telemetría acústica moderna es una herramienta que es usada para coleccionar información acerca de la distribución espacial y temporal de una especie, lo que puede proveernos indicios sobre el uso del hábitat, reproducción, fisiología, fidelidad al sitio, entre otros, que a su vez pueden ayudarnos a comprender el rol de una especie en la estructura de una comunidad (Dagorn *et al.* 2000, Clermont y Gruber 2005, Goodyear *et al.* 2008, Schaefer *et al.* 2011).

En México, el dorado *Coryphaena hippurus* se encuentra incluido dentro de las especies reservadas para la pesca deportiva (DOF 1995), generando divisas y fortaleciendo económicamente a algunos centros turísticos del país. En la región de Baja California Sur esta especie es importante como actividad recreativa y económica, a su vez es aprovechada como pesca artesanal incidental por pescadores ribereños, su presencia provee de ejemplares durante todo el año con un incremento en su captura en el verano y otoño, lo que contribuye a la

permanencia y práctica de estas actividades y por consiguiente la entrada de recursos económicos para la región (Aguilar-Palomino *et al.* 1998).

Dada la importancia ecológica del dorado como un depredador tope en el ecosistema pelágico (Varghese *et al.* 2013), su relevancia como recurso pesquero y desconocimiento referente a sus movimientos. El objetivo de este trabajo es describir patrones en sus movimientos y su posible relación con variables ambientales utilizando telemetría acústica.

2. ANTECEDENTES

2.1 Sistemática y taxonomía del dorado (*Coryphaena hippurus*), de acuerdo con Palko *et al.* 1982.

Phylum Chordata

Subphylum Vertebrata

Superclase Gnathostomata

Clase Osteichthyes

Subclase Actinoptergii

Orden Perciformes

Suborden Percoidei

Familia Coryphaenidae

Genero *Coryphaena*

La familia Coryphaenidae está conformada por el género *Coryphaena* que a su vez solo cuenta con dos especies, *C. hippurus* y *C. equiselis*. Ambas especies son muy similares en apariencia pero se distinguen principalmente por el parche de dientes en la lengua que en el caso de *C. equiselis*, es amplio y cuadrado y en el de *C. hippurus* es pequeño y oval (Palko *et al.* 1982).

2.2 Morfología externa de *C. hippurus*.

Se caracteriza morfológicamente por ser un pez alargado y comprimido lateralmente. La boca es grande con muchas bandas de finos dientes. La línea lateral es curvada ascendiendo hacia la aleta pectoral y después volviéndose recta. La aleta dorsal es muy larga, aumentando desde la nuca y continuando casi hasta la cola. La aleta anal también es muy larga aumentando detrás del ano en o antes del punto medio del cuerpo y continuando casi hasta la cola. Las aletas pélvicas están debajo de las aletas pectorales y se ajustan dentro de un surco en el cuerpo. La aleta pectoral tiene entre 19-21 radios y su longitud es más de la mitad de la cabeza. La aleta caudal tiene 17 radios principales y 10-14 secundarios y tiene una forma profundamente bifurcada. Los machos maduros se caracterizan por poseer una prominente cresta ósea en la frente de la cabeza. En vida, el color es llamativo con tonos azules en los lados, azules y verdes metálicos también en los laterales y en la parte dorsal, con blanco y amarillo debajo. También tiene numerosos puntos blancos y negros en el cuerpo (Palko *et al.* 1982).



2.3 Distribución mundial.

El dorado *C. hippurus* se encuentra distribuido en aguas tropicales como subtropicales, tanto en aguas costeras como en mar abierto (Palko *et al.* 1982). En el Atlántico Occidental los límites de su distribución se han reportado al norte hasta Nueva Escocia y al sur hasta Brasil. Raramente son encontrados arriba de los 41°N y son generalmente restringidos a la isoterma de los 20°C (Gibbs y

Collete 1959). En el Atlántico Oriental su límite al sur se ha reportado hasta la punta de África, y al norte se tienen registros en el Mediterráneo y en las costas de España.

En el Pacífico Occidental se ha reportado entre las latitudes 46°N y 38°S y en el Pacífico Oriental, se ha registrado desde Oregón hasta la corriente de Perú (Aguilar-Palomino *et al.* 1998, Lasso y Zapata 1999, Madrid y Beltrán-Pimienta 2001, Zúñiga-Flores *et al.* 2008, Tripp-Valdez *et al.* 2010, Alejo-Plata *et al.* 2011a); y se han registrado capturas tanto en aguas oceánicas como costeras a profundidades de 30 m (Kojima 1966).

2.4 Ciclo de vida.

El dorado presenta dimorfismo sexual, el macho desarrolla una gran cresta ósea sobre la cabeza (Palko *et al.* 1982).

La talla de madurez poblacional (L_{50}) reportada para las hembras fue de 77 cm longitud furcal (LF) y de 93 cm LF para los machos (Zúñiga-Flores 2009).

C. hippurus es un desovador múltiple con una prolongada temporada de reproducción, con migraciones pre-desove y un comportamiento de agregación durante el evento (Alejo-Plata *et al.* 2011b).

Se caracteriza por tener un rápido crecimiento (Alejo-Plata *et al.* 2011a). Se tiene reportes de tallas máximas de captura de 192 cm y 30 Kg para la región de la boca del Golfo de California (Madrid y Beltrán-Pimienta 2001).

Algunos trabajos han reportado que el dorado puede vivir alrededor de cuatro años (Palko *et al.* 1982).

2.5 Ecología trófica.

El dorado es un depredador tope, ágil y capaz de capturar presas que se mueven rápido (Palko *et al.* 1982). Los resultados de Gibbs y Collete (1959) indican que dorados del Atlántico no se presentaron una selectividad en sus hábitos alimenticios.

Aguilar-Palomino *et al.* (1998) describen a *C. hippurus* como una especie altamente voraz, con un espectro trófico amplio y de hábitos alimentarios estrechamente relacionados con el ambiente epipelágico. El análisis del contenido estomacal de 500 dorados provenientes de la pesca deportiva en Los Cabos, Baja California Sur, mostró de acuerdo al índice de importancia relativa los grupos de peces (56.3%), cefalópodos (23.1%) y crustáceos (20.6%). Sin embargo, las especies presa de mayor cuantificación en el espectro trófico fueron *Dosidicus gigas* (calamar), *Pleuroncodes planipes* (langostilla roja), *Balistes polylepis* (Cochito), *Cypselurus callopterus* (pez volador) y *Auxis* spp. (pez escombrido), con un aporte del 70%.

Olson y Galván-Magaña (2002) en su estudio tomaron muestras provenientes de redes atuneras de cerco en el Océano Pacífico Oriental (OPO), entre los resultados más relevantes mencionaron que la importancia de las presas variaron por área, pero reportaron una mayor relevancia de los peces voladores, cefalópodos epipelágicos, peces tetradontiformes y varias especies de peces mesopelágicos. Asimismo estimaron la tasa de ración diaria promedio de 5.6% del peso corporal del depredador por día.

Tripp-Valdez *et al.* (2010) en muestras de la captura artesanal y de la pesca deportiva del sureste del Golfo de California, mencionaron que el dorado es un depredador oportunista, identificando a 98 presas en el contenido estomacal. La presa más importante en peso fue el pez pajarito *Hemiramphus saltator*, aunque en número y frecuencia de aparición fue el estomatópodo *Hemisquilla californiensis*. Estos autores no encontraron diferencias en la dieta entre machos y hembras, pero si un cambio ontogénico entre estaciones del año. También señalaron que el dorado se alimentó preferencialmente de presas de un tamaño promedio de 4.7 cm, no encontrando relación entre el tamaño del dorado y sus presas.

2.6 Migración y movimientos.

Entre los primeros trabajos en que se hace referencia a los movimientos del dorado, Palko *et al.* (1982) reportan que las migraciones y movimientos eran asociados a objetos flotantes a la deriva en la superficie del océano con los cuales ha sido relacionado. A este respecto diversos estudios han reportado que *C. hippurus* se asocia a estructuras flotantes que pueden ser naturales como algas y troncos de madera (Gibbs y Collete 1959) o artificiales (boyas de pesca, basura) conocidos por sus siglas en inglés como FAD (Fish Aggregating Devices) lo que facilita su captura (Gooding y Magnuson 1967, Sakamoto y Kojima 1999, Castro *et al.* 1999, Olson y Galván-Magaña 2002 y Taquet *et al.* 2007). Se ha especulado que el dorado frecuentemente persigue pequeños peces ubicados bajo objetos a la deriva (Oxenford y Hunte 1999). Sin embargo posteriores estudios han señalado que el dorado puede ser atraído a los objetos flotantes por otros factores diferentes al alimento (Kojima 1966).

Si bien los motivos de asociación aún no son claros (Norton y Crooke 1994, Girard *et al.* 2007), se han propuesto algunas hipótesis, como el ser espacios usados como referencia espacial, como un punto de encuentro entre diferentes cardúmenes, sitios ideales para el desove (Fréon y Dagorn 2000, Castro *et al.* 1999 y Castro *et al.* 2002). Girard *et al.* (2007) mencionaron que los FADs actúan como lugares particulares donde los peces tienden a permanecer por algún tiempo.

Una gran parte de los estudios realizados sobre dorado se han hecho en el Océano Atlántico, en el Pacífico mexicano también se han desarrollado algunos trabajos sobre la biología relacionados con pesquerías (Zúñiga-Flores *et al.* 2008), dinámica poblacional (Madrid y Beltrán-Pimienta 2001, Alejo-Plata *et al.* 2011b), hábitos alimenticios (Aguilar-Palomino *et al.* 1998, Olson y Galván-Magaña 2002, Tripp-Valdez *et al.* 2010), evaluación de la estructura genética poblacional por secuencia de ADNmt (Díaz-Jaimes *et al.* 2006; Rocha-Olivares *et al.* 2006) y reproducción (Alejo-Plata *et al.* 2011a).

Pocos estudios se han enfocado a revisar aspectos sobre su ecología del movimiento, uno de los primeros es el trabajo de Kingsford y Defries (1999) en aguas de Australia y Nueva Zelanda, en el que tratan aspectos de ecología y pesquería del género (*Coryphaena* spp.); en el mismo estudio realizaron marcaje y recaptura, reportando que los dorados pueden viajar a velocidades de 20 km por día y recorrer distancias de hasta 440 km en 120 días o menos tiempo, además, mencionan que la mayoría de los peces fueron recapturados cerca de objetos flotantes donde fueron primeramente marcados.

Taquet *et al.* (2007), evaluaron el comportamiento de dorados alrededor de FADs colocados a la deriva en la superficie del mar en una zona tropical y ecuatorial. Marcaron a los organismos con transmisores acústicos codificados, usaron tres métodos de marcaje (marcas internas, externas e ingesta de cebo sin capturar al pez). Reportaron que la asociación de *C. hippurus* a FADs mostró que los dorados permanecieron mucho tiempo cerca de los objetos flotantes (<365 m). El tiempo total que permanecieron lejos de los FADs fue bajo (media 8%), mencionan que probablemente durante esos lapsos salieron en busca de alimento. Infieren que los FADs, son sitios de intercambio de individuos entre cardúmenes, que pueden actuar como trampas ecológicas. Concluyen que no hay diferencias en el tiempo de residencia del dorado a los FADs en sus dos áreas de estudio.

Girar *et al.* (2007) en su estudio en el Océano Índico con uso de telemetría acústica, realizaron experimentos con el objetivo de conocer la habilidad de orientación de dorados alrededor de FADs. Once peces fueron monitoreados de manera pasiva con ayuda de transmisores codificados y receptores fijos a FADs, adicionalmente siete peces equipados con transmisores acústicos continuos con sensores de presión fueron seguidos en una embarcación. Los organismos fueron capturados cerca de FADs y liberados entre 70 y 1720 m lejos de ellos. Observaron que los dorados son capaces de orientarse hacia los FAD en una distancia de al menos 820 m.

Furukawa *et al.* (2011), en el Mar Oriental de China evaluaron el efecto de la temperatura durante los cambios estacionales en el comportamiento de la actividad natatoria del dorado en relación al forrajeo, con el uso de acelerómetros colocados de manera externa en 8 individuos por menos de 48hrs. Se reportó que los dorados gastaron $43.4 \pm 27.7\%$ de su tiempo nadando en la superficie (0-5 m), todos los organismos realizaron inmersiones desde la superficie a aguas profundas, el registro máximo alcanzado en profundidad fue de 50.1 a 95.4 m, atravesando la termoclina. En este trabajo se sugirió que el dorado evita cambios bruscos de temperatura cercanos a la termoclina por medio de deslizamientos paulatinos, de esta manera incrementan su área de búsqueda de alimento y a la vez minimiza el uso de energía. También encontraron una relación positiva entre la profundidad máxima de las inmersiones y los patrones de inmersión en respuesta al cambio estacional en la ubicación de la termoclina. Reportaron que los dorados pueden tener dos tipos de comportamiento en sus movimientos, identificándolos como “activos” y “pasivos”. Ellos sugieren que estos movimientos son adoptados para buscar en un rango más amplio de profundidad a sus presas.

Recientemente Merten *et al.* (2014a), en un estudio desarrollado en el Occidente del Atlántico central, describieron los movimientos verticales diarios de seis dorados machos marcados con transmisores archivo satelitales. Dentro de sus principales resultados se destacó que *C. hippurus* presenta patrones de movimientos diarios en la capa de mezcla con inmersiones bajo la termoclina sugiriendo que la temperatura no fue una barrera para los movimientos verticales durante periodos cortos de tiempo. Los dorados invirtieron un 66 % de su tiempo en la capa superficial (0-9.9 m). Asimismo mencionaron que el dorado cambió verticalmente su estrategia de alimentación entre la superficie y el fondo para explotar presas epipelágicas y mesopelágicas. Sugieren que los movimientos verticales pueden variar según el sexo, por lo que recomiendan incrementar el número de estudios.

3. JUSTIFICACIÓN

El dorado *Coryphaena hippurus* es un recurso pesquero de importancia económica en Baja California Sur, gran parte de los estudios desarrollados han sido relacionados con un enfoque biológico pesquero. Con base en datos obtenidos a partir de capturas de pesca deportiva, se han hecho algunas deducciones sobre su biología, pero información referente a movimientos verticales y horizontales es reducida.

Numerosos estudios han intentado entender los movimientos y requerimientos del hábitat de peces pelágicos correlacionando los estadísticos de captura con las condiciones ambientales promedio en tiempo y espacio. Tal correlación no necesariamente elucida los requerimientos relacionados porque los datos no son tomados simultáneamente y porque los términos de error son demasiado amplios para demostrar el significado de la relación, por ello se requiere de observaciones directas (Brill y Lutcavage 2001).

El estudio del dorado en su ambiente es difícil debido a los rápidos movimientos de desplazamiento que son característicos de los peces pelágicos, sin embargo, la telemetría acústica moderna ha avanzado al punto donde es posible obtener información detallada de movimientos verticales y horizontales en tiempo real.

Para entender cómo se establece la distribución de una población a gran escala, es importante investigar el comportamiento en los movimientos de manera individual en diferentes escalas de tiempo y espacio.

Dada la importancia económica del dorado en la Bahía de la Paz, y al desconocimiento referente a sus movimientos en la zona, se desarrolló el presente estudio sobre el comportamiento y la posible existencia de algún patrón de movimiento relacionado con las variables ambientales del área de estudio, con el fin de contribuir al conocimiento de su biología y entender mejor los factores implicados en determinar sus movimientos.

4. HIPÓTESIS

Se sabe que los movimientos de *C. hippurus* están asociados a factores ambientales como la temperatura, recientemente un estudio sugiere que factores bióticos como el sexo también puede influir, por lo tanto, en este estudio se espera hallar una relación significativa con otras variables ambientales (batimetría, distancia a la costa, tasa de movimiento y hora del día) y el sexo, sobre los movimientos a corto plazo del dorado en la Bahía de la Paz.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general.

Identificar las variables que influyen en el movimiento horizontal y vertical de *C. hippurus* en la Bahía de la Paz durante su seguimiento.

5.2 Objetivos particulares.

- Describir los movimientos del dorado de manera horizontal y vertical.
- Relacionar los movimientos horizontales del dorado con variables ambientales (distancia a la costa, tasa de movimiento y hora del día) y sexo.
- Relacionar los movimientos verticales del dorado con variables ambientales (temperatura-pez, profundidad de la termoclina, batimetría, distancia a la costa y hora del día) y sexo.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio.

La Bahía de la Paz se localiza en el lado oeste del Golfo de California, sus dimensiones aproximadas son de 80 Km de largo y 35 Km de ancho, separada del Golfo por una península estrecha proyectada hacia el norte y el complejo insular Espíritu Santo-La Partida. Se conecta al Golfo de California por dos aperturas, la Boca Grande, amplia y profunda localizada al norte, y el Canal de San Lorenzo, somero y estrecho, localizado al este. La bahía presenta un gradiente batimétrico con profundidades al sur desde 10 m hasta 450 m en su parte norte, lugar donde se localiza la Cuenca Alfonso (Obeso-Nieblas *et al.* 2008) (Fig. 1).

Con relación a la variabilidad de la temperatura y salinidad, la primera presenta una cierta estacionalidad en el área. En primavera y verano es notable la ausencia de una capa de mezcla a diferencia de la presencia de una marcada termoclina producida por una intensa radiación solar y vientos débiles con calmas frecuentes, mientras que en otoño e invierno, destaca una capa de mezcla originada por los vientos fuertes y persistentes del noroeste y una termoclina menos intensa. En cuanto a la salinidad, no se ha identificado un patrón definido, ya que depende de las masas de agua presentes en la región (Obeso-Nieblas *et al.* 2008).

