



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS

MARINAS



**“NICHOS TRÓFICOS DE PELÁGICOS MAYORES  
CAPTURADOS EN LA BOCA DEL GOLFO DE  
CALIFORNIA”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS  
EN  
CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

Yassir Edén Torres Rojas

LA PAZ, B.C.S., Mayo de 2011



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 12 del mes de Mayo del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

**“NICO TRÓFICO DE PELÁGICOS MAYORES**

**CAPTURADOS EN LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA”**

Presentada por el alumno:

**TORRES**

Apellido paterno

**ROJAS**

materno

**YASSIR EDÉN**

nombre(s)

Con registro: 

B	0	7	1	2	2	3
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

**DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS**

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

**LA COMISION REVISORA**

Directores de Tesis

**DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA**

Director de Tesis

**DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA**

Directora de Tesis

**DR. DAVID AUROLES GAMBOA**

**DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA**

**DR. SERGIO AGUÍÑIGA GARCÍA**

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

**DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE**



**IPN  
CICIMAR  
DIRECCION**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 13 del mes Mayo del año 2011  
el (la) que suscribe MC. YASSIR EDÉN TORRES ROJAS alumno(a) del  
Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS  
con número de registro B071223 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS  
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:  
DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA y DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA  
y cede los derechos del trabajo titulado:

"NICO TRÓFICO DE PELÁGICOS MAYORES CAPTURADOS EN LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: yassirtorres@gmail.com - aherrera@ipn.mx - sortega@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

MC. YASSIR EDÉN TORRES ROJAS

*nombre y firma*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada con número 164474 para poder llevar a cabo mi formación académica en ámbito de las ciencias marinas.

Al Programa Institucional de Formación de investigadores (PIFI) por el apoyo económico y académico otorgado para complementar mi formación como investigador dentro del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR).

Al proyecto “Estudios biológicos de depredadores ápice y sus movimientos dentro del ecosistema pelágico del pacífico oriental” CICIMAR-PFleger Institute of Environmental Research, por el apoyo otorgado para la obtención de muestras biológicas y datos.

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por aceptarme a formar parte de la comunidad politécnica como estudiante.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por la aceptación del proyecto de doctorado, lo que derivó en la elaboración de la tesis.

Al Dr. Agustín Hernández Herrera, por la confianza brindada, por sus sugerencias para mejorar este trabajo y más que nada por la paciencia mostrada.

A la Dra. Sofía Ortega García, por la facilitación de la base de datos para la elaboración de la tesis, así como las sugerencias para mejorar este trabajo.

Al Dr. Felipe Galván Magaña por el apoyo incondicional y orientación que en todo momento mostró hacia mí.

Al Dr. Sergio Aguiñiga García por sus consejos y cooperación para llevar a cabo de una manera efectiva el análisis de isótopos estables.

A los miembros del comité de revisión del manuscrito Dr. David Auriolles Gamboa, Dr. Felipe Galván Magaña, Dr. Sergio Aguiñiga García por el tiempo dedicado a leer y corregir con sus considerables conocimientos y experiencia esta tesis.

Al Laboratorio de Ecología de Peces y Laboratorio de Química Marina del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por facilitarme la utilización de sus instalaciones y equipo.

Al Dr. Arturo Tripp Valdez, Dr. Manuel Zetina Rejón y al M.C. Jaime Camalich Carpizo por los consejos y asesoría en el uso de índices ecológicos y software para el estudio del nicho trófico.

A la MC Vanessa G. Alatorre Ramírez por toda su ayuda en la edición de esta tesis.

Al C.P. Humberto Ceseña Amador por su ayuda en todos esos trámites tediosos y su rápida solución.

# INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	I
<b>ABSTRACT</b> .....	II
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES</b> .....	4
MARLÍN AZUL <i>MAKAIIRA NIGRICANS</i> .....	12
MARLÍN RAYADO <i>KAJIKIA AUDAX</i> .....	13
DORADO <i>CORYPHAENA HIPPURUS</i> .....	14
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	16
<b>HIPÓTESIS</b> .....	18
<b>OBJETIVOS</b> .....	19
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	19
<i>Objetivos Específicos</i> .....	19
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	20
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	23
<b>OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS EN CAMPO</b> .....	23
<b>TRABAJO DE LABORATORIO</b> .....	24
<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS</b> .....	26
<b>RELACIÓN C:N Y ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA PARA ANÁLISIS DE DIETA</b> .....	26
<b>ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA (IIR)</b> .....	28
<b>MÉTODO DE AMUNDSEN</b> .....	33
<b>ÍNDICE DE SHANNON (H')</b> .....	36
<b>ÍNDICE ESTANDARIZADO DE LEVINS</b> .....	36
<b>ANÁLISIS DE SIMILITUD (ANOSIM)</b> .....	37
<b>POSICIÓN TRÓFICA</b> .....	39
<b>ÍNDICE DE OMNIVORÍA</b> .....	41
<b>RESULTADOS</b> .....	43
<b>RESULTADOS GENERALES</b> .....	43
<b>ESTACIONALIDAD DE LOS TRES DEPREDADORES EN LAS ZONAS</b> .....	44
<b>ESTRUCTURA DE TALLAS</b> .....	47
<b>PORCENTAJE DE LLENADO DE LOS ESTÓMAGOS Y ESTADOS DE DIGESTIÓN DE LAS PRESAS</b> .....	50
<b>TAMAÑO DE MUESTRA PARA EL ANÁLISIS DE <math>\Delta^{13}\text{C}</math> Y <math>\Delta^{15}\text{N}</math></b> .....	53
<b>ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA PARA ANÁLISIS DE DIETA</b> .....	55
<b>MARLÍN AZUL (MA)</b> .....	62

ESPECTRO TRÓFICO POR SEXOS. ....	65
ESPECTRO TRÓFICO POR ZONAS. ....	66
ESPECTRO TRÓFICO POR AÑOS. ....	68
<b>MARLÍN RAYADO (MR)</b> .....	75
ESPECTRO TRÓFICO POR SEXOS. ....	79
ESPECTRO TRÓFICO POR ZONAS. ....	82
ESPECTRO TRÓFICO POR AÑOS. ....	83
<b>DORADO (DO)</b> .....	89
ESPECTRO TRÓFICO POR SEXOS. ....	95
ESPECTRO TRÓFICO POR ZONAS. ....	97
ESPECTRO TRÓFICO POR AÑOS. ....	98
<b>POSICIÓN TRÓFICA DE LOS TRES DEPRADADORES</b> .....	104
<b>OMNIVORIA DE LOS TRES DEPRADADORES</b> .....	109
<b>VARIACIÓN INTERESPECÍFICA</b> .....	110
<b>DISCUSIÓN</b> .....	118
<b>VARIACIONES INTRAESPECÍFICAS</b> .....	121
<b>VARIACIONES INTERESPECÍFICAS</b> .....	130
<b>NICHO TROFICO</b> .....	140
<b>CONCLUSIONES</b> .....	143
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	144

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Marlín azul <i>Makaira nigricans</i> .....	12
Figura 2.- Marlín rayado <i>Kajikia audax</i> .....	13
Figura 3.- Dorado <i>Coryphaena hippurus</i> .....	14
Figura 4.- Área de estudio. Localidades de muestreo Cabos San Lucas, B. C. S. (Zona A) y Mazatlán, Sin (Zona B). .....	22
Figura 5.- Gráfico propuesto por Amundsen <i>et al.</i> (1996) donde se compara la abundancia de las presas vs la frecuencia de aparición.....	34
Figura 6.- Estrategias alimenticias en un individuo o en una población. Tomado de Amundsen <i>et al.</i> (1996).....	35
Figura 7.- Histograma de frecuencia de captura de marlín azul <i>Makaira nigricans</i> , durante el periodo del 2005-2007 en la Boca del Golfo de California (Zona A= Cabo San Lucas; Zona B= Mazatlán) .....	44
Figura 8.- Histograma de frecuencia de la captura de marlín rayado <i>Kajikia audax</i> , durante el periodo del 2005-2007 en la Boca del Golfo de California (Zona A= Cabo San Lucas; Zona B= Mazatlán). .....	45
Figura 9.- Histograma de frecuencia de la captura de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , durante el periodo del 2005-2007 en la Boca del Golfo de California (Zona A= Cabo San Lucas; Zona B= Mazatlán) .....	46
Figura 10.- Histograma de frecuencia de longitud furcal (cm), para machos y hembras de marlín azul <i>Makaira nigricans</i> durante el periodo de 2005-2007 en la zona A (Cabo San Lucas) y B (Mazatlán).....	47
Figura 11.- Histograma de frecuencia de longitud furcal (cm), para machos y hembras de marlín rayado <i>Kajikia audax</i> durante el periodo de 2005-2007 en la zona A (Cabo San Lucas) y B (Mazatlán). .....	48
Figura 12.- Histograma de frecuencia de longitud furcal (cm), para machos y hembras de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> durante el periodo de 2005-2007 en la zona A (Cabo San Lucas) y B (Mazatlán).....	49
Figura 13.- Porcentaje de llenado de los estómagos con alimento y estado de digestión de las presas de <i>M. nigricans</i> .....	50
Figura 14.- Porcentaje de llenado de los estómagos con alimento y estado de digestión de las presas de <i>K. audax</i> .....	51
Figura 15.- Porcentaje de llenado de los estómagos con alimento y estado de digestión de las presas de <i>C. hippurus</i> .....	52

Figura 16.- Relación C:N de marlín azul, marlín rayado y dorado (valor teórico de proteínas puras C:N = 2.9) .....	54
Figura 17.- Curva Acumulada de especies presas para el marlín azul <i>M. nigricans</i> por años. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).....	56
Figura 18.- Curva Acumulada de especies presas para el marlín azul <i>M. nigricans</i> por zonas. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).....	57
Figura 19.- Curva Acumulada de especies presas para el marlín rayado <i>K. audax</i> por años. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).....	58
Figura 20.- Curva Acumulada de especies presas para el marlín rayado <i>K. audax</i> por zonas. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).....	59
Figura 21.- Curva Acumulada de especies presas para el dorado <i>C. hippurus</i> por años. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).....	60
Figura 22.- Curva Acumulada de especies presas para el dorado <i>C. hippurus</i> por zonas. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).....	61
Figura 23.- Distribución de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en tejido de marlín azul <i>M. nigricans</i> .....	63
Figura 24.- Principales especies presas del marlín azul <i>M. nigricans</i> de acuerdo a IsoSource.....	64
Figura 25.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul <i>M. nigricans</i> entre sexos para la zona B (zona B = Mazatlán). .....	65
Figura 26.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre sexos de marlín azul <i>M. nigricans</i> en la zona B. ....	66
Figura 27.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul <i>M. nigricans</i> por zonas (zona A = Cabo San Lucas; zona B = Mazatlán). .....	67
Figura 28.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por zonas del marlín azul <i>M. nigricans</i> . .....	67
Figura 29.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul <i>M. nigricans</i> por años para la zona A. ....	68

Figura 30.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del marlín azul <i>M. nigricans</i> por años para la zona A. ....	69
Figura 31.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul <i>M. nigricans</i> por años para la zona B. ....	70
Figura 32.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del marlín azul <i>M. nigricans</i> por años para la zona B. ....	70
Figura 33.- Estrategia alimenticia tipo C para marlín azul con base en el criterio de Amundsen <i>et al.</i> (1996) .....	71
Figura 34.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul <i>M. nigricans</i> por años para la zona A. ....	72
Figura 35.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{15}\text{N}$ del marlín azul <i>M. nigricans</i> por años para la zona A. ....	73
Figura 36.- Variación de $\delta^{15}\text{N}$ (b) con respecto a la dieta (a) del marlín azul en los meses del año 2006. Con base en Bearhop <i>et al.</i> (2004).....	74
Figura 37.- Distribución de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en tejido de marlín rayado <i>K. audax</i> .....	77
Figura 38.- Principales especies presas del marlín rayado <i>K. audax</i> de acuerdo a IsoSource.....	78
Figura 39.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) entre sexos de marlín rayado <i>K. audax</i> en la zona A .....	79
Figura 40.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre sexos de marlín rayado <i>K. audax</i> en la zona A.....	80
Figura 41.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) entre sexos de marlín rayado <i>K. audax</i> en la zona B. ....	81
Figura 42.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre sexos del marlín rayado <i>K. audax</i> en la zona B. ....	81
Figura 43.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín rayado <i>K. audax</i> por zonas (zona A = Cabo San Lucas; zona B = Mazatlán). ....	82
Figura 44.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del marlín rayado <i>K. audax</i> entre zonas. ....	83
Figura 45.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín rayado <i>K. audax</i> por años. ....	84
Figura 46.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del marlín rayado <i>K. audax</i> por años. ....	84

Figura 47.- Estrategia alimenticia tipo D para marlín rayado con base en el criterio de Amundsen <i>et al.</i> (1996). .....	86
Figura 48.- Variación de $\delta^{15}\text{N}$ con respecto a la dieta del marlín rayado entre años. Con base en Bearhop <i>et al.</i> (2004). .....	87
Figura 49.- Variación de $\delta^{15}\text{N}$ (b) con respecto a la dieta (a) del marlín rayado en los meses del 2007. Con base en Bearhop <i>et al.</i> (2004). .....	88
Figura 50.- Distribución de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en tejido de <i>C. hippurus</i> . .....	92
Figura 51.- Principales especies presas del dorado <i>C. hippurus</i> de acuerdo a IsoSource. ....	94
Figura 52.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) entre sexos de dorado <i>C. hippurus</i> en la zona A. ....	95
Figura 53.- Valores promedio y desviaciones estándar $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre sexos de dorado <i>C. hippurus</i> en la zona A. ....	96
Figura 54.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) entre sexos de dorado <i>C. hippurus</i> en la zona B. ....	97
Figura 55.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de dorado <i>C. hippurus</i> por zonas (zona A = Cabo San Lucas; zona B = Mazatlán). .....	98
Figura 56.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de dorado <i>C. hippurus</i> por años. ....	99
Figura 57.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del dorado <i>C. hippurus</i> por años. ....	99
Figura 58.- Estrategia alimenticia tipo A para dorado con base en el criterio de Amundsen <i>et al.</i> (1996). ....	101
Figura 59.- Variación de $\delta^{15}\text{N}$ con respecto a la dieta del dorado entre años. Con base en Bearhop <i>et al.</i> (2004). .....	102
Figura 60.- Variación de $\delta^{15}\text{N}$ (b) con respecto a la dieta (a) del dorado en los meses del 2006. Con base en Bearhop <i>et al.</i> (2004). .....	103
Figura 61.- Comparación del porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de los tres depredadores en la Boca del Golfo de California del 2005 al 2007. ....	110
Figura 62.- Comparación del porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de los tres depredadores en espacio-tiempo (Cabo San Lucas, octubre del 2007) ....	111
Figura 63.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de los tres depredadores en la Boca del Golfo de California del 2005 al 2007. ....	112

Figura 64.- Traslado isotópico de los tres depredadores de acuerdo con Newsome *et al.* (2006) para la zona de Cabo San Lucas. .... 113

Figura 65.- Posición trófica de los tres depredadores a partir de contenidos estomacales..... 114

Figura 66.- Posición trófica de los tres depredadores a partir de  $\delta^{15}\text{N}$ . .... 115

Figura 67.- Diagrama de la equivalencia trófica de los tres depredadores en la Boca del Golfo de California a partir de Netdraw (cuadros rojos = crustáceos PT 2; cuadros naranjas = cefalópodos PT 3; cuadros verdes = peces PT 2; cuadros azules = peces PT 3; cuadros amarillos = peces PT 4. .... 117

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de organismos muestreados por mes en los 3 años.....	23
Tabla 2.- Proporción de llenado de los estómagos.....	24
Tabla 3.- Número de organismos muestreados para cada especie por años en las dos zonas (zona A = Cabo San Lucas; zona B = Mazatlán).....	43
Tabla 4- Tamaño de muestra por cada Zona y año de muestreo para el marlín azul ( <i>Makaira nigricans</i> ), marlín rayado ( <i>Kajikia audax</i> ) y el dorado ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) (X= no disponibilidad de tejido).....	53
Tabla 5- Espectro trófico del marlín azul <i>M. nigricans</i> ; expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de aparición (FA), índice de importancia relativa (IIR).....	62
Tabla 6.- Valores promedios de amplitud de nicho trófico y de diversidad obtenidos a partir del Índice de Levin y Shannon, respectivamente.....	71
Tabla 7.- Espectro trófico del marlín rayado <i>K. audax</i> ; expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de aparición (FA), índice de importancia relativa (IIR); <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 8.- Valores promedios de amplitud de nicho trófico y de diversidad obtenidos a partir del Índice de Levin y Shannon, respectivamente, para marlín rayado. <b>Error! Marcador no</b>	
Tabla 9.- Espectro trófico del dorado <i>C. hippurus</i> ; expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de aparición (FA), índice de importancia relativa (IIR); <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 10.- Valores promedios de amplitud de nicho trófico y de diversidad del dorado obtenidos a partir del Índice de Levin y Shannon, respectivamente. <b>Error! Marcador no de</b>	
Tabla 11.- Valores de posición trófica calculados para <i>M. nigricans</i> a partir de contenidos estomacales (Christensen & Pauly, 1992) (MA = marlín azul, CSL = Cabo San Lucas, M = Mazatlán, 1 = Macho, 2 = Hembra, DE = Desviación Estándar).....	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 12.- Valores de posición trófica calculados para <i>K. audax</i> a partir de contenidos estomacales (Christensen & Pauly, 1992) (MR = marlín rayado, CSL = Cabo San Lucas, M = Mazatlán, 1 = Macho, 2 = Hembra, DE = Desviación Estándar).....	<b>Error! Marcador no definido.</b>

Tabla 13.- Valores de posición trófica calculados para <i>C. hippurus</i> a partir de contenidos estomacales (Christensen & Pauly, 1992) (DO = dorado, CSL = Cabo San Lucas, M = Mazatlán, 1 = Macho, 2 = Hembra, DE = Desviación Estándar). .....	106
Tabla 14.- Valores de posición trófica calculados para <i>M. nigricans</i> a partir de isótopos estables (Post, 2002), con base en material orgánico particulado (MOP) (Altabet <i>et al.</i> , 1999 para Cabo San Lucas y Ganeshram <i>et al.</i> , 1995 para Mazatlán) y diferentes valores de $\delta$ ( $\Delta 1= 2.7 \text{ ‰}$ , Caut, <i>et al.</i> , 2009; $\Delta 2=3.4\text{‰}$ , Minagawa & Wada, 1984; Post, 2002”) .....	107
Tabla 15.- Valores de posición trófica calculados para <i>K. audax</i> a partir de isótopos estables (Post, 2002), con base en material orgánico particulado (MOP) (Altabet <i>et al.</i> , 1999 para Cabo San Lucas y Ganeshram <i>et al.</i> , 1995 para Mazatlán) y diferentes valores de $\Delta$ ( $\Delta 1= 2.7\text{‰}$ , Caut, <i>et al.</i> , 2009; $\Delta 2=3.4\text{‰}$ , Minagawa & Wada, 1984; Post, 2002”). .....	107
Tabla 16.- Valores de posición trófica calculados para <i>C. hippurus</i> a partir de isótopos estables (Post, 2002), con base en material orgánico particulado (MOP) (Altabet <i>et al.</i> , 1999 para Cabo San Lucas) y diferentes valores de $\Delta$ ( $\Delta 1= 2.7\text{‰}$ , Caut, <i>et al.</i> , 2009; $\Delta 2=3.4\text{‰}$ , Minagawa & Wada, 1984; Post, 2002).....	108
Tabla 17.- Valores del índice de omnivoría para los tres depredadores en espacio y tiempo .....	109

## GLOSARIO

**ABIOTICO:** Componentes no vivos de un ecosistema, pueden ser físicos o químicos.

**ABUNDANCIA:** Es un índice ecológico y es sinónimo de densidad poblacional.

**AGUAS NERÍTICAS:** La zona litoral o región nerítica se encuentra limitada por la plataforma continental. Suele llegar hasta los 200 m de profundidad y está habitada por numerosas especies pelágicas que se alimentan de plancton.

**AMPLITUD DE DIETA:** Selección de la dieta con respecto a un número potencial de tipos alimenticios.

**BENTÓNICO, ca:** Organismo que vive en el fondo de la masa de agua que sea su hábitat. El bentos está formado por los organismos, tanto vegetales como animales, que viven relacionados con el fondo, semienterrados, fijos o que pueden moverse sin alejarse demasiado de él.

**CADENA TROFICA:** Es el traspaso de materia y energía a través de niveles ecológicos (fitoplancton-zooplancton-peces).

**COMPETENCIA:** Grupo de organismos de la misma especie o distinta pero filogenéticamente cercanas, que utilizan el mismo recurso o bien si el recurso no es limitado el organismo para obtenerlo daña a otro.

**DEMERSAL:** Organismo que vive muy próximo al fondo de la masa de agua es que es su hábitat.

**DEPREDADOR ESPECIALISTA:** Organismo que utiliza un número bajo de recursos y presenta mayor preferencia por algunos componentes en particular.

**DEPREDADOR GENERALISTA:** Organismo que utiliza una gran variedad de recursos alimenticios sin ninguna selección.

**DEPREDADOR OPORTUNISTA:** Organismo que incluye en su dieta, una variedad de recursos que se encuentran disponibles en su hábitat.

**DIVERSIDAD:** Es la relación entre el número de especies y la abundancia relativa de las mismas.

**ECOSISTEMA:** Unidad fundamental de la biosfera que representa un nivel de organización que funciona como un sistema, en el cual se manifiestan conjuntamente los factores abióticos (físicos y químicos), así como los factores bióticos (los que provienen de los seres vivos).

**ESPECIE:** Grupo de poblaciones naturales real o potencialmente intercruzables, aislados reproductivamente de otros grupos análogos. Es un concepto que destaca el cruzamiento dentro de un sistema de poblaciones y el aislamiento de reproducción frente a otras

**EPIPELÁGICO, ca:** Especie que vive y/o se alimenta en aguas abiertas a profundidades de entre la superficie y los 200 metros de profundidad.

**ESPECTRO TRÓFICO:** Total de componentes alimenticios de la dieta de un organismo.

**EQUIVALENCIA TROFICA:** cuando dos o más depredadores siguen pautas idénticas de comportamiento en sus relaciones con otros depredadores, por consiguiente son considerados sustituibles y representan una posición trófica o papel trófico.

**FLUJO DE MATERIA Y ENERGIA EN EL ECOSISTEMA:** La combinación por donde fluye la materia y circula la energía entre los componentes bióticos y abióticos en la naturaleza, es en el seno mismo del ecosistema; la ruta de entrada de la energía se establece desde que los autótrofos (generalmente fotosintéticos) producen materiales orgánicos que resultan la fuente energética para los heterótrofos o consumidores, iniciando así el flujo de materia y de energía en los sistemas vivos.

**HABITAT:** Es el lugar donde los organismos viven, puede ser geográfico, físico, químico o biológico.

**INTERESPECIFICO:** Relaciones entre organismos de diferentes especies

**INTRAESPECIFICO:** Relaciones entre organismos de una misma especie.

**ISÓTOPO:** Átomos de un mismo elemento en cuyo núcleo contiene el mismo número de protones pero diferente número de neutrones, lo que hace variar la masa.

**ISÓTOPO ESTABLE:** Un isótopo no radiactivo el cual no se degrada espontáneamente. Los isótopos estables no tienen riesgo fisiológico.

**MESOPELÁGICO, ca:** Especie que vive y/o se alimenta en aguas abiertas a profundidades de entre 200 y 1000 metros.

**NICHO ECOLÓGICO:** El rol de una especie en particular dentro del ecosistema. El nicho ecológico se define en términos de las condiciones físicas y los recursos necesarios para la supervivencia de la especie y su posicionamiento en la red trófica

**NIVEL TRÓFICO:** Posición en la que se encuentra un determinado organismo en la cadena trófica, dicha posición está determinada por la manera en que obtiene su energía.

**OTOLITO:** Estructura compuesta de cristales de carbonato de calcio en forma de aragonita y de una matriz orgánica constituida por una proteína llamada otolina que forma parte del oído interno de los peces.

**PEE DEE BELEMNITA (PDB):** Es un fósil de *Belemnita americana* de la formación geológica Pee Dee de Carolina del sur, USA. Es utilizado como estándar para expresar la abundancia isotópica de carbono y oxígeno. Su razón isotópica absoluta (R) es 0.011238.

**PLASTICIDAD TRÓFICA:** Cada especie tiene una habilidad en la captura de los recursos tróficos en un momento determinado (adaptabilidad o plasticidad trófica).

**PELÁGICO, ca:** Peces que viven en mar abierto (o lagos muy grandes) en las capas superficiales o entre aguas, evitando o limitando al máximo su contacto con la costa y el fondo.

**RAZÓN CARBONO-NITRÓGENO (C/N):** La cantidad (v.g miligramos) de carbono dividido entre la cantidad de nitrógeno presente en una muestra, generalmente en miligramos.

**SUCESION ECOLOGICA:** Es un proceso ordenado de evolución de una comunidad marcados por cambios notables en la composición y abundancia de especies en una dirección constante y predecible hasta llegar a un estado ultimo de estabilidad (madurez) denominado clímax.

**TRAMA TROFICA:** Es el traspaso de materiales y energía a través de niveles tróficos (fitoplancton-zooplancton herbívoro-peces carnívoros).

**TRASLAPLO TRÓFICO:** Uso compartido de recursos por dos especies, sexos o poblaciones. Este traslapo no necesariamente se encuentra relacionado directamente con la competencia.

**TASA DE RECAMBIO ISOTÓPICO:** Periodo en el que las razones isotópicas de un tejido reflejan la señal o firma isotópica de una dieta en particular. Los tejidos con una tasa de recambio isotópica rápida reflejarán una dieta reciente mientras que aquellos tejidos con una tasa de recambio lenta reflejarán la dieta promedio representativa de un periodo mucho más extenso.

**$\delta^{13}\text{C}$ :** Diferencia expresada en partes por mil entre la razón de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  de una muestra y la razón  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  del estándar (Pee Dee Belemnite en el caso del carbono).

**$\delta^{15}\text{N}$ :** Diferencia expresada en partes por mil entre la razón de  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  de una muestra y la razón  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  del estándar (nitrógeno atmosférico en el caso del nitrógeno).

## RESUMEN

El estudio del nicho trófico tiene como finalidad conocer el papel funcional desde el punto de vista alimenticio de una especie en el ecosistema y sus interacciones intra e interespecíficas. En el caso particular del marlín rayado (*Kajikia audax*), marlín azul (*Makaira nigricans*) y dorado (*Coryphaena hippurus*), considerados como pelágicos mayores, se desconocen las interacciones entre ellos y su papel trófico en el ecosistema pelágico de la boca del Golfo de California. Por tal motivo el objetivo de este trabajo es determinar el nicho trófico de las tres especies mediante el análisis de contenido estomacal e isótopos estables de  $^{13}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$ . Para llevar a cabo lo anterior, se realizaron muestreos mensuales de la flota de pesca deportiva de Cabo San Lucas, B.C.S. y Mazatlán, Sinaloa durante el periodo 2005-2007. Se aplicaron índices ecológicos asociados al contenido estomacal, mientras que en el caso de los isótopos estables se consideró la desviación estándar como medida de dispersión asociada a los valores promedios de C y N. Los resultados muestran que el marlín azul es un depredador tope (PT=  $4.5 \pm 0.5$ ) que presenta una especialización hacia un solo tipo de presa (*Auxis* spp.), mientras que el marlín rayado es un depredador de menor nivel trófico (PT=  $4.1 \pm 0.4$ ) que se alimenta de especies de hábitos epi y mesopelágicas mediante una estrategia de alimentación mixta en la que algunos individuos tienen una dieta especializada y otros una generalizada. Por último, el dorado es un carnívoro secundario (PT=  $3.9 \pm 0.53$ ) que se alimenta de presas distribuidas en la columna de agua (epi, meso, bati-pelágicas), presentando una dieta generalizada y con mayor variación individual en la amplitud de dieta. Los valores isotópicos mostraron diferencias significativas en carbono y nitrógeno entre las tres especies. Por tal motivo, la coexistencia espacio-temporal observada pudiera estar relacionada con la plasticidad en el uso de áreas y recursos.

Palabras Claves: Isótopos estables C y N, Contenido estomacal, Dorado, Marlín azul, Marlín rayado.

## ABSTRACT

The objective of the study of trophic niche is to understand the functional role from the trophic viewpoint of a species in the ecosystem and its intra-and interspecific interactions. In the particular case of striped marlin (*Kajikia audax*), blue marlin (*Makaira nigricans*) and dorado (*Coryphaena hippurus*), considered as mayor pelagic, the interactions between them and the role they play in trophic dynamics of the community in area of the Gulf of California is unknown, for this reason the objective of this study is to determine the trophic niche of the three species by analysis of stomach contents and stable isotopes  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$ . To accomplish this, samples were taken monthly sport fishing fleet of Cabo San Lucas, B.C.S. and Mazatlan, Sinaloa during the period 2005-2007. Associated ecological indices were applied to stomach content, while in the case of stable isotopes was considered the standard deviation as a measure of dispersion associated with the average values of C and N. The results show that the blue marlin is a top predator ( $\text{PT} = 4.5 \pm 0.5$ ) which has a specialization in one type of prey (*Auxis* spp.) While the striped marlin is a top predator ( $\text{PT} = 4.1 \pm 0.4$ ) that feeding habits of species of epi and mesopelagic, presenting a mixed feeding strategy in which some individuals have a specialized diet and other widespread. Finally, the common dolphinfish is a secondary carnivore ( $\text{PT} = 3.9 \pm 0.53$ ) that feeds on prey distributed in the water column (epi, meso-pelagic bati) with a generalized diet and greater individual variation in extent of diet. The isotope values showed significant differences in carbon and nitrogen among the three species. Therefore, the observed spatiotemporal coexistence may be related to plasticity in the use of areas and resources.

Keywords: C and N stable isotopes, stomach contents, common dolphinfish, Blue marlin, Striped marlin.

## INTRODUCCIÓN

El análisis de las comunidades y sus interacciones a largo plazo han conformado uno de los aspectos con mayor atención por parte de instituciones pesqueras a través de los años para lograr un arreglo adecuado en la explotación de un recurso. Estos análisis dependen en parte de la medición de cómo un organismo utiliza su medio ambiente (Krebs, 1999). Una manera de conocer esto es a través del estudio del nicho trófico, el cual tiene como finalidad entender las estrategias tróficas y las interacciones intra e interespecíficas que una especie establece en un ecosistema.

El concepto de nicho trófico es definido por Charles Elton en 1927 como el papel funcional de una especie dentro de la cadena alimenticia (¿que come?) y su impacto en el medio ambiente (alteración de relaciones tróficas), esto debido a la estrecha relación que mantiene el concepto con lo que respecta a pirámides tróficas de números, cadenas tróficas, ciclos alimenticios, así como con patrones del tamaño corporal relativo entre los depredadores y las presas (Leibold, 2005) describiendo así, las interrelaciones entre especies.

Por otra parte, Elton le daba poca importancia a la influencia de los factores abióticos de un ecosistema sobre la determinación del nicho trófico de una especie, donde señalaba que depredadores similares (zorro del desierto y zorro del ártico) en hábitats diferentes presentaban un nicho trófico similar (carnívoros secundarios) a pesar de encontrarse bajo factores abióticos diferentes, dándole más peso a factores bióticos en la determinación del nicho trófico de una especie, como la competencia o coexistencia entre organismos por el uso de un recurso.

Considerando lo anterior, el estudio del **nicho trófico** engloba tres aspectos a analizar como lo son; el papel que una especie desempeña en la comunidad (**posición trófica**), el impacto que tendría en un organismo la

ausencia de una especie presa en su dieta (**amplitud de nicho trófico**) y la posible competencia o coexistencia de esta especie con otras en la comunidad (**traslapo trófico**). Estas características son parte fundamental en el conocimiento de la dinámica del arreglo comunitario al cual pertenecen y nos permite conocer el impacto (referido en inglés como Top Down o Bottom up) que tendría en un ecosistema la ausencia de una determinada especie.

El pez vela, pez gallo, pez espada, atunes, sábalo, marlín, dorados y algunas especies de tiburones conforman el grupo de pelágicos mayores (Santana-Hernández, 2001). La importancia económica en México de estas especies fue señalada el año de 1993, en el cuál se estimó solo para la pesca deportiva una derrama directa de 76 millones de dólares; y se calculó una indirecta de 597 millones (SECTUR, 2010), en la actualidad se estima de manera global (directa e indirecta) una derrama económica de mil millones de dólares anuales solo para la localidad de Los Cabos B.C.S. (Southwick Associates *et al.*, 2008).