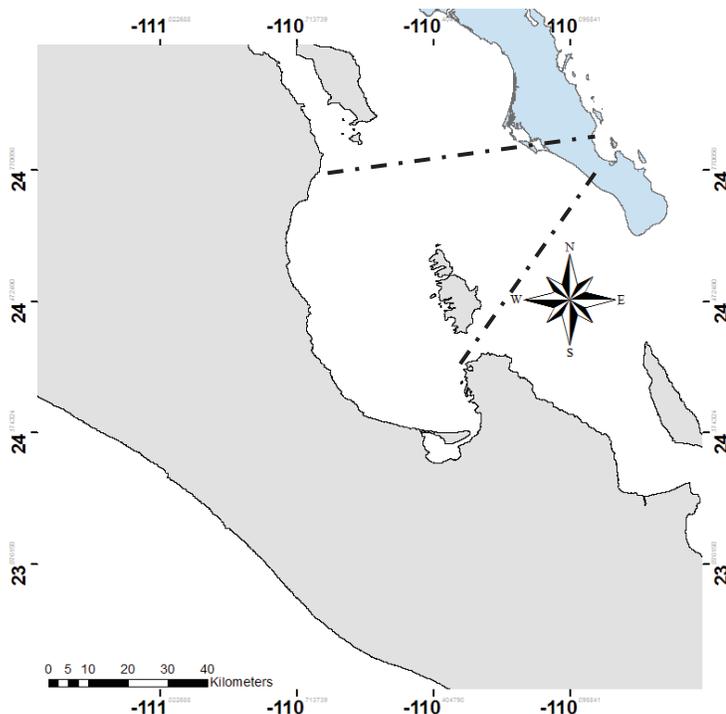


Figura 1. Área de estudio Bahía de La Paz, Baja California Sur

6.2 Descripción de transmisores, hidrófono y receptor.

Las marcas o transmisores de tipo V16TP (VEMCO), son de colocación externa de tipo continuo de 16 x 71mm, con sensores internos de temperatura y profundidad. La vida de la batería fue de 112 días con poder de salida de 158 dB, se usaron diferentes frecuencias de transmisión (51, 54, 57 y 60 KHz), para evitar interferencias en las lecturas del receptor. El peso de los transmisores en agua es de 11g, (menos del 2% del peso total del pez).

El sensor de presión tuvo un rango de detección máximo de 340 m de profundidad, con una exactitud de ± 10 m y una resolución de 0.9 m. El sensor de temperatura, tuvo un rango de -5 a 35°C , con exactitud de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y una resolución de 0.12°C .

Los transmisores de tipo V16TP, fueron usados con el receptor VR100, que registró la temperatura y profundidad a la cual el pez se encontraba, la posición de la embarcación que trato de simular lo más posible los movimientos del pez y la intensidad de la señal del transmisor indicando lejanía o cercanía del pez a la

panga. La ubicación del pez fue estimada con base en la fuerza relativa del sonido emitido por el receptor junto con la intensidad de la señal mostrada en la pantalla del receptor en forma de decibeles (dB, unidad que se usa para medir niveles de sonido).

El hidrófono fue del tipo direccional VH110 (50-85kHz). Su instalación en la panga, consistió en la construcción de una base de acero inoxidable, que permitió mantener fijo el hidrófono durante todo el seguimiento y elevarlo a la superficie cuando se requirió.

6.3 Captura y marcaje.

Previo a la colocación de los transmisores, a cada uno de ellos se les realizó una prueba de error en aire y agua para verificar la correcta lectura de los sensores de temperatura y profundidad. Para el caso de un transmisor, el sensor de temperatura falló.

Los dorados para su marcaje fueron capturados con diferentes métodos de pesca, como caña de pesca y anzuelo usando carnada viva, curricán y mezcla de carnada viva y curricán. La carnada viva que se usó fue ojo gordo, lisa (*Mugil curema*, Valenciennes, 1836), y pez pajarito californiano (*Hyporhamphus spp.*).

Se registró la posición de captura y liberación del pez con un GPS Garmin. Inmediatamente después de ser capturados, se colocó a los peces en la cubierta de la embarcación sobre un sustrato húmedo, los ojos se cubrieron con una franela húmeda para reducir el estrés por iluminación, se insertó una manguera de plástico dentro de la boca conectada a una bomba achicadora de 500 galones por hora, para proveer un flujo continuo de agua de mar y permitir la oxigenación de las branquias.

Se registró la longitud total, longitud furcal, longitud pre-caudal, máximo grosor e identificó el sexo, después se procedió a la colocación del transmisor externo. Para lo cual, se adaptó una aguja de acero inoxidable (5 cm) de tal manera que fuera posible insertar en la parte posterior de la aguja un cincho de plástico.

La aguja fue atravesada aproximadamente a un centímetro de músculo cerca de la quilla y la base de la aleta caudal, se realizaron dos perforaciones justo a la altura de los extremos del transmisor para ajustarlo completamente al cuerpo del pez.

Una vez marcados inmediatamente se procedió a la liberación del pez, se observó que se encontrara en buenas condiciones, de no ser el caso, se mantuvo sumergido en el agua sin soltarlo hasta que recuperara la fuerza en sus movimientos y liberarlo. Al mismo tiempo, el hidrófono se sumergió para que detectara inmediatamente la señal emitida del transmisor continuo del pez e iniciara el seguimiento.

Todo el procedimiento de marcado, tanto interno como externo se realizó en el menor tiempo posible (7 minutos) (Ketchum 2011).

6.4 Monitoreo acústico.

Dado que el rango de detección del transmisor acústico varía de acuerdo al tipo y a las condiciones ambientales. Más allá de cierta distancia, la señal acústica enviada por el transmisor no es fiablemente detectable. Por lo que se realizó una prueba de rango de la siguiente manera; con ayuda de dos pangas, a una de ellas se ató un transmisor con sensores de temperatura y profundidad a una cuerda y se sumergió a 0.5, 10 y 20 m de profundidad, mientras que la segunda panga fue alejándose aproximadamente a 250, 500, 750, 1000 1250 y 1450 m de distancia, esto con el fin de registrar la intensidad de la señal en cada una de las distancias y profundidades.

Una vez marcados los peces y liberados en buen estado, se les dio seguimiento activo durante 48 horas siempre que fuera posible, abordó de la embarcación "Perla" del CIBNOR con motor fuera de borda equipado con un receptor acústico tipo VR100 e hidrófono direccional tipo VH110 sumergido a 2 m bajo la superficie; se realizó seguimiento activo a ocho dorados.

A lo largo de los seguimientos, se evitó acercar la embarcación al pez para reducir algún posible efecto en sus movimientos.

Adicionalmente, se hicieron lances de CTD (YSI CastAway 11B100032) cada hora iniciados a partir de que el pez estabilizó sus movimientos después del marcaje. Por otra parte, sobre la panga se instaló una ecosonda (Garmin GPSMAP 431s), para registrar la profundidad a la cual el pez se movió durante todo el seguimiento.

Las baterías usadas para el receptor y ecosonda fueron de 12 V plomo-ácido.

Para los seguimientos se registró la información contenida en las bitácoras de campo (Anexo. 1, 2 y 3).

6.5 Análisis de datos de morfometría.

El cálculo de la edad relativa de los organismos teniendo como base los datos de morfometría registrados en el campo.

Para el cálculo de la edad se usó el modelo de Von Bertalanfy invertido:

$$t(L) = t_0 - \frac{1}{K} * \ln(1 - L/L_\infty) \quad (1)$$

Donde L_∞ es la longitud asintótica, que es interpretada como la talla media de un pez muy viejo, K es el parámetro de curvatura que determina con qué rapidez el pez alcanza L_∞ y t_0 conocido como parámetro de condición inicial es la edad teórica del organismo a la cual el pez tiene una longitud igual a cero (Sparre y Venema 1997). Para el cálculo se usaron los parámetros de crecimiento reportados por Zúñiga-Flores (2009) para Baja California Sur; estos fueron: $L_\infty = 102.8$ cm Longitud furcal (LF), $K = 1.68 \text{ año}^{-1}$, $t_0 = -0.09$ para hembras, y $L_\infty = 122.7$ cm LF, $K = 1.14 \text{ año}^{-1}$, $t_0 = -0.10$ para machos.

6.6 Análisis de movimientos.

Los datos almacenados por el receptor (temperatura, profundidad, posición) fueron filtrados para el análisis de los movimientos horizontales y verticales por separado. Para el primer caso se filtró cada 16 minutos con base en la metodología de Ketchum *et al.* 2014 para eliminar la autocorrelación temporal. Y para los movimientos verticales se filtró a un minuto. Adicionalmente para todos los seguimientos, se eliminaron los registros de profundidad y temperatura superiores e inferiores a los límites de precisión de los transmisores, además de las lecturas sin posición geográfica.

También se hizo un filtrado sobre las velocidades horizontales y verticales, la primera con base a 4m/s y la segunda en relación a una velocidad ráfaga (2.4m/s), las cuales fueron reportadas para el dorado en el trabajo de Furukawa *et al.* (2011). Una vez completamente filtradas las bases de datos de todos los seguimientos, se realizó una conversión de las coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) a coordenadas métricas UTM (Universal Transverse Mercatos), para generar mapas de los recorridos de cada dorado con la herramienta ArcMap 10 y hacer los análisis correspondientes.

La profundidad de la termoclina se calculó para cada uno de los lances, con base en la Frecuencia de Brunt Vaisala (N), la cual trata sobre la frecuencia en ciclos por segundo con que una partícula de cierta densidad tiende a estabilizarse por medio de movimientos verticales debido a su gravedad sobre un estrato con diferentes densidades, altos valores de N son encontrados donde el gradiente de densidad es mayor, esta es usualmente la termoclina (Cushman y Beckers 2009), el cálculo se realizó con la función `sw_bfrq` de la subrutina `seawater` en el software de MatLab 7.12.0.635 R2011a.

$$N = (g/\rho * \Delta\rho/\Delta z)^{1/2} \quad (2)$$

Donde:

N es la frecuencia de Brunt-Vaisala que es la relación entre la diferencia de densidades ($\Delta\rho$) y la diferencia en el cambio de profundidades (Δz).

Para la batimetría, debido a que no fue posible obtener el registro completo del fondo durante todas las horas de los seguimientos con la ecosonda, se realizó una interpolación lineal con base en los registros que se obtuvieron en campo más los proporcionados del trabajo realizado por Del Monte-Luna *et al.* (2011), quienes hicieron un muestreo en toda la Bahía de la Paz para determinar la batimetría con la obtención de 9,024 registros. Una vez obtenido el mapa digital de la batimetría (Fig.3), se extrajo el valor de fondo de cada punto de ubicación de los peces durante todo el seguimiento, adicionalmente se hizo el cálculo de la distancia mínima de cada uno de los puntos de ubicación del pez hacia la costa, todo este análisis se realizó en el software ArcMap 10.

6.6.1 Análisis de movimientos horizontales.

Para la descripción y análisis de los movimientos horizontales se calculó la distancia total recorrida como la suma de las distancias entre sucesivos puntos fijos sobre el seguimiento completo, también se calculó la dirección en la que se desplazaron los peces con el complemento de Excel Geofunc.exe <<http://www.afsc.noaa.gov/nmml/software/excelgeo.php>>; a partir de estos datos se obtuvieron las tasas de movimiento por minuto.

Para conocer si los movimientos horizontales tenían una relación con las horas luz, el día se dividió en cuatro periodos bajo el criterio de amanecer y atardecer, para lo cual se utilizó el estimador solar del sitio web <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/>.

Los periodos quedaron de la siguiente manera: Amanecer (6:00-8:00), día (8:30-17:30), atardecer (17:30-19:30) y noche (19:30-6:00).

Para ver si existía relación entre la distancia a la costa y la tasa de movimiento con relación a los periodos del día y al sexo, se realizó una prueba Kruskal Wallis de suma de rangos con un nivel de significancia de 0.05. Para los casos donde se halló diferencias significativas se aplicó una prueba de comparación múltiple con la función “kruskalmc” del paquete “pgirmes”, método basado en el libro Siegel y Castellan (1988).

6.6.2 Análisis de movimientos verticales.

Se realizaron series de tiempo con la profundidad de los peces a cada minuto. Los movimientos verticales se identificaron visualmente con base en la siguiente clasificación de Merten *et al.* (2014a): Movimientos lineales horizontales. Aquellos movimientos que se llevaron a cabo en la capa superficial (0-9.9 m). Dedujeron que el uso de este tipo de movimiento es para buscar su alimento o para orientarse en la navegación. Inmersiones en forma de “V”, representan un abrupto descenso al fondo seguido de un rápido ascenso a la capa de los 10 m. una inmersión en forma de “U”, fue definida como un abrupto descenso al fondo seguido de un continuo movimiento a esa profundidad para finalmente regresar nuevamente a la superficie. El último, inmersiones en forma de “W”, este movimiento es oscilante de grandes profundidades a más someras y viceversa, con dos o más cambios direccionales en la columna de agua.

Para todos los peces, se agruparon movimientos según el tipo y periodo del día en que ocurrieron, al final los conteos se analizaron con una prueba chi-cuadrada a un nivel de significancia de 0.05, con corrección por simulaciones Monte Carlo.

Adicionalmente, para encontrar un patrón general en los movimientos verticales, se graficó la profundidad promedio al minuto para todos los seguimientos.

Finalmente, se evaluó el número de registros bajo la termoclina para cada uno de los periodos del día.

6.6.3 Preferencia del hábitat: Predictores de la profundidad.

Un enfoque reciente que se han usado para ver la relación entre los movimientos de pelágicos mayores y variables ambientales ha sido con Modelos lineales generalizados (Generalized linear models, GLM) (Furukawa *et al.* 2011, Ketchum *et al.* 2014). Si bien, en este estudio se optó por analizar la relación con modelos aditivos generalizados (Generalized Additive Models GAM) que son una variación de los GLM, pero tienen la ventaja de ser más flexibles al permitir ajustar con relaciones no lineales para cada una de las variables explicativas, además

estas se pueden sumar, por lo que pueden hacer más precisas las predicciones de la variable respuesta.

Para la modelación, el análisis estadístico fue desarrollado en el Software R 3.0.3., usando la función “gam” del paquete “mgcv”.

Se aplicó el modelo GAM para describir la variación de la variable respuesta: profundidad a la que *C. hippurus* se desplazó durante el seguimiento respecto a las variables predictivas: profundidad de la termoclina, temperatura registrada por el pez durante su desplazamiento, batimetría de la zona, la hora del día, distancia a la costa y sexo.

El ajuste del modelo Gam a los datos, asume una distribución Poisson y una función vínculo logaritmo para la variable respuesta, profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento.

Para la evaluación del modelo fueron descartados los datos del seguimiento en el que el sensor de temperatura no funcionó.

Es importante mencionar, que para este estudio el objetivo no fue ver el efecto sobre los peces por lo que estos fueron tomados como efecto azaroso.

7. RESULTADOS

Se realizaron un total de 8 seguimientos con una duración de entre 2 y 48 hrs, sin embargo al final solo se consideraron los datos de seis de ellos con duración mayor a 20 hrs (Tabla I).

Los organismos capturados en La Gaviota (LG) fueron un macho y una hembra, mientras que en Brisa Mar (BM) dos hembras y un macho, y para San Juan de la costa (SJC) solo un macho (Fig. 1).

El organismo capturado más pequeño fue una hembra de 67 cm de longitud furcal (LF), con una edad calculada de seis meses, mientras que el más grande fue un macho de 83.5 cm de LF con una edad estimada de 10 meses (Tabla I). La LF promedio fue de 76.5 cm.

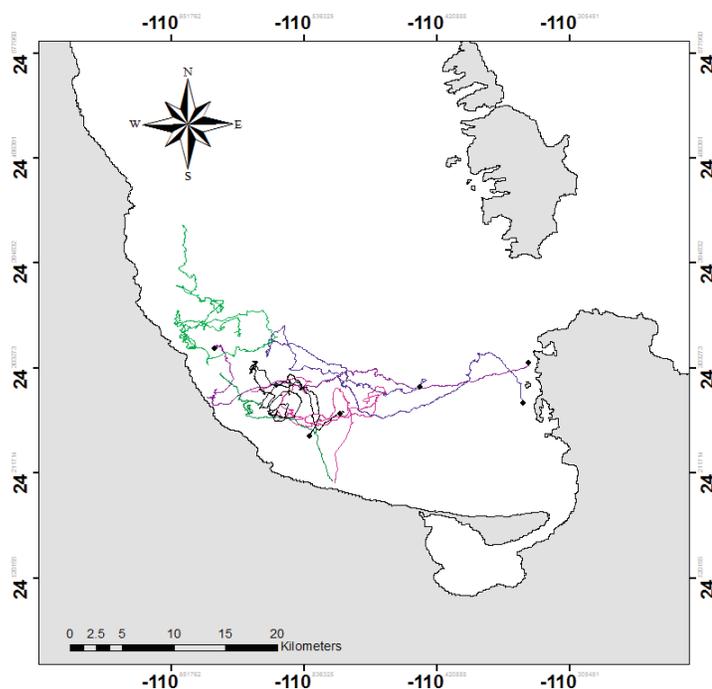


Figura 2. Área cubierta durante los ocho seguimientos en la Bahía de La Paz.

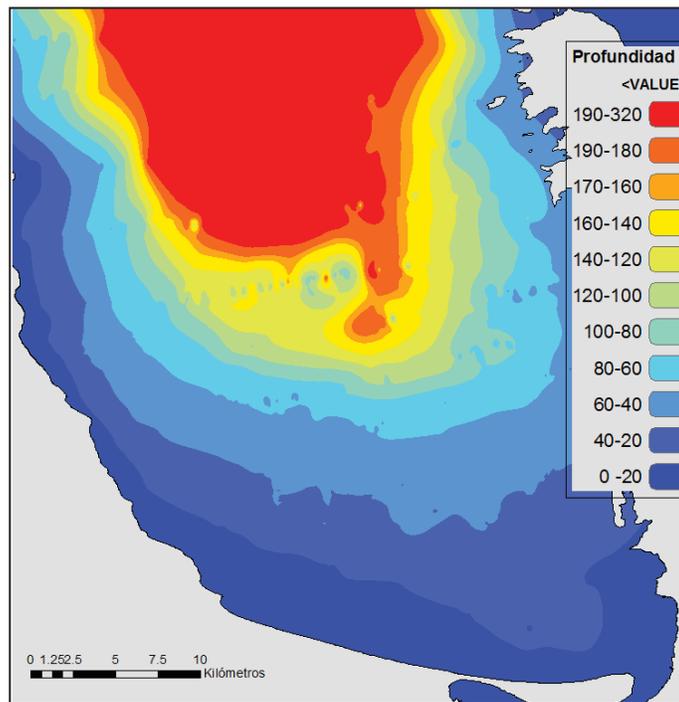


Figura 3. Mapa batimétrico de la Bahía de La Paz, B.C.S.