En el litoral del Pacífico mexicano, la Boca del Golfo de California (BGC), es considerada como la de mayor importancia para la pesca deportiva-recreativa de pelágicos mayores, siendo Baja California Sur (Cabo San Lucas) y Sinaloa (Mazatlán) los estados con un mayor número de marinas instaladas (63 y 21 marinas respectivamente, SECTUR, 2010). En esta área, el marlín azul (*Makaira nigricans*), el marlín rayado (*Kajikia audax*), y el dorado (*Coryphaena hippurus*), son consideradas las tres especies de mayor importancia económica para la pesca deportiva (Ponce-Díaz *et al.*, 1991; Ortega-García *et al.*, 2006; Zúñiga-Flores, 2009), así como las mejor representadas en las capturas (Dorado= 27.5% y Marlín= 23.3%) (SECTUR, 2010).

A pesar de la importancia económica de estas tres especies en la BGC, en la actualidad son pocos los estudios realizados sobre ellas desde el punto de vista trófico. Se conoce de manera puntual la composición específica de la dieta

y las posibles preferencias de alguna zona de alimentación (zona oceánica o costera), todo esto a partir de contenidos estomacales (dieta consumida) (Abitia-Cardenas, 1992; Tripp-Valdez, 2005).

Sin embargo, estudios puntuales, monoespecíficos y en temporadas diferentes no nos permite conocer el papel que desempeñan estas especies en la zona, así como las interacciones que mantienen a nivel intraespecífico e interespecífico en espacio y tiempo, lo que podría derivar en la posible subestimación del papel funcional trófico de una especie en un determinado hábitat, ocasionando alteraciones en las relaciones tróficas de una especie y por ende en el ecosistema (Newsome *et al.*, 2006).

En este contexto, el objetivo de la presente investigación es determinar el nicho trófico de estos tres depredadores, con el fin de lograr un entendimiento adecuado de las conexiones entre los organismos y sus fuentes de alimento más importantes, así como las variaciones intraespecífica e interespecífica en espacio y tiempo.

## ANTECEDENTES

En los últimos años, se han realizado diversos estudios del nicho trófico de insectos (Churchfield *et al.*, 1999; Heino 2005; Gilbert *et al.*, 2008) anfibios (Denoel, 2004; Denoel *et al.*, 2006) reptiles (Luiselli, 2008), aves (Bosakowski *et al.*, 1992; Arlettaz, 1999; Galeotti & Rubolini, 2004; Forero *et al.*, 2004; García & Arroyo, 2005) y mamíferos terrestres (Azevedo *et al.*, 2005; Biro *et al.*, 2005; Lozano *et al.*, 2006), a través de los cuales se ha llegado a concluir que este tipo de estudios son importantes para conocer las interrelaciones tróficas que mantienen estos organismos con otras especies, siendo de gran ayuda para el entendimiento de la dinámica de sus comunidades.

Para el caso de peces, la aplicación de este tipo de estudios va desde estadios larvales hasta organismos en etapa adulta. El trabajo realizado por Chouinard & Bernatchez (1998), analiza cómo se lleva a cabo la partición del nicho trófico en larvas del género *Coregonus* spp., donde compararon dos larvas enanas aisladas reproductivamente (tallas pequeñas) y ecotipos normales (tallas normales). Esto con el fin de probar la hipótesis de que las larvas ecotipos deben reducir la competencia mediante el uso de diferentes recursos. Contrario a lo que esperaban, la repartición de nicho trófico entre las poblaciones de larvas fue mucho menor que la reportada previamente para la etapa adulta de los ecotipos de peces, presumiblemente debido a la falta de competencia en esta etapa, así como a la disponibilidad ilimitada de recursos alimentarios. Sin embargo, mencionan que dado que este estudio se realizó en un solo año y un solo lago, no se puede descartar la posibilidad de que la competencia basada en el alimento y partición de nicho, puede ocurrir en la etapa larval de estas especies.

Por otra parte, Cardona (2001), mediante el uso de contenidos estomacales y modelos nulos (métodos estadísticos que permiten evaluar la contribución de un mecanismo de interés en la generación de un patrón

observado en la naturaleza) analizó la amplitud y el traslapo de cinco especies de lisas en la Laguna Albufera des Grau (en el oeste del Mediterráneo). Donde encontró que las lisas ampliaban su nicho trófico debido principalmente a un mayor consumo de algas, derivando en un sesgo significativo hacia valores altos de traslapo entre las cinco especies. Estos resultados no fueron consistentes con las predicciones de la teoría del nicho, por lo que los autores sugieren que las poblaciones de estas especies se encuentran por debajo de la capacidad de carga y por lo tanto la exclusión competitiva no se presenta. En este mismo contexto, Guedes & Araujo (2008) con el fin de probar la hipótesis de que la repartición de los recursos tróficos a lo largo del espacio y las dimensiones del tamaño han sido utilizadas como un mecanismo para permitir la coexistencia, estudiaron la alimentación de cinco especies de peces planos en una bahía tropical en el sureste de Brasil enfocándose a la amplitud y traslapo. Mencionan que las diferencias en la composición de la dieta de los Pleuronectiformes, tanto a nivel espacial, como la alta diversidad de ítems utilizados por cada pez plano, fueron los principales factores que hicieron posible la coexistencia de organismos por lo que la competencia inter-específica era poco probable.

Otros estudios de nicho trófico han sido enfocados para evaluar el impacto que ha tenido la inclusión de una especie exótica en las interacciones tróficas de una comunidad, y el desequilibrio ecológico que ésta pudo originar, tal es el caso del estudio realizado por Lattuca *et al.* (2008) sobre las especies de peces juveniles nativas y los juveniles de salmón *Oncorhynchus mykiss* del Lago Rivadavia. Observaron que los juveniles de las especies nativas *Aplocheilichthys* *cebra* y *Percichthys trucha* y los juveniles de *O. mykiss* presentaban un alto grado de interacción de forrajeo ya que las tres se alimentaban de presas bentónicas. Sin embargo, al escasear el alimento bentónico las dos especies nativas presentaban una disminución en sus abundancias, no así en el caso de *O. mykiss* el cual era el único que tenía la capacidad de realizar un cambio en la dieta al alimentarse también de organismos planctónicos.

Por último, Dambacher *et al.* (2010), analizaron las redes tróficas que conducen a los depredadores topos en tres grandes regiones de la zona ecuatorial y el Océano Pacífico Sur a partir de la dieta de los principales depredadores pelágicos mediante métodos basados en la teoría de grafos, los cuales incluyen la elaboración de agregación de especies basado en las relaciones en la red alimentaria y la identificación de especies potencialmente influyentes. Una vez que elaboraron las agregaciones de especies, estas se utilizaron para construir modelos cualitativos simplificados de red alimentaria de cada región, los cuales fueron luego analizados para hacer predicciones de la respuesta al cambio climático para seis especies de importancia comercial como son: dorado, atún listado, atún blanco, atún aleta amarilla, patudo y pez espada. Encontraron que las redes alimentarias de las tres regiones presentan relativamente una alta diversidad de especies, pero a diferencia de otros sistemas marinos la conectividad entre ellas era relativamente baja, encontrando poco en común en la estructura de las tres cadenas alimentarias, además de acuerdo a la definición de los niveles de la red de la depredación, en las dos regiones del Pacífico ecuatorial había redes alimenticias compuestas por cuatro niveles de depredación, mientras que el suroeste de región sólo contaba con tres niveles de depredación. Por lo que señalan que este tipo de trabajo demuestra que el estudio de la estructura de la red alimentaria será fundamental para entender y predecir como los depredadores topos pelágicos, y los ecosistemas en los que se encuentran, responderán al cambio climático. Sin embargo, señalan que no se encontró ningún patrón consistente en los resultados previstos de las perturbaciones, por lo que subrayan la necesidad de una detallada base de datos tróficos de manera adecuada para describir los ecosistemas pelágicos regionales.

Estos estudios han contribuido al conocimiento de las interacciones tróficas que las especies mantienen en sus áreas de distribución, para entender los mecanismos de repartición de recursos, así como la plasticidad trófica que pueden presentar en cuantos a sus hábitos alimenticios. Sin embargo, una de

las grandes limitantes de estudiar el nicho trófico a partir de contenidos estomacales, es su representatividad en espacio y tiempo, ya que en ocasiones dependiendo de las tasas de evacuación gástrica y los ritmos de alimentación será el registro de las presas consumidas por un depredador, lo que dificulta las comparaciones interespecíficas.

Por otra parte, en los últimos 15 años la técnica de isótopos estables, en específico la combinación de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  ha sido la más empleada en estudios de ecología trófica (dieta asimilada) y han sido utilizados en otras regiones para estudiar el nicho trófico. Ya que por medio de estas dos razones isotópicas es posible determinar la contribución de una red alimenticia a la dieta de un organismo (Post, 2002), representar mejor la variabilidad intraespecífica de la dieta y determinar las semejanzas o diferencias interespecíficas en la dieta de una especie, eliminando así la desventaja que suelen presentar los contenidos estomacales.

DeNiro & Epstein (1978, 1981) describen una relación directa entre los tejidos de los depredadores y los de sus presas con un enriquecimiento aproximadamente constante por cada nivel trófico en la red de alimentos, lo cual se debe principalmente a los procesos de asimilación. De igual forma la composición isotópica de los tejidos de los organismos, a menudo contiene una firma isotópica característica de la zona donde fue creada y el proceso que la creó, la cual permanecerá dependiendo de la tasa de recambio del tejido.

Al respecto Jepsen & Winemiller (2002), con el fin de probar el alcance de esta técnica, analizaron los isótopos estables de carbono y nitrógeno de 276 peces que habitan en cuatro ríos venezolanos, los cuales diferían en los recursos alimentarios utilizados, esto con el fin de probar; 1) si los gremios tróficos de peces integraban los recursos de alimentos de manera predecible, proporcionando con ello una resolución trófica similar a nivel de especie, 2) si la longitud de la cadena alimentaria difería con la productividad del sistema, y 3)

cómo influía la omnivoría y detritivoría dentro de estas redes tróficas. Observaron que los datos isotópicos fueron efectivos al reclasificar a las especies en sus gremios tróficos previamente identificados (omnívoros, herbívoros, detritívoros, carnívoros). Cuando se utilizaron los valores de  $^{15}\text{N}$  de los peces para estimar la posición trófica, los piscívoros topos presentes en ríos pobres en nutrientes tuvieron mayores posiciones tróficas que los piscívoros topos de ríos más productivos. Este hecho, contradecía lo observado en otros trabajos, en los cuales se menciona que los sistemas más productivos suelen presentar las cadenas alimentarias más largas. Con la finalidad de encontrar una explicación a este resultado estos autores, analizaron la razón de isótopos estables de carbono y nitrógeno en el carbono inorgánico disuelto (CID), plantas y detritus presentes en el área de estudio para estimar la importancia relativa de las fuentes de producción dominantes. Hecho que los llevó a concluir que los estudios de isótopos estables realizados sobre la biota del río necesitan considerar la geoquímica de las cuencas hidrográficas, las cuales mostraron una influencia directa en la composición isotópica de las fuentes de producción basal. Señalan además que las diferencias isotópicas que suelen presentar los diferentes hábitats pueden servir de base para discriminar la variación espacial y temporal en la ecología trófica de los peces que migran entre lugares con características geoquímicas distintas (Jepsen & Winemiller, 2007).

Por otra parte, Peterson & Fry (1987), mencionan que el uso de la técnica de isótopos estables de C y N se fundamenta en tres principios: los consumidores reflejan los isótopos estables de los recursos consumidos, los recursos de la red alimenticia basal son a menudo isotópicamente diferentes y hay un cambio relativamente fijo en la relación isotópica con cada transferencia trófica entre los recursos y los consumidores. En los depredadores de los ecosistemas marinos se ha detectado un enriquecimiento aproximado del  $\delta^{15}\text{N}$  en un intervalo de 3 a 4‰ de la presa al depredador por cada nivel trófico, ya que este isótopo es el reflejo de las contribuciones relativas de diferentes niveles tróficos a la dieta de los organismos (Gaedke *et al.*, 1996; Polis, 1991; Vander

Zanden *et al.*, 1999), mientras que en el caso del  $\delta^{13}\text{C}$ , la variación de este isótopo adquiere valores entre 0 y 1, reflejando la fuente de nutrición autotrófica en la base de la red trófica (DeNiro & Epstein, 1981). Por lo tanto, la combinación de estos dos isótopos puede ser usada para examinar las interacciones tróficas de una comunidad.

Bajo estos supuestos, Genner *et al.* (1999) utilizaron el análisis de isótopos estables para determinar si cinco especies de cíclidos que habitan en el lago Malawi presentaban segregación por el tipo de dieta. Señalan que encontraron diferencias significativas entre las firmas isotópicas de algunas especies, y que en los casos donde encontraron una considerable superposición interespecífica ésta se debió a la similitud sustancial de la dieta, lo cual fue confirmado por el análisis del contenido estomacal.

También, Moodie *et al.* (2007) a través del análisis isotópico examinaron la hipótesis de que la asimetría de las aletas pectorales del pez *Culaea inconstans* podría afectar a la locomoción, influyendo en búsqueda de alimento y uso del nicho. Sus resultados mostraron que los peces que presentaban una simetría en sus aletas registraron niveles tróficos más altos que aquellos peces que presentaban una asimetría, por lo que concluyen que la fluctuación asimétrica de las aletas pectorales afecta el comportamiento de forrajeo de *C. inconstans* y que los análisis de isótopos estables ofrece una herramienta útil para evaluar este tipo de casos.

Por último, Bearhop *et al.* (2004), consideran que la técnica de isótopos estables de C y N sería una herramienta útil para complementar la definición de la amplitud del nicho trófico, proponiendo así que la variación (desviación estándar) del isótopo de N puede ser reflejo de la variedad de recursos que usa un organismo (Bionómicos), mientras que  $\delta^{13}\text{C}$  refleja la fuente de nutrición autotrófica en la base de la red de alimentos (DeNiro & Epstein, 1981) que puede ser utilizada como un indicador de las zonas de alimentación, y

consecuentemente, en el rastreo de los desplazamientos y el patrón de migración de los animales entre regiones geográficas isotópicamente diferentes (escenoféticos) (Rau *et al.*, 1990).

En relación a lo antes mencionado, Syvaranta & Jones (2008) analizaron la hipótesis de que la amplitud de nicho trófico puede ser clasificada como la varianza de los valores de isótopos estables. Determinaron los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de la perca (*Perca fluviatilis*), el pez cucaracha (*Rutilus rutilus*) y sus presas de un lago biomanipulado, cuando se llevó a cabo la eliminación masiva de otras especies de peces. Señalan que las variaciones en los valores  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  aumentaron en ambas poblaciones de peces, lo que indica un amplio espectro de la alimentación y una expansión en la amplitud de nicho trófico, como resultado de una mayor disponibilidad de alimento y la eliminación de especies consideradas como competencia para estas dos especies que tuvo como consecuencia una reducción en la competencia inter e intra-específicas así como un aumento en el tamaño corporal, esto como resultado del incremento de la abundancia de zooplancton. Por lo que concluyen que la variación isotópica puede reflejar cambios en la amplitud de nicho trófico y ofrece un camino prometedor para estudiar conceptos ecológicos, como amplitud y traslape trófico.

Dadas las características antes mencionadas, la técnica de isótopos estables de C y N puede ser usada para evaluar la variabilidad de la dieta dentro de una población, ayudando a conocer la amplitud y el traslape de la dieta de una especie en la comunidad (Vander Zanden *et al.*, 2000). Además, una característica a considerar de los trabajos antes mencionados es que se contó con el respaldo del análisis del contenido estomacal, con lo que se pudo relacionar o confirmar las variaciones isotópicas observadas, por lo que el alcance y la utilidad de los trabajos del nicho trófico mediante la utilización de estas dos técnicas (análisis de contenido estomacal e isótopos estables de C y N) quedan de manifiesto.

Tal es el caso del estudio realizado por Fanelli & Cartes (2010) quienes analizaron las variaciones temporales en los hábitos de alimentación y niveles tróficos, de 3 especies de peces de aguas profundas: *Hoplostethus mediterraneus*, *Hymenocephalus italicus* y *Nezumia aequalis*, del Archipiélago de Cabrera (Cuenca Argelia) de agosto de 2003 a junio 2004. Se analizaron el contenido estomacal y los valores de isótopos estables de carbono y nitrógeno. Dado que los peces se encontraban fijados en formol al 10%, realizaron un experimento paralelo de comparación en la composición de isótopos en tejidos fijados y congelados.

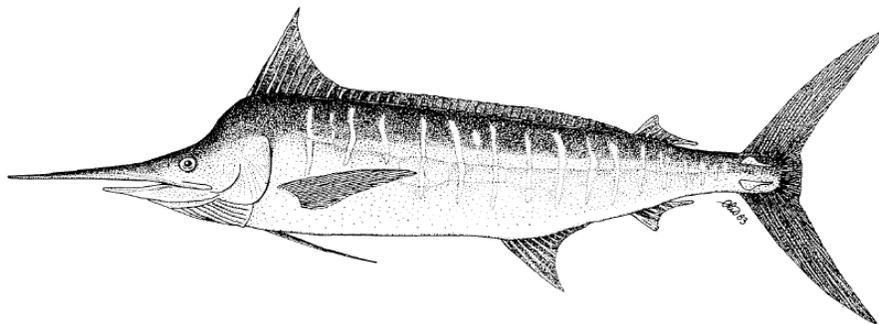
Encontraron que *H. mediterraneus* consumía isópodos durante todo el período de muestreo y en menor medida, anfípodos y misidáceos, aunque los modelos de mezcla revelaron un alto consumo de peces mesopelágicos en invierno y primavera. En el caso de *H. italicus* encontraron que este se alimenta de misidáceos y anfípodos que viven en la capa del límite bentónico, mientras que *N. aequalis* mostró una dieta más bentónica compuesta de presa bentopelágicos y bentónicos (por ejemplo, taneidos y poliquetos). Una variación temporal se observó en la dieta de *H. mediterraneus*, siendo febrero cuando se detectó un cambio en los hábitos alimentarios. Los cambios temporales también fueron evidentes en las dietas de las otras dos especies, aunque más débiles que en *H. mediterraneus*, por lo que sugieren que los patrones de cambios temporales en la dieta de los peces siguen las variaciones temporales en las presas, que son más fuertes en mesopelágicos que en la fauna suprabentónicos o bentónicos. Para el caso de los isótopos estables, se detectaron variaciones temporales de  $\delta^{15}\text{N}$  en el tejido de las 3 especies, presentando los valores más bajos en septiembre y los más altos entre abril y junio. Se detectó entre el tiempo de rotación isotópica de los consumidores con respecto a su dieta (presas) una escala de tiempo mensual, donde señalan que los tiempos de asimilación dependen del comportamiento y metabolismo de las especies. El experimento de comparación entre tejidos fijos y congelados mostró que la formalina no afectó los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  después de 6, 12 y 24 meses de

conservación, mientras que las firmas fueron empobrecidas con relación al  $^{13}\text{C}$ , en distinta medida en las 3 especies.

Con base en los antecedentes antes mencionados y con el fin de determinar el nicho trófico basado en dieta consumida y dieta asimilada en el presente estudio, se procedió a la elección de tres especies de pelágicos mayores que habitan zonas comunes durante una época del año (presencia en espacio y tiempo) pero con diferentes hábitos alimenticios. De tal forma tenemos para el caso de un depredador especialista al marlín azul *Makaira nigricans*, generalista al marlín rayado *Kajikia audax* y oportunista dorado *Coryphaena hippurus*, dicha categorías tróficas (especialistas, generalistas y oportunistas) se les atribuyo a estas tres especies de pelágicos con base en estudios de aspectos tróficos generales como los siguientes:

#### Marlín azul *Makaira nigricans*

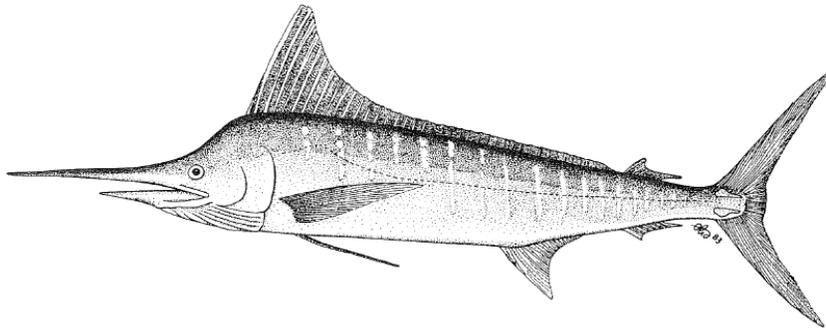
Esta especie presenta una coloración de dorso azul y vientre blanco-plateado (Fig. 1). Llega alcanzar tallas máximas 4.3m y comunes de 3,5 m. es considerado como una especie epipelágica oceánica ubicada generalmente por encima de la termoclina (Nakamura, 1985). Su presencia en la BGC está relacionada a las estaciones de verano, otoño e invierno (Abitia-Cárdenas, 1992).



**Figura 1.-** Marlín azul *Makaira nigricans*

## Marlín rayado *Kajikia audax*

Presenta una coloración de dorso azul oscuro y vientre blanco-plateado con unas 20 franjas verticales formadas por varias manchas y líneas azul claras (Fig. 2). Llega alcanzar tallas máximas de 3.4m y comunes de 2,9 m. Esta especie es considera como epipelágica oceánica generalmente por encima de la termoclina (Nakamura, 1985). Las tasas de captura de marlín rayado en la BGC, indican que son mayores en otoño, invierno y primavera, siendo en verano cuando baja su captura (Ortega-García *et al.*, 2003)



**Figura 2.-** Marlín rayado *Kajikia audax*

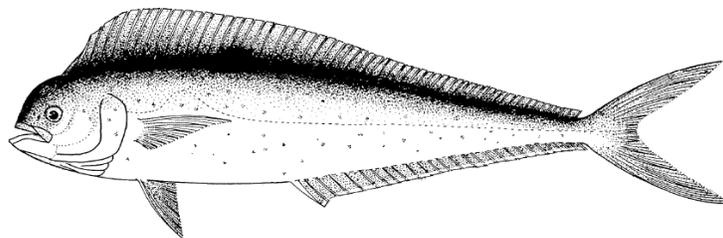
En el caso de las dos especies de picudos y en particular para el área de estudio, Evans & Wares (1972), analizaron el contenido estomacal de 924 marlines rayados capturados por las flotas deportivas de Sinaloa y Baja California Sur, México, durante 1967-1969. Encontrando que el marlín rayado se alimenta principalmente de peces pelágicos y calamares (*Dosidicus gigas*) en el área de Mazatlán y Buena Vista. En las mismas áreas Eldrige & Wares (1974) durante 1970, reportan para marlín rayado a *Etrumeus teres* (39 %) y *Euthynus lineatus* (17 %) como las presas más dominantes. Mientras que para el marlín azul, reportan a los peces de la familia Scombridae (58 %) (*Auxis spp.* y *E. lineatus*) como las presas de mayor importancia.

Por su parte, Abitia- Cárdenas (1992) realizó un estudio sobre el espectro trófico energético del marlín azul y marlín rayado en el área de Cabo San Lucas,

B.C.S., de mayo de 1988 a diciembre de 1989. Reporta que en el caso del marlín azul su alimento principal fueron especies pelágicas oceánicas y en menor grado neríticas, mientras que el marlín rayado se alimentó principalmente de organismos epipelágicos (zona nerítica) y en menor grado de organismos provenientes de aguas oceánicas. La especie *Auxis* spp. fue la especie presa más consumida por el marlín azul, por lo que fue considerada como la de mayor importancia en la dieta de este depredador (IIR = 95%), por lo que el espectro trófico del marlín azul fue considerado como estrecho. Mientras que el marlín rayado presentó un espectro trófico mucho mas amplio siendo las presas más comunes la macarela *Scomber japonicus*, la sardina monterrey *Sardinops sagax* y el calamar *Dosidicus gigas*.

#### Dorado *Coryphaena hippurus*

Entre los caracteres distintivos de esta especie podemos mencionar que presenta un color en vida, dorso verde-azulado brillante, cambiando a grisáceo verdoso después de la muerte (Fig. 3). Llega alcanzar tallas máximas de 2 m y comunes de 1 m. Es considerada como una especie epipelágica altamente migratoria (Collette, 1995), su distribución se encuentra limitada por la isoterma de los 20 °C, entre los 40°N y 40°S (Oro, 1999; Palko *et al.*, 1982). Su presencia en la BGC está relacionada a las temporadas de verano y otoño (Tripp-Valdez, 2005).



**Figura 3.-** Dorado *Coryphaena hippurus*

Saucedo-Barron (1990), realizó un estudio en el área de Mazatlán Sinaloa analizando 59 estómagos de dorado y encontró que las presas más importantes

fueron los peces de la familia Exocoetidae. Para el área de Cabo San Lucas B.C.S. Aguilar-Palomino *et al.* (1998), realizaron un estudio del contenido estomacal de 500 dorados, encontrando que las presas principales fueron *Dosidicus gigas*, *Pleuroncodes planipes*, *Balistes polylepis*, *Cypselurus callopterus* y *Auxis* spp., los cuales aportaron el 70% del componente alimentario. En tanto que para las zonas de Punta Lobos y Los Barriles B.C.S. Velasco-Tarelo (2003), encuentra que los dorados muestran un espectro trófico amplio representado por 33 tipos de presas diferentes en ambas zonas, siendo las presas más importantes: *P. planipes*, *Harengula thrissina*, *Trachurus symmetricus*, *D. gigas* y *B. polylepis*, con variaciones en la importancia en tiempo y espacio.

De los estudios más recientes sobre este tópico, Tripp-Valdez (2005) realizó una comparación de los hábitos alimenticios del dorado en dos áreas del sur del Golfo de California: Cabo San Lucas, Baja California Sur y Mazatlán, Sinaloa. Analizó 232 estómagos de dorados capturados tanto por la flota artesanal como deportiva en Mazatlán Sin. y 215 en la flota deportiva de Cabo San Lucas B.C.S, durante los años 2000, 2001 y 2003. Menciona que los dorados de ambas zonas tuvieron un tipo de alimentación selectiva o especialista ( $B_i < 0.03$ ), sin embargo debido al espectro trófico tan amplio encontrado en las dos áreas, consideró a este organismo como un depredador oportunista, donde la presencia de presas en la dieta de este depredador está más relacionada con la abundancia y distribución de las presas que con la preferencia del depredador.

## JUSTIFICACIÓN

Actualmente, la investigación científica coinciden en que el estudio del nicho trófico de una o varias especies deriva en el entendimiento de las estrategias tróficas seleccionadas por una especie en las diferentes etapas de su ciclo de vida, así como la evaluación de las interacciones tróficas que esta mantiene con sus presas, lo que ha permitido conocer la dinámica de una comunidad.

A través de los años, el nicho trófico de una especie ha sido determinado mediante la utilización de indicadores ecológicos (índices de diversidad, amplitud del nicho, etc.), basados tradicionalmente en contenidos estomacales (dieta consumida), los cuales nos indican que especies fueron consumidas (resolución taxonómica) en un periodo de tiempo corto (horas o días) y son un reflejo de la disponibilidad y abundancia de las presas consumidas por los depredadores.

Por otra parte el uso de la técnica de isótopos estables de C y N ha demostrado ser de gran utilidad para la determinación del nicho trófico en otras especies (aves, reptiles, etc.), ya que por medio de estas dos razones isotópicas se puede determinar la contribución de una red alimenticia a la dieta de un organismo. De tal forma la composición isotópica de los tejidos de los organismos, a menudo contiene una firma isotópica característica de la zona donde fue creada, la cual permanecerá en el organismo dependiendo de la tasa de recambio del tejido. En tejidos con un alto metabolismo (sangre e hígado), la firma isotópica dura un periodo corto de tiempo y en tejidos con un metabolismo bajo (musculo y hueso), la firma durará un periodo más largo. Además, para poder describir de manera atinada el papel funcional trófico (nicho trófico), este debe reflejar periodos de tiempo prolongados y en el caso de comparación de dos grupos (e.g. sexos, tallas, especies) tienen que controlar las variables de espacio y tiempo.

En el presente estudio se propone el uso de escalas temporales más amplias y la comparación de la dieta (contenido estomacal) de estos tres depredadores en espacio y tiempo. Así como el uso de métodos complementarios (análisis de isótopos estables de C y N) con el fin de enriquecer la información obtenida por los métodos tradicionales.

El estudio del papel funcional trófico y las interacciones tróficas de los pelágicos mayores en la BGC no ha sido documentado mediante la aplicación de estas dos técnicas, no ha sido documentado. En este contexto, el objetivo de la presente investigación es determinar el nicho trófico de estos tres depredadores mediante el uso de dos técnicas (contenidos estomacales e isótopos estables de C y N) con el fin de lograr un entendimiento adecuado de las conexiones entre las tres especies de pelágicos con relación a sus fuentes de alimento más importantes, así como sus posibles variaciones intraespecífica e interespecífica en espacio y tiempo.

## HIPÓTESIS

Dada las diferencias que presentan las tres especies de pelágicos mayores (*Makaira nigricans*, *Kajikia audax* y *Coryphaena hippurus*) en la BGC en lo que respecta al espectro trófico (presas consumidas), se espera encontrar variaciones en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de estos depredadores como reflejo del consumo de presas de distintos hábitats (epipelágico, mesopelágico o bentopelágico). Estas diferencias se verán reflejadas en la posición, amplitud y traslape trófico, donde cada depredador tendría un papel funcional trófico característico en espacio y tiempo, permitiendo así su coexistencia.

Por otra parte, dado que los valores isotópicos del material orgánico particulado (MOP) considerado como la base de la cadena trófica, puede llegar a presentar variaciones temporales, esto como resultado de las características oceanográficas, las cuales van a depender de la estacionalidad (masas de aguas con temperaturas y salinidades particulares), es posible que en caso de detectar diferencias a nivel isotópico y no a nivel de contenido estomacal, estas estarán más relacionadas a cambios en las concentraciones isotópicas que a posibles cambios en el papel funcional trófico.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

- Determinar el nicho trófico de marlín azul, marlín rayado y dorado capturados en la Boca del Golfo de California.

### Objetivos Específicos.

- Identificar la composición específica del espectro trófico así como sus posibles variaciones en espacio y tiempo, con base en la dieta y en la razón de isótopos estables de N y C.
- Determinar la amplitud y traslapeo trófico de las tres especies, con base en la dieta y en la razón de isótopos estables de N y C.
- Determinar la posición trófica de las tres especies, con base en la dieta y en la razón de isótopos estables de N y C.
- Determinar el nivel de omnivoría de las tres especies, con base en la dieta.
- Determinar la equivalencia trófica de los tres depredadores en la Boca del Golfo de California.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende dos localidades Cabo San Lucas, B.C.S. ( $22^{\circ} 53'N$ ,  $109^{\circ}54'W$ ) y Mazatlán Sin. ( $23^{\circ} 12'N$  y  $106^{\circ} 26'W$ ), ambas ubicadas en la Boca del Golfo de California (Fig. 4). Esta área tiene una comunicación abierta con el Océano Pacífico Subtropical Oriental, en una línea imaginaria que une a Cabo San Lucas con Cabo Corrientes, conocida como "la Boca Exterior", con una extensión de aproximada de 500 km y la línea desde Cabo San Lucas hasta El Dorado Sinaloa, conocida como "la Boca Interior", la cual tiene una extensión aproximadamente de 200 km (Cáceres-Soto, 2009).

### *Marco Oceanográfico*

Masas de Agua (temperatura y salinidad).

La Boca del Golfo de California es considerada como una zona de transición donde se mezclan varias masas de agua. Las aguas que se encuentran en la superficie provienen del Océano Pacífico, que incluye al Agua de la Corriente de California (ACC) la cual se caracteriza por ser masas de agua fría con baja salinidad ( $T < 22^{\circ}C$ ;  $S < 34.6^{\circ}/_{00}$ ) y al Agua Superficial Tropical (AST) siendo una masa de agua cálida y salinidad media, ( $T > 25^{\circ}C$ ;  $34.6^{\circ}/_{00} < S < 34.9^{\circ}/_{00}$ ). Además, como el Golfo es considerada como una cuenca de evaporación, se forma en su interior un tipo de masa de agua (superficial) de mayor salinidad conocida como el Agua del Golfo de California (AGC), así como la presencia de aguas sub-superficiales que se originan dentro del Golfo conocidas como Agua Central del Golfo (ACG), altamente salina y "templada" ( $S > 34.9^{\circ}/_{00}$ ;  $22^{\circ}C < T < 25^{\circ}C$ ) (Molina-Cruz, 1984; Bray, 1988).

### Patrón circulatorio

Se ha observado la presencia de una corriente superficial neta de 10 cm/seg saliendo del golfo, en febrero; y una de 21 cm/seg entrando al golfo, en agosto (Roden, 1964). Por lo que esta área se caracteriza por la presencia de una

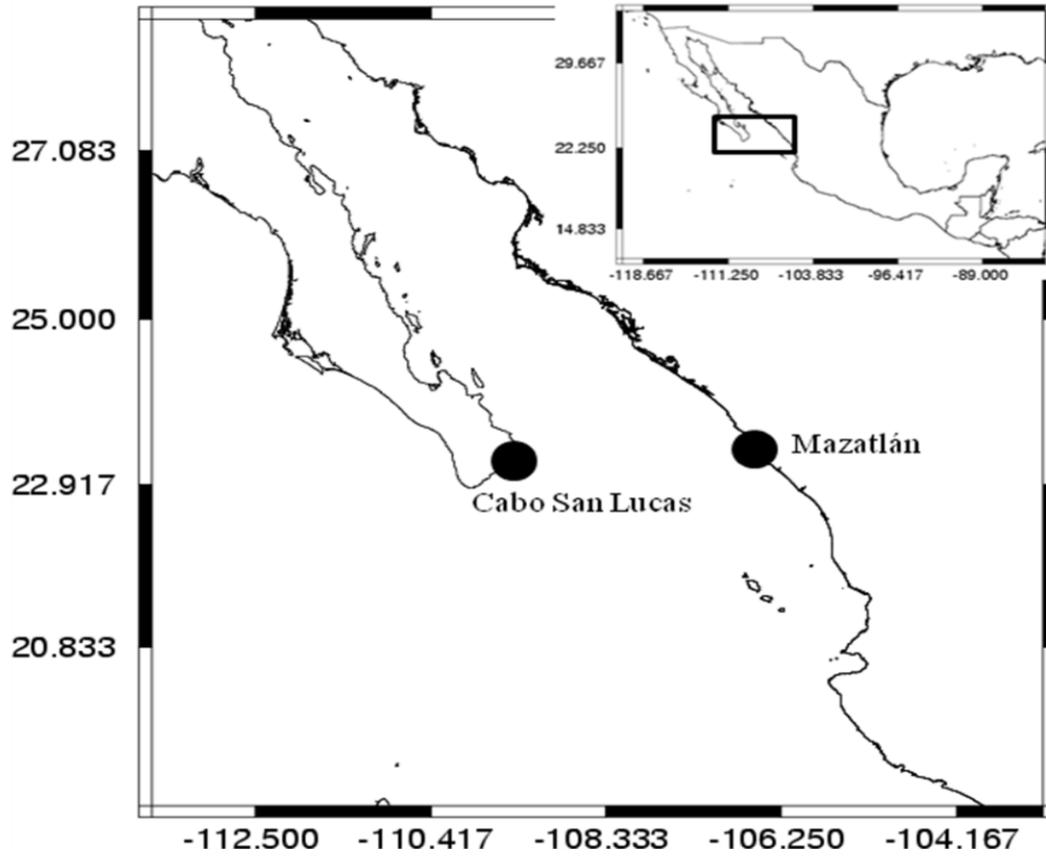
circulación ciclónica, es decir, un flujo de AST de menor salinidad, a lo largo de la costa hacia el interior del Golfo a través de Sinaloa y un flujo saliente de AGC, agua de mayor salinidad cerca de la península de Baja California (Collins *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 2000; Mascarenhas *et al.*, 2004; Cáceres-Soto, 2009).

### Frentes Oceánicos

El encuentro de dos o tres masas de agua forma gradientes térmicos horizontales muy marcados, indicativos de "frentes oceánicos" (Cromwell & Reid, 1956). La posición de los frentes oceánicos de la entrada del Golfo varía batigráficamente entre 0 y 200 m de profundidad (Warsh *et al.*, 1973; Robinson, 1973), y geográficamente están localizados generalmente cerca de los cabos, en el extremo sur de la península de Baja California (Molina-Cruz, 1984).

### Surgencias

Durante el final del invierno y principios de primavera, el centro atmosférico anticiclónico del Pacífico nororiental concurre latitudinalmente con el centro atmosférico ciclónico del desierto de Sonora, lo que crea un clima seco, induciendo el transporte de agua superficial al sur y generando surgencias a lo largo de la costa oriental. Mientras que durante el verano y principios del otoño, la estructura atmosférica es diferente respecto a la antes descrita: la emigración del centro de baja presión del desierto de Sonora al norte del golfo, origina que los vientos provengan del sureste. Estos vientos cargados con humedad provocan precipitación en la costa oriental del golfo, principalmente en la porción sur, inducen el transporte de las aguas superficiales hacia el interior del golfo y generan surgencias sobre la costa occidental (Molina-Cruz, 1984).



**Figura 4.-** Área de estudio. Localidades de muestreo Cabos San Lucas, B. C. S. (Zona A) y Mazatlán, Sin (Zona B).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Obtención de las muestras en campo

La información utilizada proviene de muestreos mensuales de la captura desembarcada por las flotas de pesca deportiva de Cabo San Lucas, B.C.S. y Mazatlán, Sin., llevados a cabo en el proyecto “Estudios biológicos de depredadores ápice y sus movimientos dentro del ecosistema pelágico del pacífico oriental” durante el periodo 2005 - 2007. (Tabla 1).

**Tabla 1.-** Número de organismos muestreados por mes en los 3 años

	ZONA A			ZONA B			TOTAL
	MA	MR	DO	MA	MR	DO	
ENERO	1	12	81	6	25	X	125
FEBRERO	1	21	15	X	X	X	37
MARZO	X	16	5	X	X	X	21
ABRIL	X	25	2	X	X	X	27
MAYO	X	7	4	X	X	X	11
JUNIO	2	7	3	X	X	7	19
JULIO	21	X	13	X	X	78	112
AGOSTO	50	20	65	X	X	117	252
SEPTIEMBRE	35	8	119	X	X	109	271
OCTUBRE	58	27	125	1	X	91	302
NOVIEMBRE	23	77	36	X	2	X	138
DICIEMBRE	1	X	6	2	3	X	12
TOTAL	192	220	474	9	30	402	1327

Una vez identificado el organismo se procedió al registro de la longitud furcal (cm), peso (Kg) y sexo. Se colectó el estómago, así como una muestra de músculo de la parte dorsal para el análisis isotópico. El estómago se colocó en bolsas de plástico con su respectiva etiqueta y se congeló para detener el proceso digestivo, mientras el musculo se envolvió en papel aluminio para mantener en una temperatura adecuada, además de evitar cualquier tipo de contaminación en el tejido como resultado del contacto con otros materiales y

también se congeló para su posterior análisis en el Laboratorio de Ecología de peces en CICIMAR-IPN.

### **Trabajo de laboratorio**

Cada estómago se descongeló y se determinó la proporción de llenado tomando valores de 0 a 4 con base en Stilwell & Kohler (1982) (Tabla 2)

**Tabla 2.-** Proporción de llenado de los estómagos

<b>Categoría</b>	<b>Porcentaje de llenado</b>
<b>0</b>	Vacío
<b>1</b>	1 - 25 %
<b>2</b>	26 - 50 %
<b>3</b>	51 - 75 %
<b>4</b>	76 - 100 %

Del contenido estomacal, las presas se separaron y se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible, considerando 4 estados de digestión de acuerdo con Galván-Magaña (1999).

Dependiendo el estado de digestión de las presas, se utilizaron diferentes claves en la identificación. Para peces que estaban poco digeridos (estado 1) se utilizaron claves diversas (Allen & Robertson, 1994; Fischer *et al.*, 1995; Thomson *et al.*, 2000), mientras que para peces que se encontraban en estado de digestión avanzado (estado 2 y 3), se utilizaron para su identificación características vertebrales de los peces (número de vértebras, posición del arco hemal y de la primera espina hemal y forma) (Clothier, 1950), así como la comparación con esqueletos de organismos completos recolectados en las mismas áreas de captura. Por último, para el caso de estructuras duras (estado 4), los cuales consistieron en otolitos, estos fueron identificados a partir de las claves de Fitch & Brownell (1968).

Los crustáceos se identificaron con claves específicas para cada grupo de acuerdo a Brusca (1980). Los cefalópodos se identificaron por medio de sus mandíbulas (Forma y pigmentación) con las claves de Wolff (1984) y Clarke (1986).

Para el análisis isotópico, se extrajo la humedad de los tejidos de depredadores y presas durante 24 horas mediante el uso de una Liofilizadora marca LABCONCO a  $-45^{\circ}$  C a una presión de 24 a  $27 \times 10^{-3}$  mbar. Posteriormente se procedió a macerar cada muestra en un mortero de ágata, para obtener una submuestra de  $\pm 0.001$ g, pesada en una balanza analítica marca OHAUS con precisión de  $\pm 0.0001$ g.

Las submuestras fueron almacenadas en cápsulas de estaño (8x5 mm) y enviadas al Laboratorio de Isótopos Estables (Departamento de Agronomía) en la Universidad de Davis en California (EUA). Para cuantificar los isótopos estables de Carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) y Nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ) se utilizó un espectrómetro de masas (EMRI) con una precisión por corrida de 1.0 ppm (20-20 espectrómetro de masas, PDZEuropa, Scientific Sandbach, United Kingdom, UK). Los valores de isótopos estables ( $\delta$ ) se calcularon mediante la fórmula propuesta por Park & Epstein 1961:

$$\delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = [(R \text{ muestra}/R \text{ estándar})-1] \times 1000.$$

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = [(R \text{ muestra}/R \text{ estándar})-1] \times 1000.$$

Donde:

**$\delta^{15}\text{N}$**

R muestra = proporción entre los isótopos  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ .

R estándar = nitrógeno atmosférico.

**$\delta^{13}\text{C}$**

R muestra = proporción entre los isótopos  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ .

R estándar = Pee Dee Belemnite (PDB).

## **Análisis de los datos**

A continuación se describen los índices y modelos que se contemplaron para cada objetivo específico.

### **Relación C:N y estimación del tamaño de muestra para análisis de dieta.**

Previo a analizar los datos se procedió a la aplicación de pruebas que indicaran la calidad de los datos.

Para el caso de los isótopos, como indicador de homogeneidad bioquímica de las muestras, se graficó  $\delta^{13}\text{C}$  contra la relación C: N. De manera teórica se sabe que la presencia de valores entre 2.9 y 3.5 para la relación C: N, significa la presencia de proteínas puras libres de  $^{12}\text{C}$  (lípidos), por lo que entonces la variación en el valor de  $\delta^{13}\text{C}$  sería un indicador de la actividad del depredador (McConnaughey & McRoy, 1979; Carlson *et al.* 2004). Además se consideró como medida de dispersión asociada a valores promedio de  $^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  a la desviación estándar ( $\pm\text{DE}$ ), a menos que se especifique lo contrario.

Por otra parte, para determinar si el número de estómagos analizados fue el adecuado para representar el espectro trófico de las tres especies se elaboraron curvas acumulativas de especies presa por años y zonas. Para la elaboración de las curvas se aplicó la siguiente metodología: 1) Obtención de valores de diversidad con ayuda del programa EstimateS versión 8.0.0 (Colwell, 2006), el cual para su cálculo realiza permutaciones aleatorias sobre la matriz de datos observados (100 veces) y este se basa en la riqueza y abundancia de especies por estómago 2) Cálculo del coeficiente de variación, 3) Graficas comparando la diversidad vs coeficiente de variación. Cabe hacer notar que en el presente trabajo las muestras con valores de coeficientes de variación (grado de dispersión de los datos) menores a 0.05 (poca dispersión de datos), se consideraron representativas del espectro trófico.

**Objetivo 1.-** “Identificar la composición específica del espectro trófico y conocer las presas potenciales, así como sus posibles variaciones en espacio y tiempo, con base en la dieta y en la razón de isótopos estables de N y C”

Para los contenidos estomacales, los distintos componentes alimentarios fueron analizados cuantitativamente empleando los siguientes métodos (Hyslop, 1980; Calliet *et al.*, 1996):

#### Método Numérico (%N)

Con este método se contó el número de individuos de cada tipo de presa presente en el total de estómagos analizados. Se obtuvo la proporción del número de individuos de cada presa con respecto al número total de ejemplares presa, y se expresó en porcentaje mediante la fórmula:

$$\%N = \frac{n}{NT} * 100$$

Donde:

$n$ = sumatoria del número de cada una de las presas.

$NT$ = sumatoria del número de todos los componentes alimenticios.

#### Método gravimétrico (%G)

Para su aplicación se obtuvo el peso húmedo de cada presa en la totalidad de los estómagos. Con esta información finalmente se calculó la proporción del peso total de cada presa con respecto al peso total de alimento y se expresó en porcentaje mediante la ecuación:

$$\%G = \frac{p}{PT} * 100$$

Donde:

$p$ = peso (g) de un determinado tipo de presas.

$PT$ =peso (g) de la totalidad de especies presa.

Frecuencia de Aparición (%FA).

Es la proporción del número de estómagos que contienen un determinado tipo de presa respecto al total de estómagos con alimento expresado en porcentaje. De acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\%FA = \frac{n}{NE} * 100$$

Donde:

$n$ = número de estómagos que tienen el mismo componente alimenticio.

$NE$ = número total de estómagos con alimento.

Finalmente, se utilizó un índice compuesto, denominado **Índice de Importancia Relativa (IIR)**, modificado por Stevens *et al.* (1982), quienes utilizaron el peso húmedo en lugar del volumen de alimento empleado por Pinkas *et al.* (1971). Este índice agrupa en un mismo valor los aspectos que definen la importancia de los recursos en la dieta como son: las proporciones numéricas (%N) y de biomasa (%G) del artículo en relación a los totales de los recursos ingeridos y la frecuencia o intensidad de su utilización (%FA) (Denis–Avila, 2000).

### **Índice de Importancia Relativa (IIR)**

Propuesto por Pinkas *et al.* (1971); determina la importancia de cada componente alimenticio dentro del espectro trófico, calculado de la siguiente forma:

$$IIR = (\%G + \%N) * \%FA$$

Donde

$IIR$  = índice de importancia relativa.

$\%G$  = porcentaje en peso.

$\%N$  = porcentaje en número

$\%FA$  = porcentaje de frecuencia de aparición.

Los valores del  $IIR$  se pueden reportar en porcentaje para una interpretación más sencilla con la ecuación propuesta por Cortés (1997).

$$\% IIR = \frac{100 IIR_i}{\sum_{i=1}^n IIR_i}$$

Donde

$n$  = número total de categorías alimenticias considerada en un nivel taxonómico dado.

Una vez determinadas cuales fueron las especies presas más importantes para cada depredador, se procedió a la comparación isotópica de C y N entre depredadores y presas, con la finalidad de determinar cuáles de las presas consumidas son las asimiladas por el depredador. Para lo cual se procedió a comparar los isótopos estables de C y N de las presas más importantes en la dieta de los tres depredadores mediante el programa IsoSource propuesto por Phillips & Gregg (2003) y cuyo análisis se describe a continuación:

IsoSource emplea un enfoque de balance de masa para estimar el intervalo de las posibles proporciones de (0 a 100%) 10 especies presas presentes en la dieta del consumidor. El modelo genera todas las combinaciones isotópicas que suma a la firma isotópica del consumidor como soluciones viables (Phillips &

Gregg, 2003). Dicho de otra manera, el usuario proporciona las firmas isotópicas de las fuentes (las presas) y la mezcla (en nuestro caso, las tres especies de pelágicos mayores), junto con el incremento de fuente deseada (1%) y la tolerancia de balance de masas (0.1 ‰). Los archivos de salida incluyen todas las combinaciones posibles, con histogramas y estadísticas descriptivas de las distribuciones para cada fuente.

IsoSource utiliza la ubicación y la distancia de las fuentes de todo el consumo, ajustado en un diagrama de dispersión de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para estimar las posibles contribuciones de las fuentes (Phillips & Gregg, 2003). De esta forma, cuando la firma isotópica de los consumidores se encuentre cercana a la línea que conecta dos fuentes, esas dos fuentes son las que contribuyen más a la dieta de los consumidores, lo cual se refleja mediante un histograma con una curva más completa en forma de campana. Caso contrario, cuando la firma de los consumidores se encuentra más hacia el centro del polígono se considera difusa, donde fuentes múltiples contribuyen a la dieta del organismo, a menudo indicado por curvas incompletas, lo que reflejaría una contribución a la dieta intermitente, esto lo realiza mediante las siguientes ecuaciones (Phillips & Gregg, 2003):

$$\delta_M = f_A \delta_A + f_B \delta_B$$

$$1 = f_A + f_B$$

Donde:

$\delta_M$  = firma isotópica observada para la mezcla

$f_A f_B$  = proporción de firma isotópica de la fuente

$\delta_A \delta_B$  = firma isotópica de la fuente

Este sistema de ecuaciones puede ser extendida para incluir más de dos fuentes. Por ejemplo con un sistema isotópico y tres fuentes, la siguiente ecuación sería:

$$\delta_M = f_A \delta_A + f_B \delta_B + f_C \delta_C$$

$$1 = f_A + f_B + f_C$$

Para el cálculo de las presas potenciales en el programa IsoSource se siguió el siguiente procedimiento:

- 1) Se introdujo la firma isotópica de la mezcla (depredador) y cada una de las principales fuentes (presas) buscando que esta formara un polígono (Phillips & Gregg, 2003). Cabe resaltar que la misma matriz (10 especies presas) fue utilizada para los 3 depredadores, de cada presa se contó con al menos 3 réplicas, teniendo así un valor promedio para cada especie.
- 2) Se determinó el incremento de la fuente (por ejemplo, introduciendo un valor de 1% por default, éste especifica el examen de todas las combinaciones posibles de las contribuciones de las fuentes 0-100% en incrementos del 1%).
- 3) Se determinó la tolerancia de balance de masa sugerida por los autores (0.01), de tal manera que todas las combinaciones de fuentes que resulten en la firma de la mezcla calculada dentro de "0.01 L" de la firma de mezcla de los observados son consideradas como soluciones viables.

ISOsource

File Calc Print Clear View Graph Exit About Help

Title: MA vs Presas

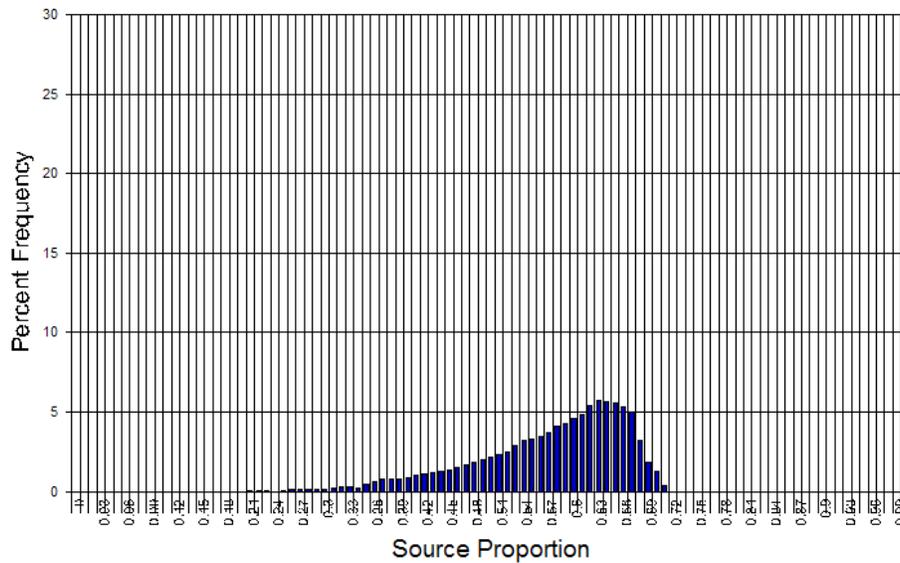
Increment: 1 %

Tolerance: .01

		ISOTOPES			
		C	N		
<b>Mixtures</b>		-16.31	15.72		
<b>SOURCES</b>	Dosidicus gigas	-16.66	12.99		
	Argonauta spp.	-17.27	13.03		
	Lagocephalus la	-16.11	13.82		
	Scomber japonic	-23.63	17.42		
	Sardinops caeru	-15.83	16.84		
	Auxis spp.	-17.12	16.08		
	Selar crumenopt	-17.70	15.6		
	Pleuroncodes pl	-17.68	12.40		
	Fistularia spp.	-18.02	16.46		
	Baliste polylepis	-16.33	16.17		

- 4) Se analizaron los histogramas de estas distribuciones (calculados vs observado) y se determinó cuales fueron las especies presas de mayor importancia, esto con base en los rangos de porcentaje (1-99%). A valores mayores de porcentaje, es mayor la importancia de la presa.

**SOURCE: Sardinops caeruleus**



**Objetivo 2.-** Determinar la amplitud y traslapo trófico de las tres especies, con base en la dieta y en la razón de isótopos estables de N y C.

Para determinar la amplitud del nicho trófico de los tres depredadores se utilizaron los siguientes índices:

### **Método de Amundsen.**

Con referencia a los contenidos estomacales, de manera gráfica se presenta el índice de frecuencia de ocurrencia y la abundancia específica de las presas, para facilitar la interpretación ecológica de estos análisis (Amundsen, *et al.*, 1996). La ecuación para calcular la abundancia específica de las presas es:

$$P_i = \frac{\sum S_i}{\sum S_{ti}} * 100$$

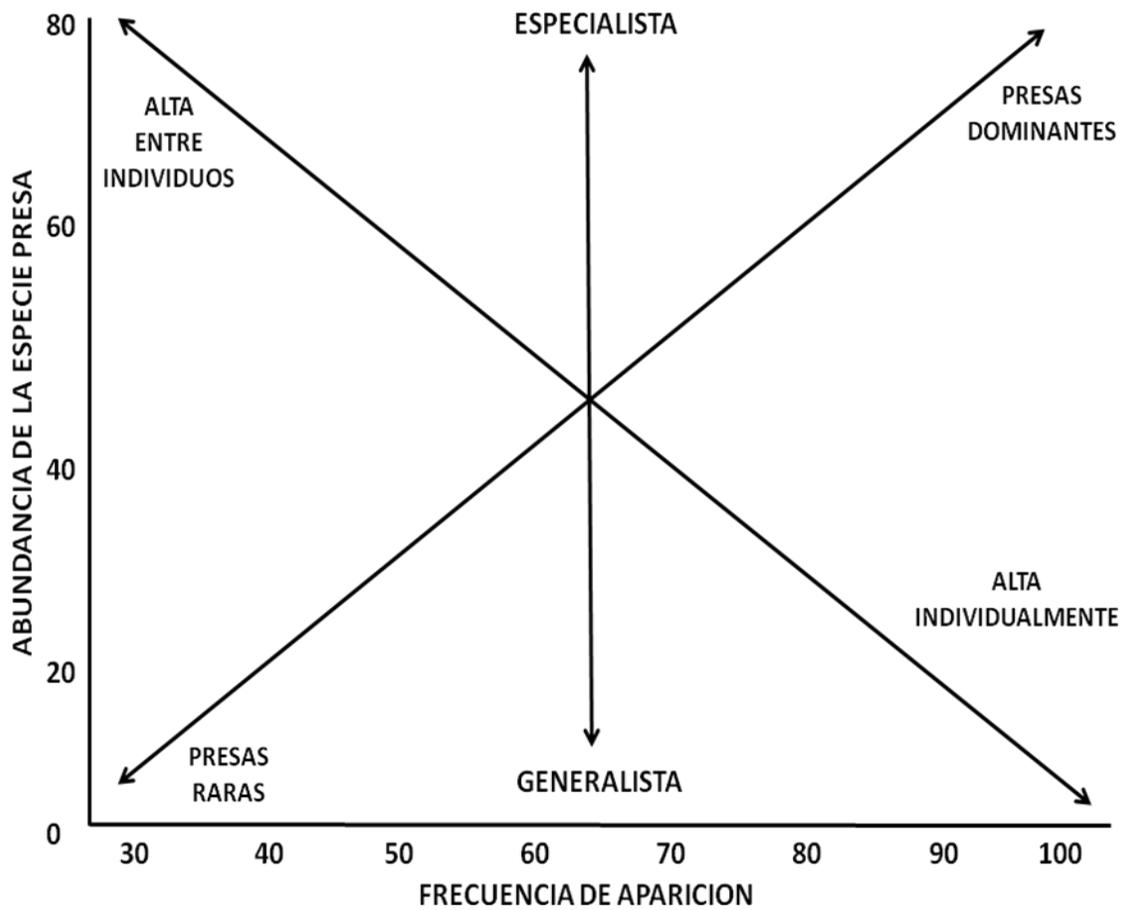
Donde:

$P_i$  = abundancia específica (número, masa o volumen) de la presa  $i$

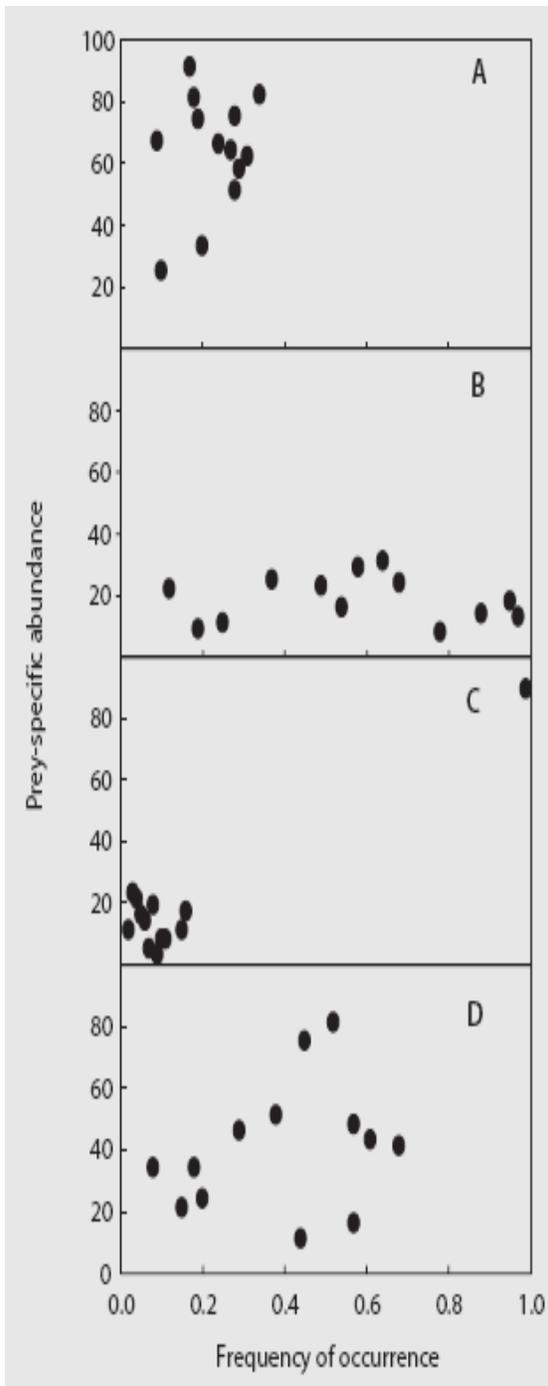
$S_i$  = abundancia de la presa  $i$  en los estómagos

$S_{ti}$  = abundancia total de presas de los depredadores que contienen la presa  $i$

Dependiendo de la distribución de las especies presas en el gráfico (Fig. 5), Amundsen, *et al.*, 1996 plantean cuatro tipos de estrategias alimenticias (Fig. 6).



**Figura 5.-** Gráfico propuesto por Amundsen *et al.* (1996) donde se compara la abundancia de las presas vs la frecuencia de aparición.



A) Especialización en distintos tipos de presas.

B) Dieta más generalizada y superior dentro de la variación individual en la amplitud de dieta.

C) Especialización en un solo tipo de presa mientras que consumen otras presas solo ocasionalmente.

D) Estrategia de alimentación mixta en la que algunos individuos tienen una dieta especializada y otros una estrategia de alimentación más generalizada

**Figura 6.-** Estrategias alimenticias en un individuo o en una población.  
Tomado de Amundsen *et al.* (1996)

### Índice de Shannon (H')

El índice de Shannon ( $H'$ ), tiene como supuesto que los individuos se muestrean al azar a partir de una población infinita (Pielou, 1975). El índice también asume que todas las especies están representadas en la muestra. Se calcula a partir de la ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i) \ln(p_i)$$

Donde:

$p_i$  = proporción de individuos hallados en la especie  $i$ -ésima.

El índice mide la probabilidad de encontrar una distribución dada (estructura de las asociaciones o taxocenosis) y así, por analogía, un alto valor del índice indica que la probabilidad de volver a encontrar la estructura estadística o distribución es baja. La interpretación biológica de los resultados en la amplitud de dieta sería que a valores bajos del índice, hay pocas especies en la dieta del depredador, por consiguiente, la probabilidad de obtener una de esas especies en más de una ocasión es alta, lo que revelaría cierta especialización, y viceversa.

### Índice estandarizado de Levins.

Levins (1968) propuso que la amplitud de nicho se calcula midiendo la uniformidad de distribución de los individuos entre los estados del recurso (Krebs, 1999). Proponiendo la siguiente ecuación:

$$Bi = \frac{1}{n-1 \left\{ \left( \frac{1}{\sum P^2_{ij}} \right) - 1 \right\}}$$

Donde:

$Bi$  = amplitud de nicho trófico.

$\sum P^2_{ij}$  = proporción de la dieta del depredador  $i$  que utiliza la presa  $j$ .

$n$  = número total de especies presa

La  $Bi$  planteada en la fórmula de Levins realiza la misma función que el recíproco del índice de diversidad de Simpson's y presenta un comportamiento similar a la inversa;

este índice presenta valores de 0 a 1. Cuando los valores son cercanos a 0 (<0.6) es cuando los organismos se alimentan de un solo tipo de recurso, lo que reflejaría una amplitud de nicho estrecha por lo que se dice que el depredador es selectivo sobre ciertos grupos presa y por consiguiente presenta una especialización máxima, por el contrario cuando los valores se aproximan a 1 (>0.6) es cuando consumen todos los recursos en proporciones similares, sin hacer una discriminación. Por lo que se considera que el depredador es generalista sobre los recursos alimenticios.

Para la amplitud de nicho trófico a partir del  $\delta^{15}\text{N}$ , Bearhop *et al.* (2004) plantean algunos supuestos que permiten entender de manera más certera las estrategias de alimentación de los organismos, tanto a nivel individual como poblacional. Dado que el  $\delta^{15}\text{N}$  es un reflejo del tipo de recursos utilizados, asumen que diferencias isotópicas grandes dentro de la población son indicadores de la variación en la dieta asimilada en el periodo correspondiente al tiempo de recambio del tejido analizado; es decir que a una varianza intraespecífica alta en la razón isotópica le corresponde una extensa y consistente variación del  $\delta^{15}\text{N}$ , mientras que una menor variación del  $\delta^{15}\text{N}$  indica mayor especialización trófica. Por lo que se graficó la media del  $\delta^{15}\text{N}$  con sus respectivas desviaciones estándar por meses, años y zonas. Para detectar diferencias significativas se les aplicó una prueba estadística Kruskal-Wallis (ANOVA no paramétrico), y en su caso aplicar la prueba a posteriori de Dunn's.

Para determinar el traslapo trófico de los tres depredadores se utilizaron los siguientes índices:

#### **Análisis de Similitud (ANOSIM).**

El análisis de similitud (ANOSIM) es considerado como análogo al análisis de varianza (ANOVA). Esta prueba denominada como de permutación aleatoria, permite determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en la composición de la dieta de los consumidores. Clarke & Warwick (2001) plantean la utilización de una hipótesis nula ( $H_0$ ) en el análisis de similitud la cual es: “no existen diferencias en la composición de la

dieta de los grupos comparados”. Lo que se probaría con el estadístico de prueba  $R$ , obtenido de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{(r_B - r_W)}{\frac{1}{2}M}$$

Donde:

$R$  es la similitud;

$r_W$  = promedio de todos los intervalos de similitud dentro de los sectores;

$r_B$  = promedio de los intervalos de similitud de todos los pares de réplicas entre los diferentes sectores, y  $M = \frac{n(n-1)}{2}$ , donde  $n$  es el número total de muestras en

consideración.

Los valores de  $R$  se encuentran entre 0 y 1, indicando el grado de separación entre los grupos. Cuando el valor de  $R$  es cercano a 0, no se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo cual indica que las similitudes entre y dentro de los grupos que se comparan no son significativamente diferentes en promedio. En ocasiones, los valores de  $R$  podrán estar entre 0 y 1 indicando un grado de discriminación entre muestras (Clarke & Warwick, 2001), lo cual depende de la riqueza y abundancia de especies presas en cada organismo.

Para el caso del traslapo trófico a partir de los isótopos estables, Newsome *et al.* (2006) mencionan que la presencia de diferencias significativas en el  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  indica que los depredadores están haciendo uso de áreas y presas diferentes para alimentarse, lo que sugeriría un traslapo trófico bajo y viceversa. Para corroborarlo, se procedió a la elaboración de histogramas de frecuencias de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  entre especies y se les aplicó una prueba estadística Kruskal-Wallis (ANOVA no paramétrico) para detectar diferencias significativas.

**Objetivo 3.-** Determinar la posición trófica de las tres especies, con base en la dieta y en la razón de isótopos estables de N y C.

### **Posición Trófica**

La ecuación de posición trófica propuesta por Christensen & Pauly (1992) es la más utilizada dada la sencillez de su aplicación. De acuerdo con estos autores, el detritus y los productores primarios presentan un nivel trófico igual a la unidad mientras que para el resto de los grupos, la posición trófica (PT) del depredador o grupo (i) se define como uno más la suma de los niveles tróficos de las presas, multiplicado por la proporción de la presa en la dieta del depredador. La posición trófica a partir de tipo de presas encontradas en los estómagos se estimó de acuerdo a la ecuación propuesta por Christensen & Pauly (1992):

$$PT = 1 + \left( \sum_{j=1}^n DC_{ij} \right) (NT_j)$$

Donde:

$DC_{ij}$  referida como la composición de la dieta, es la proporción de presas (j) en la dieta del depredador (i).