Tabla I. Resumen de la información de los ocho seguimientos activos de *Coryphaena hippurus* en la Bahía de la Paz

Seguimiento	Sexo	Condición/ liberación	Longitud fural (cm)	Edad (año)	Horas de seguimiento (horas)	Fecha de inicio	Localidad de inicio	Latitud	Longitud	Fecha de finalización
*	Hembra		80	0.806	3 hrs. 31min	31/08/2010	San Juan de la Costa	24°29'29.87"N	110°38'38.44"O	31/08/2010
1	Macho	Buena	83.5	0.900	48 hrs.	01/09/2013	San Juan de la Costa	24°25'36.66"N	110°38'22.70"O	03/09/2013
*	Hembra	Buena	87	1.024	Aprox. 2 hrs	05/09/2013	San Juan de la Costa	24°22'56.28"N	110°38'26.92"O	05/09/2013
2	Hembra	Razonable	67	0.537	22 hrs 13 min	26/09/2013	Brisa Mar	24°12'18.11"N	110°30'24.95"O	27/09/2013
3	Hembra	Buena	72	0.627	Aprox. 47 hrs.	28/09/2013	Brisa Mar	24°12'11.58"N	110°30'31.75"O	30/09/2013
4	Macho	Razonable	83	0.889	47 hrs. 45 min	30/09/2013	Brisa Mar	24°14'37.61"N	110°31'50.92"O	02/10/2013
5	Hembra	Buena	82	0.861	Aprox. 38 hrs.	08/10/2013	La Gaviota	24°18'5.33'N	110°21'10.30''O	10/10/2013
6	Macho	Buena	72	0.675	47 hrs. 15 min	22/10/2013	La Gaviota	24°17'27.67''N	110°20'57.48''O	24/10/2013

*Excluidos del estudio. Condición **Buena**: Se fue nadando rápido. **Razonable**: No se fue nadando rápido o tenía alguna lastimadura

7.1 Movimientos horizontales

El primero fue de prueba, con el objetivo de verificar el correcto registro en el receptor de la señal emitida por los transmisores, así como familiarizar al personal de seguimiento con el uso del equipo de trabajo y maniobra de la panga en los cambios de dirección y velocidad del pez en movimiento. Se llevo a cabo en San Juan de la Costa, la frecuencia del transmisor usado fue de 63 KHz sin sensores de temperatura y profundidad, el seguimiento duró aproximadamente 3:30 hrs (Tabla I), por el corto tiempo de duración éste no fue incluido en el análisis.

El primer seguimiento se llevó a cabo en la misma localidad (Fig.4). Fue el pez que recorrió la mayor distancia, 97.66 Km en 48 hrs con $\sim 48 \text{ Km día}^{-1}$ (Tabla III), a una velocidad promedio de 0.77 m/s. Para este seguimiento se observó en varias ocasiones la aleta dorsal del dorado en superficie (Tabla II).

Otro seguimiento en la misma zona duró aproximadamente dos horas, dado que hubo interferencia en la detección de la señal por una falla técnica (Tabla I) y el pez fue perdido, este seguimiento no fue considerado en el análisis estadístico.

El segundo seguimiento se llevó a cabo en la localidad de Brisa Mar por aproximadamente 22 hrs (Fig. 4), con un recorrido total de 29 Km a una velocidad media de 0.35 m/s (Tabla III). Este seguimiento fue terminado antes de tiempo, es altamente probable que el pez haya sido depredado por un lobo marino que hizo una inmersión y “chapoteadero” justo en la dirección donde señalaba el hidrófono la mayor intensidad de sonido, después de esto la señal del transmisor fue incrementando en profundidad hasta marcar fondo, después de dos horas de permanecer en el mismo lugar se dio por terminado el seguimiento. Durante el muestreo, se observó que el dorado se dirigió en repetidas ocasiones en la dirección en la que se hallaban aves tijeretas (*Fregata magnificens*) capturando alimento.

El tercer seguimiento se realizó en Brisa Mar, duró casi 48 hrs (Fig. 5, Tabla I), con una distancia total recorrida de 72.13 Km, es decir, alrededor de 36 Km día^{-1} (Tabla III), a una velocidad promedio de 0.51 m/s. Durante este seguimiento se

observó a otros peces en superficie cerca del dorado, además se noto cierta tendencia de los movimientos del pez dirigidos hacia el sol (Tabla II).

El cuarto seguimiento se llevo a cabo en la misma localidad que el anterior y también duró casi 48 hrs (Fig. 5, Tabla I). El pez recorrió una distancia total de 65.17 Km, es decir, aproximadamente 32 Km día⁻¹(Tabla III), a una velocidad promedio de 0.49 m/s. Este dorado se movió muy cerca del lugar donde se marcó.

El quinto dorado se marcó en La Gaviota (Fig. 6), se vio interrumpido a las 38 hrs de haber iniciado, las causas se desconocen; si bien, éste se caracterizó porque durante la mayor parte del seguimiento el pez se encontró cercano al fondo (Tabla II). La distancia total recorrida fue de alrededor de 60 Km, aproximadamente 30 Km día⁻¹ (Tabla III), a una velocidad promedio de 0.4 m/s. Este dorado se caracterizó porque realizó un recorrido lineal que cruzó la bahía desde el sitio de marcado hasta cerca de Rancho Rodríguez.

Y el último seguimiento, también marcado en La Gaviota (Fig.6), fue interrumpido a una hora de concretarse las 48 hrs, se desconoce la razón, pero se vio un movimiento en la superficie del agua y después el transmisor indicaba que se encontraba en el fondo (Tabla II). La distancia total recorrida durante este seguimiento fue de 81.69 Km con ~40Km día⁻¹(Tabla III), a una velocidad promedio de 0.58 m/s.

Se evaluó la tasa de movimiento con relación al periodo del día, lo cual fue significativo ($H(3,11222) = 790.52, p < 0.05$). La prueba de comparación pareada muestra que las tasas de movimiento para el Día y Noche son grupos diferentes con una media de 0.71 m/s y 0.41 m/s respectivamente, mientras que Amanecer y Atardecer los muestra como un solo grupo (0.5 m/s), de tal manera que los peces se movieron más rápido durante el día y menos durante la noche (Fig. 7 y Tabla IV).

También se evaluó la relación entre la tasa de movimiento y el sexo, la cual mostró diferencias significativas ($H(1,11222) = 333.859, p < 0.05$). Los machos se movieron más rápido que las hembras con una media de 0.614 m/s y 0.435 m/s respectivamente (Fig. 8, Tabla V).

El análisis de la relación entre distancia a la costa y el periodo del día muestra diferencias estadísticas significativas ($H(3,11222) = 60.65, p < 0.05$). La comparación pareada señala dos grupos uno conformado por el día y amanecer y otro por la noche y atardecer. En este último grupo los peces se acercan más a la costa en la noche (Fig.9, Tabla VI).

La distancia a la costa con relación al sexo fue significativamente diferente ($H(1,11222) = 159.6, p < 0.05$); los machos tendieron a alejarse más de la costa que las hembras (Fig. 10, Tabla VII).

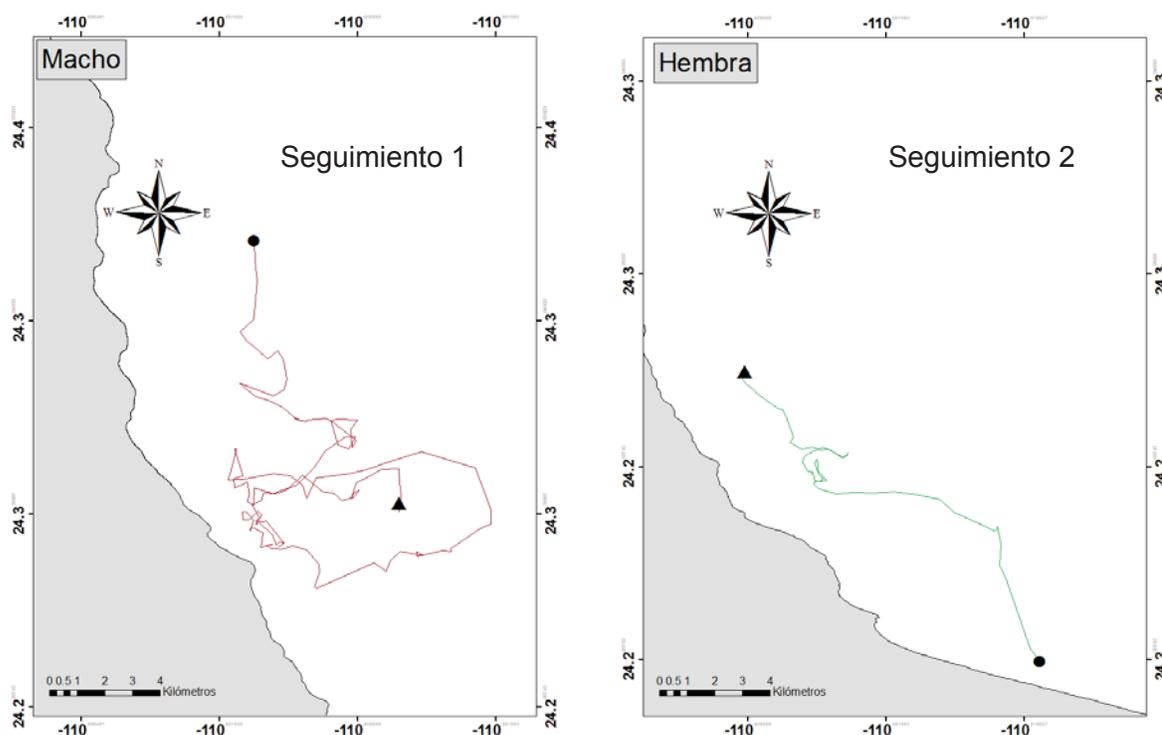


Figura 4. Seguimientos 1 (San Juan de la Costa) y 2 (Brisa Mar), ubicando el punto de marcado- liberación del pez (circulo) y el fin del seguimiento (triangulo).

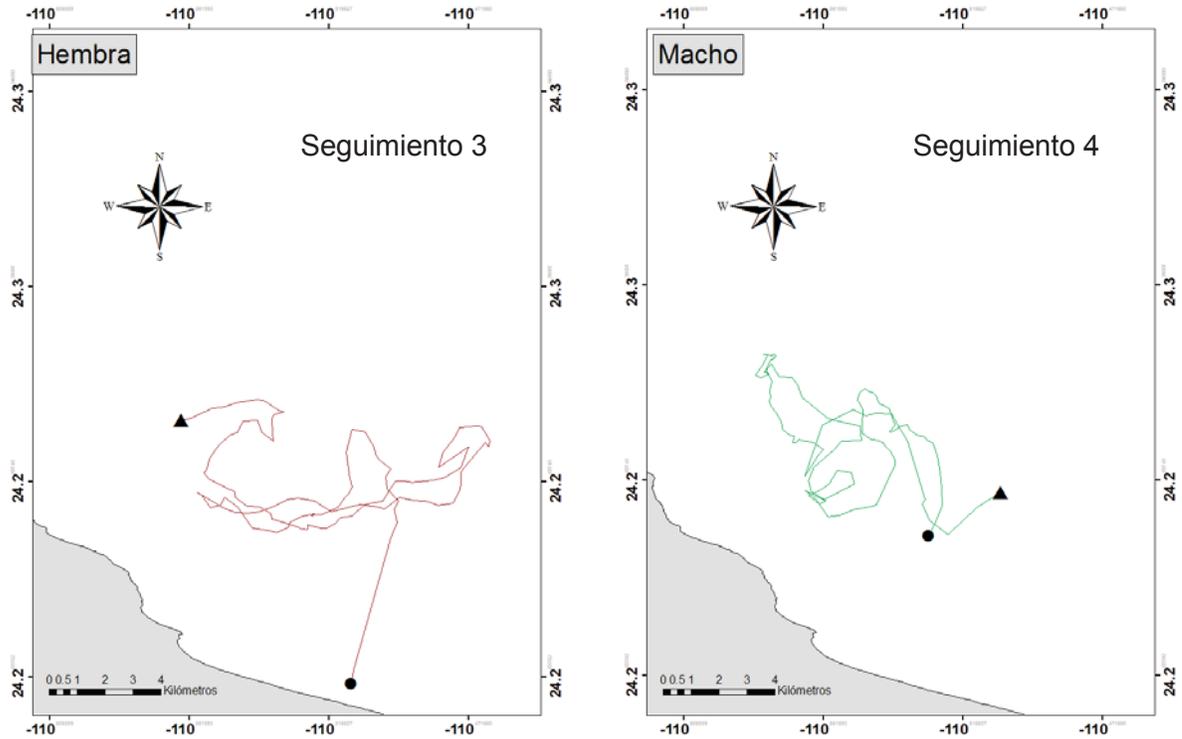


Figura 5. Seguimientos 3 y 4 realizados en Brisa Mar, ubicando el punto de marcado y liberación del pez (circulo) y el fin del seguimiento (triangulo).

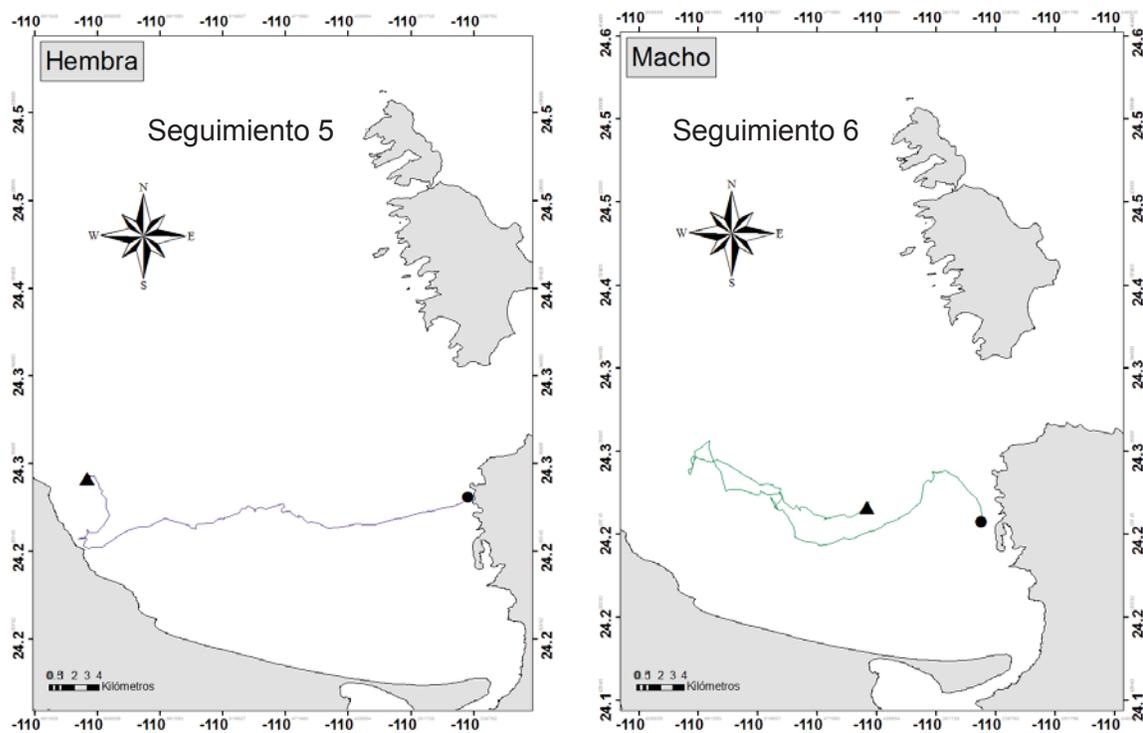


Figura 6. Seguimientos 5 y 6 realizados en Punta diablo y en La Gaviota, ubicando el punto de marcado y liberación del pez (circulo) y el fin del seguimiento (triangulo).

Tabla II. Muestra los acontecimientos más notorios en cada uno de los seguimientos.

Observaciones	1	2*	3	4	5*	6*
Dorado visto en superficie	X		X	X		x
Carnada saltando cerca de dorado	X					
Avistamiento de tijaletas (<i>Fregata magnificens</i>) cerca de dorado		X	X		x	
Lobo marino cerca de dorado		x				x
Lobo marino cerca de panga	X		X	X	x	
Dorado registrado cerca del fondo	X		X	X	x	
Marullos cercanos al dorado, posiblemente indicando la presencia de otros peces			X	X		X
Movimientos de dorado en dirección al sol o luna			X	X		X

*Terminados antes de tiempo por causas desconocidas.

Tabla III. Distancia total recorrida para cada seguimiento.

Seguimiento	Horas de seguimiento (h)	Distancia total recorrida (Km)	Distancia ~ día (Km)	Velocidad promedio (m/s)
1	48	97.66	~48 Km	0.77
2	22	29.29	-	0.35
3	47*	72.13	~36 Km	0.51
4	48*	65.17	~32 Km	0.49
5	38*	60.81	~30 Km	0.4
6	47	81.69	~40 Km	0.58
Distancia y velocidad general viajada promedio por día			~38.8 Km	0.51

*Aproximadamente

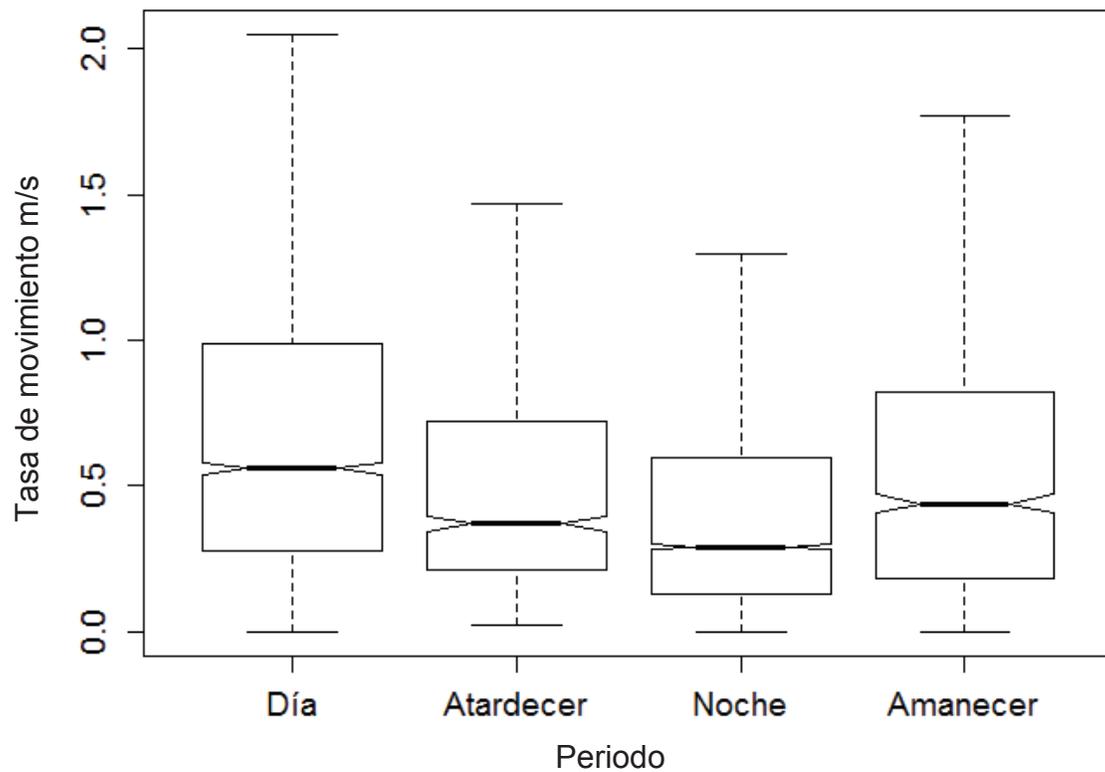


Figura 7. Relación entre la tasa de movimiento y el periodo del día.