$NT_j$  = nivel trófico de las presas (j).

$n$  = número de grupos en el sistema.

El valor del nivel trófico (NT) de las especies presas se consultó en el programa Fishbase en el caso de peces (Froese & Pauly, 2003) y el de los cefalópodos se obtuvo a partir de literatura especializada.

La estimación de la posición trófica relativa a partir del  $\delta^{15}\text{N}$  se estimó usando la ecuación propuesta por Post (2002):

$$PT = \lambda + \frac{(\delta^{15}N_{\text{Depredador}} - \delta^{15}N_{\text{Base}})}{\Delta_n}$$

Donde:

$\lambda$  = posición trófica del material orgánico particulado “MOP”

$\Delta_n$  = valor teórico de enriquecimiento en  $^{15}\text{N}$  por nivel trófico (diferentes valores de enriquecimiento “ $\Delta_1 = 2.7\text{‰}$ , Caut, *et al.*, 2009;  $\Delta_2 = 3.4\text{‰}$ , Minagawa & Wada, 1984; Post, 2002”)

$\delta^{15}N_{\text{Depredador}}$  = valor de  $\delta^{15}\text{N}$  promedio del M. azul, M. rayado o dorado.

$\delta^{15}N_{\text{Base}}$  = Valor de  $\delta^{15}\text{N}$  promedio del “MOP” (para Cabo San Lucas de acuerdo con Altabet *et al.*, 1999 y para Mazatlán de acuerdo con Ganeshram *et al.*, 1995).

**Objetivo 4.-** Determinar el nivel omnivoría de las tres especies, con base en la dieta.

Para determinar el nivel de omnivoría a partir del contenido estomacal de los tres depredadores capturados en la BGC se utilizó el siguiente índice:

### Índice de Omnivoría

Pauly *et al.* (1987) introducen el concepto de “índice de Omnivoría” (OI) para describir el comportamiento alimenticio de los grupos consumidores. Este índice es calculado como la variación de los niveles tróficos de las presas consumidas y se estima de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$OI_i = \sum_{j=1}^n (TL_j - (TL_i - 1))^2 * DC_{ij}$$

Donde:

$n$  = número de grupos en el sistema.

$TL_j$  = nivel trófico promedio de la presa ( $j$ )

$TL_i$  = nivel trófico del depredador ( $i$ )

$DC_{ij}$  = fracción de la presa ( $j$ ) en la dieta promedio del depredador ( $i$ ).

De tal manera que si un depredador solo tiene presas de un mismo nivel trófico, su índice de omnivoría será igual a cero, mientras que un valor de omnivoría alto, indica que las posiciones tróficas de las presas del depredador son variables.

**Objetivo 5.-** Determinar la equivalencia trófica de los tres depredadores en la Boca del Golfo de California.

Para determinar la equivalencia trófica de los tres depredadores en la BGC, se utilizó el programa Ucinet 6 con Netdraw, el cual permite analizar matrices sociales y visualizarlas de acuerdo al procesamiento establecido por Borgatti *et al.* (2002):

Primero se elaboró una matriz con la frecuencia de aparición como datos de entrada, para posteriormente mediante el programa UCINET calcular la equivalencia estructural mediante el algoritmo de CONCOR el cual realiza la correlación de cada par de depredadores, indicando si dos o más depredadores siguen pautas idénticas de comportamiento en sus relaciones con otros depredadores, por consiguiente son considerados sustituibles y representan una posición trófica o papel trófico. Posteriormente, cada fila de la matriz de correlación depredador-por-depredador es extraída, y se correlaciona con cada una de las demás filas, este proceso se repite una y otra vez.

Finalmente los elementos de esta correlación (matriz) convergen en un valor de cualquiera de +1 o -1. Con base en estas correlaciones divide los datos en dos conjuntos. Luego, en cada serie (si tiene más de dos depredadores) se repite el proceso mismo que continúa hasta que todos los depredadores están separados. El resultado es un árbol de ramificación binaria que da lugar a una partición final representado por un  $R^2$ . Una vez calculada la equivalencia estructural se procedió a la aplicación del programa NETDRAW, el cual mediante la utilización de valores de frecuencia de aparición de cada presa por cada depredador elabora redes bi-dimensionales con una arreglo de escala multidimensional (MDS), donde representa que presas están siendo consumidas por cada depredador y en que intensidad, además de dar a conocer cuales presas están siendo compartidas.

## RESULTADOS

### Resultados generales.

Se muestrearon un total de 192 marlín azul (MA), 220 marlín rayado (MR) y 474 dorados (DO) para la zona A, mientras que para la zona B fueron 9 marlín azul (MA), 30 marlín rayado (MR) y 402 dorados (DO), en un periodo de 3 años; el año 2006 fue el mejor representado para las tres especies. (Tabla 3).

**Tabla 3.-** Número de organismos muestreados para cada especie por años en las dos zonas (zona A = Cabo San Lucas; zona B = Mazatlán).

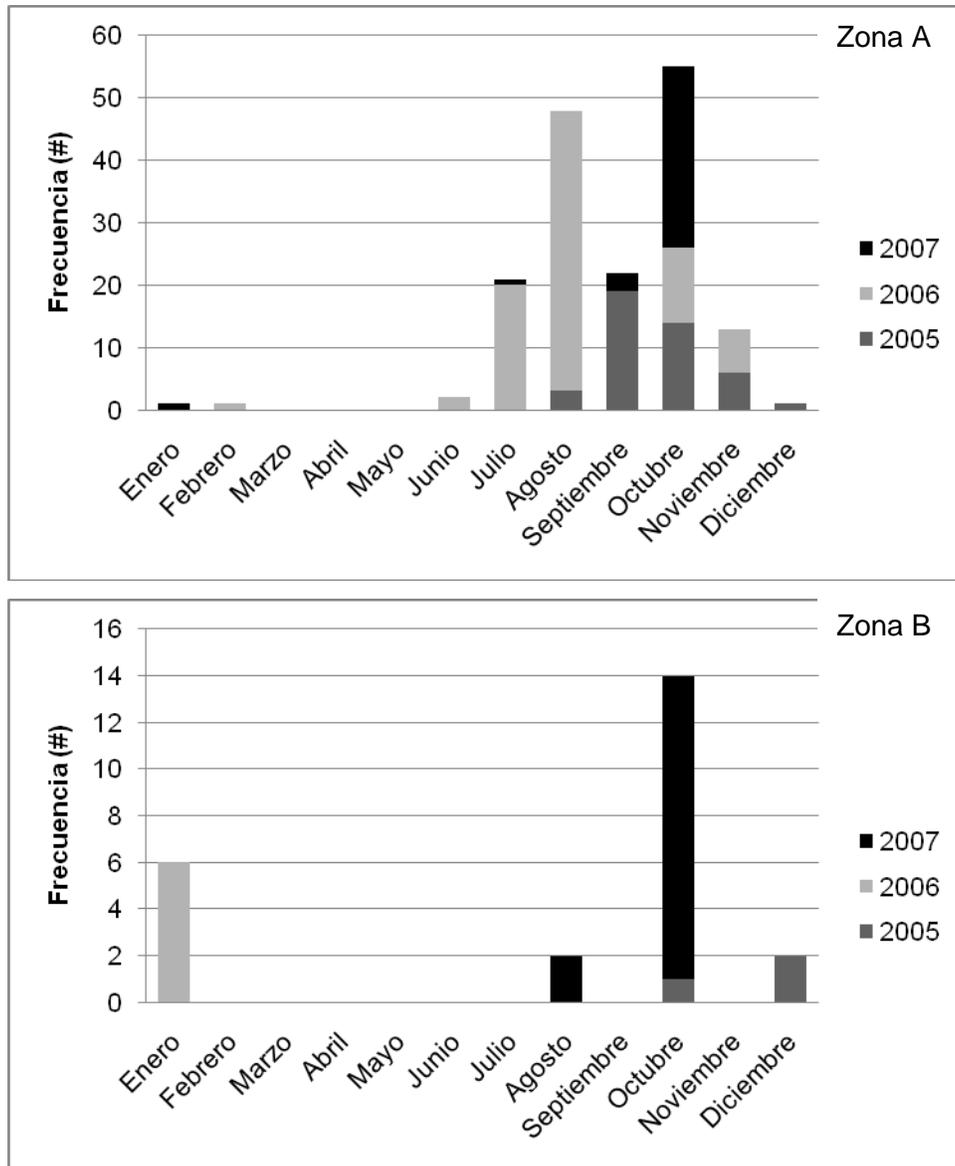
MA	2005	2006	2007	TOTAL
ZONA A	71	87	34	192
ZONA B	3	6	X	9

MR	2005	2006	2007	TOTAL
ZONA A	3	39	178	220
ZONA B	5	25	X	30

DO	2005	2006	2007	TOTAL
ZONA A	125	120	229	474
ZONA B	X	236	166	402

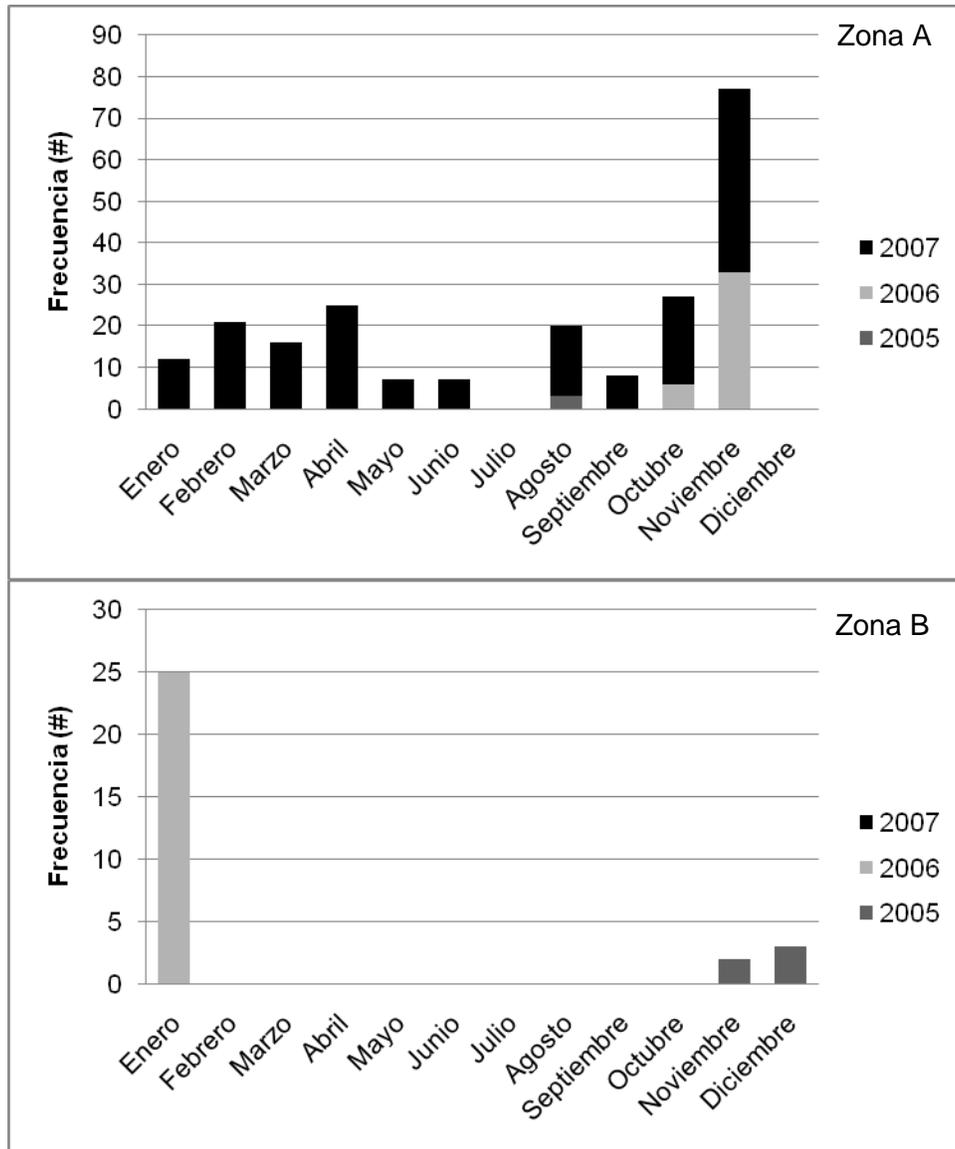
## Estacionalidad de los tres depredadores en las zonas.

Se observó un efecto estacional en la frecuencia de captura para las tres especies en los tres años. En el caso del marlín azul esta estacionalidad se registró en ambas zonas, obteniéndose el mayor número de organismos en la segunda mitad del año, principalmente en los meses de agosto y octubre (Fig. 7).



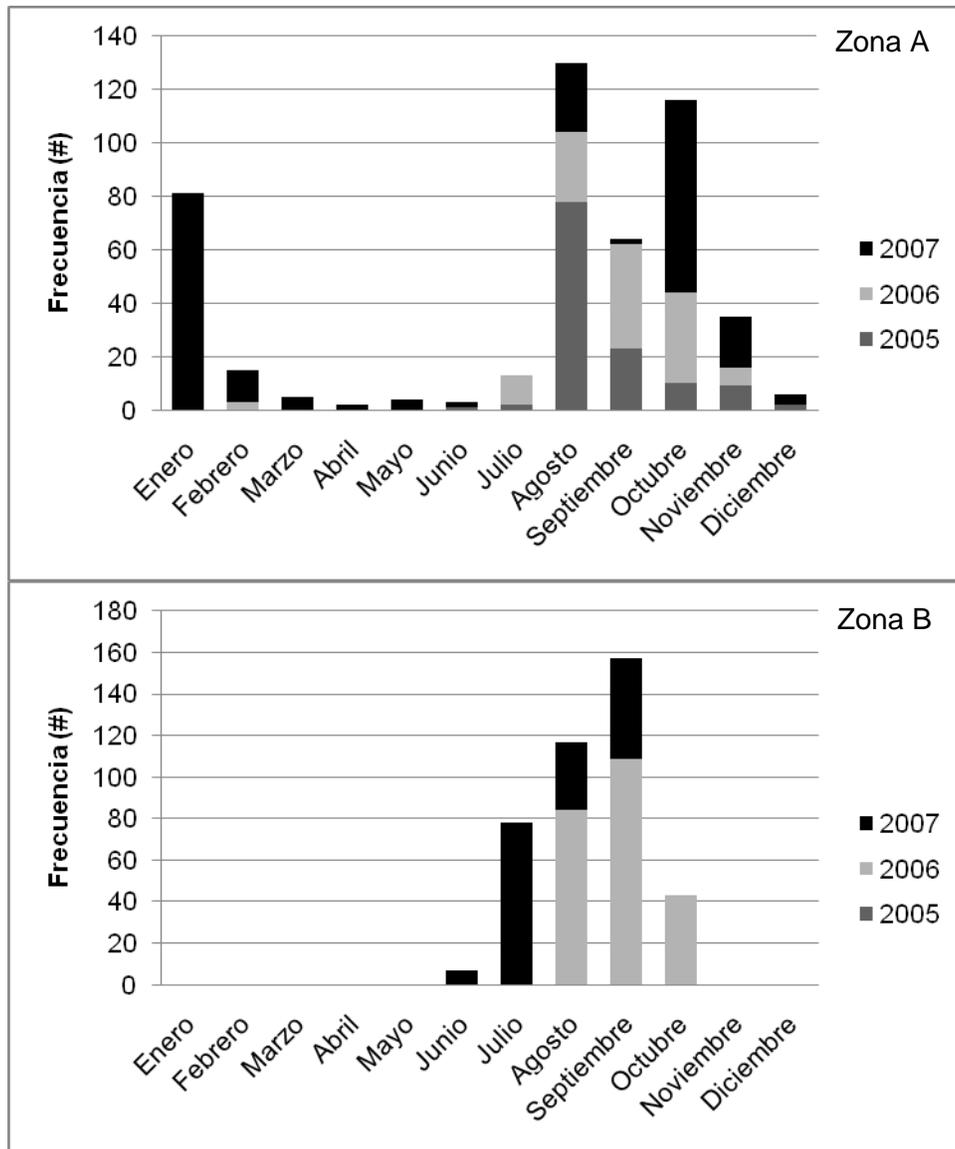
**Figura 7.-** Histograma de frecuencia de captura de marlín azul *Makaira nigricans*, durante el periodo del 2005-2007 en la Boca del Golfo de California (Zona A= Cabo San Lucas; Zona B= Mazatlán)

Mientras que para el marlín rayado se observó las abundancias mayores en el mes de noviembre para la zona A, mientras que para la zona B el mes de enero fue el mejor representado (Fig. 8).



**Figura 8.-** Histograma de frecuencia de la captura de marlín rayado *Kajikia audax*, durante el periodo del 2005-2007 en la Boca del Golfo de California (Zona A= Cabo San Lucas; Zona B= Mazatlán).

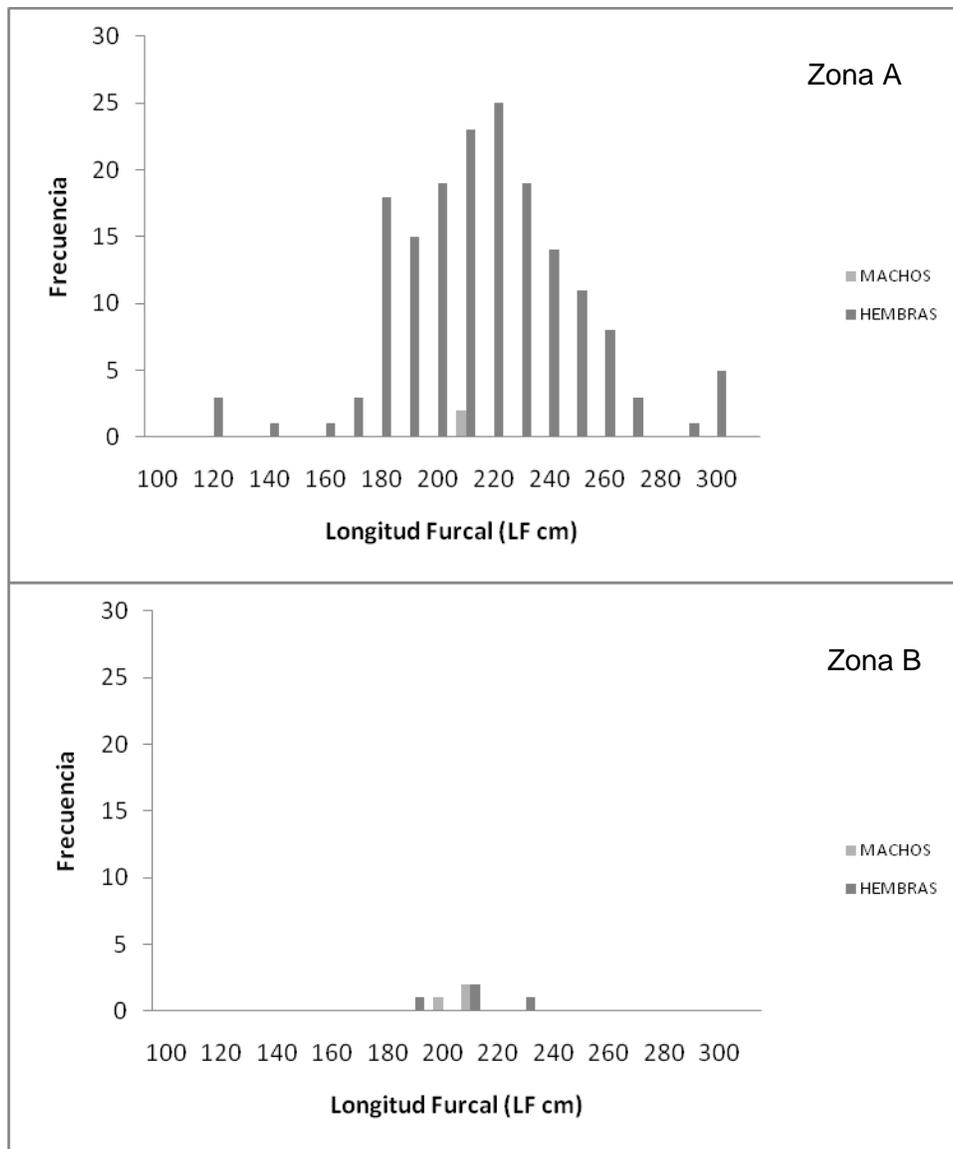
En el caso del Dorado se observaron las abundancias mayores en los meses de agosto, octubre y enero para la zona A, mientras que para la zona B fueron los meses de julio agosto y septiembre (Fig. 9).



**Figura 9.-** Histograma de frecuencia de la captura de dorado *Coryphaena hippurus*, durante el periodo del 2005-2007 en la Boca del Golfo de California (Zona A= Cabo San Lucas; Zona B= Mazatlán)

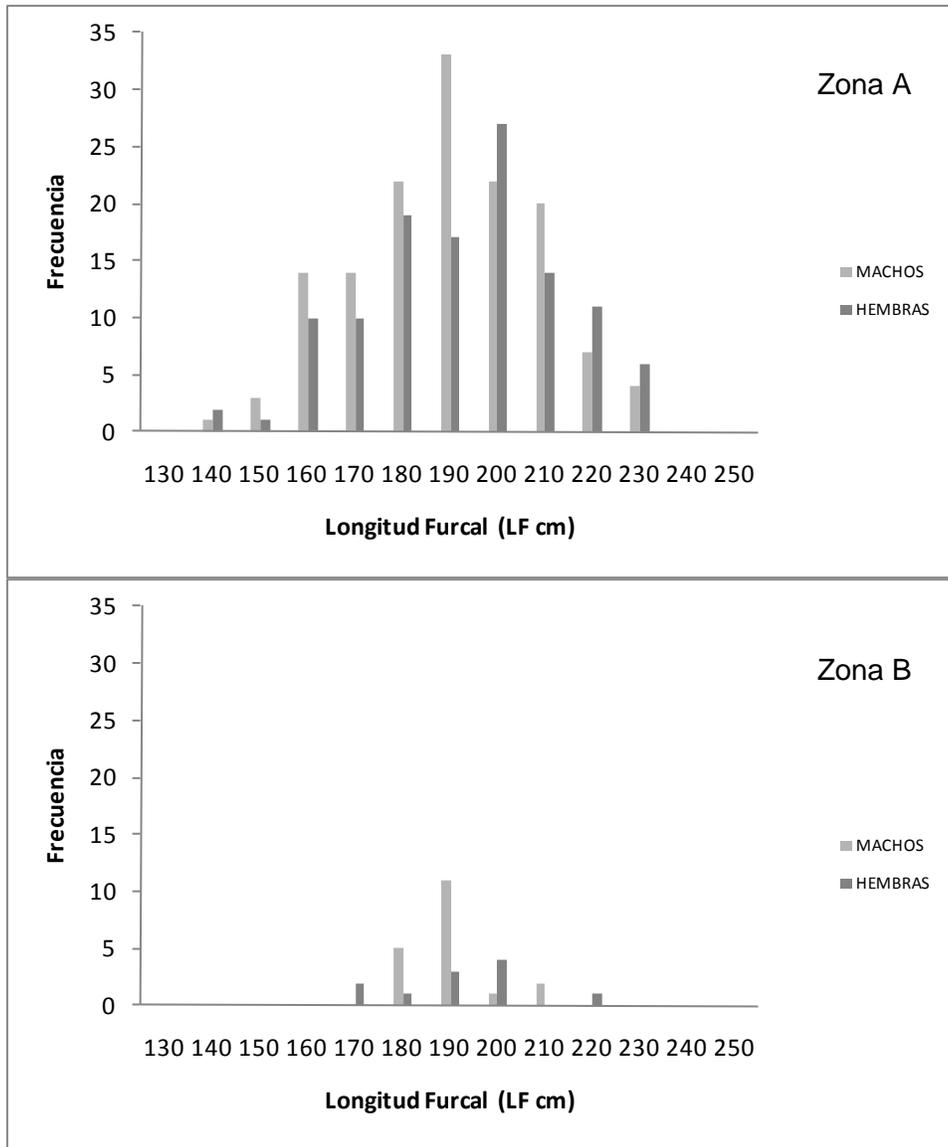
## Estructura de tallas.

El intervalo de tallas de los marlines azules muestreados fue de 120 a 320 cm (LF), con un promedio de 211.28 ( $\pm$  31.4 DE). Las tallas mínimas y máximas se registraron en la zona A (Fig. 10).



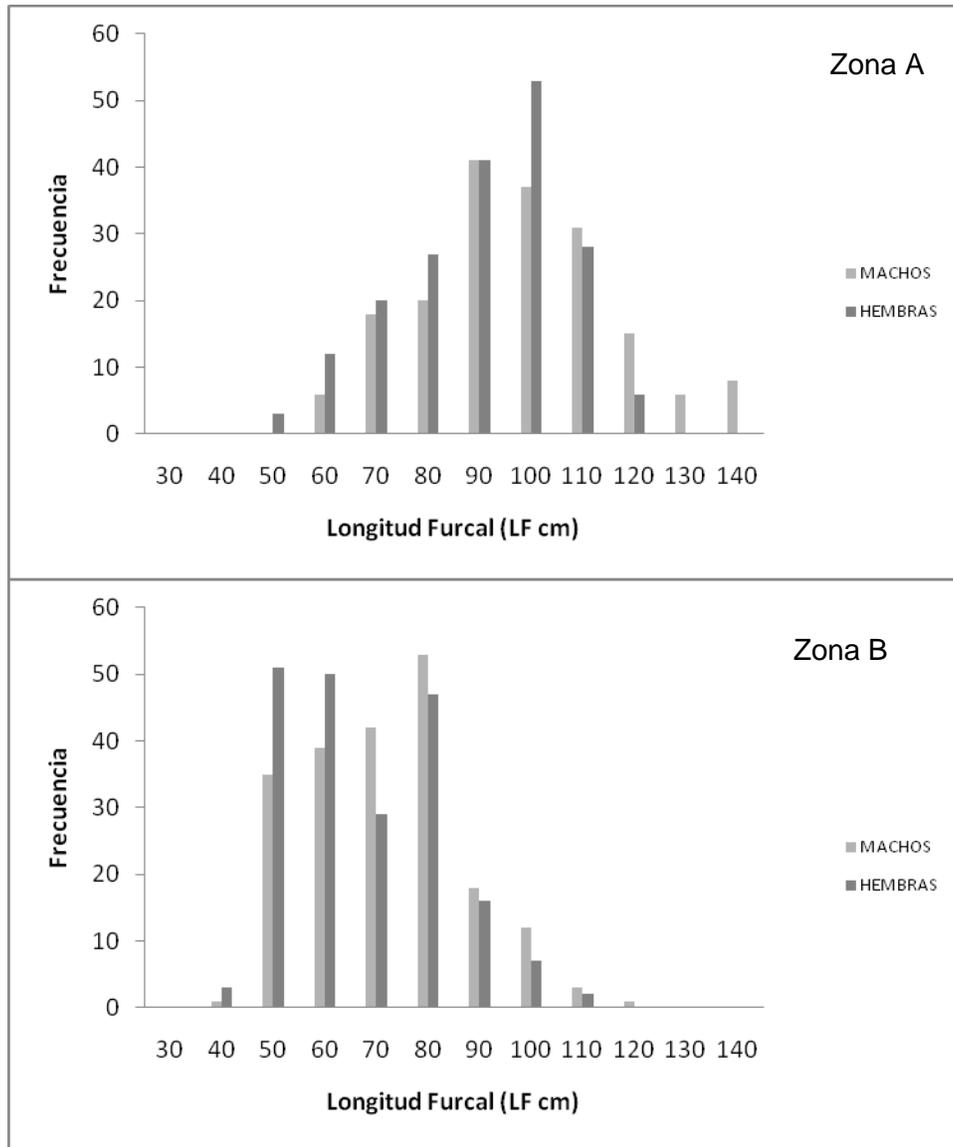
**Figura 10.-** Histograma de frecuencia de longitud furcal (cm), para machos y hembras de marlín azul *Makaira nigricans* durante el periodo de 2005-2007 en la zona A (Cabo San Lucas) y B (Mazatlán).

Mientras que para el marlín rayado el intervalo de tallas fue de 133 – 228cm (LF), con un promedio de 186.27 ( $\pm$  19.3 DE), de igual forma, las tallas mínima y máxima se presentaron en la zona A (Fig. 11).



**Figura 11.-** Histograma de frecuencia de longitud furcal (cm), para machos y hembras de marlín rayado *Kajikia audax* durante el periodo de 2005-2007 en la zona A (Cabo San Lucas) y B (Mazatlán).

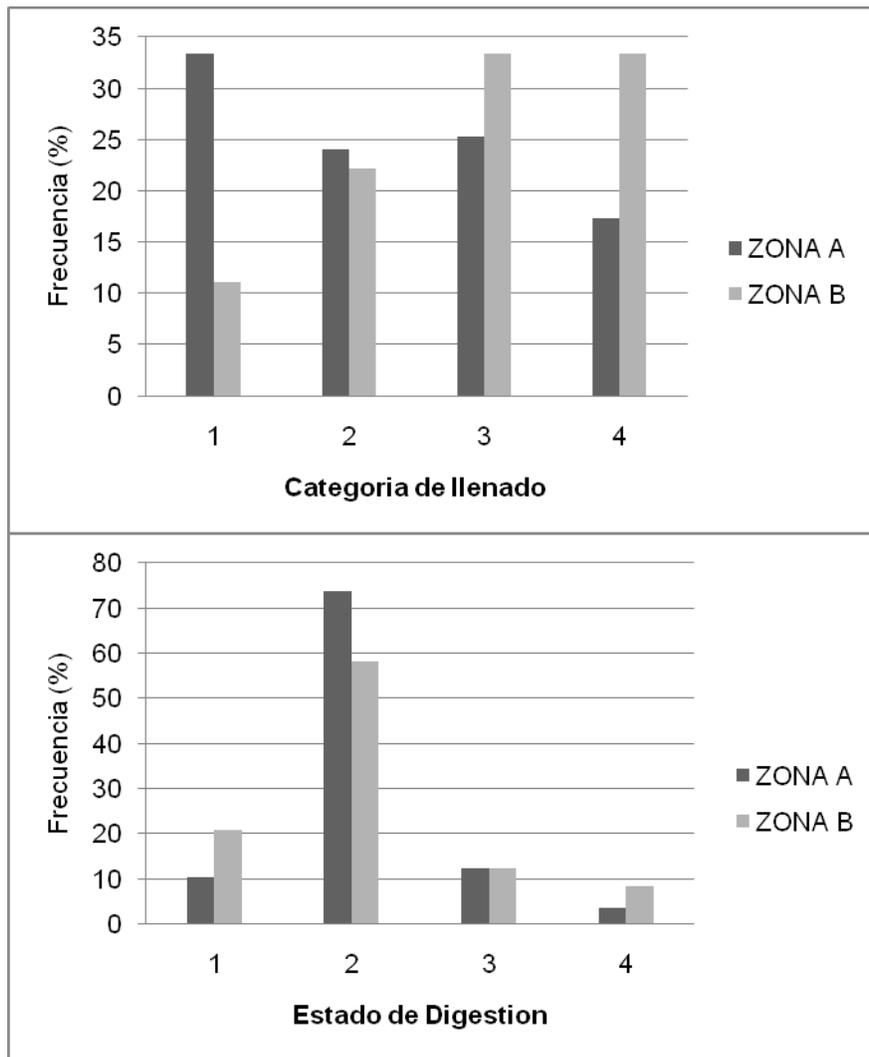
Por último, el intervalo de tallas para el dorado fue de 34 a 137 cm (LF), con un promedio de 76.7 ( $\pm 17.4$  DE), la talla máxima se registró en la zona A, mientras que la mínima en la zona B (Fig. 12).



**Figura 12.-** Histograma de frecuencia de longitud furcal (cm), para machos y hembras de dorado *Coryphaena hippurus* durante el periodo de 2005-2007 en la zona A (Cabo San Lucas) y B (Mazatlán).

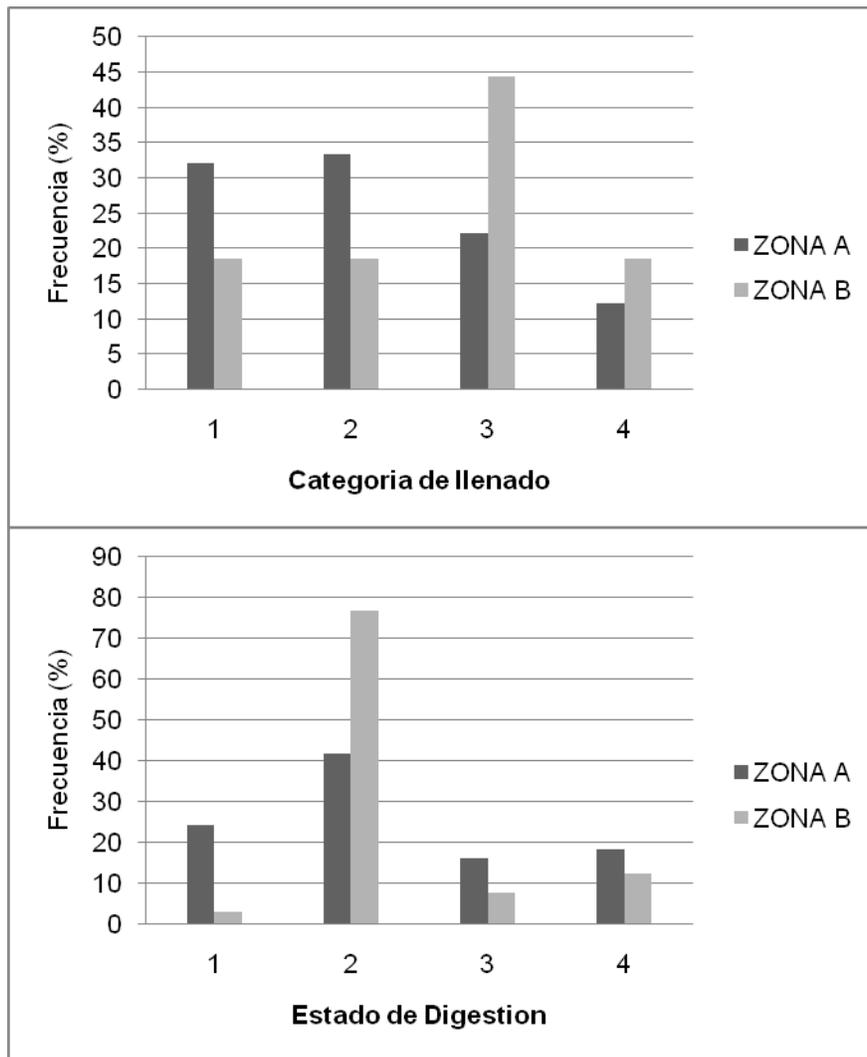
### Porcentaje de llenado de los estómagos y estados de digestión de las presas

De los 164 estómagos de marlín azul muestreados en la zona A, 101 (61%) presentaron alimento y 63 (39%) se encontraron vacíos. Mientras que para la zona B 9 (38%) presentaron alimento y 15 (62%) se encontraron vacíos. En la zona A, la categoría 1 (1%-25%) y 2 (26%-50%) fueron las mejor representadas con un 33% y 24%, mientras que para la zona B las categorías 3 (51%-75%) y 4 (76%-100%) representaron 33% respectivamente. Con respecto al estado de digestión, en ambas zonas las presas en estado 2 fueron las más abundantes con un 73% y 58% (Fig. 13).



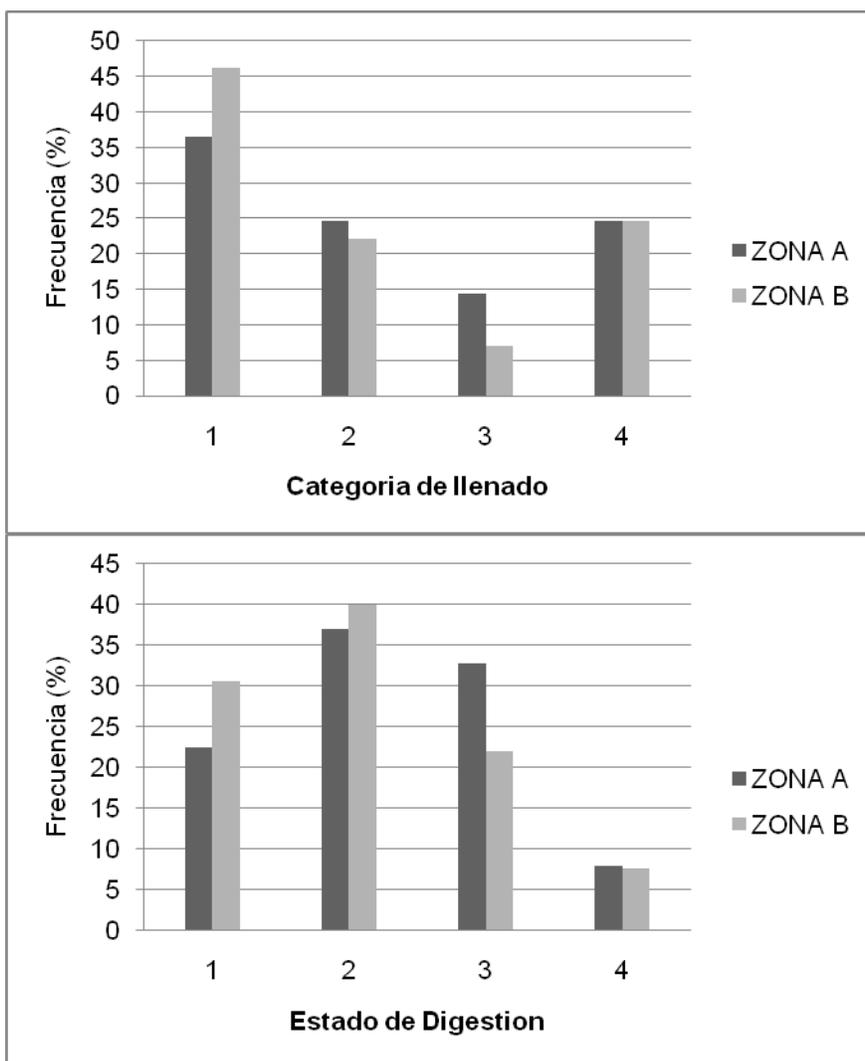
**Figura 13.-** Porcentaje de llenado de los estómagos con alimento y estado de digestión de las presas de *M. nigricans*.

Del total de estómagos de marlín rayado muestreados, en la zona A, 171 (78%) presentaron alimento y 49 (22%) se encontraron vacíos. En tanto que de los 30 estómagos muestreados en la zona B, 27 (90%) presentaron alimento y 3 (10%) se encontraron vacíos. En la zona A, la categoría 1 (1%-25%) y 2 (26%-50%) fueron las mejor representadas con un 32% y 33%, mientras que para la zona B lo fue la categoría 3 (51%-75%) con un 44%. Con respecto al estado de digestión de las presas, el estado 2 fue el predominante con un 42% y 77% para la zona A y B respectivamente (Fig. 14).



**Figura 14.-** Porcentaje de llenado de los estómagos con alimento y estado de digestión de las presas de *K. audax*

En el caso del dorado, del total de estómagos colectados en la zona A, 307 (65%) presentaron alimento y 161 (35%) se encontraron vacíos. Mientras que para la zona B 236 (64%) presentaron alimento y 136 (36%) se encontraron vacíos. La categoría 1 (1-25%) fue la mejor representada en ambas zonas con un 36% y 46% respectivamente. Con respecto al estado de digestión de las presas, en ambas zonas el estado 2 fue el más abundante con un 37% y 40% respectivamente, seguidas por las presas en estado 3 con un 32% para la zona A y en estado 1 para la zona B con un 32% (Fig. 15).



**Figura 15.-** Porcentaje de llenado de los estómagos con alimento y estado de digestión de las presas de *C. hippurus*.

### Tamaño de muestra para el análisis de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ .

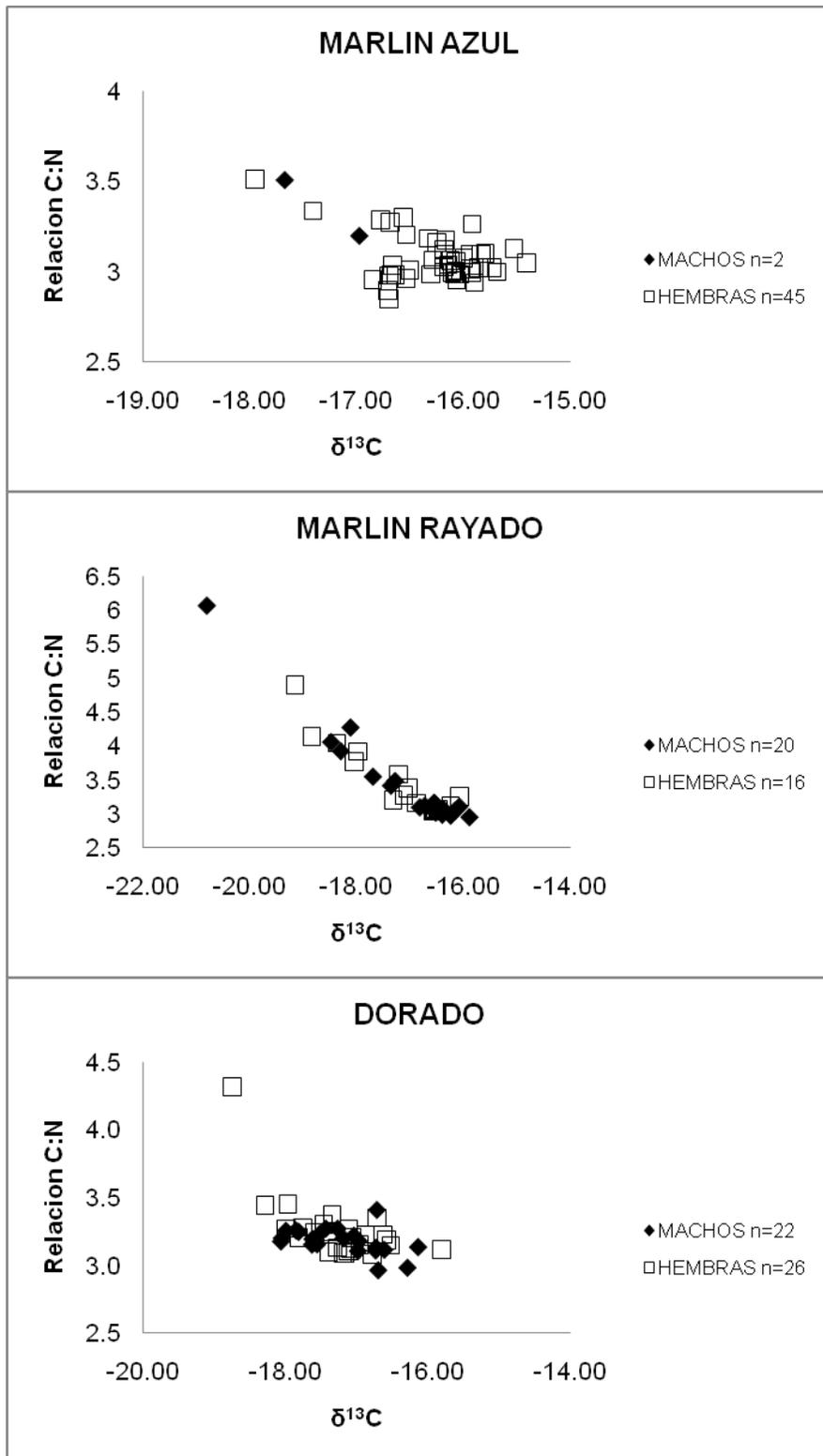
Se analizaron 126 biopsias de músculo de la parte dorsal de los tres depredadores (Tabla 4). Para marlín azul fueron 47 muestras, para marlín rayado 36 y para dorado fueron 48. La zona A fue la que presentó un mayor número de muestras debido a que en ella se llevo a un muestreo más intensivo. Las hembras de marlín azul representaron el tamaño de muestra más importante con un total de 45 muestras, mientras que los machos de esta misma especie fueron los menos representativos (Tabla 4).

**Tabla 4-** Tamaño de muestra por cada Zona y año de muestreo para el marlín azul (*Makaira nigricans*), marlín rayado (*Kajikia audax*) y el dorado (*Coryphaena hippurus*) (X= no disponibilidad de tejido).

Especies	Sexo	2005		2006		2007		Total
		Zona A	Zona B	Zona A	Zona B	Zona A	Zona B	
<i>M. nigricans</i>	Machos	x	x	x	2	x	x	2
	Hembras	16	2	18	2	7	x	45
<i>K. audax</i>	Machos	x	3	8	4	5	x	19
	Hembras	x	2	4	4	6	x	16
<i>C. hippurus</i>	Machos	10	x	3	1	8	x	22
	Hembras	10	x	7	x	9	x	26

### Relación C:N.

En el caso de la relación C/N los valores obtenidos en el músculo del marlín azul registraron un intervalo de 2.85 a 3.51 con valor promedio de 3.08, mientras que para marlín rayado fue de 2.96 a 6.06 con valor promedio de 3.46. En el caso del dorado, los valores estuvieron entre 3.0 y 4.2 con valor promedio de 3.20 (Fig. 16).

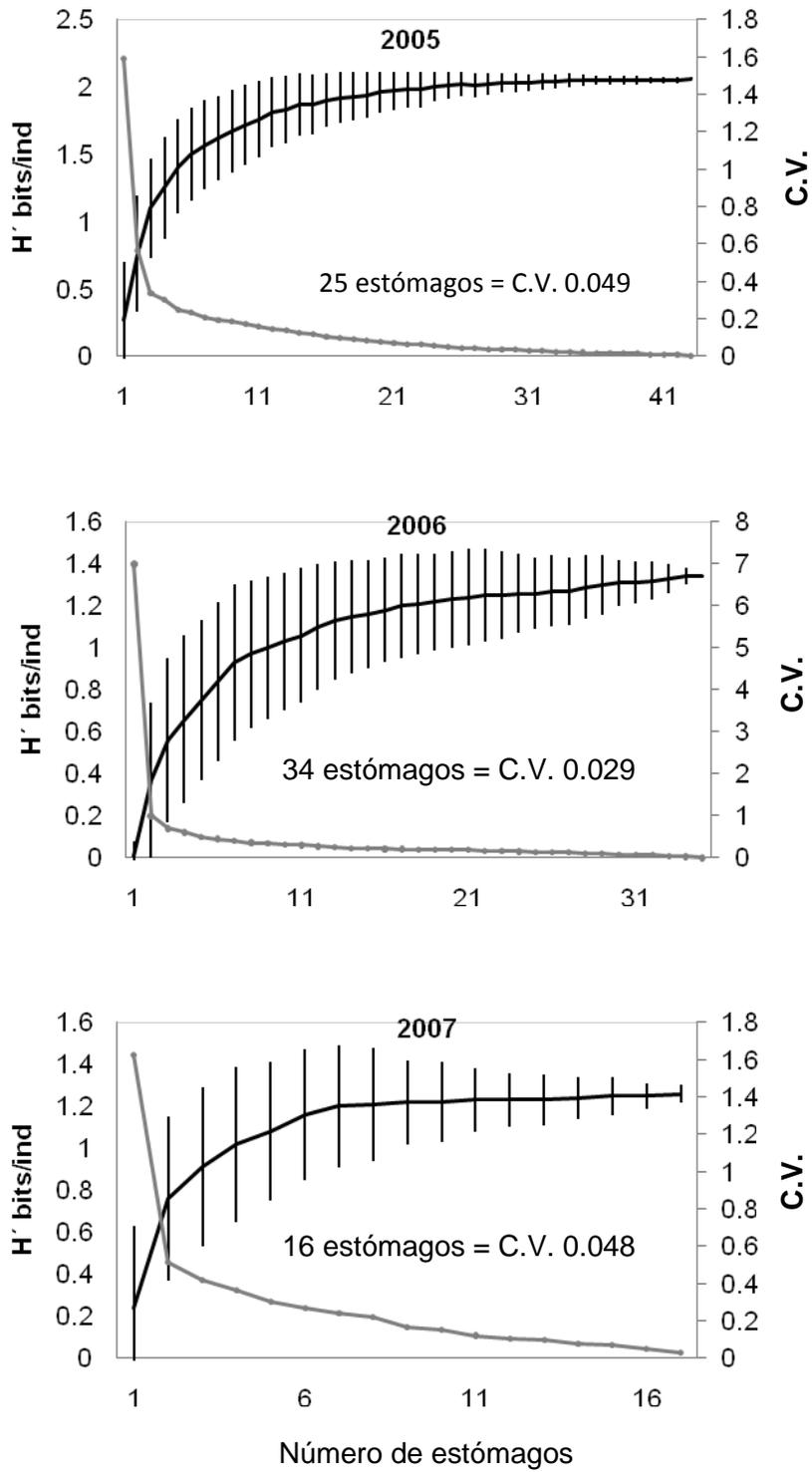


**Figura 16.-** Relación C:N de marlín azul, marlín rayado y dorado (valor teórico de proteínas puras C:N = 2.9)

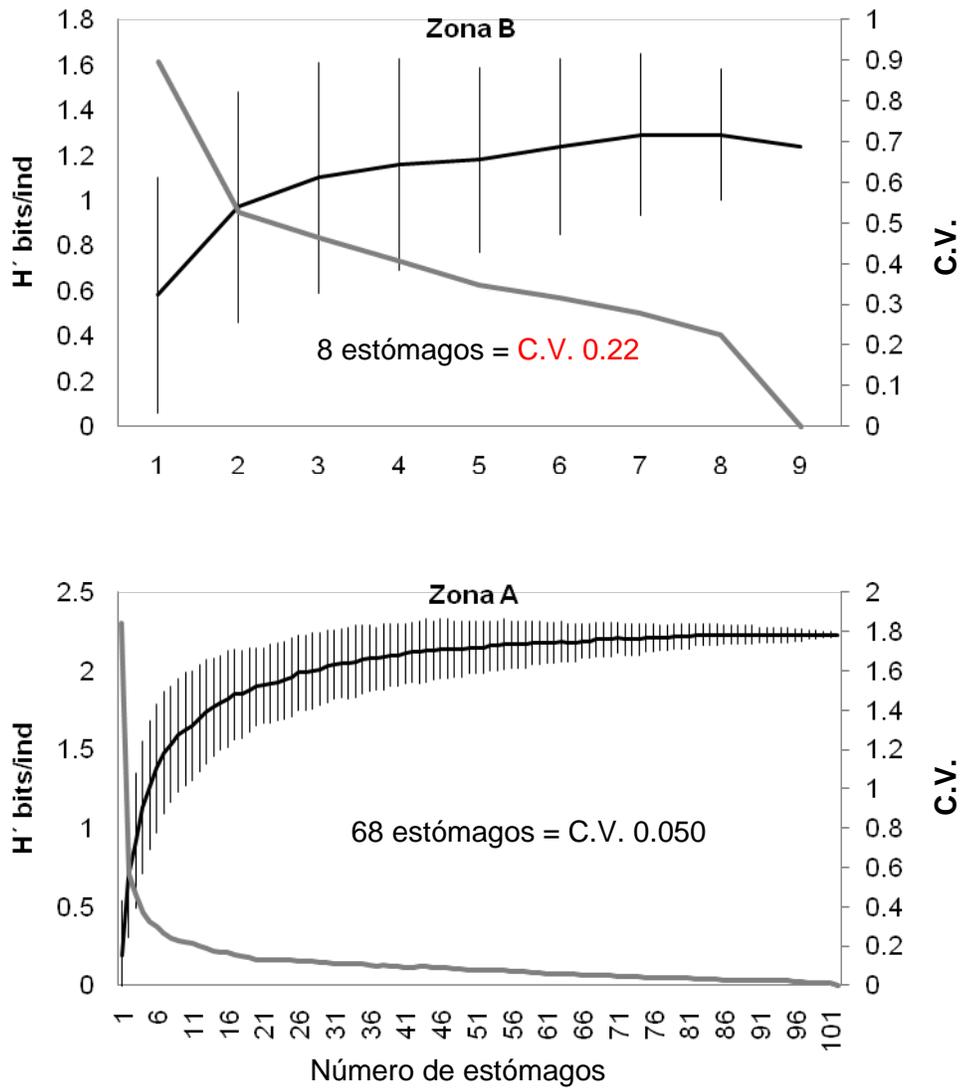
En el caso de marlín azul y dorado los valores de C:N estuvieron cerca del valor teórico de proteína pura (alrededor de 2.9), no así en el caso del marlín rayado, el cual presentó los valores más altos de los tres depredadores (2 machos y 2 hembras de la zona A con valores de C:N de 4.5 y 6), sobrepasando el valor de proteínas puras. Por tal motivo, en los análisis posteriores estos datos fueron excluidos para el análisis de  $\delta^{13}\text{C}$ , no así para el caso del análisis de  $\delta^{15}\text{N}$ .

### **Estimación del tamaño de muestra para análisis de dieta.**

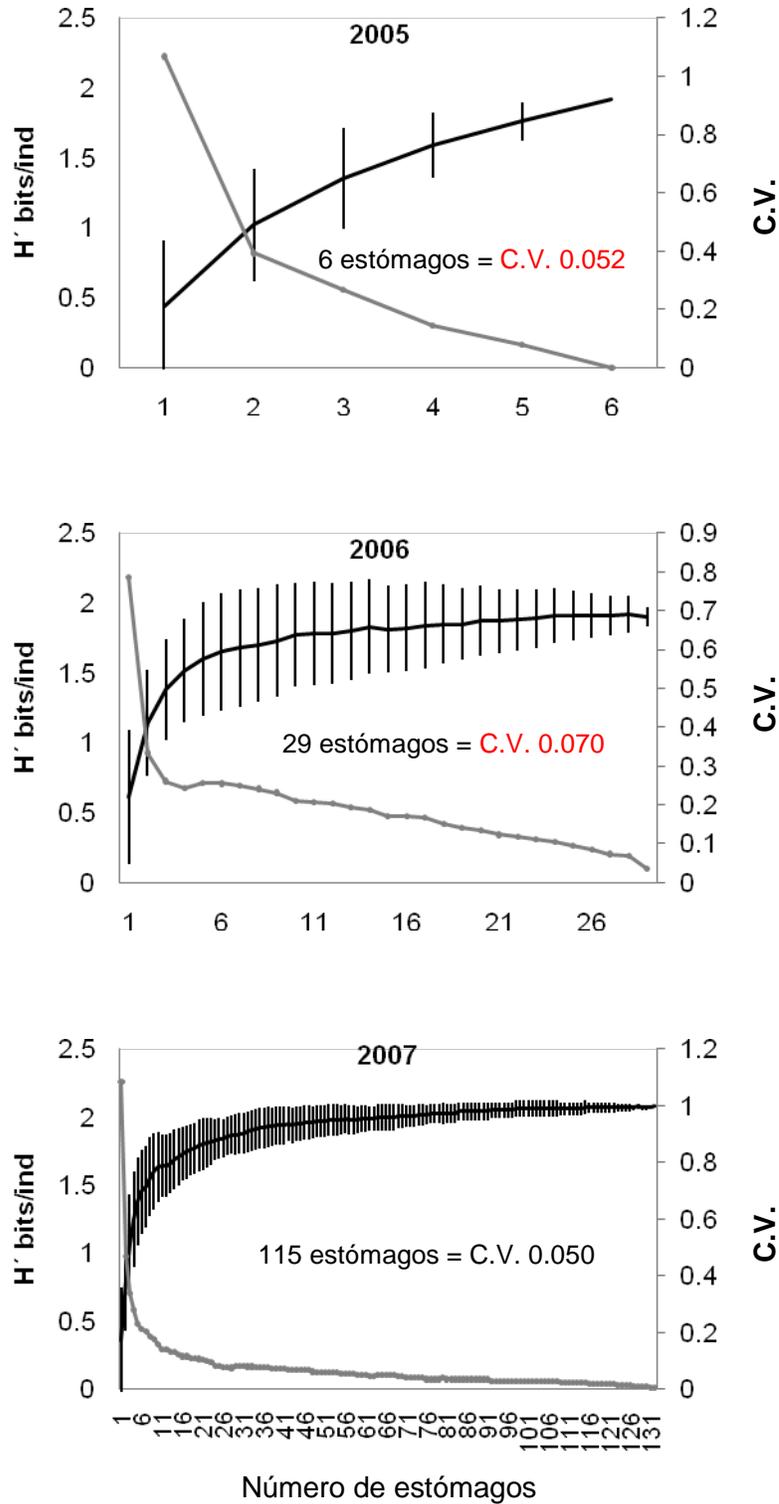
Las curvas acumulativas de especies presas muestran que en el caso del dorado fue suficiente el número de estómagos analizados en tiempo (años) y espacio (zonas), obteniendo valores de coeficiente de variación (C.V.) por debajo de 0.05 (Fig. 21, 22). En el caso del marlín azul por años se tuvo el tamaño mínimo de muestra en los tres años (Fig. 17). No así para organismos de la zona B, donde el C.V. fue de 0.22 (Fig. 18). De igual forma, el marlín rayado presentó valores mayores por arriba del 0.05 para los años 2005 y 2006 (0.052 y 0.070, respectivamente) (Fig. 19) y para la zona B (0.080) (Fig. 20). Sin embargo, dado que los tres valores son muy cercanos a 0.05, se consideró como un tamaño de muestra representativo de la dieta, ya que faltarían pocos estómagos para alcanzar ese valor.



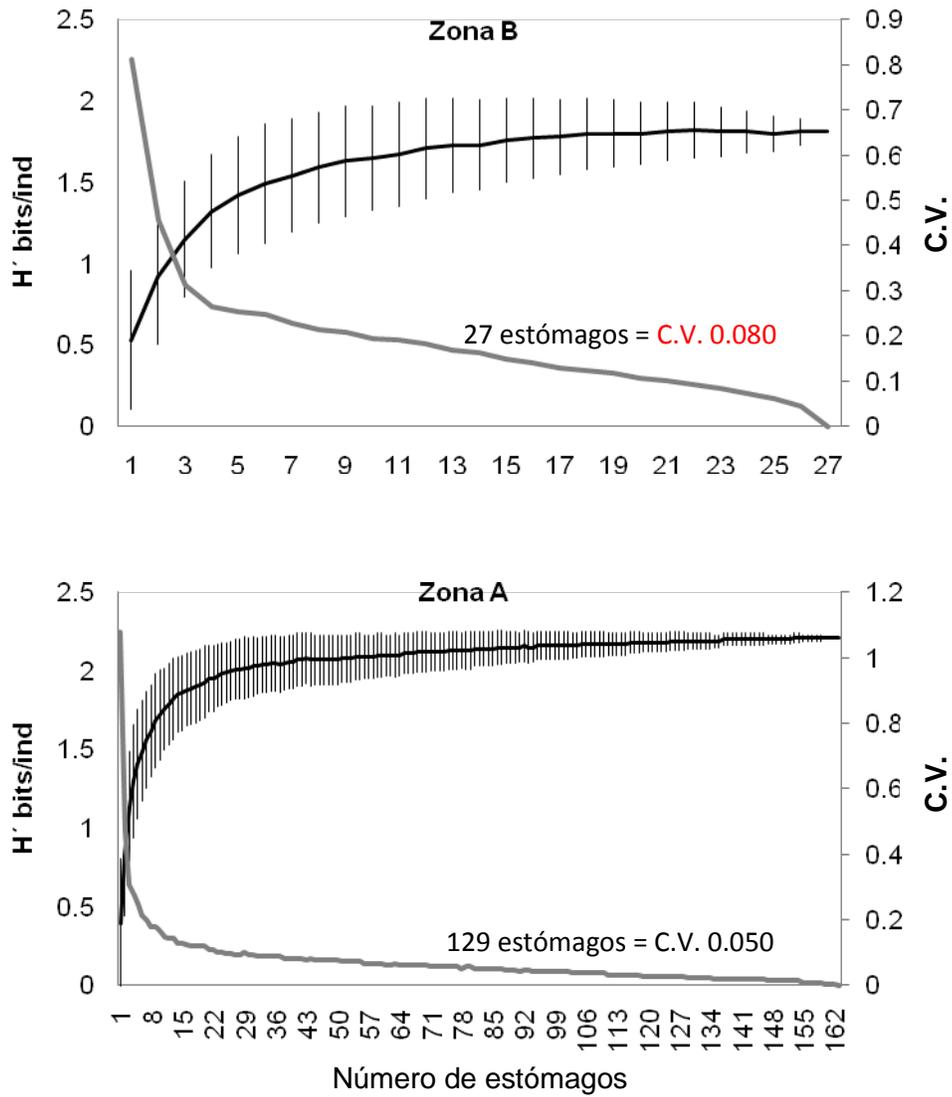
**Figura 17.-** Curva Acumulada de especies presas para el marlín azul *M. nigricans* por años. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación)



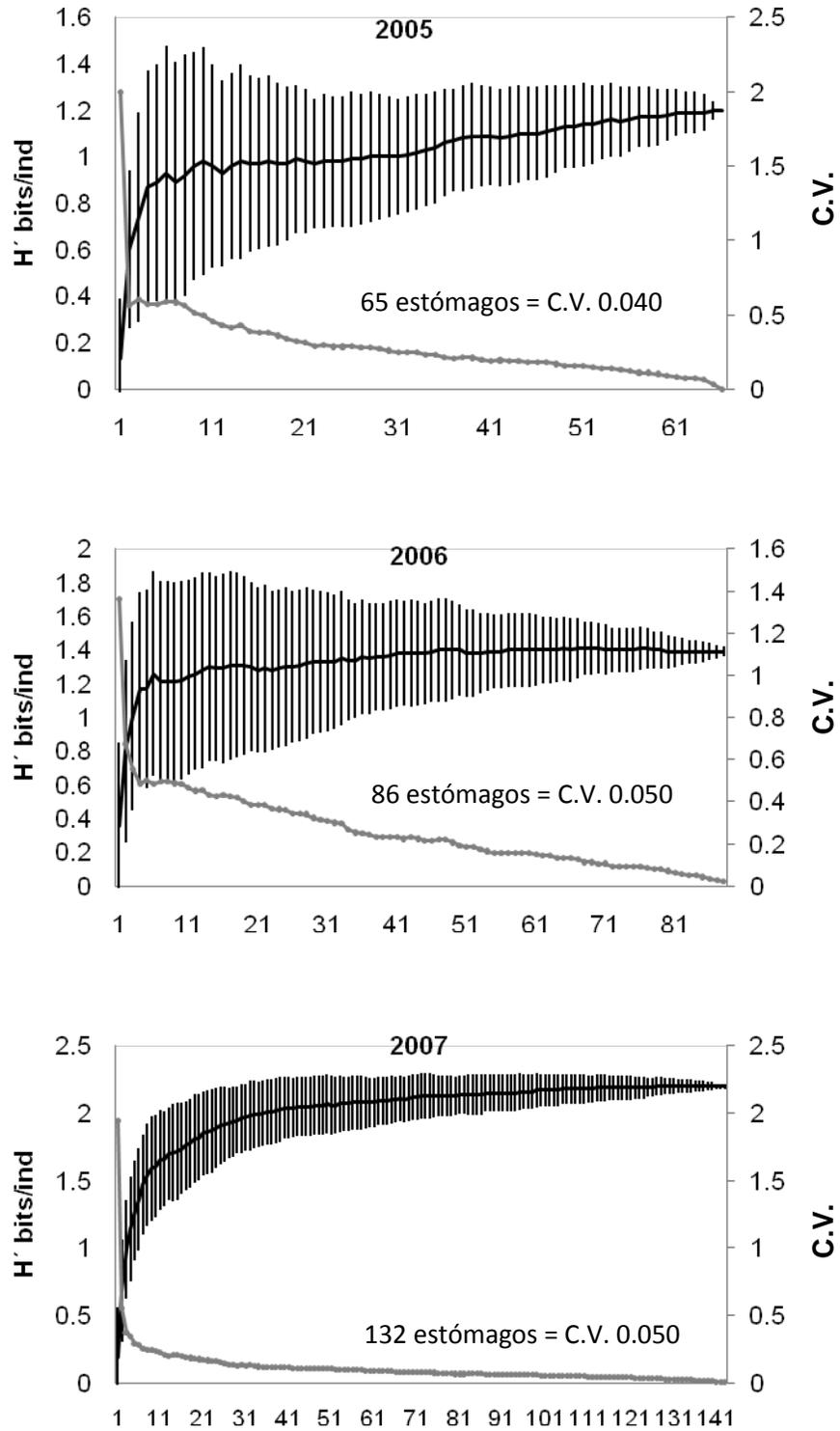
**Figura 18.-** Curva Acumulada de especies presas para el marlín azul *M. nigricans* por zonas. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).