Tabla IV. Estadística descriptiva para la tasa de movimiento en cada uno de los periodos.

Periodo	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Día	0.71	0.56	0.59	0	3.93
Atardecer	0.51	0.37	0.46	0.02	3.67
Noche	0.41	0.29	0.38	0	3.94
Amanecer	0.58	0.44	0.54	0	3.86

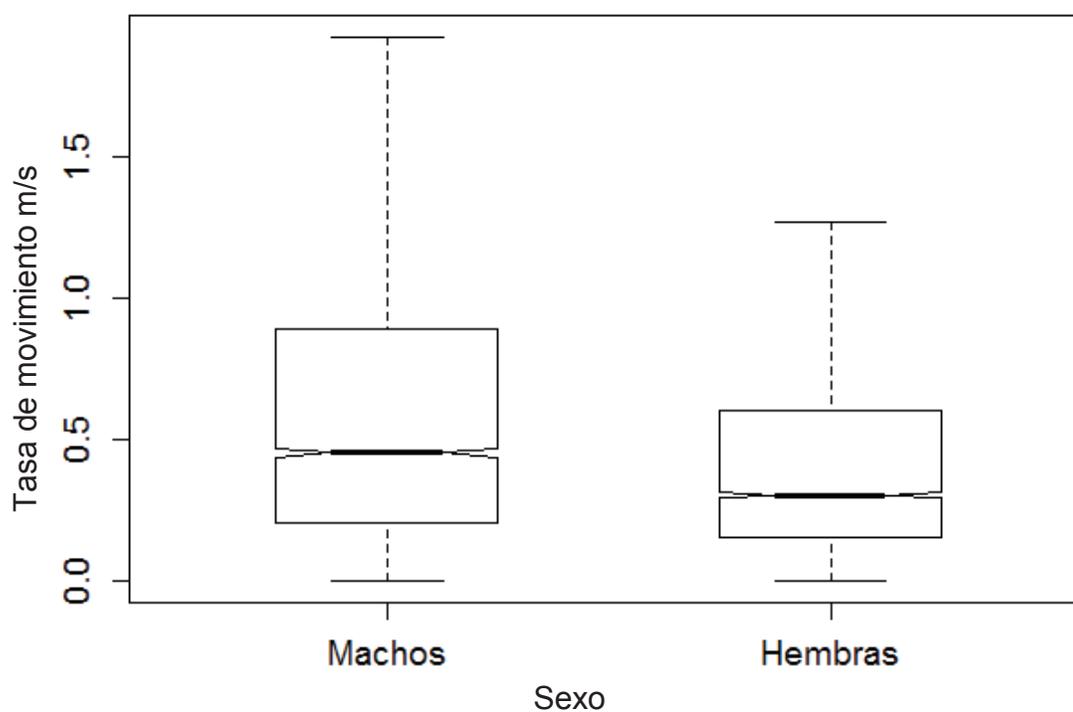


Figura 8. Relación entre la tasa de movimiento y el sexo.

Tabla V. Estadística descriptiva para la tasa de movimiento (m/s) con relación al sexo.

Sexo	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Machos	0.61	0.45	0.54	0	3.93
Hembras	0.43	0.30	0.40	0	3.94

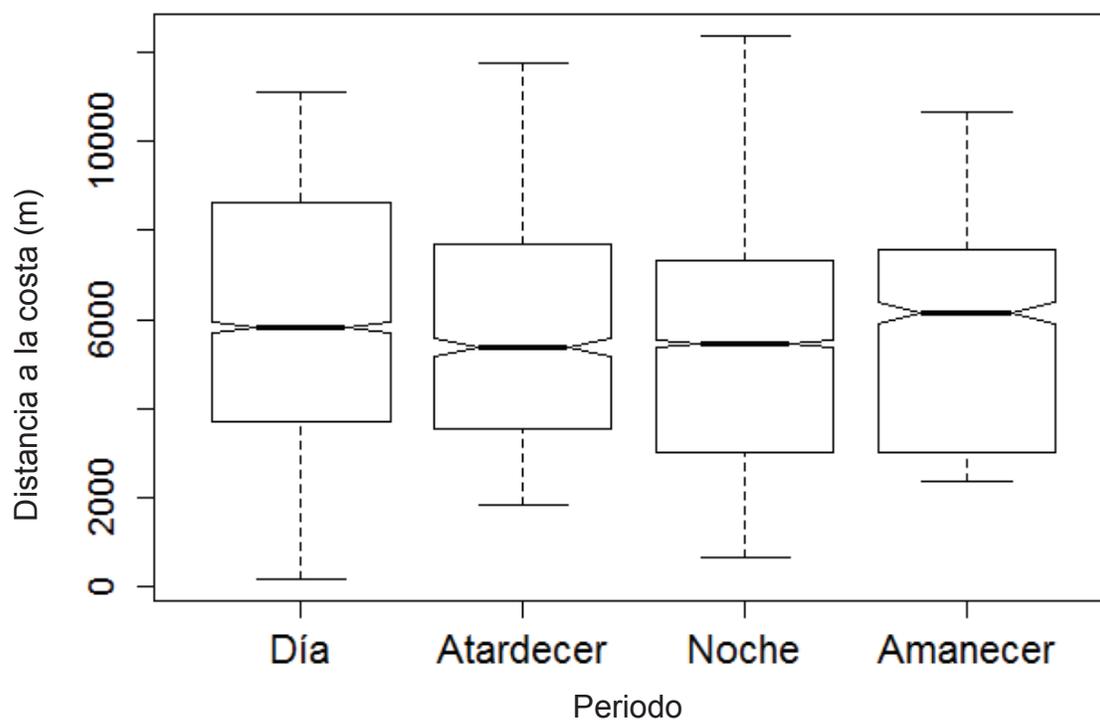


Figura 9. Relación entre la distancia a la costa y el periodo del día.

Tabla VI. Estadística descriptiva para la distancia a la costa (m) con relación a cada periodo.

Periodo	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Día	6,027.55	5,818.52	2,882.37	184.94	11,090.16
Atardecer	5,962.87	5,390.95	2,811.01	1,821.50	11,765.74
Noche	5,634.09	5,454.96	2,964.64	654.24	12,358.23
Amanecer	5,741.07	6,154.86	2,728.96	2,351.32	10,678.44

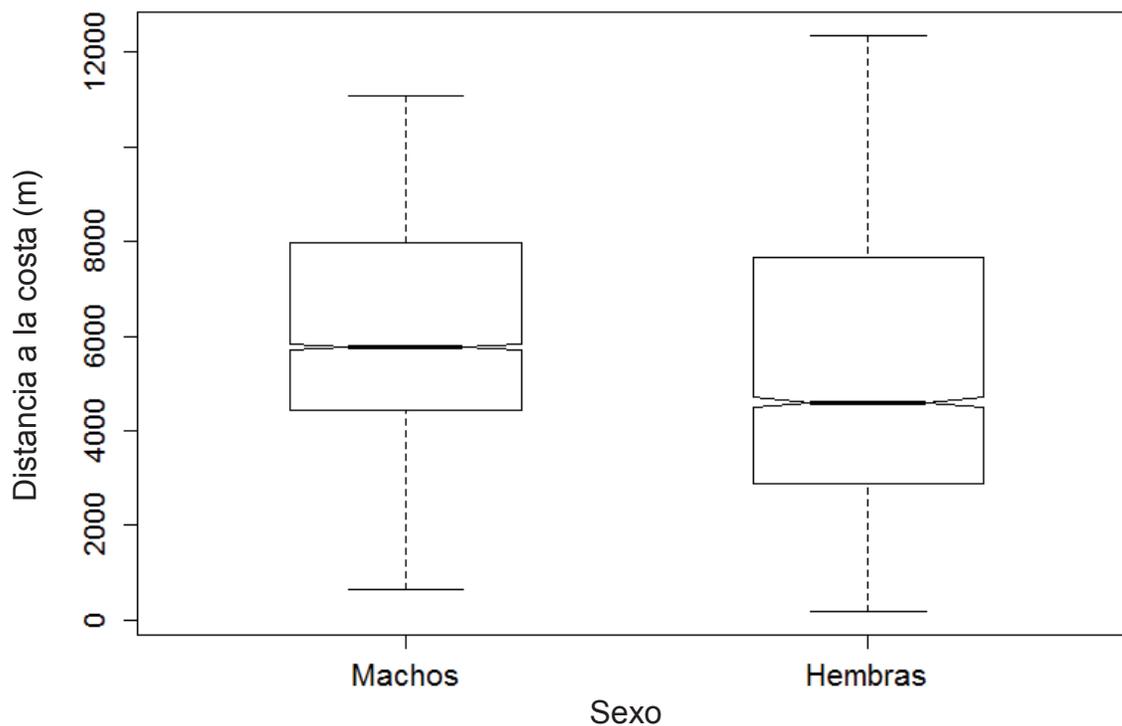


Figura 10. Relación entre la distancia a la costa y el sexo.

Tabla VII. Estadística descriptiva para la distancia a la costa con relación al sexo.

Sexo	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Machos	6,041.05	5,770.20	2,675.70	654.24	11,090.16
Hembras	5,505.52	4,599.69	3,140.54	184.94	12,358.23

7.2 Movimientos verticales.

Los movimientos verticales variaron significativamente por tipo y por periodo del día en que ocurrieron (χ^2 $p < 0.05$, Tabla VIII). Una gran parte del tiempo los peces tuvieron movimientos lineales horizontales sobre los 10 m. Precedido en frecuencia fue el tipo en forma V que ocurrió en casi todos los periodos del día. Se observó que los movimientos V y W fueron igual de predominantes en los periodos del atardecer y noche (Tabla VIII).

El movimiento en forma U fue el menos frecuente y ocurrió mayoritariamente en la noche.

La profundidad media ocupada por *C. hippurus* fue 16.04 m (± 15.14 DS), las inmersiones más profundas tuvieron un rango de entre 33.6 m y 73.6 m, y la temperatura media fue de 27.7 °C (± 1.27 DS), mientras que en promedio la termoclina se ubicó a 34.26 m. Esto indicó que aparentemente los peces pasaron la mayor parte de su tiempo arriba de la termoclina (ver Tabla IX), si bien en todos los seguimientos realizaron inmersiones bajo la termoclina. En la figura 11 se muestra el numero de registros por minuto de la posición del pez más allá de la profundidad de la termoclina, para casi todos los seguimientos fueron más frecuentes durante la noche; si bien los movimientos del seguimiento siete (Fig.11E) casi todo el tiempo fueron muy profundos, mientras que los seguimientos cuatro y ocho (Fig. 11B y 11F) realizaron pocas inmersiones.

Tabla VIII. Comparación pareada de Chi-cuadrada en cada tipo de inmersión por periodo del día para todos los dorados.

Amanecer	u (n= 0)	v (n= 28)	w (n =6)
u (n= 0)	-		
v (n= 28)	<u>0.0004998</u>	-	
w (n= 6)	<u>0.03698</u>	<u>0.0009995</u>	-
Día	u (n= 2)	v (n= 110)	w (n = 16)
u (n= 2)	-		
v (n= 110)	<u>0.0004998</u>	-	
w (n= 16)	<u>0.001999</u>	<u>0.0004998</u>	-
Atardecer	u (n= 5)	v (n= 33)	w (n = 21)
u (n= 5)	-		
v (n= 33)	<u>0.0004998</u>	-	
w (n= 21)	<u>0.001499</u>	0.1304	-
Noche	u (n= 17)	v (n= 127)	w (n = 135)
u (n= 17)	-		
v (n= 127)	<u>0.0004998</u>	-	
w (n= 135)	<u>0.0004998</u>	0.6597	-

Los número en negritas y subrayados indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

Tabla IX. Estadística descriptiva de las variables

Variables explicativas	Media	Mediana	DS	Min	Max
Temperatura que registró el transmisor (°C)	27.72	27.90	1.27	21.80	30
Profundidad del pez (m)	16.04	11.80	15.14	0.2	63
Profundidad de termoclina (m)	34.26	33.58	11.06	8.0	73.6
Batimetría (m)	41.83	43.0	13.47	3.0	131.0
Distancia a la costa (m)	5,602	5,793.0	2,912.80	184.9	12,360.0
Tasa de movimiento (m/s)	0.37	0.53	0.49	0.0	3.94

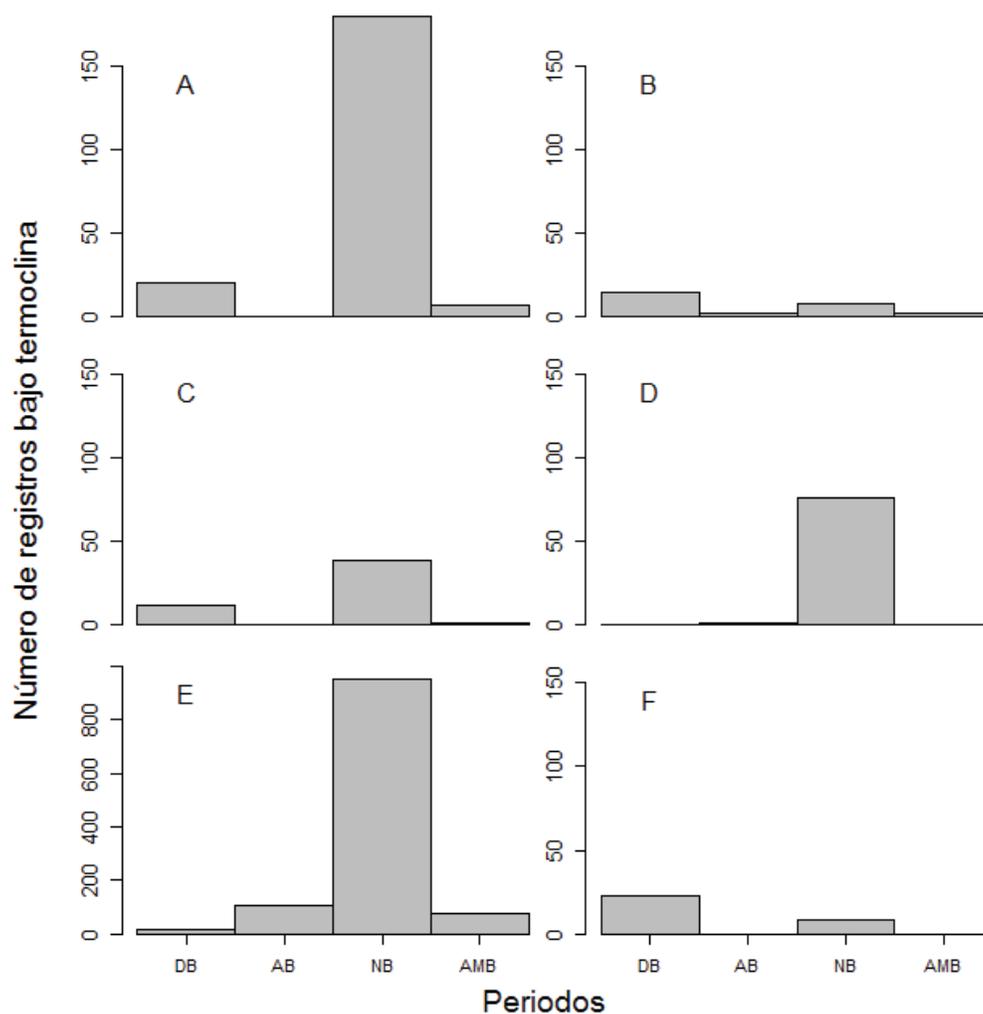


Figura 11. Registros bajo la termoclina en distintos periodos del día. Día bajo termoclina (DB), Atardecer bajo termoclina (AB), Noche bajo termoclina (NB), Amanecer bajo termoclina (AMB), en el seguimiento 1 (A), seguimiento 2(B), seguimiento 3(C), seguimiento 4(D), seguimiento 5(E) y seguimiento 6 (F).

7.3 Variación individual

Al realizar la serie de tiempo de cada uno de los seguimientos, fue posible observar que se presentó una variabilidad individual. Como se muestra en la tabla X, la profundidad máxima fue de 73.6 m y la mínima de 33.6 m. Para el caso de la temperatura mínima registrada, la menor fue de 21.8 °C y la mayor dentro de las menores fue de 25.3 °C.

De las figuras 12 a la 17 se muestran la continuidad de los seguimientos. Se observó claramente para el seguimiento 1, en áreas donde se identificó termoclina, como el pez se mantuvo arriba de ella casi todo el tiempo, con esporádicas inmersiones que la cruzan. También se observó un cambio en el movimiento de los organismos para los periodos atardecer y noche con desplazamientos más profundos, esta tendencia se vio en ambos días del seguimiento.

Para el caso del seguimiento 2, este ocurrió en áreas de menor profundidad, por ello la columna de agua fue homogénea y no se determinó una termoclina. Los movimientos fueron a una profundidad más somera. Para este caso no fue posible observar un patrón de movimiento entre los diferentes periodos como en el seguimiento anterior.

El seguimiento 3, fue más parecido al seguimiento 1. El dorado se movió en zonas más profundas y fue posible identificar un patrón de movimiento entre los distintos periodos. Pero solo durante el final del seguimiento se identificó la termoclina, con ocasionales desplazamientos del dorado cruzándola.

Durante el seguimiento 4 también se mostró el patrón de movimiento entre periodos, para este caso también en áreas donde se identificó una termoclina se observaron inmersiones ocasionales más allá de esta.

Para el seguimiento 5, este a diferencia de los demás la mayor parte de su tiempo estuvo cercano al fondo, ocasionalmente subiendo a superficie sin permanecer mucho tiempo y nuevamente bajó, este movimiento se vio para el primer día, para el segundo fue posible identificar el patrón de movimiento del que

se ha hablado anteriormente. Para este caso la termoclina solo fue identificada en pocos lances.

El seguimiento 6 durante el primer día el pez tendió a moverse de manera profunda, para el segundo y tercer día nuevamente se observó el patrón de movimiento entre periodos. Para este seguimiento, de manera similar al anterior, pocos lances detectaron una termoclina. Se identificó inmersiones que cruzaron dicho límite.

Se realizó una serie de tiempo promedio de las profundidades de los seguimientos (Fig. 18) en el que se observó cómo los movimientos verticales tienden a ser más profundos en las horas oscuridad. Ligeramente es posible apreciar la transición entre día-noche. Dada la variabilidad individual de los organismos (con mayor énfasis el seguimiento 5) se optó por extraerlo y nuevamente hacer la serie de tiempo promedio. Para este caso la figura 19 nos mostró en mayor detalle el momento de transición entre la profundidad abarcada durante el día y la noche.