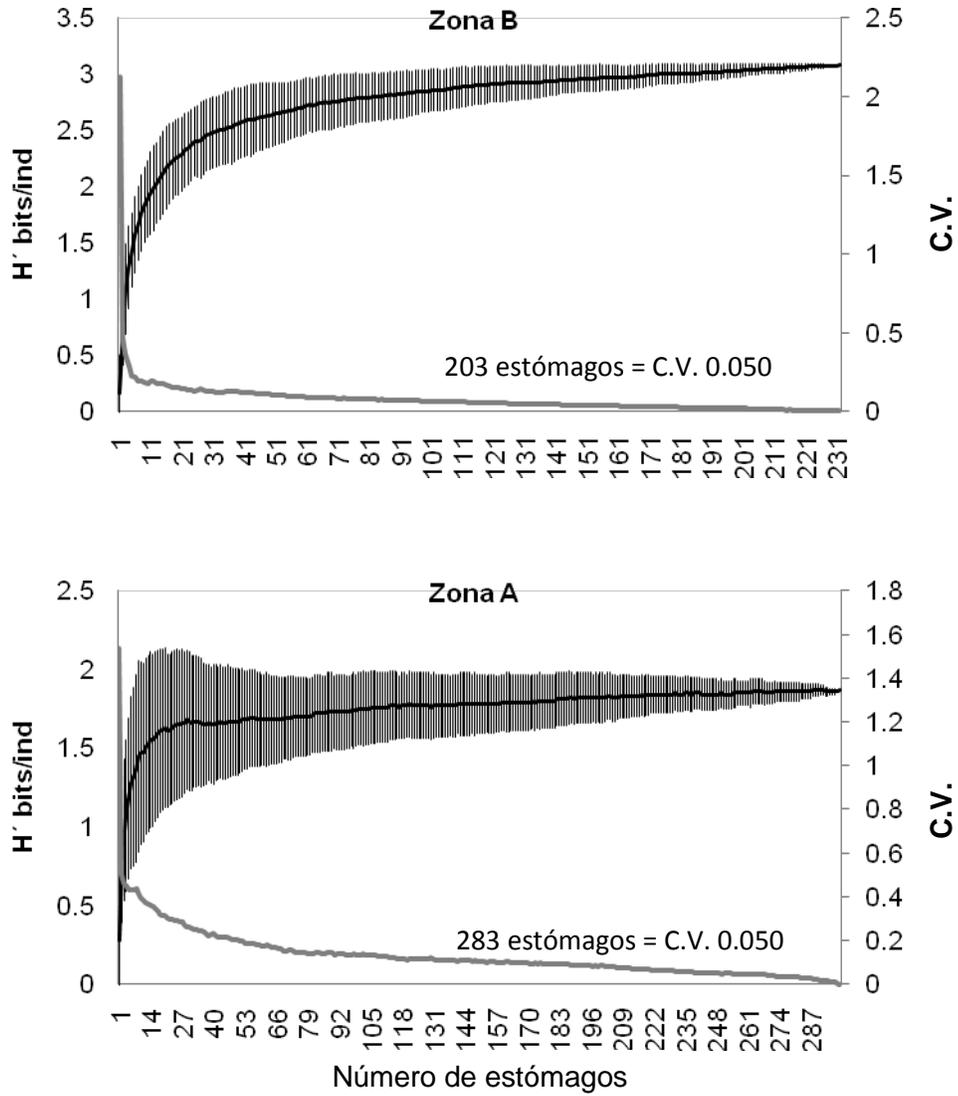
**Figura 19.-** Curva Acumulada de especies presas para el marlín rayado *K. audax* por años. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).



**Figura 20.-** Curva Acumulada de especies presas para el marlín rayado *K. audax* por zonas. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).



**Figura 21.-** Curva Acumulada de especies presas para el dorado *C. hippurus* por años. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación).



**Figura 22.-** Curva Acumulada de especies presas para el dorado *C. hippurus* por zonas. (Línea negra = Diversidad de Shannon con DE; línea gris = Coeficiente de Variación)

## VARIACIONES INTRA-ESPECÍFICAS

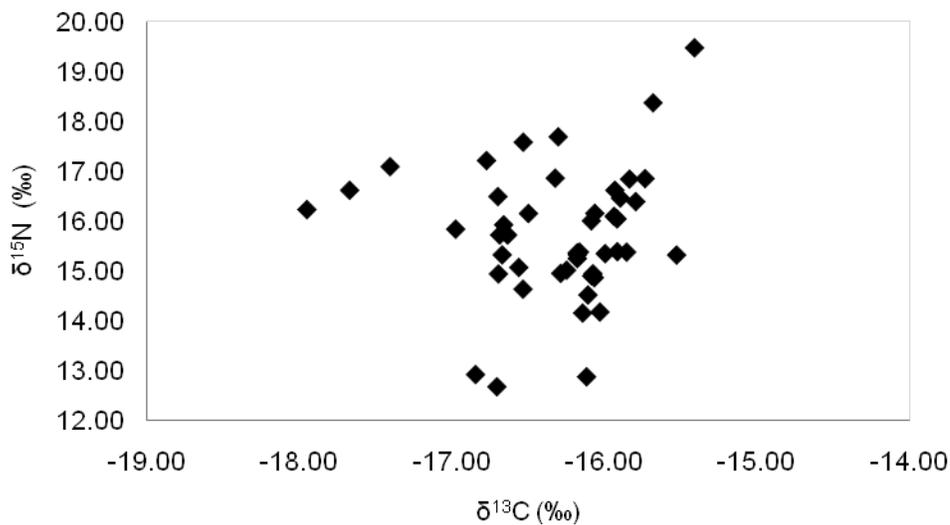
### MARLÍN AZUL (MA)

El espectro trófico general se integró por 27 especies presas (4 especies de cefalópodos y 23 especies de peces) pertenecientes a 10 familias (Tabla 5). Mientras que en el caso de los isótopos estables, el intervalo del  $\delta^{15}\text{N}$  en el músculo dorsal fue de 12.69‰ a 19.47‰, con un promedio de  $15.73 \pm 1.30$ ‰; en tanto que el intervalo del  $\delta^{13}\text{C}$  fue de -17.95‰ a -15.41‰, con un promedio de  $-16.31 \pm 0.51$ ‰ (Fig. 23).

**Tabla 5-** Espectro trófico del marlín azul *M. nigricans*; expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de aparición (FA), índice de importancia relativa (IIR)

Clase	Familia	Especies	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
Cefalopoda	Ommastrephidae	<b><i>Dosidicus gigas</i></b>	<b>49</b>	<b>9.76</b>	<b>2817.9</b>	<b>6.91</b>	<b>19</b>	<b>25.3</b>	<b>422.3</b>	<b>6.63</b>
	Argonautidae	<i>Argonauta spp.</i>	173	34.46	723.56	1.775	4	5.333	193.26	3.036
		<i>Argonauta nouryi</i>	14	2.789	89.1	0.219	1	1.333	4.0099	0.063
		Restos de Cefalopodo	6	1.195	65.59	0.161	4	5.333	7.2326	0.114
Crustacea		<i>restos crustáceos</i>	3	0.598	6.4	0.016	2	2.667	1.6355	0.026
Teleostei	Hemiramphidae	<i>Hemiramphus saltator</i>	1	0.199	94.5	0.232	1	1.333	0.5747	0.009
		Exocoetidae	<i>Exocoetidae</i>	3	0.598	0	0	1	1.333	0.7968
	Fistularidae	<i>Fistularia spp.</i>	16	3.187	93.2	0.229	4	5.333	18.218	0.286
		<i>Fistularia commersonii</i>	1	0.199	174.9	0.429	1	1.333	0.8376	0.013
	Carangidae	<i>Carangidae</i>	6	1.195	162.05	0.398	5	6.667	10.618	0.167
		<i>Caranx spp.</i>	4	0.797	319.8	0.784	4	5.333	8.4335	0.132
		<i>Caranx caballus</i>	5	0.996	289.7	0.711	4	5.333	9.1021	0.143
		<i>Decapterus spp.</i>	3	0.598	135.3	0.332	1	1.333	1.2393	0.019
		<i>Selar crumenophthalmus</i>	51	10.16	1961.49	4.812	16	21.33	319.38	5.017
		<i>Trachurus spp.</i>	1	0.199	58	0.142	1	1.333	0.4553	0.007
	Coryphaenidae	<i>Coryphaena spp.</i>	1	0.199	1669.58	4.095	1	1.333	5.7263	0.09
		<i>Coryphaena hippurus</i>	3	0.598	4870.36	11.95	2	2.667	33.452	0.525
	Scombridae	<i>Scombridae</i>	6	1.195	38.87	0.095	5	6.667	8.6038	0.135
		<b><i>Auxis spp.</i></b>	<b>123</b>	<b>24.5</b>	<b>17594.7</b>	<b>43.16</b>	<b>58</b>	<b>77.33</b>	<b>5232.5</b>	<b>82.19</b>
<i>Auxis thazard</i>		5	0.996	1922.5	4.716	3	4	22.848	0.359	
	<i>Euthynnus linneatus</i>	2	0.398	1024.7	2.514	2	2.667	7.7653	0.122	

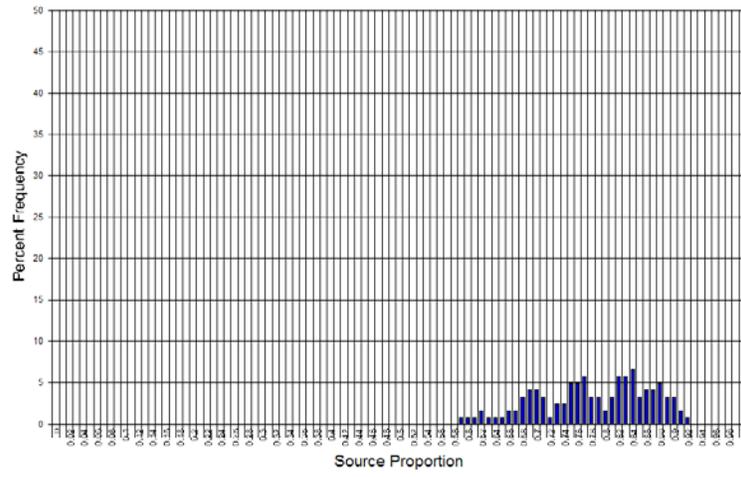
	<i>Katsuwonus pelamis</i>	3	0.598	299.2	0.734	2	2.667	3.5508	0.056
	<i>Scomber japonicus</i>	1	0.199	231.5	0.568	1	1.333	1.0228	0.016
	<i>Thunnus albacares</i>	2	0.398	5989.42	14.69	2	2.667	40.241	0.632
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	3	0.598	4.9	0.012	1	1.333	0.8128	0.013
Tetradontidae	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	10	1.992	71.94	0.176	2	2.667	5.7827	0.091
	<i>Sphoeroides spp</i>	1	0.199	14.7	0.036	1	1.333	0.3137	0.005
	Restos de peces	6	1.195	42.4	0.104	3	4	5.1969	0.082
Total general		502	100	40766.2	100	75	201.3	6366	100



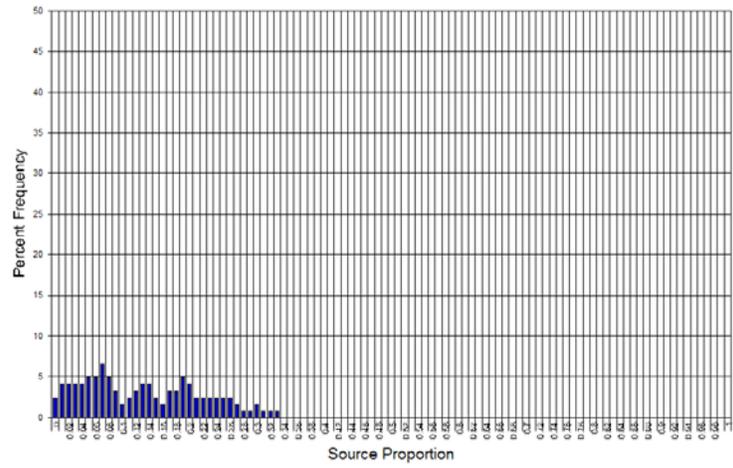
**Figura 23.-** Distribución de los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  en tejido de marlín azul *M. nigricans*.

A partir del análisis de los contenidos estomacales se observó que *Auxis* spp. fue la presa más importante (IIR = 82%). Mientras que desde el punto de vista isotópico, IsoSource determinó a *Auxis* spp. como la presa que contribuyó con una mayor proporción en la dieta del depredador (60% a 92%), seguido por *Selar crumenophthalmus* con un 2% a 34%, por lo que estas dos especies presas pueden ser consideradas como sus principales presas (Fig. 24). Por otra parte el calamar *Dosidicus gigas*, presentó pequeños aportes isotópicos al depredador pero principalmente en la frecuencia, por lo que podría ser considerada como una presa complementaria en la dieta del depredador.

SOURCE: *Auxis* spp.



SOURCE: *Selar crumenophthalmus*



SOURCE: *Dosidicus gigas*

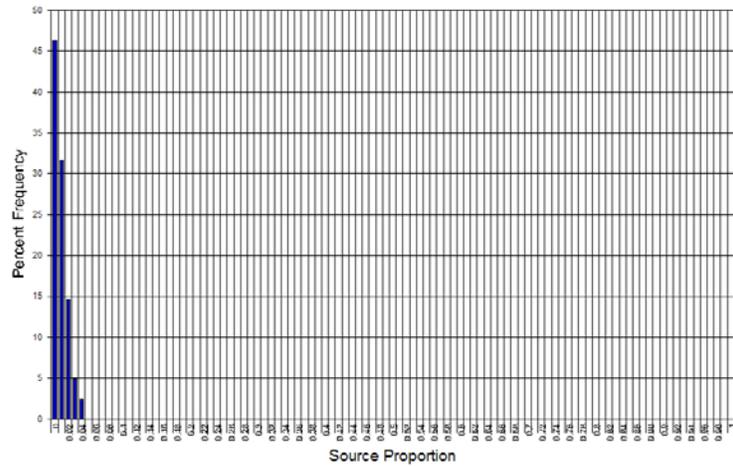
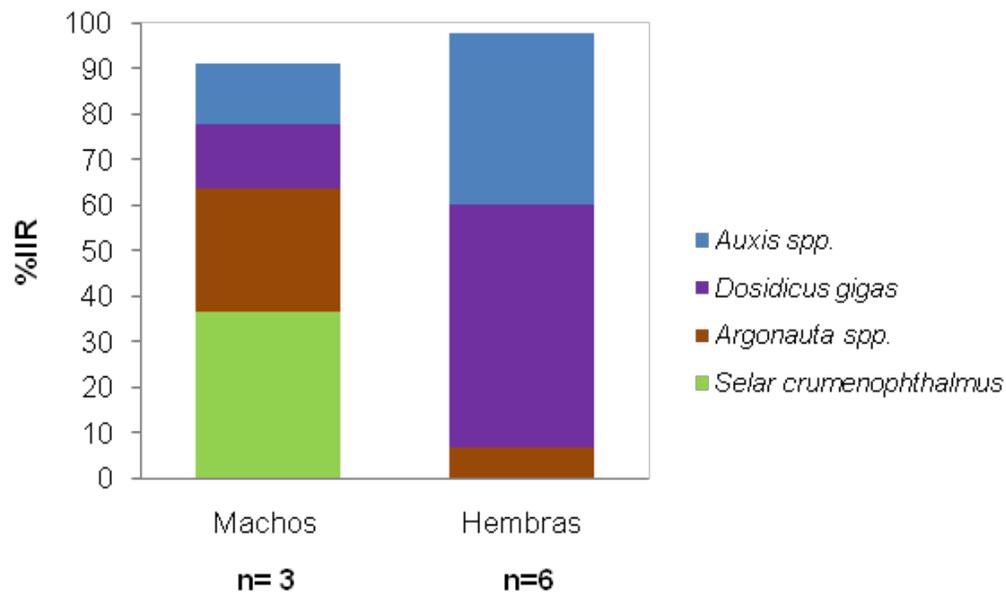


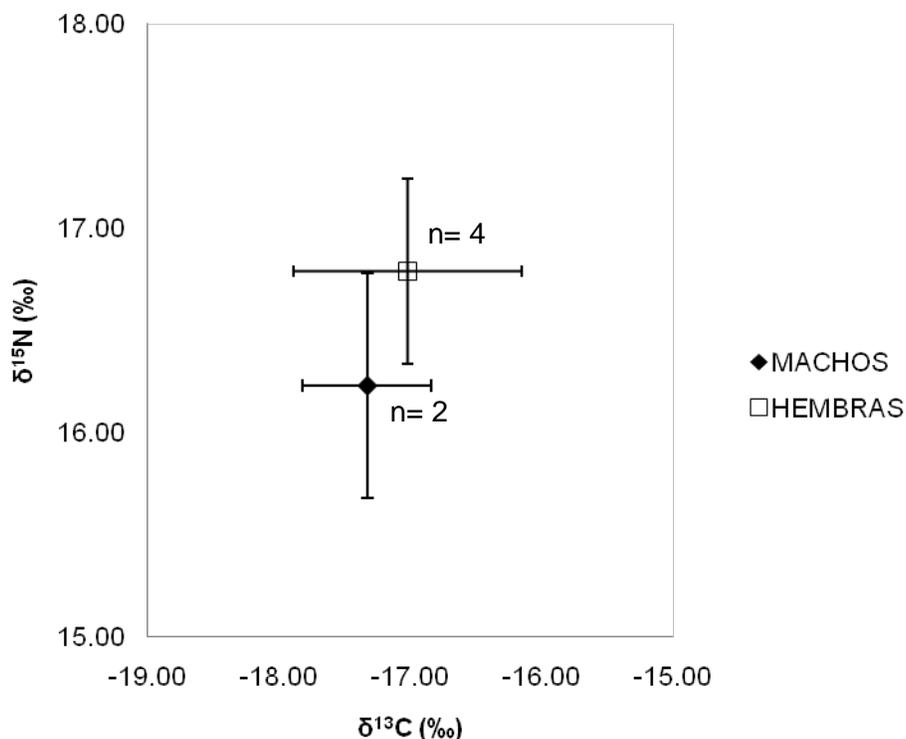
Figura 24.- Principales especies presas del marlín azul *M. nigricans* de acuerdo a IsoSource.

## Espectro trófico por sexos.

Debido a que solo en la zona B se muestrearon marlines azules machos, no pudo realizarse el análisis comparativo por sexos entre las dos zonas. De acuerdo al índice de importancia relativa (IIR), las hembras consumieron principalmente *Dosidicus gigas* (53%) y *Auxis* spp (37%), mientras que los machos consumieron *Selar crumenophthalmus* (36%) y *Argonauta* spp. (27%) (Fig. 25). El análisis de similitud (ANOSIM) mostró valores cercanos a 0 al comparar la dieta entre zonas (R GLOBAL = 0.053;  $p = 0.05$ ), por lo que se no se rechaza la  $H_0$ , es decir no hay diferencia significativa entre las dietas (alta similitud). Mientras que a partir del análisis de isótopos estables de C y N, se observaron valores muy similares entre machos ( $\delta^{15}\text{N} = 16.23 \pm 0.54\text{‰}$ ;  $\delta^{13}\text{C} = -17.33 \pm 0.49 \text{‰}$ ) y hembras ( $\delta^{15}\text{N} = 16.79 \pm 0.45\text{‰}$ ;  $\delta^{13}\text{C} = -17.02 \pm 0.86\text{‰}$ ), por lo que no se encontraron diferencias significativas entre sexos para la zona B [ $\delta^{15}\text{N}$ :  $H_{(1,6)} = .857$   $p = .354$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $H_{(1,6)} = .214$   $p = .643$ ] (Fig. 26).



**Figura 25.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul *M. nigricans* entre sexos para la zona B (zona B = Mazatlán).



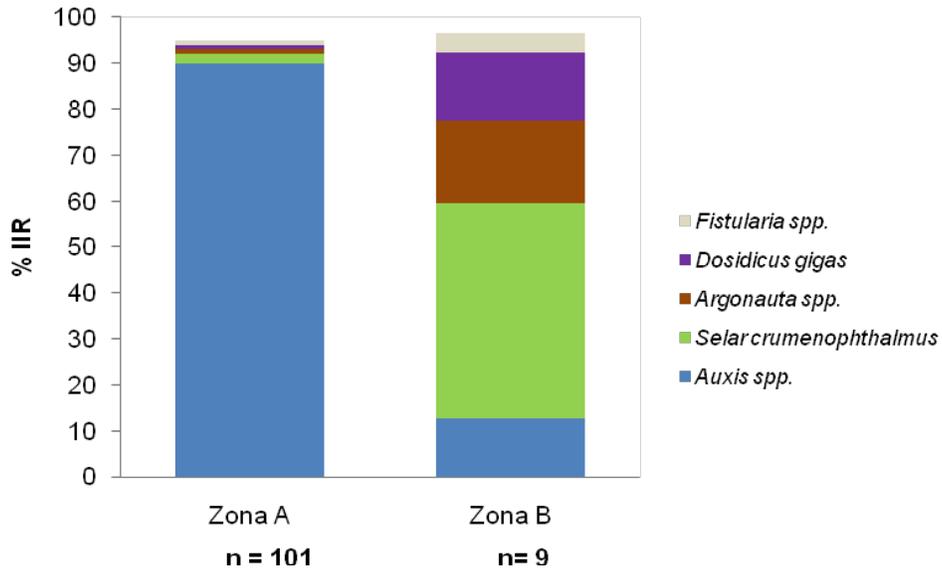
**Figura 26.-** Valores promedio y desviaciones estándar  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  entre sexos de marlín azul *M. nigricans* en la zona B.

Debido a que no se detectaron diferencias significativas en los contenidos estomacales e isótopos estables de C y N entre sexos, estos datos se agruparon para el análisis entre zonas.

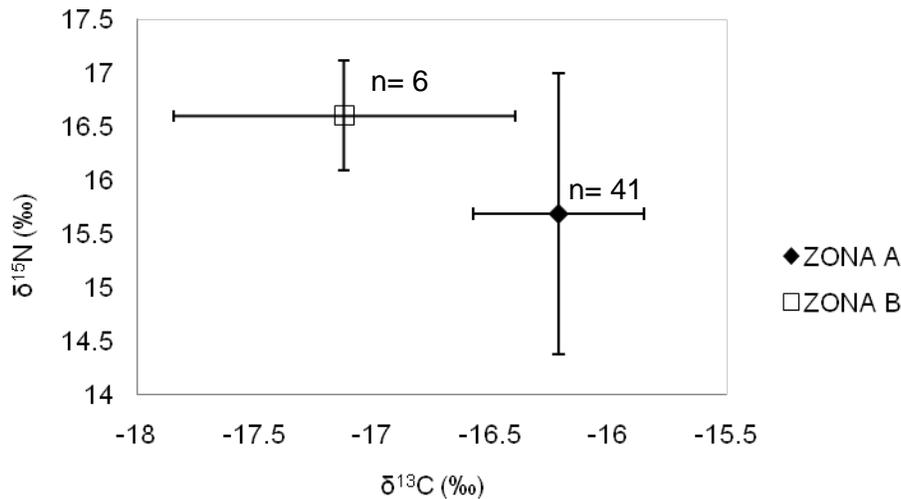
### **Espectro trófico por zonas.**

De acuerdo al índice de importancia relativa (IIR), *Auxis* spp. (91%) fue la especie presa más importante, seguido por *Selar crumenophthalmus* (3%) y *Dosidicus gigas* (2%) para la zona A. mientras que para la zona B la especie presa más importante fue *Selar crumenophthalmus* (47%), *Argonauta* spp. (18%), *Dosidicus gigas* (13%) y *Auxis* spp. (13%) (Fig. 27). El análisis de similitud (ANOSIM) mostró valores cercanos a 0 al comparar la dieta entre zonas ( $R_{\text{GLOBAL}} = 0.113$ ;  $p = 0.05$ ). Por otra parte, se encontraron diferencias significativas en nitrógeno y carbono entre zonas [ $\delta^{15}\text{N}$ :  $H_{(1,47)} = 5.71$   $p = .0168$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $H_{(1,47)} = 8.25$   $p = .0037$ ], donde se observó que los organismos de

la zona B presentaban los valores más altos de  $\delta^{15}\text{N}$  (zona A =  $15.68 \pm 1.31\text{‰}$ ; zona B =  $16.60 \pm 0.51\text{‰}$ ). Mientras que los organismos de la zona A fueron los que presentaron los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  menos negativos (zona A =  $-16.21 \pm 0.36\text{‰}$ ; zona B =  $-17.12 \pm 0.72 \text{‰}$ ) (Fig. 28).



**Figura 27.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul *M. nigricans* por zonas (zona A = Cabo San Lucas; zona B = Mazatlán).

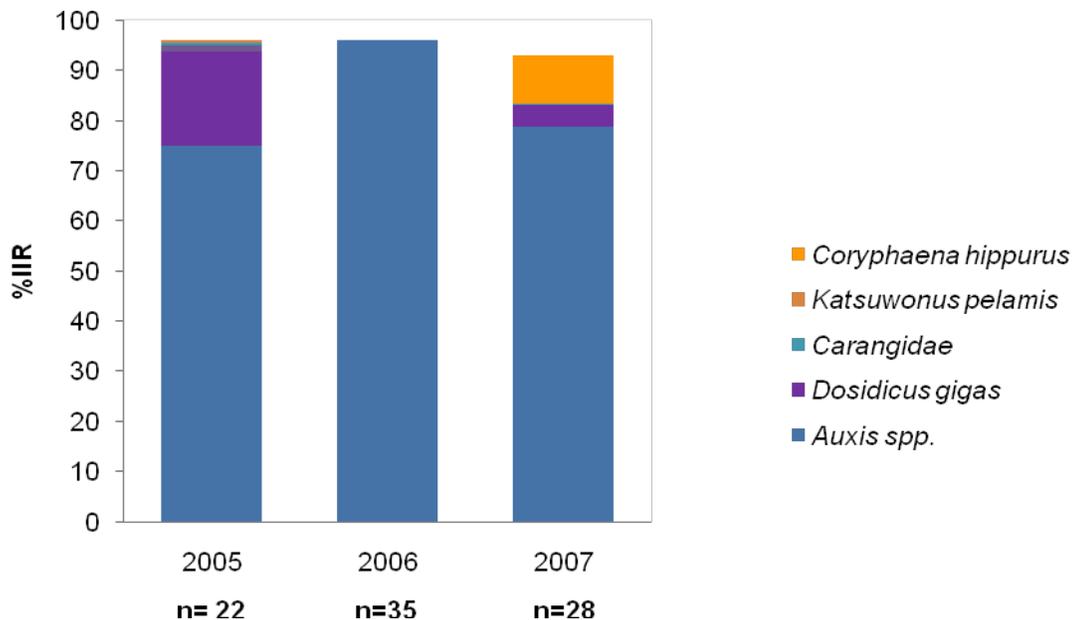


**Figura 28.-** Valores promedio y desviaciones estándar  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  por zonas del marlín azul *M. nigricans*.

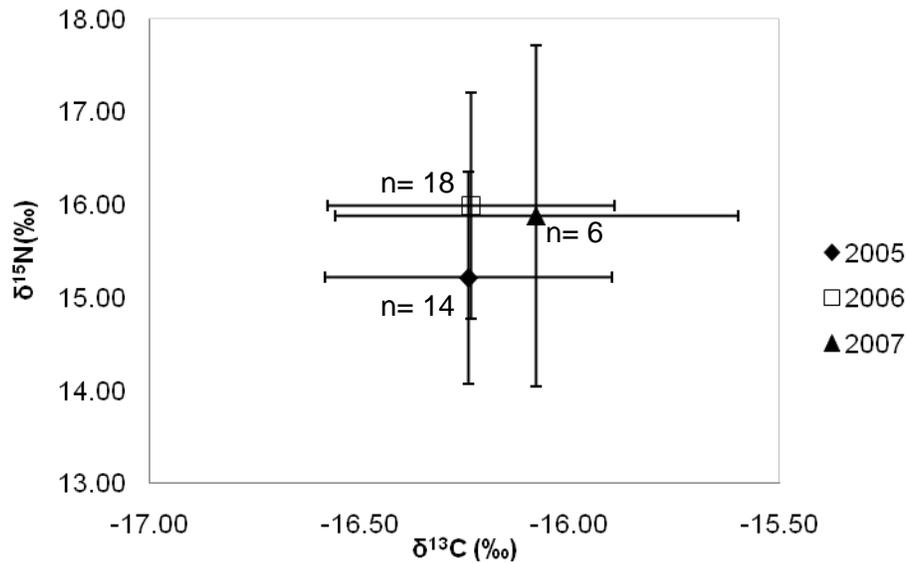
Dado que se encontraron diferencias significativas en los valores de isótopos estables de C y N entre zonas, estos datos se analizaron por separado entre años.

### Espectro trófico por años.

Para la comparación entre años, de acuerdo a los valores del IIR de la zona A, en los tres años la presa de mayor importancia fue *Auxis* spp. (IIR<sub>2005</sub> = 75%; IIR<sub>2006</sub> = 96%; IIR<sub>2007</sub> = 78%), seguido por *Dosidicus gigas* en el 2005 (IIR = 18%) y 2007 (IIR = 4.5%), manteniendo una dieta muy similar a través de los años (R GLOBAL = 0.024;  $p = 0.1$ ) (Fig. 29). Esto se vio reflejado en los isótopos estables, ya que no se encontraron diferencias significativas entre años [ $\delta^{15}\text{N}$ :  $H_{(2, 38)} = 3.64$   $p = .161$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $H_{(2, 38)} = .714$   $p = .6995$ ], manteniendo valores promedios similares a través de los años en  $\delta^{15}\text{N}$  (2005 =  $15.22\text{‰} \pm 1.14\text{‰}$ ; 2006 =  $15.99 \pm 1.21\text{‰}$ ; 2007 =  $15.88 \pm 1.83\text{‰}$ ) y  $\delta^{13}\text{C}$  (2005 =  $-16.24 \pm 0.34\text{‰}$ ; 2006 =  $-16.23 \pm 0.34\text{‰}$ ; 2007 =  $-16.08 \pm 0.47\text{‰}$ ), por lo que se puede considerar como un traslapeo trófico significativo (Fig. 30)

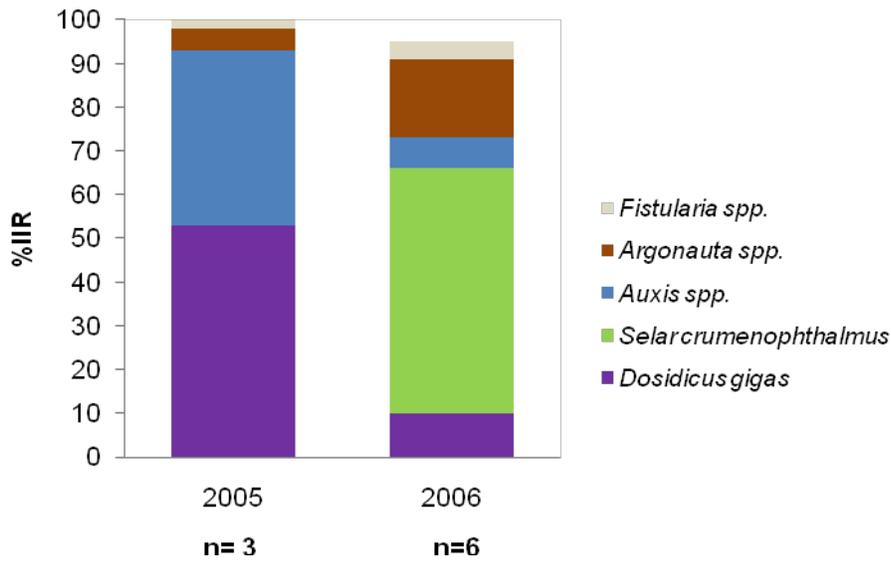


**Figura 29.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul *M. nigricans* por años para la zona A.

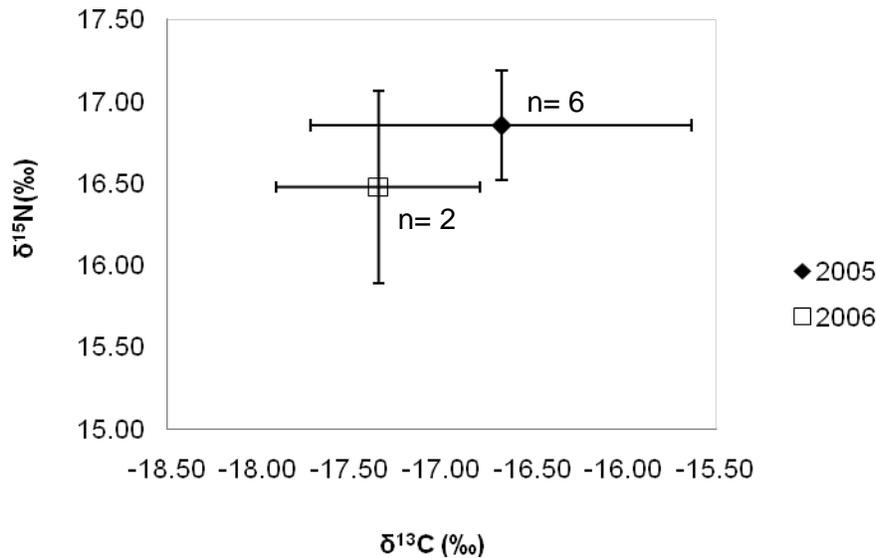


**Figura 30.-** Valores promedio y desviaciones estándar de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  del marlín azul *M. nigricans* por años para la zona A.

Mientras que en la zona B, las presas de mayor importancia fueron *Dosidicus gigas* (IIR = 53%) y *Auxis* spp. (IIR = 37%) en el 2005 y *Selar crumenophthalmus* (IIR = 54%) y *Argonauta* spp. (IIR = 20%) en el 2006. A pesar de que las principales especies presas fueron diferentes entre años, el ANOSIM mostró valores cercanos a 0 ( $R_{\text{GLOBAL}} = 0.111$ ;  $p = 0.1$ ) lo que indica que la dieta fue muy similar, esto se debe a que presentaron otras presas en común, como es el caso de *Auxis* spp. Dando como resultado una alta similitud (Fig. 31). En el caso de los isótopos estables, no se presentaron diferencias significativas entre el año 2005 ( $\delta^{15}\text{N} = 16.85 \pm 0.33\text{‰}$ ;  $\delta^{13}\text{C} = -16.67 \pm 1.04\text{‰}$ ) y el año 2006 ( $\delta^{15}\text{N} = 16.48 \pm 0.58\text{‰}$ ;  $\delta^{13}\text{C} = -17.35 \pm 0.55\text{‰}$ ), por lo que puede indicar un alto traslapo trófico (Fig. 32).



**Figura 31.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul *M. nigricans* por años para la zona B.



**Figura 32.-** Valores promedio y desviaciones estándar de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  del marlín azul *M. nigricans* por años para la zona B.

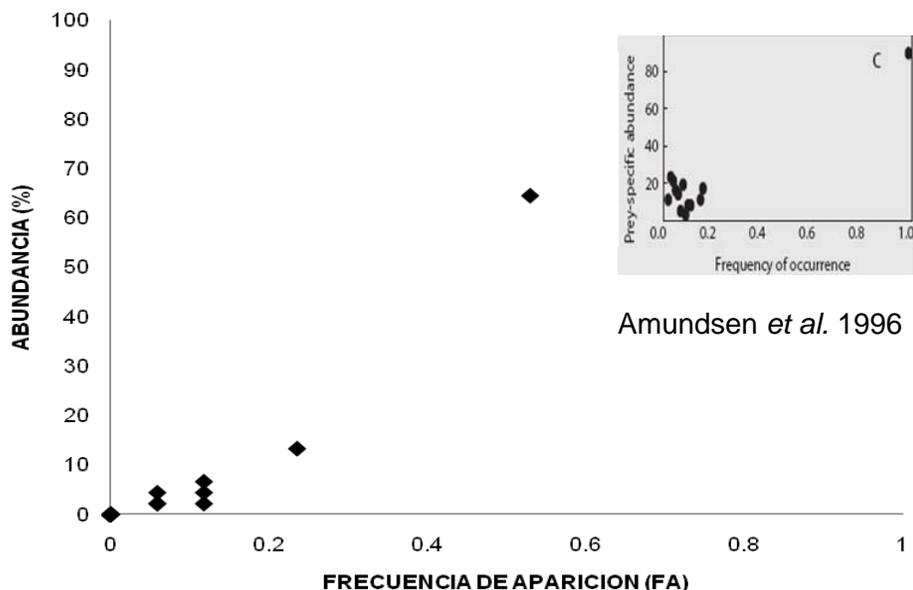
Con lo que respecta al cálculo de la amplitud del nicho trófico, esta se realizó usando los datos de la zona A, ya que estos si fueron representativos del espectro trófico según lo observado en las curvas acumuladas de especies presas, caso contrario a lo

encontrado en la zona B. Al respecto podemos mencionar que el alto consumo de una especie presa en particular tuvo como resultado valores bajos de amplitud de nicho trófico y diversidad (Tabla 6). Lo que podría estar reflejando una conducta especialista

**Tabla 6.-** Valores promedios de amplitud de nicho trófico y de diversidad obtenidos a partir del Índice de Levin y Shannon, respectivamente.

MA	2005	2006	2007
AMPLITUD DE NICHOTRÓFICO	0.27	0.01	0.12
DIVERSIDAD	1.61	1.34	1.34

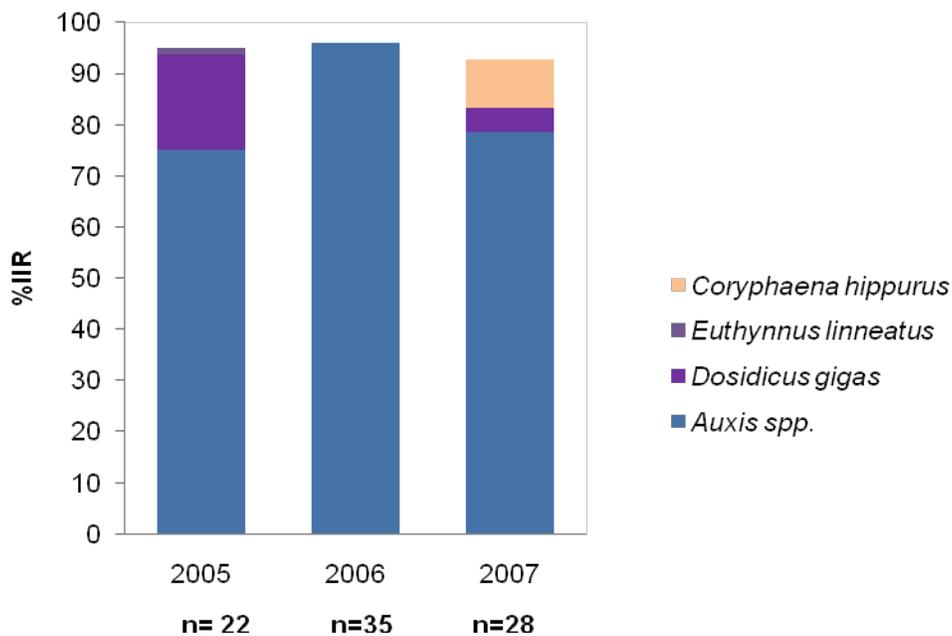
En la gráfica de estrategia alimenticia propuesta por Amundsen *et al.* (1996); la distribución de los puntos de las especies presas indica una estrategia tipo C para el marlín azul (Fig. 33), la cual se caracteriza por una especialización en un solo tipo de presa (*Auxis spp.*), mientras que consumen otras presas solo ocasionalmente



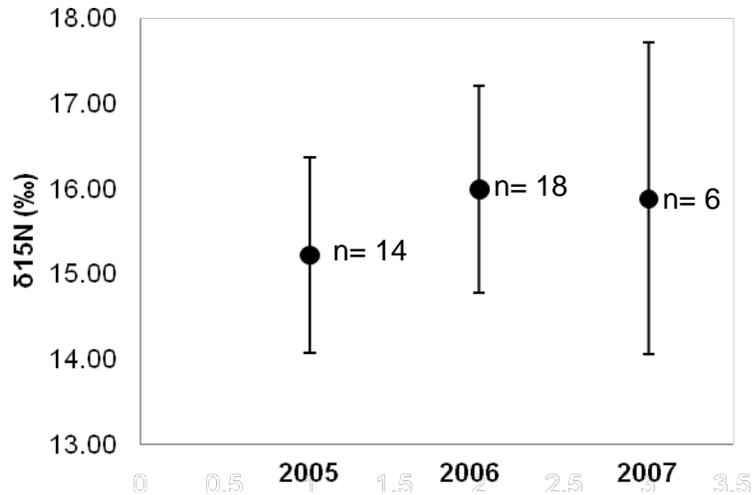
Amundsen *et al.* 1996

**Figura 33.-** Estrategia alimenticia tipo C para marlín azul con base en el criterio de Amundsen *et al.* (1996)

Con respecto a la amplitud de nicho trófico a partir de los isótopos estables (Bearhop *et al.*, 2004), se observa que en los tres años consumió en mayor proporción *Auxis* spp., mientras que el  $\delta^{15}\text{N}$  presentó amplias variaciones en los tres años (Fig. 34). En el caso específico del 2007 podemos observar las variaciones de  $^{15}\text{N}$  más amplias. Esto relacionado con un mayor consumo de especies presas como se observa en la figura 35. Sin embargo, siempre con valores promedios similares, por lo que se puede señalar que hace uso de una misma presa y ocasionalmente consume otro tipo de especie presa.

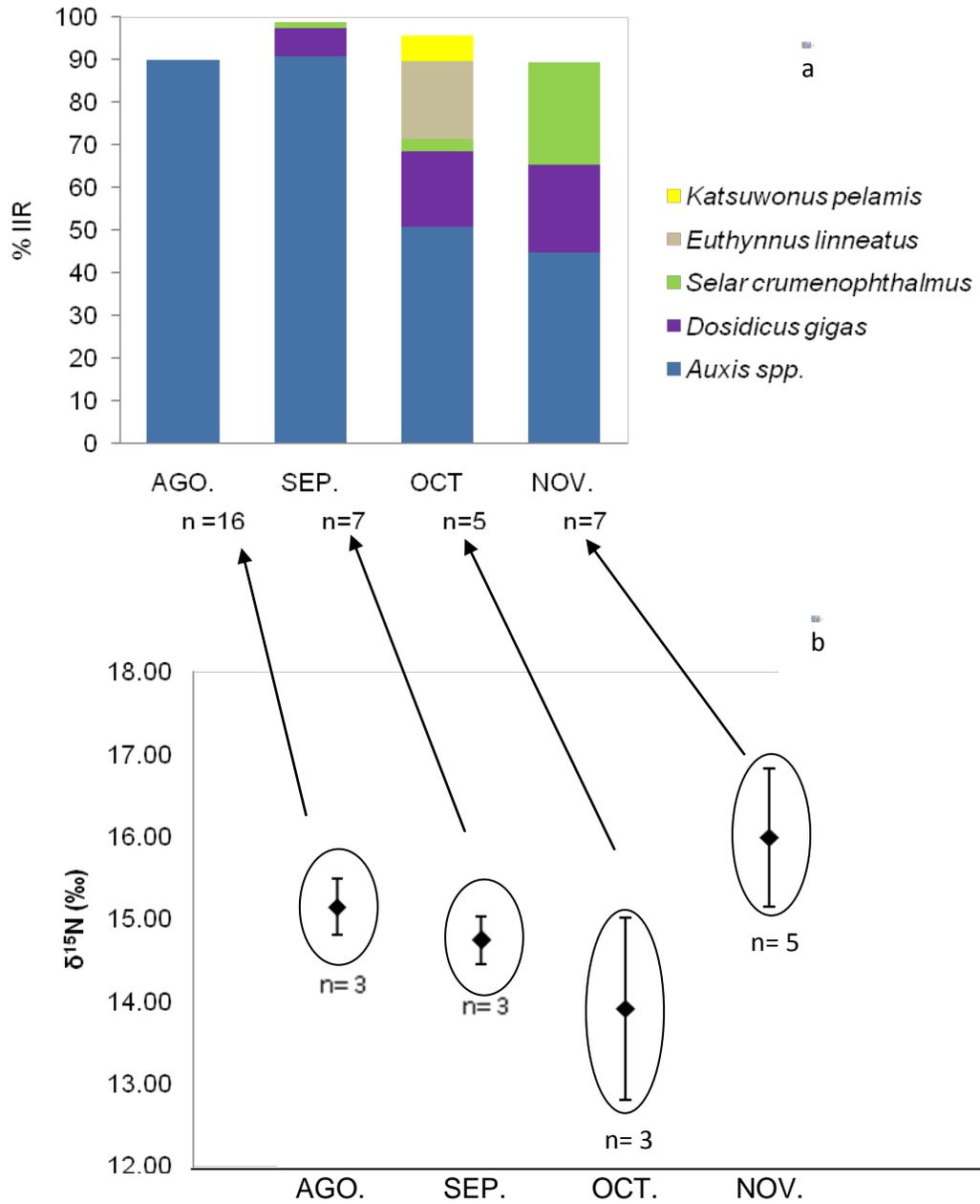


**Figura 34.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín azul *M. nigricans* por años para la zona A.



**Figura 35.-** Valores promedio y desviaciones estándar de  $\delta^{15}\text{N}$  del marlín azul *M. nigricans* por años para la zona A.

Al analizar a una escala mensual, para el 2006 se observan variaciones de  $\delta^{15}\text{N}$  muy relacionado con el tipo de alimento consumido por el depredador, y a medida que este incrementa el consumo de otras especies presas, la variación de  $\delta^{15}\text{N}$  aumenta. En la figura 36 podemos observar que en los meses de agosto y septiembre cuando se registró el mayor consumo de *Auxis* spp. la variación (DE) del  $\delta^{15}\text{N}$  fue mínima, mientras que en el mes de octubre al presentarse el mayor número de especies presas consumidas, la variabilidad de  $\delta^{15}\text{N}$  fue mayor.



**Figura 36.-** Variación de  $\delta^{15}\text{N}$  (b) con respecto a la dieta (a) del marlín azul en los meses del año 2006. Con base en Bearhop *et al.* (2004).

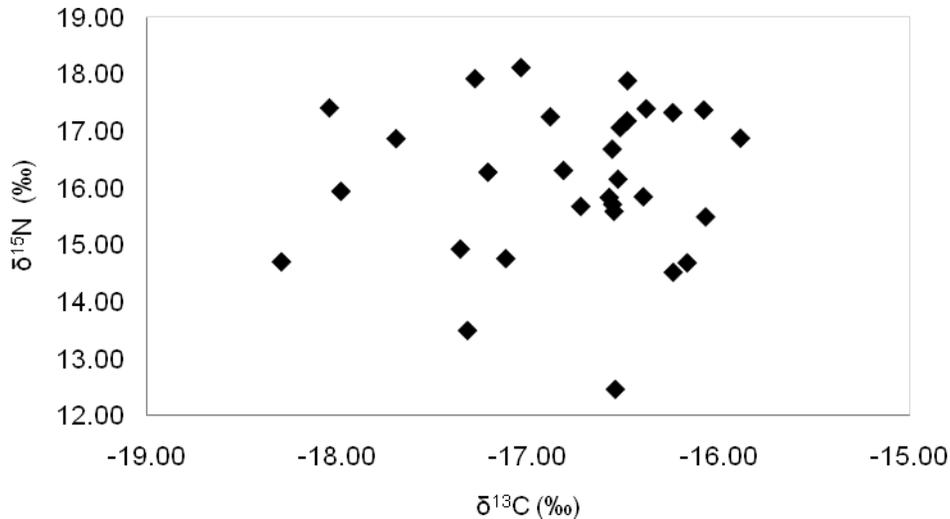
## MARLÍN RAYADO (MR)

El espectro trófico general del marlín rayado se integró por 47 especies presas (7 especies de cefalópodos y 40 especies de peces) pertenecientes a 22 familias (Tabla 7) Mientras que en el caso de los isótopos estables, el intervalo del  $\delta^{15}\text{N}$  en el músculo dorsal fue de 12.46‰ a 18.56‰, con un promedio de  $16.28 \pm 1.32$ ‰; mientras que el intervalo del  $\delta^{13}\text{C}$  fue de -20.81‰ a -15.89‰, con un promedio de  $-17.16 \pm 1.05$ ‰ (Fig. 37).

**Tabla 7.-** Espectro trófico del marlín rayado *K. audax*; expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de aparición (FA), índice de importancia relativa (IIR)

Clase	Familia	Especies	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
Cefalopoda	<b>Ommastrephidae</b>	<b><i>Dosidicus gigas</i></b>	<b>375</b>	<b>26.187</b>	<b>5101.840</b>	<b>9.817</b>	<b>69</b>	<b>34.848</b>	<b>368.285</b>	<b>24.298</b>
		<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	15	1.047	15.890	0.031	7	3.535	1.156	0.076
		<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	1	0.070	160.400	0.309	1	0.505	0.226	0.015
	Argonautidae	<i>Argonauta spp.</i>	333	23.254	548.260	1.055	38	19.192	43.500	2.870
		<i>Argonauta nouryi</i>	24	1.676	47.600	0.092	4	2.020	1.861	0.123
	Bolitaenidae	<i>Japetella diaphana</i>	2	0.140	0.000	0.000	2	1.010	0.140	0.009
Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis dentata</i>	15	1.047	134.550	0.259	6	3.030	1.832	0.121	
Teleostei	<b>Clupeidae</b>	<b><i>Sardinops caeruleus</i></b>	<b>200</b>	<b>13.966</b>	<b>9265.690</b>	<b>17.829</b>	<b>35</b>	<b>17.677</b>	<b>329.119</b>	<b>21.714</b>
		<i>Sardinops spp.</i>	15	1.047	1028.060	1.978	4	2.020	5.044	0.333
	Ariidae	<i>Arius guatemalensis</i>	1	0.070	256.300	0.493	1	0.505	0.319	0.021
	Synodontidae	<i>Synodontidae</i>	2	0.140	8.900	0.017	1	0.505	0.148	0.010
		<i>Synodus scituliceps</i>	1	0.070	193.610	0.373	1	0.505	0.258	0.017
	Merlucciidae	<i>Merluccius spp.</i>	2	0.140	55.420	0.107	2	1.010	0.247	0.016
	Belonidae	<i>Belonidae</i>	4	0.279	32.100	0.062	1	0.505	0.311	0.020
		<i>Tylosurus sp.</i>	16	1.117	86.900	0.167	4	2.020	1.455	0.096
	Hemiramphidae	<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	1	0.070	30.610	0.059	1	0.505	0.100	0.007
	Exocoetidae	<i>Exocoetidae</i>	7	0.489	516.740	0.994	2	1.010	1.493	0.099
		<i>Hirundichthys marginatus</i>	1	0.070	70.300	0.135	1	0.505	0.138	0.009
	Fistularidae	<i>Fistularia spp.</i>	7	0.489	447.600	0.861	2	1.010	1.359	0.090
		<i>Fistularia commersonii</i>	16	1.117	1675.250	3.223	9	4.545	15.769	1.040
		<i>Fistularia corneta</i>	7	0.489	75.700	0.146	2	1.010	0.636	0.042
	Priacanthidae	<i>Pristigenys serrula</i>	1	0.070	1.500	0.003	1	0.505	0.071	0.005
	Carangidae	<i>Carangidae</i>	1	0.070	40.050	0.077	1	0.505	0.109	0.007
<i>Caranx caballus</i>		14	0.978	2474.150	4.761	4	2.020	10.595	0.699	

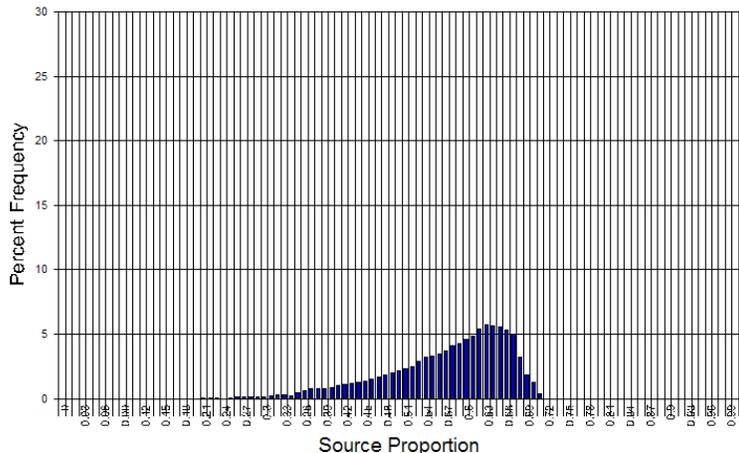
	<i>Caranx spp.</i>	10	0.698	920.650	1.771	4	2.020	4.277	0.282
	<i>Decapterus macrosoma</i>	3	0.209	172.670	0.332	3	1.515	0.713	0.047
	<i>Trachurus spp.</i>	15	1.047	895.000	1.722	3	1.515	3.657	0.241
	<b><i>Decapterus spp.</i></b>	<b>63</b>	<b>4.399</b>	<b>4377.500</b>	<b>8.423</b>	<b>23</b>	<b>11.616</b>	<b>102.242</b>	<b>6.746</b>
	<i>Selar crumenophthalmus</i>	86	6.006	4121.960	7.931	23	11.616	98.137	6.475
	<i>Selene spp.</i>	4	0.279	5.650	0.011	2	1.010	0.290	0.019
Coryphaenidae	<i>Coryphaena spp.</i>	2	0.140	11.500	0.022	1	0.505	0.151	0.010
Sciaenidae	<i>Larimus acclivis</i>	3	0.209	132.190	0.254	1	0.505	0.338	0.022
Chaetodontidae	<i>Chaetodontidae</i>	3	0.209	0.200	0.0004	1	0.505	0.210	0.014
	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	1	0.070	4.350	0.008	1	0.505	0.074	0.005
Scombridae	<i>Scombridae</i>	2	0.140	207.060	0.398	2	1.010	0.542	0.036
	<i>Acanthocybium solandri</i>	1	0.070	1039.640	2.000	1	0.505	1.080	0.071
	<i>Auxis spp.</i>	28	1.955	2867.410	5.517	17	8.586	49.326	3.254
	<i>Katsuwonus pelamis</i>	3	0.209	465.400	0.896	3	1.515	1.566	0.103
	<b><i>Scomber japonicus</i></b>	<b>101</b>	<b>7.053</b>	<b>9501.570</b>	<b>18.282</b>	<b>47</b>	<b>23.737</b>	<b>441.031</b>	<b>29.098</b>
Balistidae	<i>Balistidae</i>	2	0.140	3.820	0.007	2	1.010	0.147	0.010
	<i>Balistes polylepis</i>	7	0.489	242.660	0.467	6	3.030	1.904	0.126
	<i>Pseudobalistes naufragium</i>	1	0.070	11.570	0.022	1	0.505	0.081	0.005
	<i>Canthidermis maculatus</i>	2	0.140	5.840	0.011	2	1.010	0.151	0.010
	<i>Canthidermis spp.</i>	1	0.070	497.490	0.957	1	0.505	0.553	0.037
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides spp</i>	4	0.279	25.000	0.048	3	1.515	0.352	0.023
	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	16	1.117	547.680	1.054	10	5.051	6.440	0.425
Diodontidae	<i>Diodon holocanthus</i>	6	0.419	160.740	0.309	4	2.020	1.044	0.069
	<i>Restos de peces</i>	0	0	45.9	0.088319	0	0	0	0
	<b>Total general</b>	<b>1432</b>		<b>51970.9</b>		<b>198</b>		<b>1498.477</b>	



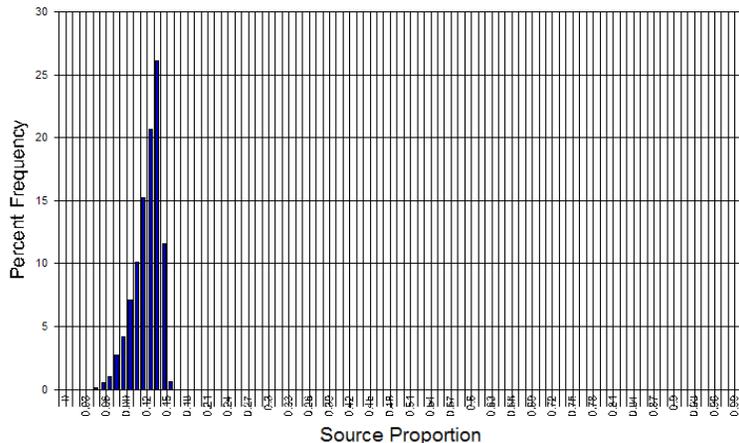
**Figura 37.-** Distribución de los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  en tejido de marlín rayado *K. audax*

A partir del análisis de contenido estomacal, podemos mencionar que el calamar *Dosidicus gigas* (%IIR = 24%), la sardina *Sardinops caeruleus* (%IIR = 21%) y la macarela *Scomber japonicus* (%IIR = 29%) fueron las presas más importante. Mientras que el análisis isotópico (IsoSource), reflejó que *S. caeruleus* (21 a 70%) contribuye con una mayor proporción isotópica, mientras que *S. japonicus* es la segunda en importancia (6 a 16%) con una menor proporción pero con mayor frecuencia y por último, al igual que en el marlín azul, para el marlín rayado el calamar *Dosidicus gigas*, fue la tercera presa en importancia. (Fig. 38). Si bien esto coincide con lo reportado a partir del contenido estomacal (3 principales especies presas), el orden de importancia si varió, por lo que podría indicar que los valores isotópicos de la sardina están siendo bio-acumulados con mayor frecuencia.

SOURCE: *Sardinops caeruleus*



SOURCE: *Scomber japonicus*



SOURCE: *Dosidicus gigas*

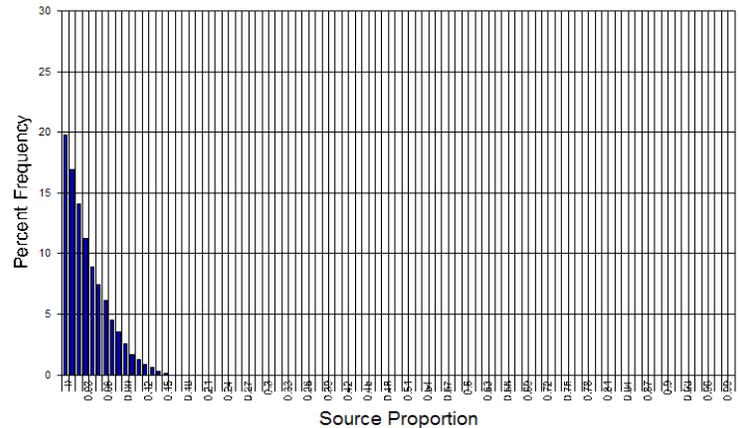
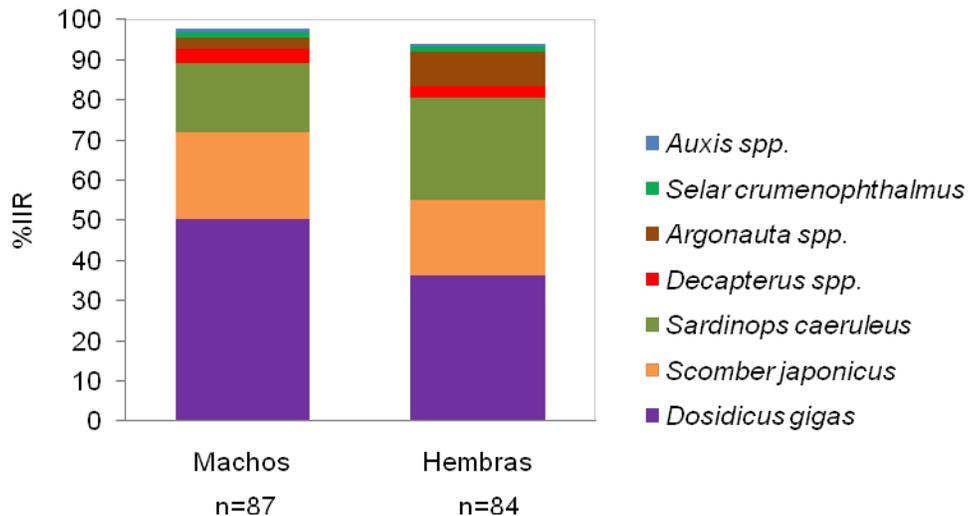


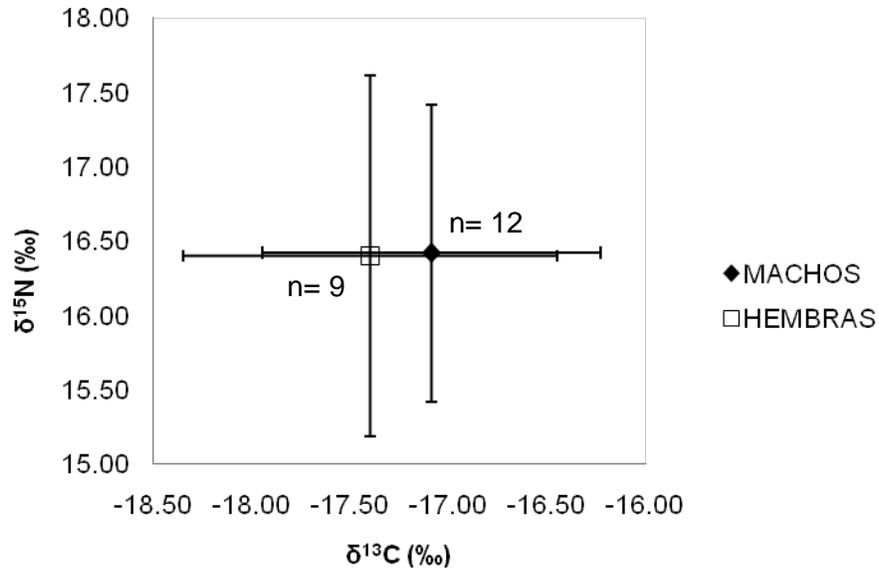
Figura 38.- Principales especies presas del marlín rayado *K. audax* de acuerdo a IsoSource

## Espectro trófico por sexos.

El análisis de similitud (ANOSIM) mostró valores cercanos a 0 al comparar la dieta entre sexos de la zona A ( $R_{\text{GLOBAL}} = 0.025$ ;  $p = 0.05$ ) revelando una alta similitud. Ya que ambos consumieron principalmente *Dosidicus gigas* (Machos %IIR = 50%; Hembras %IIR = 36%) y *S. japonicus* (Machos %IIR = 21%; Hembras %IIR = 19%) (Fig. 39). De igual forma, los valores de Carbono (Machos  $\delta^{13}\text{C} = -17.09 \pm 0.86 \text{‰}$ ; Hembras  $\delta^{13}\text{C} = -17.40 \pm 0.98 \text{‰}$ ) y Nitrógeno (Machos  $\delta^{15}\text{N} = 16.42 \pm 1.21 \text{‰}$ ; Hembras  $\delta^{15}\text{N} = 16.40 \pm 1.34 \text{‰}$ ) presentaron una alta similitud, por lo que no se encontraron diferencias significativas [ $\delta^{15}\text{N}$ :  $H_{(1, 21)} = 0.0808$   $p = .7762$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $H_{(1, 21)} = 0.181$   $p = .669$ ] (Fig. 40).

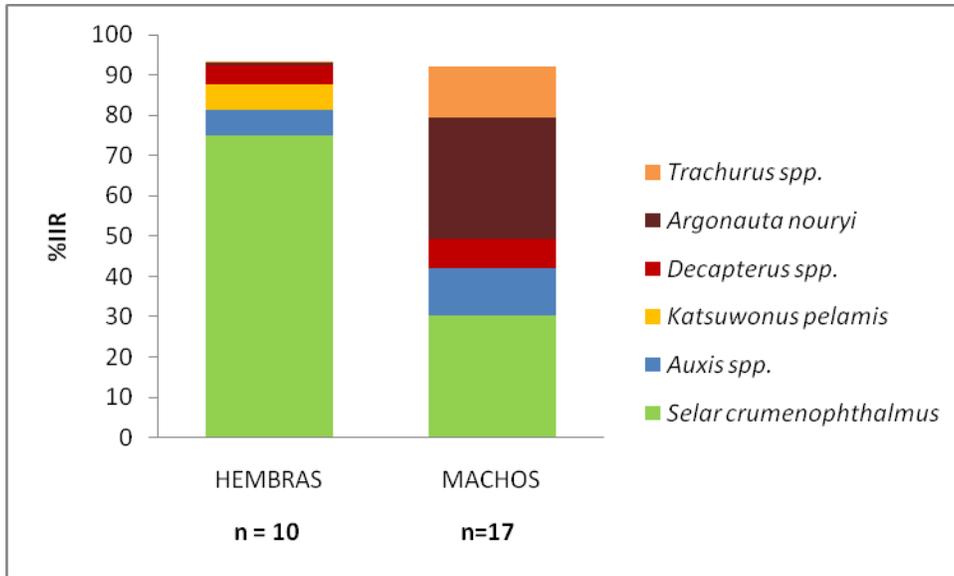


**Figura 39.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) entre sexos de marlín rayado *K. audax* en la zona A

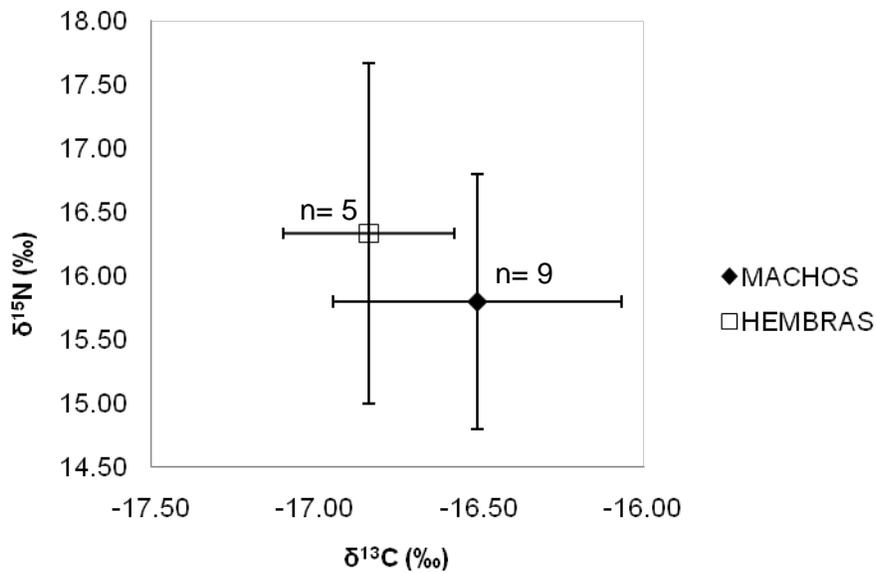


**Figura 40.-** Valores promedio y desviaciones estándar  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  entre sexos de marlín rayado *K. audax* en la zona A.