Tabla X. Descripción de cada uno de los seguimientos de manera individual.

Seguimiento	Profundidad máxima alcanzada (m)	Temperatura mínima registrada (°C)	Temperatura máxima registrada (°C)
Seguimiento 1	73.6	21.8	30
Seguimiento 2	33.6	23.7	29.8
Seguimiento 3	39.3	25.3	29.9
Seguimiento 4	61	-	30
Seguimiento 5	56.3	21.9	29.8
Seguimiento 6	53.4	22.5	

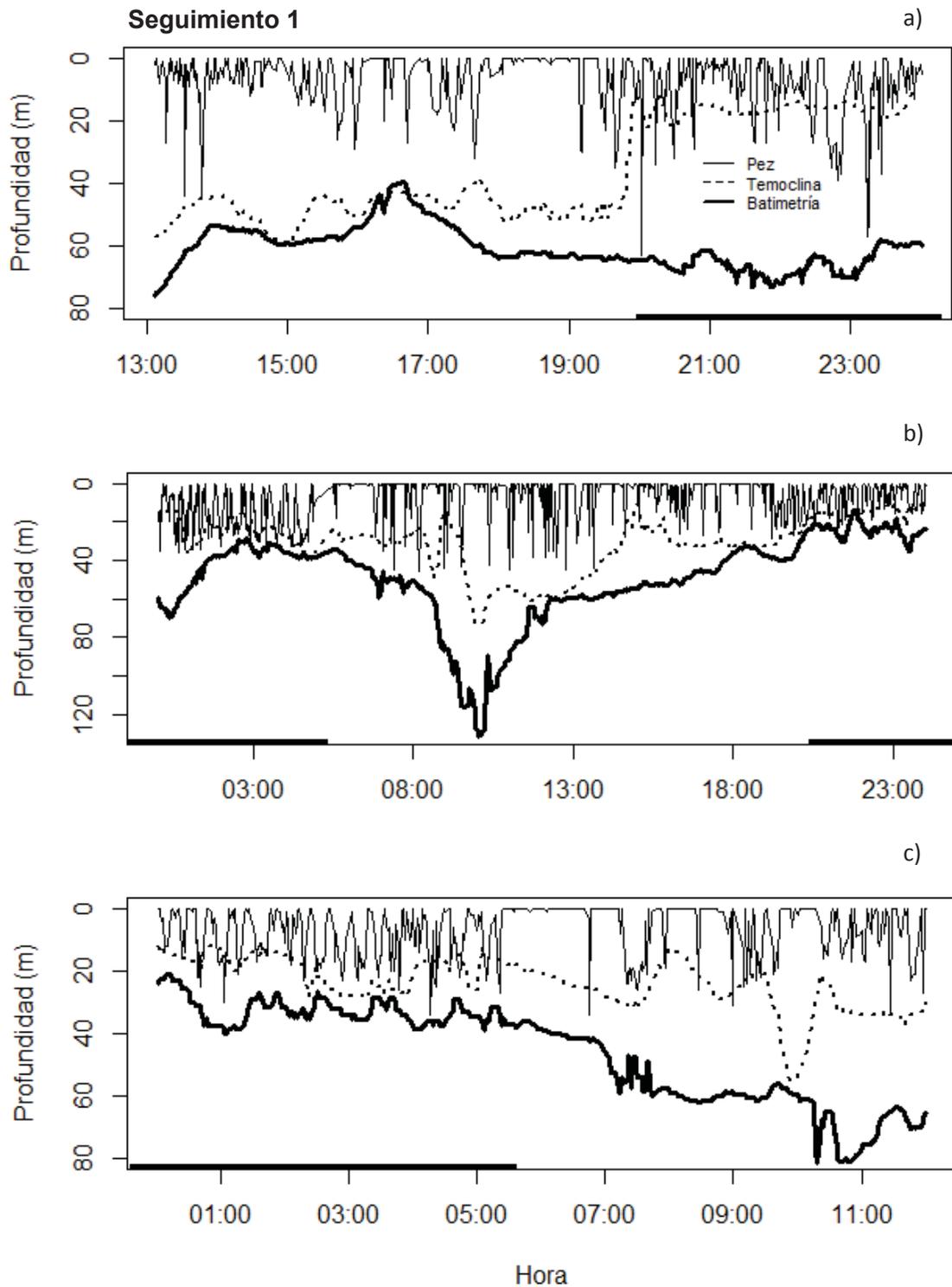


Figura 12. Movimientos verticales del Seguimiento 1 durante 48hrs. Línea profundidad del pez, línea negrita indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje X indican horas oscuridad.

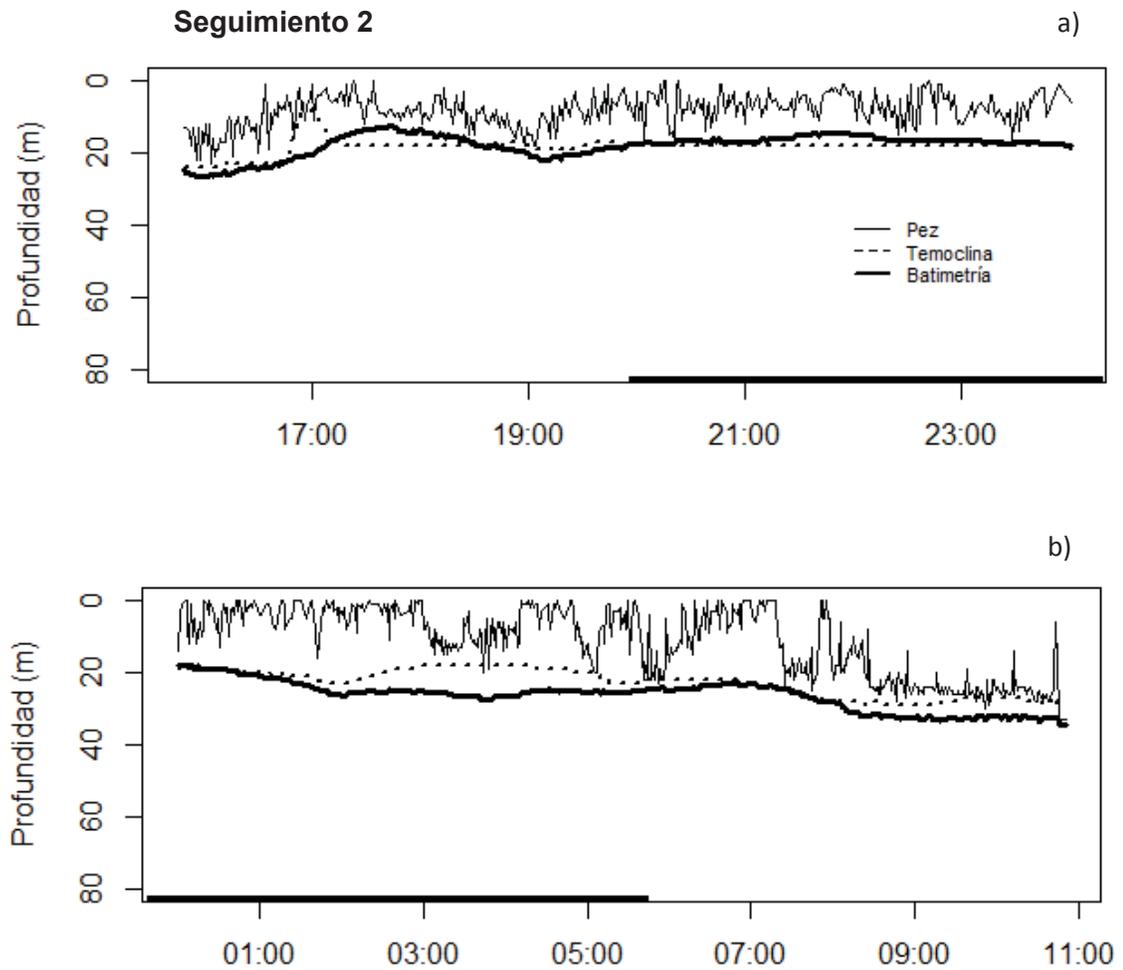


Figura 13. Movimientos verticales del Seguimiento 2 durante 22 hrs. Línea profundidad del pez, línea negrita indica fondo y línea punteada profundidad de termocline. Barras negras en eje X indican horas oscuridad.

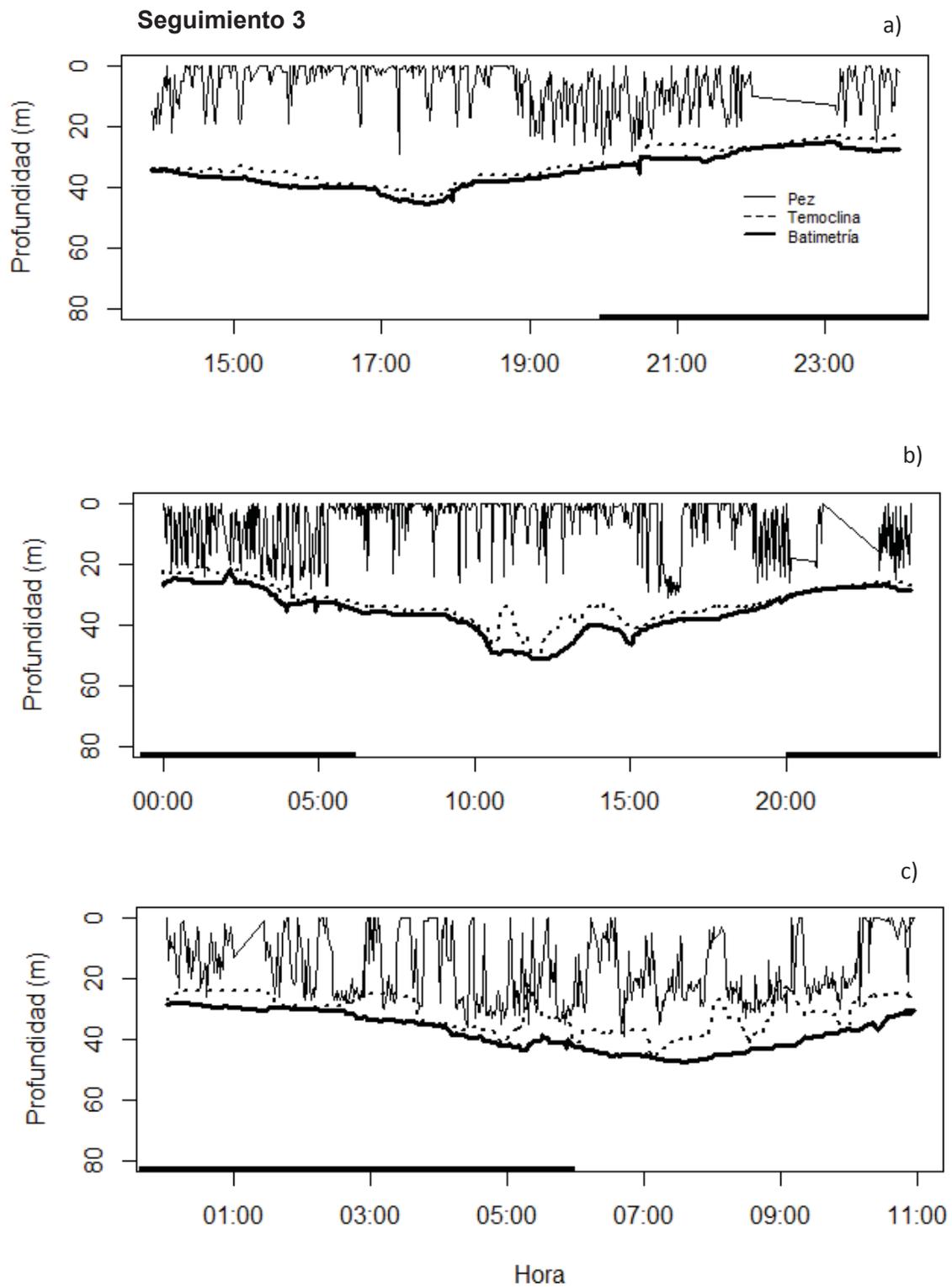


Figura 14. Movimientos verticales del Seguimiento 3 durante aprox. 47 hrs. Línea profundidad del pez, línea negra indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje x indican horas oscuridad.

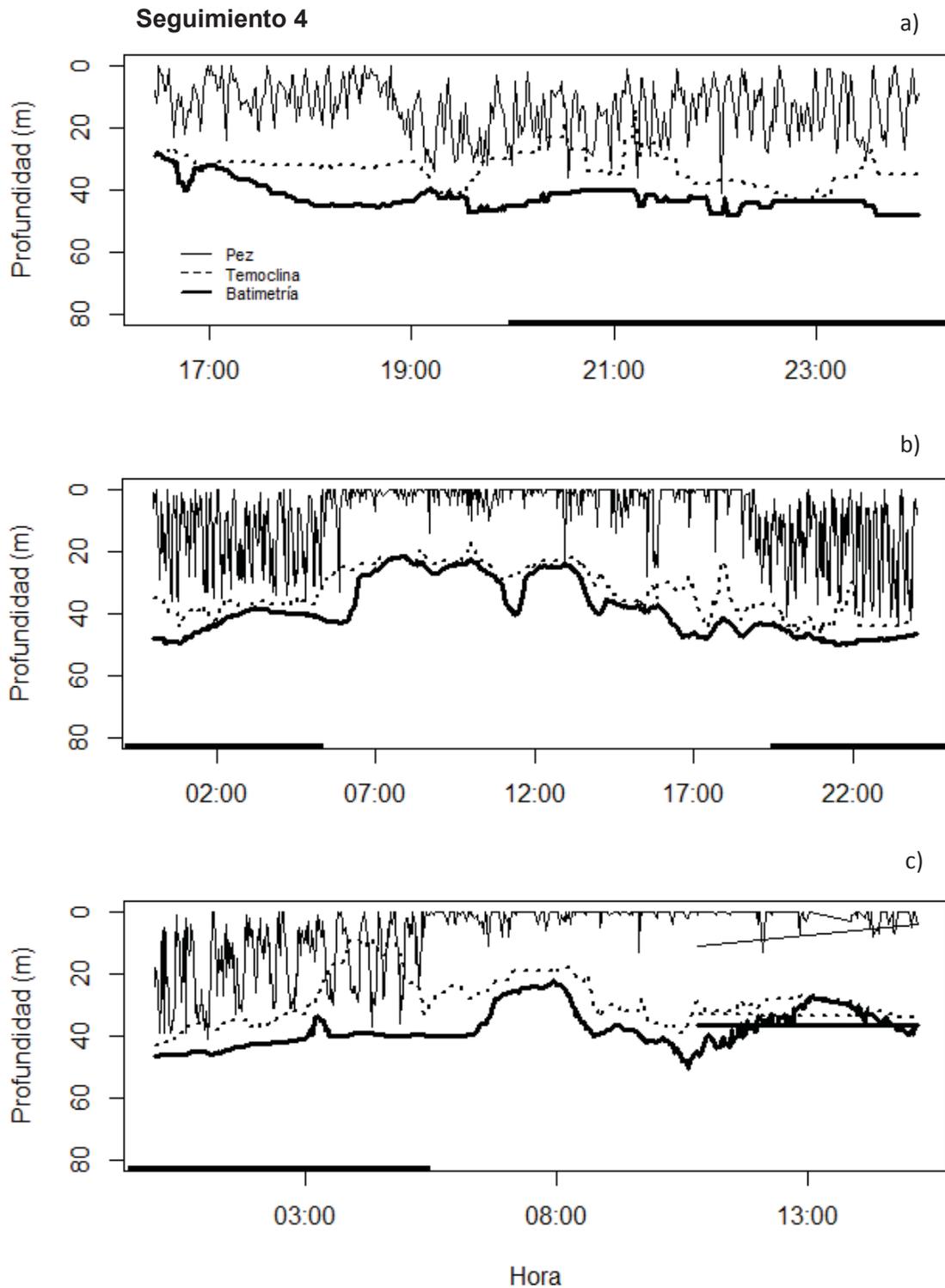


Figura 15. Movimientos verticales del Seguimiento 4 durante 48hrs. Línea profundidad del pez, línea negra indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje X indican horas oscuridad.

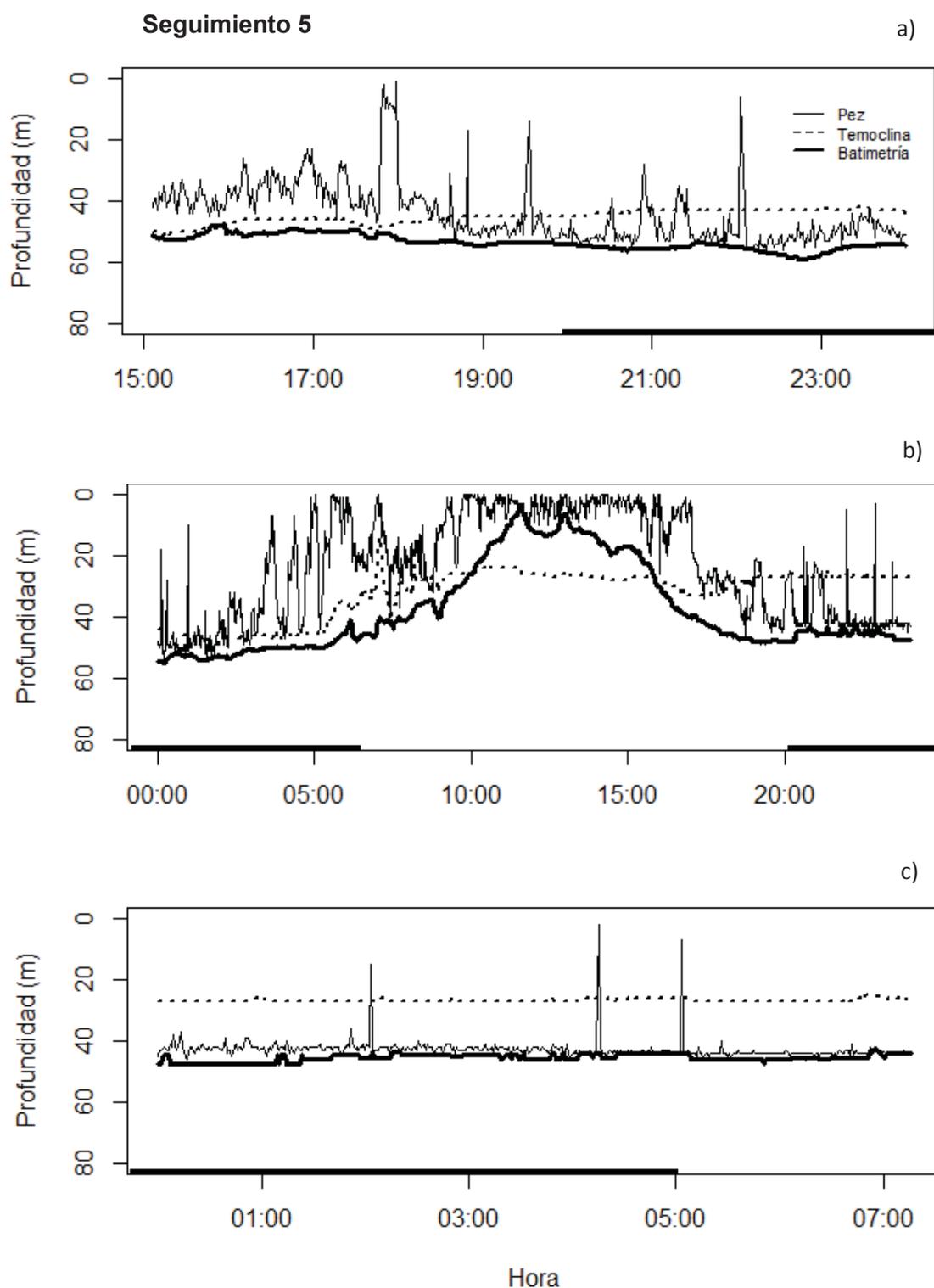


Figura 16. Movimientos verticales del Seguimiento 5 durante 38hrs. Línea profundidad del pez, línea negra indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje X indican horas oscuridad.

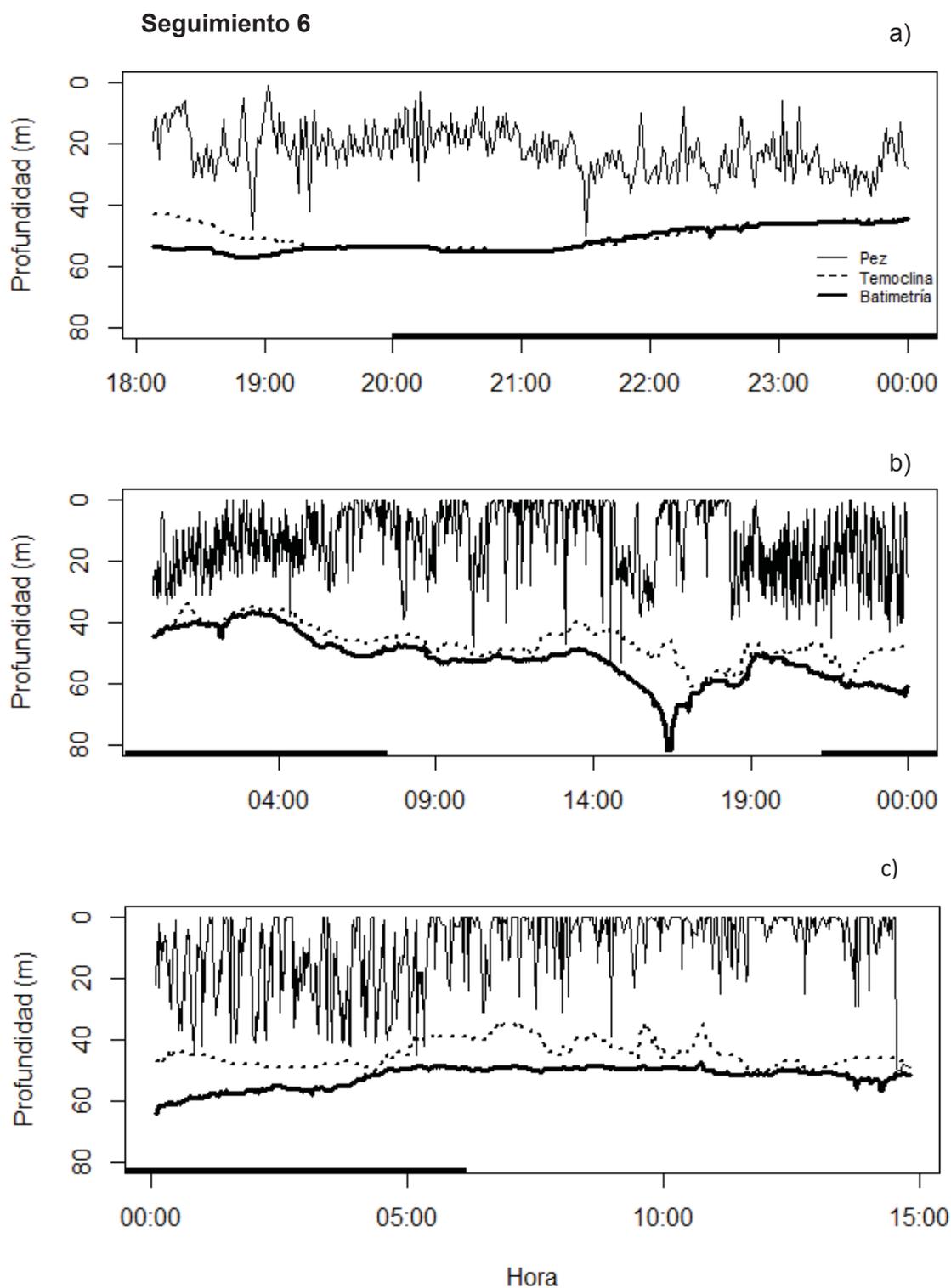


Figura 17. Movimientos verticales del Seguimiento 6 durante 47hrs. Línea profundidad del pez, línea negra indica fondo y línea punteada profundidad de termoclina. Barras negras en eje X indican horas oscuridad.

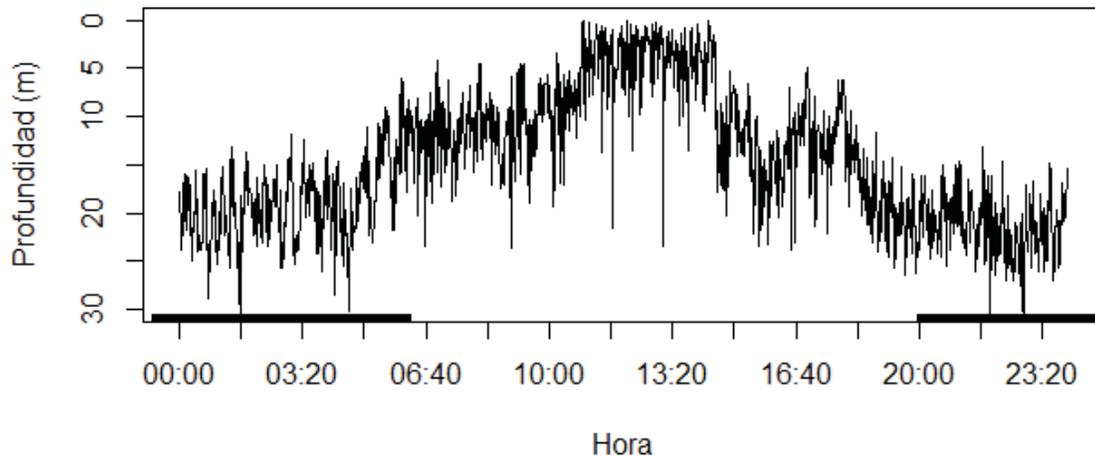


Figura 18. Profundidad promedio por minuto para todos los seguimientos.

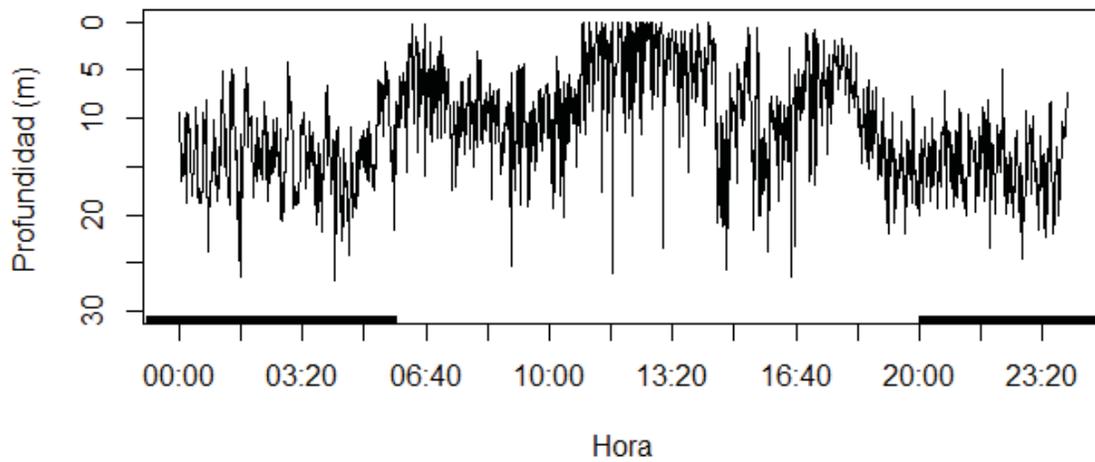


Figura 19. Profundidad promedio por minuto para todos los seguimientos excepto para el seguimiento 5.

7.4 Preferencia del Hábitat: Horizontal y vertical.

El rango de profundidad sobre el que se movieron los dorados presentó una distribución unimodal. En la figura 20 se observa que más del 80 % de su tiempo prefirieron profundidades inferiores a los 30 m.

La temperatura registrada por los transmisores colocados en la base de la aleta caudal de los peces también mostró una distribución similar a la anterior con cerca del 80% de sus movimientos invertidos entre los 27° y 29°C (Fig. 21).

Los movimientos de *C. hippurus* con relación a la costa, fueron tan cercanos como 185 m y tan lejanos como 12 Km, sin embargo, alrededor del 70% de los movimientos se hicieron entre 2 y 8 Km de la costa (Fig. 22).

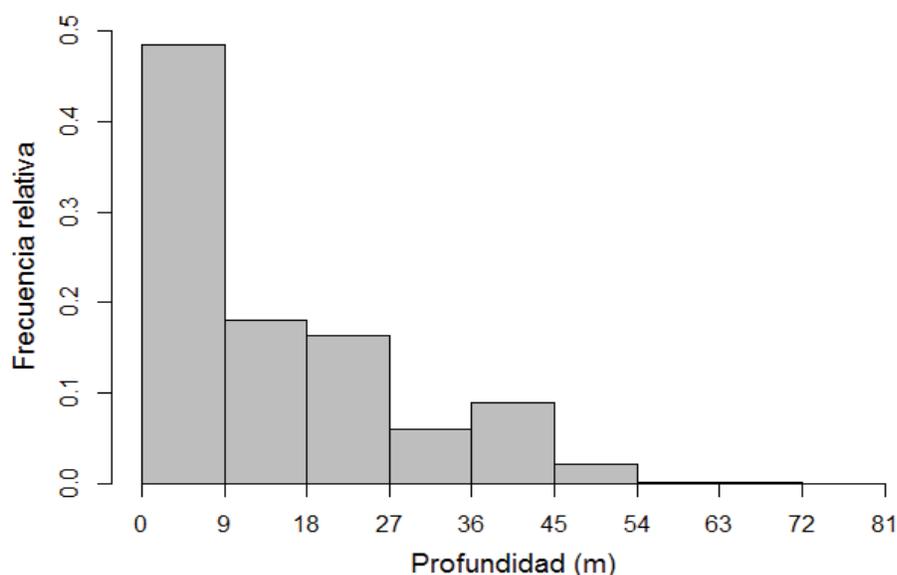


Figura 20. Frecuencia relativa de la profundidad registrada por las marcas colocadas en los peces.

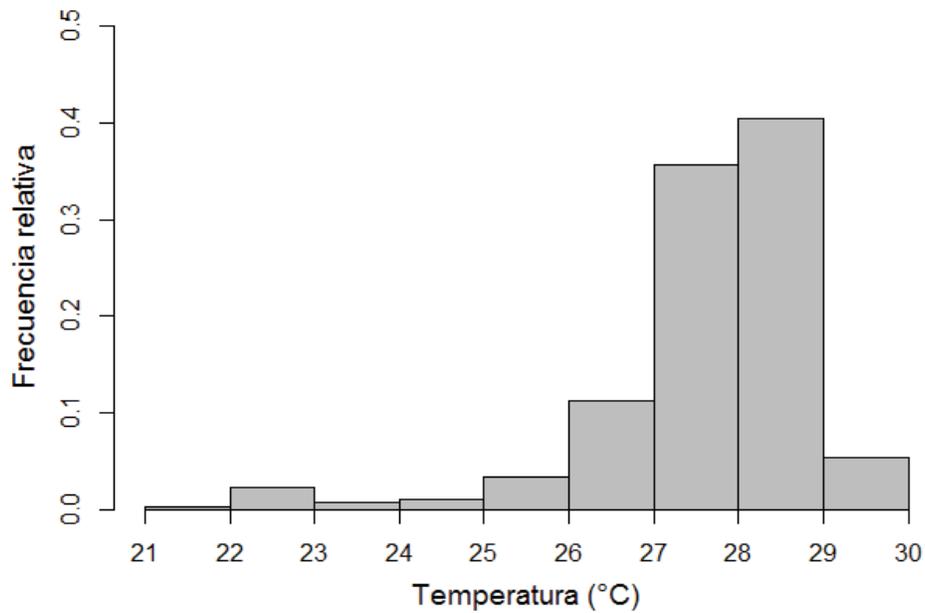


Figura 21. Frecuencia relativa de la temperatura registrada por las marcas colocadas en los peces.

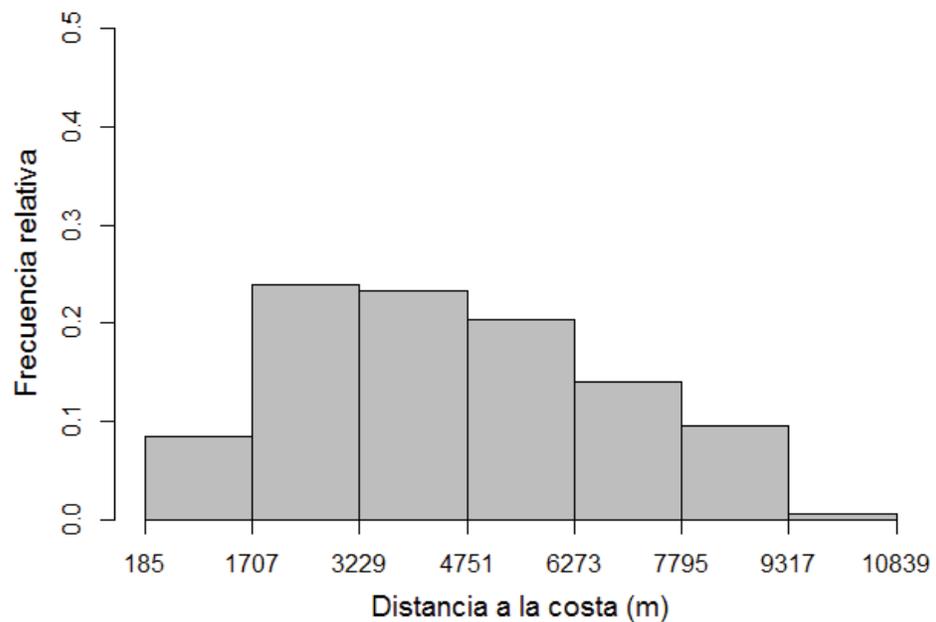


Figura 22. Frecuencia relativa de la distancia de los movimientos con relación a la costa.

7.5 Predictores de la profundidad

Al ajustar el modelo GAM a los datos, todas las variables predictivas contempladas fueron significativas ($p < 0.05$). El modelo final explicó un 60.3 % de la devianza total. Las variables predictivas con más peso fueron Tem-pezu, Batimetría y Distcost (Tabla XI).

El efecto estimado de la variable predictiva Tem-pezu con relación a la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento, se observó que cuando los peces nadaron en aguas superficiales la temperatura fue mayor y conforme estos fueron descendiendo a mayores profundidades la temperatura decreció (Fig. 23).

Tabla XI. Resumen del modelo aditivo generalizado ajustado a los datos, CIA Criterio de Akaike .

Variable predictiva	% Devianza explicada (acumulada)	% Devianza explicada (individual)	p	CIA
Tem-pezu	35.4	35.4	<0.05	129363.7
Prof-termo	43	14	<0.05	118279.9
Sexo	53.3	7.52	<0.05	102768.4
h	58	13	<0.05	96130.24
Batimetría	59.6	17	<0.05	93816.37
Distcost	60.3	17.1	<0.05	92769.47

Profundidad.p = Profundidad del pez

Tem-pezu= Temperatura registrada por el transmisor colocado en el pez

Prof-termo= Profundidad de la termoclina.

Sexo = Machos y hembras.

h = Hora del día como variable cíclica.

Batimetría = Batimetría en cada punto de seguimiento.

Distcost= Distancia a la costa.

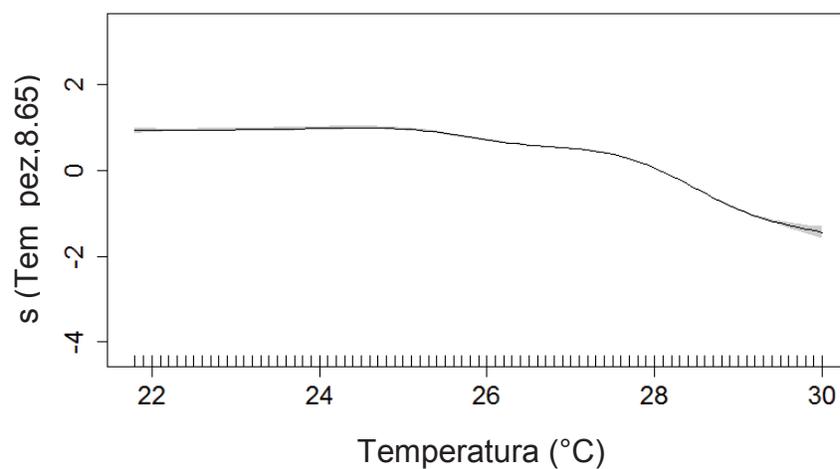


Figura 23. Efecto estimado de la variable predictiva temperatura que el pez registró sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2 error estándar (ES).