Mientras que la comparación entre sexos para la zona B. El análisis de similitud (ANOSIM) mostró valores cercanos a 0 al comparar la dieta entre zonas ( $R_{\text{GLOBAL}} = 0.103$ ;  $p = 0.05$ ). Esto debido a que *Selar crumenophthalmus* fue el que consumieron en mayor proporción tanto machos (%IIR = 30%) como hembras (%IIR = 70%) (Fig. 41). Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas en nitrógeno, pero si en carbono entre sexos de la zona B [ $\delta^{15}\text{N}$ :  $H_{(1, 14)} = 1.00$   $p = .317$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $H_{(1, 14)} = 4.27$   $p = .039$ ]. Esto se debe a que los machos presentaron una mayor amplitud de valores de  $\delta^{13}\text{C}$ . La diferencia puede estar relacionada a que los machos están haciendo uso de recursos similares a los de las hembras pero en zonas más amplias y en diferentes proporciones, ya que como se puede observar en la Figura 42 los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de machos se traslapan con los de las hembras, no así los de las hembras con los machos.



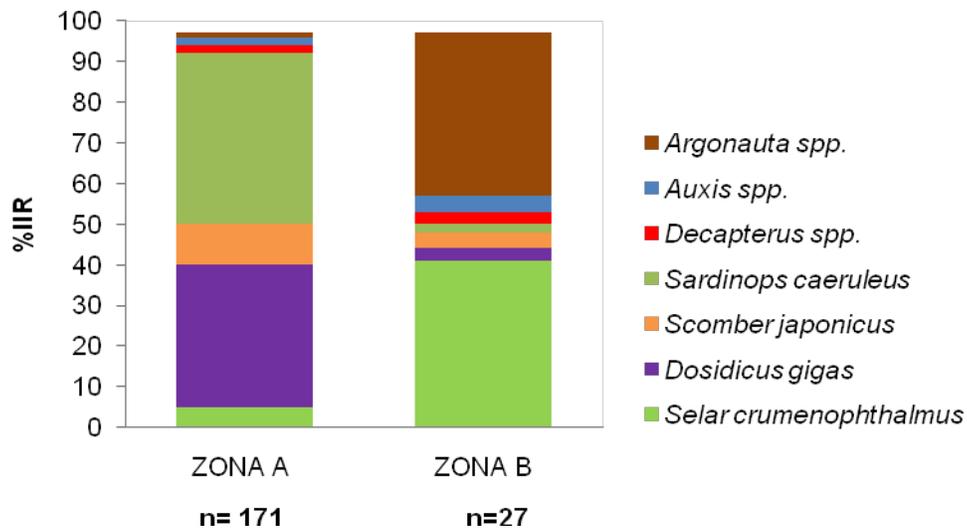
**Figura 41.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) entre sexos de marlín rayado *K. audax* en la zona B.



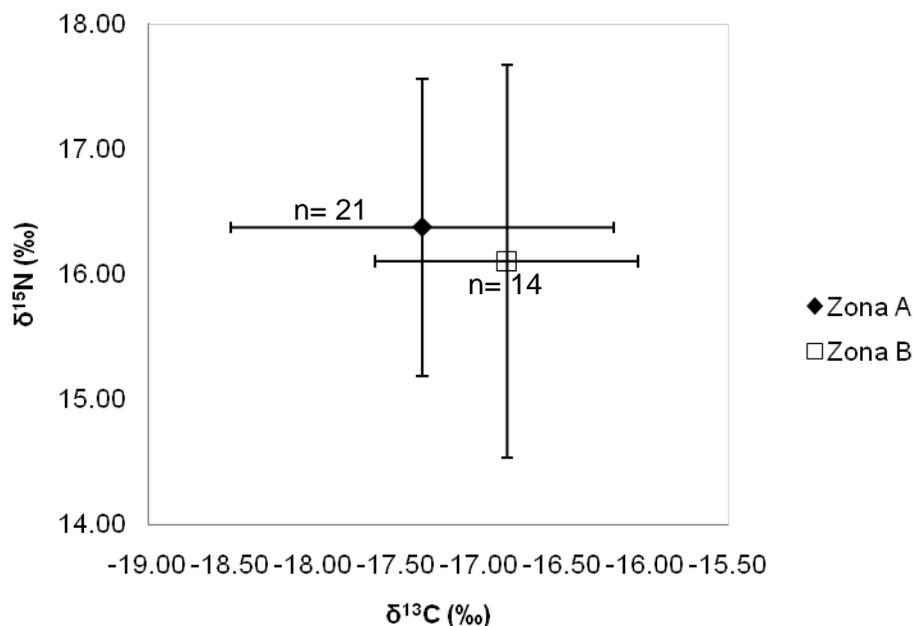
**Figura 42.-** Valores promedio y desviaciones estándar de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  entre sexos del marlín rayado *K. audax* en la zona B.

## Espectro trófico por zonas.

El análisis de similitud (ANOSIM) mostró un valor de  $R_{\text{GLOBAL}}$  de 0.22 ( $p = 0.05$ ) al comparar la dieta entre zonas. Lo que indica que la estructura de la dieta (riqueza) es similar en ambas zonas, mas no así las abundancias de las especies presas, como se puede observar en la Figura 43. Donde comparten presas en común (*S. japonicus*, *Auxis* spp.) pero de acuerdo al índice de importancia relativa (IIR), Para la zona A, *Dosidicus gigas* (35%) y *Sardinops caeruleus* (42%) fueron las mas importantes. Mientras que para la zona B la especie presa más importante fue *Selar crumenophthalmus* (41%) y *Argonauta* spp. (40%) (Fig. 44). No se encontraron diferencias significativas en nitrógeno y carbono en marlín rayado entre zonas [ $\delta^{15}\text{N}$ :  $H_{(1, 35)} = .169$   $p = .680$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $H_{(1, 35)} = .943$   $p = .331$ ] (Fig. 44).



**Figura 43.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín rayado *K. audax* por zonas (zona A = Cabo San Lucas; zona B = Mazatlán).

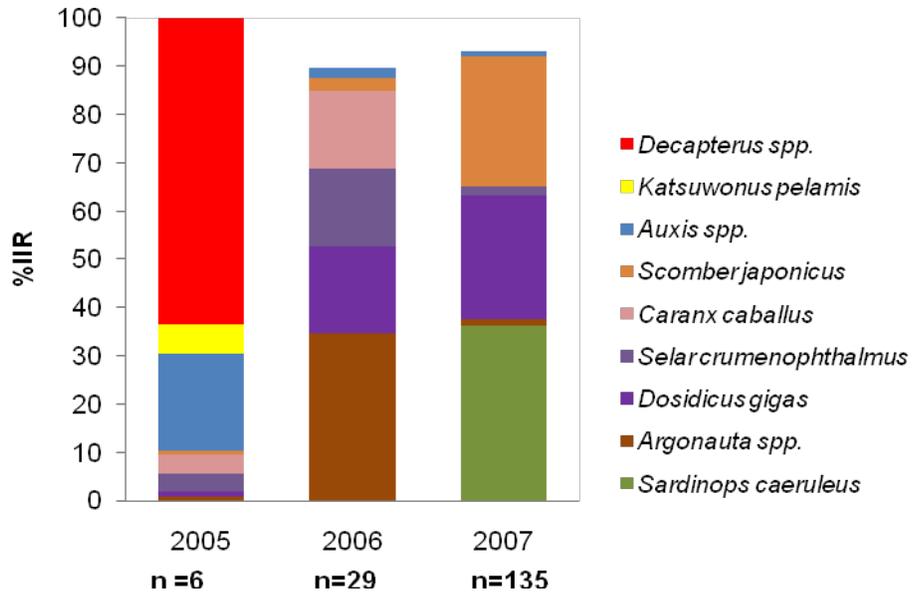


**Figura 44.-** Valores promedio y desviaciones estándar  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  del marlín rayado *K. audax* entre zonas.

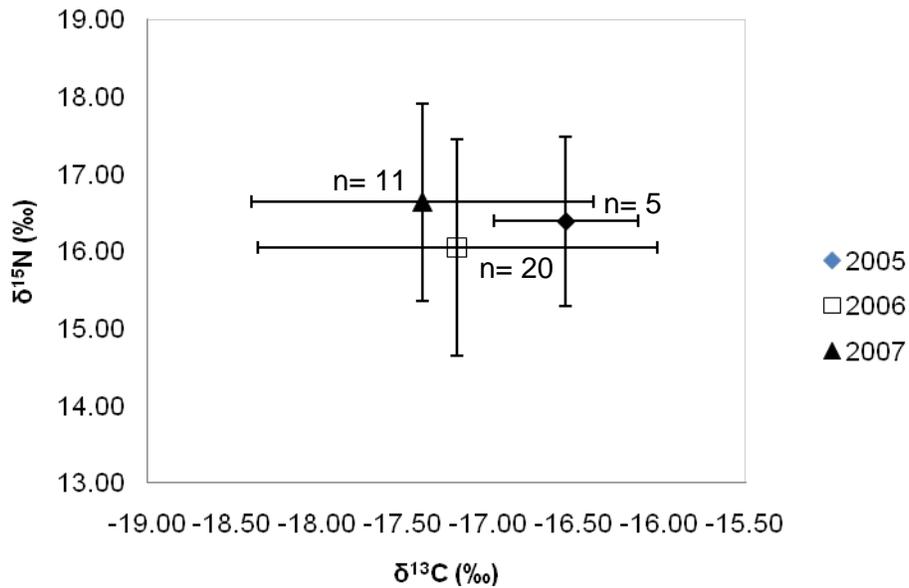
Dado que no se detectaron diferencias significativas en contenido estomacales e isótopos estables de C y N entre zonas, esto datos se agrupados para el análisis por años.

### Espectro trófico por años.

De acuerdo al IIR, se observó variaciones en el orden de importancia de las especies presas; en el 2005 la presa más importante fue *Decapterus* spp. (63%), mientras que en el 2006 fue *Argonauta* spp. (34%) y por último en el 2007 fue *Sardinops caeruleus* (36%). Sin embargo a pesar de estas diferencias se obtuvo un valor de similitud cercano a 0 ( $R_{\text{GLOBAL}} = 0.035$ ;  $p = 0.06$ ) (Fig. 45). Esto se vio reflejado en los isótopos estables, ya que no se encontraron diferencias significativas entre años [ $\delta^{15}\text{N}$ :  $H_{(2, 35)} = 1.57$   $p = .45$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $H_{(2, 35)} = 1.72$   $p = .422$ ] (Fig. 46).



**Figura 45.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de marlín rayado *K. audax* por años.



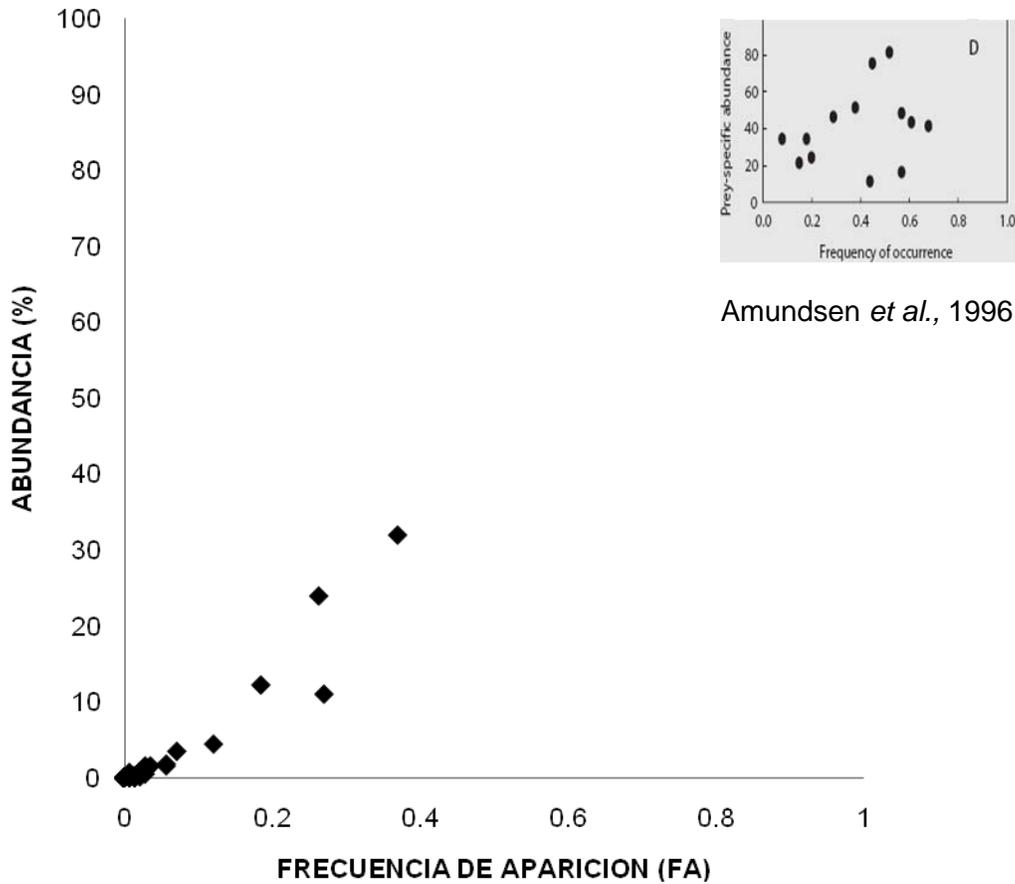
**Figura 46.-** Valores promedio y desviaciones estándar de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  del marlín rayado *K. audax* por años.

El cálculo de la amplitud del nicho trófico a partir del índice de Shannon y Levin's, basándose en contenidos estomacales, tuvo como resultado valores bajos de amplitud de nicho trófico en los tres años, mientras que al presentar un espectro trófico más amplio que el marlín azul, esto se vió reflejado en altos valores de diversidad en los tres años (Tabla 8).

**Tabla 8.-** Valores promedios de amplitud de nicho trófico y de diversidad obtenidos a partir del Índice de Levin y Shannon, respectivamente, para marlín rayado

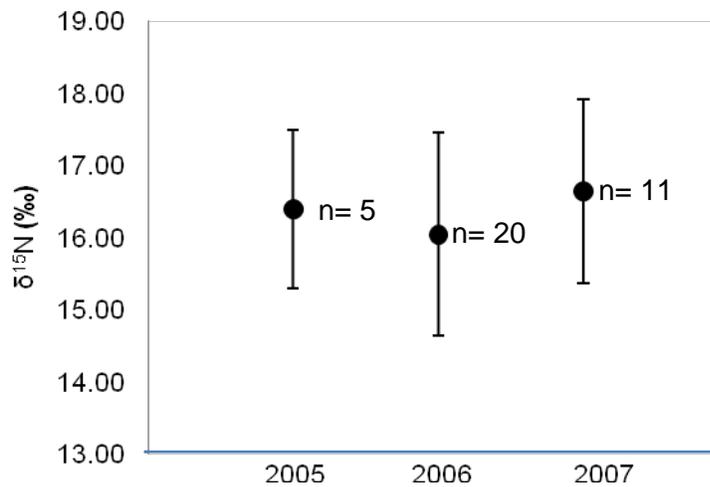
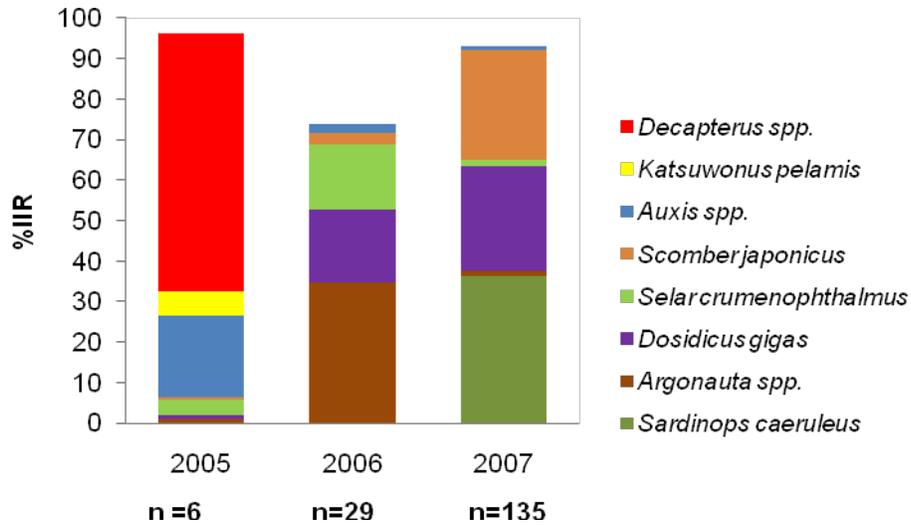
MR	2005	2006	2007
AMPLITUD DE NICHOS	0.48	0.32	0.25
DIVERSIDAD	2.33	2.65	2.99

En la gráfica de estrategia alimenticia propuesta por Amundsen *et al.* (1996); la distribución de los puntos de las especies presas indica una estrategia tipo D para el marlín rayado (Fig. 47), la cual se caracteriza por ser una estrategia de alimentación mixta en la que algunos individuos tienen una dieta especializada y otros una estrategia de alimentación más generalizada. Sin embargo, esta especialización puede estar en función de las abundancias de las especies presas.



**Figura 47.-** Estrategia alimenticia tipo D para marlín rayado con base en el criterio de Amundsen *et al.* (1996).

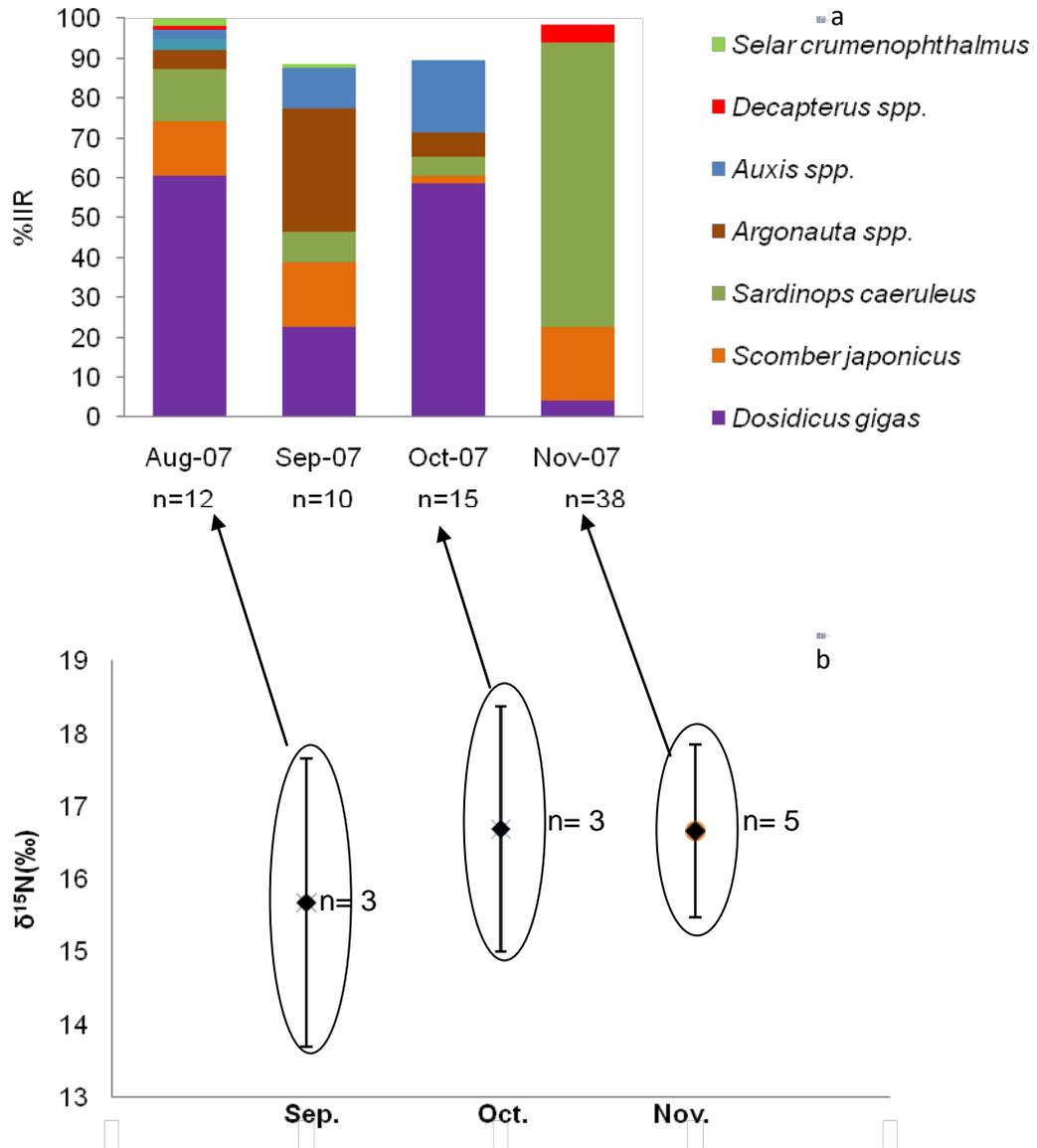
En la Figura 48 podemos observar la relación entre la dieta anual y los valores isotópicos. En el caso del marlín rayado, se observa que las variaciones del  $\delta^{15}\text{N}$  son constantes a través de los años ( $\delta^{15}\text{N}$  2005 = 16.39;  $\delta^{15}\text{N}$  2006 = 16.05;  $\delta^{15}\text{N}$  2007 = 16.64) al igual que las del marlín azul, sin embargo estas son más amplias ( $\text{DE}_{2005}$  = 1.09;  $\text{DE}_{2006}$  = 1.40;  $\text{DE}_{2007}$  = 1.27).



**Figura 48.-** Variación de  $\delta^{15}\text{N}$  con respecto a la dieta del marlín rayado entre años. Con base en Bearhop *et al.* (2004).

De igual manera, al analizar la variación a una escala mensual (2007) podemos observar nuevamente amplias variaciones del  $\delta^{15}\text{N}$  en donde se observa que de agosto a octubre que es cuando presenta el mayor número de especies consumidas, corresponde con las variaciones de  $\delta^{15}\text{N}$ . Mientras que en el mes de noviembre, se

presenta un decremento en las especies consumidas por parte del marlín rayado, reflejándose una disminución en la variación del  $\delta^{15}\text{N}$  (Fig. 49).



**Figura 49.-** Variación de  $\delta^{15}\text{N}$  (b) con respecto a la dieta (a) del marlín rayado en los meses del 2007. Con base en Bearhop *et al.* (2004).

## DORADO (DO)

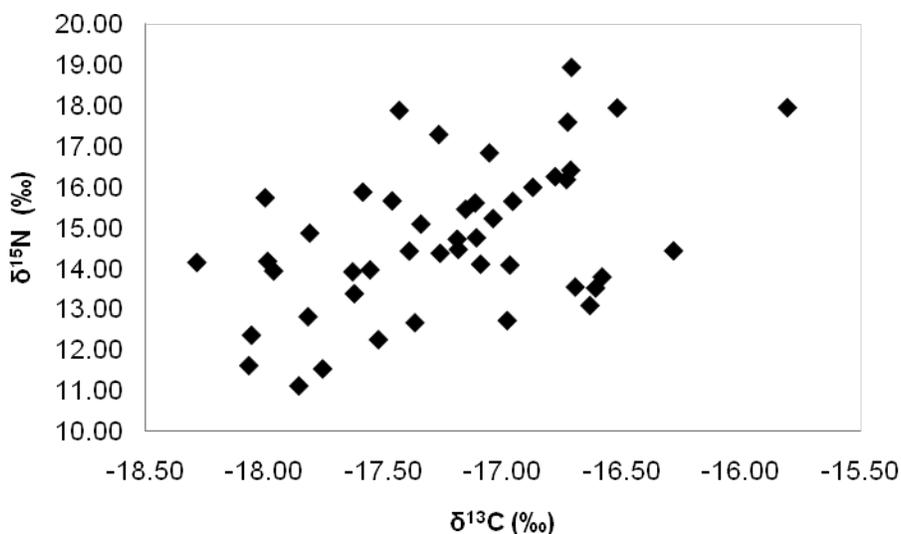
El espectro trófico se integró por 105 especies presas (13 especies de cefalópodos, 18 especies de crustáceos, 73 especies de peces y 1 tortuga) pertenecientes a 50 familias (Tabla 9). Mientras que en el caso de los isótopos estables, el intervalo del  $\delta^{15}\text{N}$  en el músculo dorsal fue de 11.13‰ a 18.93‰, con un promedio de  $14.47 \pm 1.82$ ‰; mientras que el intervalo del  $\delta^{13}\text{C}$  fue de -18.29‰ a -15.81‰, con un promedio de  $-16.85 \pm 0.53$ ‰ (Fig. 50).

**Tabla 9.-** Espectro trófico del dorado *C. hippurus*; expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de aparición (FA), índice de importancia relativa (IIR)

Clase	Familia	Especies	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
Cefalopoda	Theutoidea	<i>Theutoidea</i>	1	0.0319	420.00	1.2473	1	0.1520	0.1944	0.0146
	Lologinidae	<i>Loliolopsis diomedea</i>	2	0.0639	4.70	0.0140	2	0.3040	0.0237	0.0018
	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	3	0.0958	88.90	0.2640	3	0.4559	0.1641	0.0123
	Enoplateuthidae	<i>Abraliopsis affinis</i>	11	0.3513	34.18	0.1015	3	0.4559	0.2065	0.0155
	Histioteuthidae	<i>Histioteuthis dofleini</i>	2	0.0639	0.00	0.0000	2	0.3040	0.0194	0.0015
		<i>Histioteuthis sp.</i>	1	0.0319	0.00	0.0000	1	0.1520	0.0049	0.0004
	Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis dentata</i>	7	0.2236	0.00	0.0000	2	0.3040	0.0680	0.0051
		<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	18	0.5749	51.28	0.1523	7	1.0638	0.7736	0.0580
	<b>Ommastrephidae</b>	<b><i>Dosidicus gigas</i></b>	<b>53</b>	<b>1.6927</b>	<b>3551.66</b>	<b>10.5475</b>	<b>30</b>	<b>4.5593</b>	<b>55.8065</b>	<b>4.1835</b>
	Argonautidae	<i>Argonauta cornutus</i>	13	0.4152	57.43	0.1706	6	0.9119	0.5341	0.0400
		<i>Argonauta nouryi</i>	13	0.4152	45.34	0.1346	7	1.0638	0.5849	0.0439
		<i>Argonauta spp.</i>	135	4.3117	94.42	0.2804	36	5.4711	25.1241	1.8834
	Bolitaenidae	<i>Japetella diaphana</i>	1	0.0319	0.00	0.0000	1	0.1520	0.0049	0.0004
		<i>Restos de Cefalopodo</i>	19	0.6068	914.60	2.7161	16	2.4316	8.0801	0.6057
Crustacea	Nannosquillidae	<i>Nannosquillidae</i>	1	0.0319	0.22	0.0007	1	0.1520	0.0050	0.0004
		<i>Neognathophausia ingens</i>	2	0.0639	9.08	0.0270	2	0.3040	0.0276	0.0021
	Lophogastridae		2	0.0639	9.08	0.0270	2	0.3040	0.0276	0.0021
	Amphipoda	<i>Amphipodos</i>	3	0.0958	4.40	0.0131	2	0.3040	0.0291	0.0022
	Isopoda	<i>Isopodos</i>	15	0.4791	18.59	0.0552	1	0.1520	0.0728	0.0055
	Euphausiidae	<i>Nyctiphanes simplex</i>	56	1.7886	17.72	0.0526	6	0.9119	1.6789	0.1259
	Penaeidae	<i>penaeidae</i>	2	0.0639	12.49	0.0371	2	0.3040	0.0307	0.0023
		<i>Farfantepenaeus spp.</i>	1	0.0319	20.40	0.0606	1	0.1520	0.0141	0.0011
		<i>Farfantepenaeus brevisrostris</i>	1	0.0319	52.70	0.1565	1	0.1520	0.0286	0.0021
		<i>Litopenaeus vannamei</i>	3	0.0958	16.39	0.0487	3	0.4559	0.0659	0.0049
	<b>Galatheidae</b>	<b><i>Pleuoncodes planipes</i></b>	<b>173</b>	<b>55.509</b>	<b>2380.4</b>	<b>7.0694</b>	<b>75</b>	<b>11.398</b>	<b>713.284</b>	<b>53.471</b>
Portunidae	<i>Portunidae</i>	1	0.0319	10.10	0.0300	1	0.1520	0.0049	0.0004	

		<i>Callinectes spp.</i>	2	0.0639	3.40	0.0101	1	0.1520	0.0112	0.0008
		<i>Callinectes arcuatus</i>	1	0.0319	0.20	0.0006	1	0.1520	0.0049	0.0004
		<i>Callinectes bellicosus</i>	17	0.5430	73.97	0.2197	10	1.5198	1.1590	0.0869
		<i>Euphyllax dovii</i>	1	0.0319	1.50	0.0045	1	0.1520	0.0055	0.0004
		<i>Euphyllax robustus</i>	2	0.0639	10.40	0.0309	1	0.1520	0.0144	0.0011
		<i>Portunus xantusii</i>	7	0.2236	25.65	0.0762	7	1.0638	0.3189	0.0239
	Grapsidae	<i>Goniopsis pulchra</i>	1	0.0319	1.00	0.0030	1	0.1520	0.0049	0.0004
		<i>restos crustáceos</i>	5	0.1597	4.10	0.0122	5	0.7599	0.1306	0.0098
Teleostei	Ophichthidae	<i>Ophichthidae</i>	1	0.0319	2.50	0.0074	1	0.1520	0.0060	0.0004
	Clupeidae	<i>Harengula thrissina</i>	33	1.0540	151.17	0.4489	2	0.3040	0.4568	0.0342
		<i>Harengula thrissina</i>	133	4.2478	298.30	0.8859	1	0.1520	0.7802	0.0585
		<i>Lile stolidifera</i>	1	0.0319	20.39	0.0606	1	0.1520	0.0141	0.0011
		<i>Opisthonema spp.</i>	5	0.1597	130.56	0.3877	3	0.4559	0.2496	0.0187
		<i>Sardinops caeruleus</i>	34	1.0859	435.78	1.2941	13	1.9757	4.7023	0.3525
		<i>Sardinops spp.</i>	7	0.2236	2.10	0.0062	2	0.3040	0.0699	0.0052
	Engraulidae	<i>Anchoa spp</i>	9	0.2874	2.70	0.0080	1	0.1520	0.0449	0.0034
	Phosichthyidae	<i>vinciguerria lucetia</i>	33	1.0540	21.90	0.0650	5	0.7599	0.8503	0.0637
	Atherinidae	<i>Atherinella nepenthe</i>	2	0.0639	31.68	0.0941	2	0.3040	0.0480	0.0036
	Belonidae	<i>Belonidae</i>	3	0.0958	5.10	0.0151	2	0.3040	0.0337	0.0025
		<i>Tylosurus crocodilus fodiator</i>	11	0.3513	169.00	0.5019	7	1.0638	0.9077	0.0680
	<b>Hemiramphidae</b>	<b><i>Hemiramphus saltator</i></b>	<b>123</b>	<b>3.9285</b>	<b>4758.1</b>	<b>14.130</b>	<b>94</b>	<b>14.285</b>	<b>257.982</b>	<b>19.339</b>
		<i>Hemiramphidae</i>	1	0.0319	3.90	0.0116	1	0.1520	0.0066	0.0005
		<i>Hemiramphus marginatus</i>	2	0.0639	53.19	0.1580	2	0.3040	0.0674	0.0051
		<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	1	0.0319	12.80	0.0380	1	0.1520	0.0106	0.0008
	Hemiramphidae	<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	59	1.8844	1403.91	4.1692	34	5.1672	31.2801	2.3449
	Exocoetidae	<i>Cheilopogon papilio</i>	2	0.0639	114.90	0.3412	2	0.3040	0.1231	0.0092
	Exocoetidae	<i>Cypselurus callopterus</i>	3	0.0958	363.10	1.0783	3	0.4559	0.5353	0.0401
		<i>Exocoetidae</i>	52	1.6608	896.34	2.6619	35	5.3191	22.9931	1.7237
		<i>Exocoetus volitans</i>	2	0.0639	24.29	0.0721	2	0.3040	0.0413	0.0031
		<i>Fodiator acus rostratus</i>	1	0.0319	28.63	0.0850	1	0.1520	0.0178	0.0013
		<i>Hirundichthys marginatus</i>	41	1.3095	1438.70	4.2726	29	4.4073	24.6017	1.8443
	Holocentridae	<i>Myripristis leiognathus</i>	1	0.0319	2.00	0.0059	1