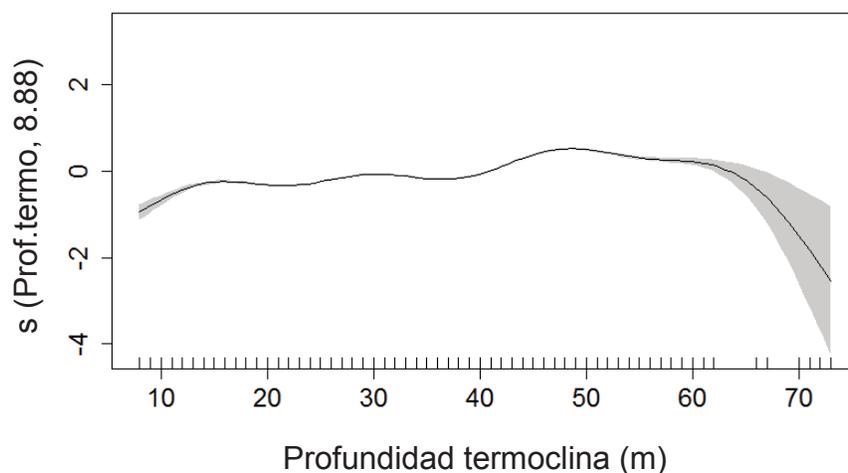


Figura 24. Efecto estimado de la variable explicativa profundidad de la termoclina sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2ES.

Para el caso de la profundidad de la termoclina, en la figura 24 se observó que la profundidad a la que el pez se movió tendió ligeramente a incrementar conforme la termoclina era más profunda, si bien al final de la línea de efecto se observó que cuando la termoclina ubicada a una mayor profundidad el pez se encontró en una zona más somera, sin embargo, el error estándar (sombreado gris) fue más amplio.

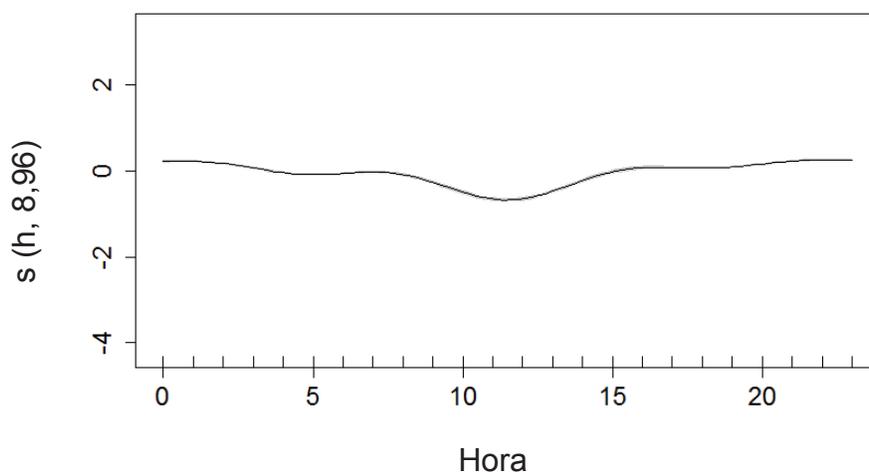


Figura 25. Efecto estimado de la hora del día sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2ES.

Hubo una tendencia de los movimientos del dorado a nadar en profundidades más someras entre las 10:00 y 13:00 hrs. Anterior y posterior a ese lapso de tiempo la profundidad a la que el dorado se desplazó fue casi constante (Fig. 25).

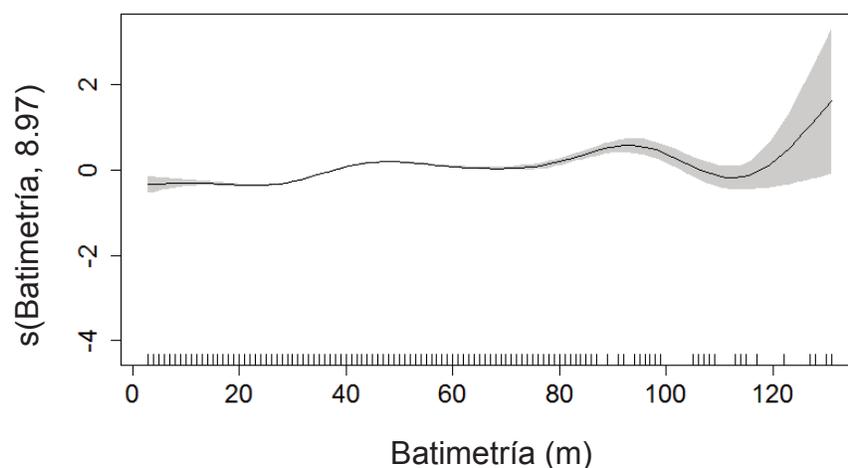


Figura 26. Efecto estimado de la batimetría sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2ES.

Para la figura 26, se observa como el pez exploró más la columna de agua con conforme la batimetría de la zona se incrementó.

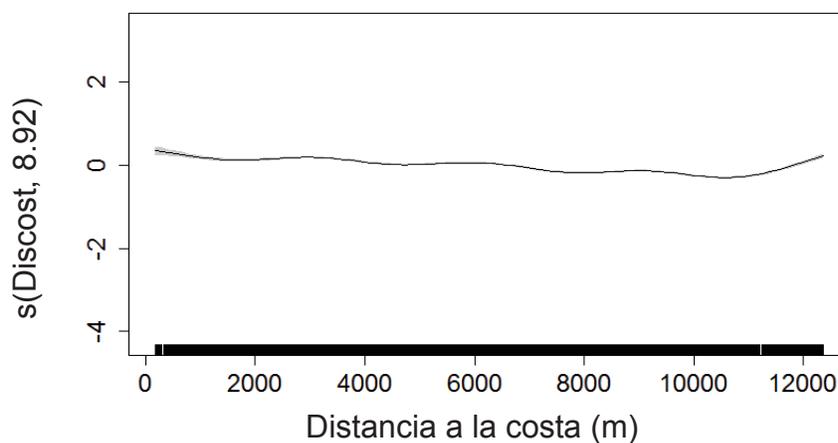


Figura 27. Efecto estimado de la distancia a la costa sobre la profundidad a la que el pez se desplazó durante el seguimiento. Marcas en eje x denotan densidad de datos y área sombreada es 2ES.

Los peces se encuentran más profundo cuando están cerca de la costa y van incrementando su profundidad conforme se alejan de la costa (Fig.27)

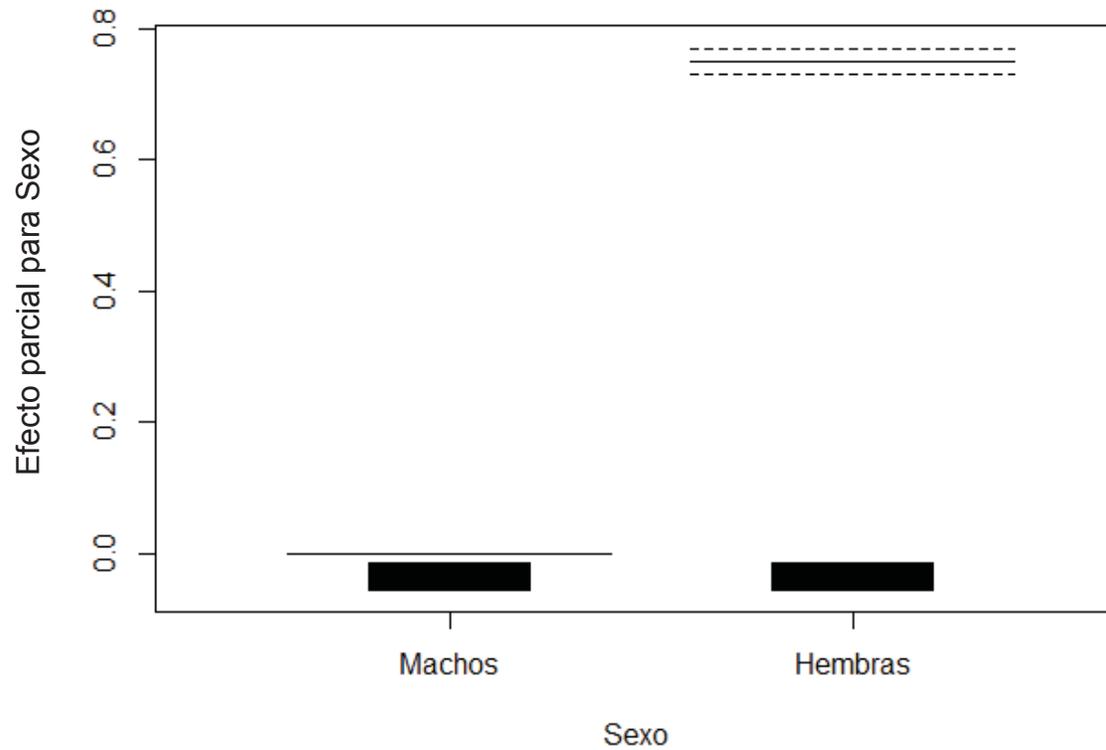


Figura 28. Relación entre la profundidad a la que el pez se desplazó con relación al sexo.

El modelo señaló que la profundidad a la que se desplazaron las hembras fue ocho órdenes de magnitud mayor que los machos (Fig. 28).

8. DISCUSIÓN

Los movimientos de juveniles de *C. hippurus* fueron concentrados a zonas poco profundas cercanas a la costa. Creemos que dicho comportamiento es una estrategia de protección. La zona de la Paz se ha determinado como una área de reproducción (García-Melgar 1995), adicionalmente las características hidrográficas del área de estudio, como los procesos de mezcla de la columna de agua por arrastre de los vientos del norte y noroeste durante invierno y primavera, permiten la disponibilidad de nutrientes en la capa fótica (Martínez -López *et al.* 2001), particularidades que favorece que los organismos utilicen el área como una zona de refugio, alimentación y reproducción, por lo que probablemente tengan cierta fidelidad al sitio.

Los movimientos en San Juan de la costa y Brisa Mar fueron similares en cuanto a que no fueron muy dispersos del sitio de captura, sin embargo para los dos organismos capturados en La Gaviota (macho-hembra), se muestra una tendencia diferente, en la que los dorados atravesaron la Bahía de La Paz al extremo opuesto cercano a los otros sitios de captura. Merten *et al.* (2014b) también observaron una variación de los movimientos según la región de mercado, adicionalmente mencionan que dichos movimientos pueden variar por la latitud, por lo que sugerimos continuar con más estudios de movimiento en otras áreas del Pacífico Mexicano y ver si los patrones no cambian con base al área. Con relación a la distancia promedio por día recorrida por *C. hippurus* reportada en este estudio se aproxima a la reportada por Merten *et al.* (2014b), quienes marcaron dorados con marcas convencionales y satelitales en la costa este de Estados Unidos reportando una distancia promedio de 34.06 Km día⁻¹.

La distancia recorrida por *C. hippurus* indican que es capaz de desplazarse grandes distancias como otros pelágicos mayores tales como el marlín azul (*Makaira nigricans*), seguidos en las islas de Hawaii (Marlín1, 42 h = 43 Km; Marlín 2, 25 h = 18 Km) (Block *et al.* 1992); peces vela (*Istiophorus platypterus*) marcados en el este de Taiwan con transmisores satelitales, con distancias reportadas de ~

39, 44 y 40 Km día⁻¹ a velocidad crucero (Chiang *et al.* 2011), por mencionar algunos.

Con relación a la tasa de movimiento y la distancia a la costa, los resultados señalan que los organismos son más activos durante el día y se alejan más de la costa, mientras que durante la noche son menos rápidos y se encuentran más cercanos a la costa, patrón que es más evidente en los machos, es decir, los machos fueron más rápidos y se alejaron más de la costa que las hembras. En conjunto podemos asociar este comportamiento a protección y alimentación. Probablemente acercarse a la costa durante la noche les permite protegerse de sus depredadores, mientras que en el día son más activos y se alejan más de la costa posiblemente para expandir su área e incrementar su búsqueda de alimento.

El dorado se alimenta durante las mañanas por ser depredadores primariamente visuales, sin embargo también se alimentan durante la noche dado que dentro de su dieta se han hallado presas mesopelágicas que realizan migraciones verticales, aunque la actividad puede verse reducida durante las noches por la disminución de su habilidad visual para capturar sus presas en la oscuridad (Massuti *et al.* 1998). Los trabajos de Oxenford y Hunte (1999) y Olson y Galván-Magaña (2002) también mencionan que el dorado se alimenta durante la noche, dado que en muestras de contenido estomacal colectadas en la mañana, hallaron presas como peces voladores, cefalópodos, dorados, macarelas, entre otros en estado avanzado de digestión, en estómagos 50% llenos, lo que indica que se alimentaron durante la noche.

Los machos fueron más activos que las hembras, probablemente se deba a que se ha observado que el contenido estomacal de los machos es de mayor cantidad que en hembras de tamaño similar (Rose y Hassler 1974), lo que podría indicar que los machos son más activos para alimentarse que las hembras. A partir de esto, también suponen que los machos deben ser más pesados que las hembras de edad similar, y que por esta razón una gran cantidad de alimento es requerida para sostener su metabolismo y sus requerimientos.

Con relación a los movimientos verticales, todas las variables ambientales que se analizaron incluido el sexo fueron significativas con relación a la profundidad a la que los peces se desplazaron Merten *et al.* (2014a) mencionan que los factores que afectan la posición vertical de los organismos en la columna de agua en periodos cortos de tiempo pueden ser debido a respuestas biológicas especie-específica o a factores abióticos tal como cambios circadianos en horas luz (Gleiss *et al.* 2013), cambios de temperatura a ciertas profundidades (Klimley *et al.* 2002), o factores bióticos como diferencias de género (Merten *et al.* 2014a) o al movimiento de las presas (Gleiss *et al.* 2013).

El dorado en este estudio pasó el 80% de su tiempo dentro de los 30 m en la columna de agua, del cual el 50% de su tiempo estuvieron en la capa de los 9 m, este patrón es similar a lo reportado por Furukawa *et al.* (2011) (43%) y Merten *et al.* (2014a) (66%), lo cual asociamos con sus hábitos alimenticios, dado que las presas identificadas en estudios sobre su contenido estomacal han sido mayoritariamente especies epipelágicas, aunque también se han registrado algunas especies mesopelágicas y demersales (Lasso y Zapata 1999, Olson y Galván-Magaña 2002, Tripp-Valdez *et al.* 2010). Para fortalecer esta suposición, mencionaremos algunas de sus presas de importancia. Tripp-Valdez *et al.* (2010) reportó a los peces pajarito (*Hemiramphus saltator* Gilbert & Starks, 1904) que habitan cerca de la superficie del agua formando pequeños cardúmenes cerca de la costa; otra especie importante en su dieta son los juveniles de *Balistes polylepis* Steindachner, 1876; quienes pueden encontrarse en la superficie cerca de objetos flotantes (Fischer *et al.* 1995). También una parte importante de su dieta está constituida por cefalópodos nerítico-oceánicos como *Dosidicus gigas* (Olson y Galván-Magaña 2002), los cuales realizan migraciones verticales diarias consistentes con las migraciones de sus principales presas (Bazzino 2008), y por último *H. californiensis* parte importante en su dieta en frecuencia, forma grandes agregaciones en su fase pelágica juvenil (larva megalopa) y podría asociarse con objetos flotantes. Con base en el hábitat de las presas antes mencionadas, se infiere que *C. hippurus* invirtió una parte importante de su tiempo cerca de la

superficie para alimentarse. Merten *et al.* (2014a) en su estudio menciona que la moda de la profundidad ocupada por *C. hippurus* fue <10 m, lo cual atribuyeron igualmente a la búsqueda de alimento, así como a la orientación con objetos en superficie como desechos o *Sargassum* o como un esfuerzo por minimizar la pérdida de su energía metabólica por permanecer en condiciones isotérmicas arriba de la termoclina. Para nuestro caso, durante los seguimientos realizados no se observó que los dorados se asociaran a algún objeto flotante, sin embargo, muchos autores han documentado esa relación (Gibbs y Collete 1959, Palko *et al.* 1982, Castro *et al.* 1999 y Taquet *et al.* 2007).

Los resultados del modelo aditivo generalizado y la serie de tiempo, indican que los movimientos del dorado están influenciados por la profundidad de la termoclina permaneciendo preferencialmente arriba de esta, muy probablemente esto también esté relacionado con su alimentación ya que algunas especies que se encuentran dentro de sus principales presas permanecen arriba de la termoclina muy cerca de superficie (Merten *et al.* 2014a)

Otros estudios con picudos, en diferentes partes del mundo donde las regiones oceanográficas y la estructura termal es diferente, sugieren en común una preferencia por estar en la capa superficial bien mezclada (Chiang *et al.* 2011). Por ejemplo, Block *et al.* (1992), en aguas de Hawái registraron que el marlín azul (*Makaira nigricans*) invirtió mucho de su tiempo en los 10 m superficiales en aguas cálidas entre los 26° y 27°C, y raramente se aventuraron bajo la termoclina, ubicada alrededor de los 70 a 100 m de profundidad en los meses de verano.

Brill *et al.* (2002) en juveniles de atún aleta azul en el occidente del Atlántico norte reportaron que pasaron la mayor parte de su tiempo en superficie arriba de los 15 m alrededor de temperaturas de 20°C.

Chiang *et al.* (2011) describieron que el pez vela opta por profundidades medias de 47.9 m y temperatura promedio de 26.1 °C, situadas por arriba de la termoclina. Es decir, la tendencia de permanecer una parte considerable de tiempo arriba de la termoclina es común para varias especies de pelágicos mayores, aunque no es un patrón general, dado que también se han reportado casos en los que peces

como el atún aleta amarilla permanece más de 40 % de su tiempo bajo la termoclina (Schaefer *et al.* 2011).

Dentro de los movimientos de *C. hippurus* fue posible apreciar rápidas inmersiones profundas que atravesaron la termoclina que se concentraron más en los periodos del atardecer y la noche. Anteriormente, Furukawa *et al.* (2011) por su parte reportaron inmersiones profundas más allá de la termoclina aunque no especifican si fueron diurnas o nocturnas.

Bajo la premisa de que existen reportes de que el dorado se alimenta de noche (Oxenford y Hunte 1999, Olson y Galván-Magaña 2002), suponemos que las inmersiones verticales que hizo *C. hippurus* durante la noche y más allá de la termoclina fueron muy probablemente movimientos exploratorios en busca de alimento, dado que al ser un depredador primariamente visual (Massuti *et al.* 1998), al reducir su visibilidad durante la noche, opta por cambiar su estrategia de alimentación, buscando activamente una franja de profundidad rica en presas. Contrastando con el hábitat preferencial de una de sus principales presas en su dieta, el calamar *D. gigas*, quien hace migraciones verticales a la superficie durante la noche permaneciendo a profundidades entre 50 y 100 m después de estar durante el día a profundidades >200 m (Bazzino 2008), se correlaciona con el periodo del día y profundidad a la que *C. hippurus* realiza inmersiones profundas.

La inmersión más profunda para este estudio (73.6 m) fue menor a la reportada por Furukawa *et al.* (2011) (94.5 m), al igual que para el rango reportado por Merten *et al.* (2014a) de 74.0 a 255.5 m. Esto puede deberse a la batimetría del área de estudio, o a que los organismos que capturamos fueron juveniles y hembras, lo que haya inferido su preferencia por estar cerca de la costa, como anteriormente se discutió.

En general nuestros resultados señalaron que hay una diferencia entre los movimientos de machos y hembras, estas últimas tendieron a bajar más profundo, a moverse más lento y cercano a la costa en comparación con los machos. Merten *et al.* (2014a) en su estudio menciona que las inmersiones hechas por machos y

hembras parecen mostrar diferencias en el comportamiento, sin embargo no pudieron comprobarlo dado que solo capturaron una hembra que tuvieron que descartar en su análisis por ser poco representativa, de acuerdo a nuestros resultados si hay diferencia entre los movimientos según el sexo.

Por otro lado, con relación al tipo de movimientos identificados, el de mayor importancia fue el movimiento lineal horizontal, de la misma manera que reporto Meyer *et al.* (2014a), este tipo de movimiento lo relacionan con la búsqueda de alimento durante el día y su orientación en la navegación. El segundo movimiento de importancia, fue el tipo V el cual en ocasiones implicó inmersiones más allá de la termoclina, ocurrió en todos los periodos. Este tipo de movimiento concuerda con el referido por Furukawa *et al.* (2011) como movimiento activo, mencionan que el pez incrementa su velocidad dos veces la desviación estándar de la velocidad de cruceo (1.4m/s), y que son una estrategia para expandir su búsqueda de alimento más allá de la termoclina.

Para algunas otras especies también se ha reportado que durante la noche ocurren inmersiones verticales profundas, tal es el caso del pez vela que baja a una profundidad promedio de 60 m en la noche mientras que en el día se mantiene a aproximadamente 35 m (Chiang *et al.* 2011).

Con relación a la pérdida de los dorados, para el caso del seguimiento 2 es altamente probable que haya sido por depredación de un lobo marino. Con relación a los otros dos seguimientos no se conoce la razón, sin embargo, es probable que también haya sido por el mismo motivo.

Bowles *et al.* (2010) menciona que las frecuencias de los transmisores acústicos que son ultrasónicas para los humanos pueden ser escuchadas por mamíferos marinos incluyendo pinnípedos como fócidos y otáridos, a este último grupo pertenecen los lobos marinos. Por lo que esto podría favorecer la detección de peces marcados y su depredación, a lo cual recomiendan usar frecuencias mayores al rango de audición de estos organismos para que los peces marcados no sean detectados. Sin embargo, el rango de audición reportada para los lobos marinos es de 3 a 42 KHz pero Cunningham *et al.* (2014) señala en su estudio que

lobos marinos detectaron transmisores acústicos con frecuencias de 63KHz, para este estudio se usaron frecuencias de 51, 54, 57 y 60 KHz, por lo que probablemente los dorados marcados si pudieron ser detectados por los lobos.

9. CONCLUSIONES

1. Los movimientos horizontales variaron según el área de marcado. En general no fueron muy dispersos a excepción de dos de ellos que cruzaron la Bahía de la Paz. Se desplazaron tan lejos de la costa como 12 km y tan cerca como 185 m. En cuanto a los movimientos verticales, fue posible identificar un patrón de comportamiento relacionado con horas luz que a su vez se asocia a un cambio de hábitos alimenticios. Los dorados estuvieron cerca de un 50% de su tiempo a profundidades inferiores a 10 m e hicieron inmersiones verticales tan profundas como 73 m.
2. Los movimientos horizontales de *C. hippurus* mostraron relación estadística significativa con todas las variables ambientales examinadas y el sexo. Para el caso de la distancia a la costa, durante el día se alejaron más (6,027.55 m) y movieron más rápido (0.71 m/s) que durante la noche (5,634.09 m) (0.41 m/s). Tendencia más marcada en machos, es decir, fueron más rápidos y se alejaron más de la costa (0.61 m/s, ~6Km) que las hembras (0.43 m/s, ~5.5Km).
3. La relación entre los movimientos verticales y las variables ambientales y el sexo fueron estadísticamente significativas. Se corroboró que la temperatura influyó sobre los movimientos verticales del dorado limitándolos a la profundidad de la termoclina pero sin que fuera una barrera, dado que la cruzaron en repetidas ocasiones. Las hembras realizaron inmersiones más profundas (20.24 m) que los machos (11.64m). Conforme la batimetría fue más profunda los dorados bajaron más y cuando se alejaron de la costa se ubicaron más en superficie.

4. Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan un entendimiento detallado acerca de los patrones de movimiento horizontales y verticales de *C. hippurus* en la Bahía de La Paz. Nuestros resultados sugieren que sus movimientos se encuentran relacionados tanto a variables ambientales (batimetría, distancia a la costa, tasa de movimiento y hora del día) como a factores bióticos (sexo).

10.SUGERENCIAS

1. Muestrear organismos adultos y ver si el comportamiento es diferente dentro de la Bahía de La Paz.
2. Realizar seguimientos en zonas oceánicas para ver si los movimientos varían entre áreas.
3. Complementar el estudio con datos provenientes de transmisores tipo archivo que permitan tener un mayor número de días de seguimiento.
4. Realizar seguimientos en diferentes temporadas, para ver si cambia el patrón de movimiento entre ellas.

11.LITERATURA CITADA

- Aguilar-Palomino B., F. Galván-Magaña, L. A. Abitia-Cárdenas, A. F. Muhlia-Melo y J. Rodríguez-Romero. 1998. Aspectos alimentarios del dorado *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. *Ciencias marinas*. 24(3):253-265.
- Alejo-Plata, C., J.L. Gómez-Márquez, I.H. Salgado-Ugarte. 2011a. Edad y crecimiento del dorado *Coryphaena hippurus*, en el Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 46(2):125-134.
- Alejo-Plata, C., P. Díaz-Jaimes, I.H. Salgado-Ugarte. 2011b. Sex ratios, size at sexual maturity, and spawning seasonality of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) captured in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. 110:207-216.
- Bazzino, F. G. 2008. Estructura poblacional, movimientos horizontales y migraciones verticales del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California y en el Océano Pacífico frente a la Península de Baja California. Tesis Doctorado. CIBNOR.
- Brill, R.W., M. Lutcavage. 2001. Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments. *Am. Fish. Soc. Sym.* 25, 179–198.
- Brill, R.W., M. Lutcavage, G. Metzger, P. Bushnell, M. A. Jon Lucy, C. Watson. D. Foley. 2002. Horizontal and vertical movements of juvenile bluefin tuna (*Thunnus thynnus*), in relation to oceanographic conditions or the western North Atlantic, determined with ultrasonic telemetry. *Fish. Bull.* 100:155-167.
- Bowles, A. E., S. L. Denes, M. A. Shane. 2010. Acoustic characteristics of ultrasonic coded transmitters for fishery applications: Could marine mammal hear them?. *J. Acoust. Soc. Am.* 128(5):3223-3231.
- Block, B.A., D.T. Booth, F.G. Carey. 1992. Depth and temperature of the blue marlin, *Makaira nigricans*, observed by acoustic telemetry. *Mar Biol.* 114:175-183.

- Castro, J.J., J.A. Santiago, V. Hernández-García. 1999. Fish associated with fish aggregation devices off the Canary Islands (Central-East Atlantic). *SCI.MAR.* 63(3-4): 191-198.
- Castro, J.J., J.A. Santiago, A.T. Santana-Ortega. 2002. A general theory on fish aggregation to floating objects: An alternative to the meeting point hypothesis. *Rev. Fish Biol. Fish.* 11, 255-277.
- Chiang, W-C, M.K. Musyl, C-I. Sun, S-Y. Chen, W-Y Chen, D-C . liu, W-C. Su, S-Z. Yeh, S-C. Fu, T-I. Huang. 2011. Vertical and horizontal movements of sailfish (*Istiophorus platypterus*) near Taiwan determined using pop-up satellite tags. *J exp Mar Biol ecol.* 397:129–135.
- Cushman-Roisin, B., J.M. Beckers. 2009. Introduction to geophysical fluid dynamics. Physical and numerical aspects. Academic Press. 773pp.
- Clermont, E. M., S. H. Gruber. 2005. Homing ability of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Environ Biol Fishes.* 72:267-281.
- Cunningham, K. A., S. A. Hayes, A. M. Wargo Rub, C. Reichmuth. 2014. Auditory detection of ultrasonic coded transmitters by seals and sea lions. *J. Acoust. Soc. Am.* 135(4):1978:1985.
- Dagorn, L., E. Josse, P.Bach. 2000. Individual differences in horizontal movements of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in nearshore areas in French Polynesia, determined using ultrasonic telemetry. *Aquat. Living Resour.* 13:193–202.
- Del Monte-Luna, P., F. Arreguín-Sánchez, L.Godínez-Orta, C.A. López-Ferreira. 2005. Batimetría actualizada de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *CICIMAR Oceánides.* 20(1,2):75-77.
- Diario Oficial de la Federación, 1995. Norma oficial mexicana NOM-017-PESC-1994. Para regular las actividades de Pesca deportiva en las Aguas de Jurisdicción Federal de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo No. 15-19. México, D.F.
- Díaz-Jaimes, P., M. Uribe-Alcocer, S. Ortega-García, J.D. Durand. 2006. Spatial and temporal mitochondrial DNA genetic homogeneity of dolphinfish popu-

- lations (*Coryphaena hippurus*) in the eastern central Pacific. Fish. Res. 80, 333–338.
- Dingel, H. 1996. Migration, The Biology of the Life on the Move. New York. Oxford University Press
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter, V.H. Niem. 1995. Guía FAO keys for identification of species for fishing aspects. Center Eastern Pacific. Food and Agriculture Organization, pp. 1813.
- Fréon P., Dagorn L., 2000, Review of fish associative behavior: toward a generalization of the meeting point hypothesis. Rev. Fish Biol. Fish. 10, 183-207.
- Furukawa, S., R. Kawabe., S. Ohshimo., K. Fujioka., G. N. Nishihara., Y. Tsuda., T. Aoshima., H. Kanehara., H. Nakata. 2011. Vertical movement of dolphinfish *Coryphaena hippurus* as recorded by acceleration data-loggers in the northern East China Sea. Environ Biol Fish. 92:89-99.
- García Melgar, C.G. 1995. Ciclo de reproducción del dorado *Coryphaena hippurus* Linnaeus 1758. Pistes: Coryphaenidae) en el área de los Cabos, B.C.S., México. Tesis Licenciatura. UABCS, 62p.
- Gibbs, R.H. y B.B. Collette. 1959. On the identification, distribution and biology of the dolphinfish, *Coryphaena hippurus* and *C.equiselis*. Bull. Mar. Sci. Gulf Carib. 9, 117–152.
- Girard, C., L. Dagorn., M. Taquet., R. Aumeeruddy., C. Peignon., S. Benhamou. 2007. Homing abilities of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) displaced from fish aggregating devices (FADs) determined using ultrasonic telemetry. Aquat. Living Resour. 20:313-321.
- Gleiss, A.C., S. Wright, N. Liebsch, R.P. Wilson, B. Norman. 2013. Contrasting diel patterns in vertical movement and locomotor activity of whale sharks at Ningaloo reef. Mar Biol. 160:2981-2992.
- Gooding, R. M., J.J. Magnuson. 1967. Ecological significance of a drifting object to pelagic fishes. Pac.Sci. 21(4):486–497.
- Goodyear, C. P., J. Luo, E. D. Price, J. P. Hoolihan, D. Snodgrass, E. S. Orbesen,

- J.E. Serafy. 2008. Vertical habitat use of Atlantic blue marlin *Makaira nigricans*: interaction with pelagic longline gear. Mar. Ecol. Prog. Ser. 365:233-245.
- Holland, K.N., B. M. Wetherbee, J.D. Peterson, C.G. Lowe. 1993. Movements and distribution of hammerhead shark pups on their natal grounds. Cop. 2:495-502.
- Jonsen, I.D., R.A. Myers, J.M. Flemming 2003. Meta-analysis of animal movement using state-space models. Ecology 84: 3055-3063.
- Ketchum, J. 2011. Movement Patterns and Habitat Use of Scalloped Hammerhead Sharks (*Sphyrna lewini*) in the Galapagos Islands: Implications for the Design of Marine Reserves. Tesis doctorado: University of California. Davis. 182pp.
- Ketchum, J., E. Espinoza, C. Peñaherrera, J. Largier. 2014. Seasonal changes in movements and habitat preferences of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) while refuging near an oceanic island. Mar Biol. 161:755-767.
- Kingsford, M., A. Defries. 1999. The ecology of and fishery for *Coryphaena* spp. In the waters around Australia and New Zealand. SCI. MAR. 63(3-4):267-275.
- Kojima, S. 1966. Studies of dolphin fishing conditions in the western Sea of JapanXII. The size of a dolphin school. [En Japonés, Res. Inglés] Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 32: 652-654.
- Klimley, A.P., S.C. Beavers, T.H. Curtis, S.J. Jorgensen. 2002. Movements and swimming behavior of three species of sharks in La Jolla Canyon, California. Env. Biol. Fish 63:117–135
- Lasso, J., L. Zapata. 1999. Fisheries and biology of *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) in the Pacific coast of Colombia and Panama. SCI. MAR. 63(3-4):387-399.
- Madrid, J.V., Beltran-Pimienta, R., 2001. Length, weight and sex of the dolphin fish *Coryphaena hippurus* (Perciformes: Coryphaenidae), of the littoral of Sinaloa, Nayarit and Baja California Sur, Mexico. Rev. Biol. Trop. 49, 931–938.
- Martínez-López, A., Cervantes-Duarte, R., Reyes-Salinas A. y Valdez-Holguín J.E. 2001. Cambio estacional de clorofila a en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Hidrobiológica. 11(1):45-52.

- Massutí, E., S. Deudero, P. Sánchez, B. Morales-Nin. 1998. Diet and feeding of dolphin (*Coryphaena hippurus*) in west-ern Mediterranean waters. Bull. Mar. Sci. 63(2):329–341.
- Merten, W., R. Appeldoorn, R. Rivera, D. Hammond. 2014a. Diel vertical movements of adult male dolphinfish (*Coryphaena hipurus*) in the western central Atlantic as determined by use of pop-up satellite archival transmitters. Mar. Biol. 161:1823-1834.
- Merten, W., R. Appeldoorn, D. Hammond. 2014b. Movements of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) along the U.S. east coast as determined through mark and recapture data. Fisheries Research. 151:114-121.
- Norton J. G., S. J. Crooke. 1994. Occasional availability of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, to southern California commercial passenger fishing vessel anglers: Observations and hypotheses. CalCOFI Rep. 35:230-239.
- Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-Germán, J. Gaviño-Rodríguez, E. Perez-Ledezma, H. Obeso-Huerta, A. Jiménez-Illescas. 2008. Variabilidad hidrográfica en Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). Rev. Biol. Mar. 43(3):559-567.
- Olson, R.J., F. Galván-Magaña. 2002. Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Eastern Pacific Ocean. Fish. Bull. 279-298.
- Oxenford, H. A., W. Hunte. 1999. Feeding habits of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Caribbean. Sci. Mar. 63(3-4):303-315.
- Palko B.J., G.L. Beardsley, W.J. Richards. 1982. Synopsis of the biological data on dolphin fishes, *Coryphaene hippurus* and *Coryphaene equiselis* Linnaeus. FAO Fish Synop 130:1-28.
- Rocha-Olivares, A., M. Bobadilla-Jiménez, S. Ortega-García, N. Saavedra-Sotelo, J.R. Sandoval-Castillo. 2006. Variabilidad mitocondrial del dorado *Coryphaena hippurus* en poblaciones del Pacífico. Cienc. Mar. 32, 569–578.

- Rose, C.D., W.W. Hassler. 1974. Food habits and sex ratios of dolphin *Coryphaena hippurus* captured in the western Atlantic Ocean off Hatteras, North Carolina. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 103: 94-100.
- Schaefer, K. M., D. W. Fuller, B. A. Block. 2011. Movements, behavior, and habitat utilization of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Pacific Ocean off Baja California, Mexico, determined from archival tag analyses, including unscented Kalman filtering. *Fisheries Research*. 112:22-37.
- Sakamoto, R., S. Kojima. 1999. Review of dolphinfish biological and fishing data in Japanese waters. *Sci. Mar.* 63(3-4):375-385.
- Siegel, S., N.J. Castellan. 1988. Non parametric statistics for the behavioral sciences. MacGraw Hill Int., New York. pp 213-214
- Sparre, P., S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 306.1 Rev.2:420 pp.
- Taquet, M., L. Dagorn, J. Gaertner, C. Girard, R. Aumerruddy, G. Sancho, D. Itano. 2007. Behavior of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) around drifting FADs as observed from automated acoustic receivers. *Aquat. Living Resour.* 20:323-330.
- Tripp-Valdez, A., F. Galván-Magaña., S. Ortega-García. 2010. Feeding habits of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the southeastern Gulf of California. Mexico. *J. Appl. Ichthyol.* 26: 578-582.
- Varghese, S.P., V.S. Somvanshi, M.E. John, R. S. Dalvi. 2013. Diet and consumption rates of common dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in the Eastern Arabian Sea. *J. Appl. Ichthyol.* 29:1022-1029.
- Zúñiga, M.S., Ortega-García, S., Klett-Traulsen, A., 2008. Inter annual and seasonal variation of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) catch rates in the southern Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* 94, 13–17.
- Zúñiga-Flores, M.S. 2009. Dinámica poblacional del dorado (*Coryphaena hippurus*) en Baja California Sur, México: Implicaciones para su manejo. Tesis doctorado. CICIMAR.

ANEXOS

Anexo 1. Bitácora de campo para registro de transmisores



Bitácora de marcado: Registro de muestras



Especie:		Fecha:	
Longitud Total (cm):	Longitud Pre-Caudal (cm):	Latitud:	
Longitud furcal (cm):	Máximo grosor (cm):	Longitud:	
Sexo:	Ubicación de captura:		
Estado reproductivo:			
Condición:		Hora de captura:	WP Captura:

Marcado por:	Registrado por:	Capturado por:	Registrado por:
Ubicación de marcado		Ubicación de captura:	
Método de marcado:		Método de captura:	Carnada:

Tipo de marca:	Codificada ()	Continua ()	Número serial:	Codificada ()	Continua ()
Código/PTT ID:			Frecuencia		
Sensores: Sí () No ()			Slope:	Intercept:	
Temperatura () Profundidad ()					
Ubicación de marca en el organismo:			Estado del imán () Encendido () Apagado		
Tiempo de remojo			Tiempo de manipulación		
Inicio:	Final:	Total:	Inicio:	Final:	Total:
Prueba de error:				WP Liberación:	
Aire:		Agua:		Hora de liberación:	
Temperatura:	Profundidad:	Temperatura:	Profundidad:	Canal:	

Notas:
Especies Asociadas:

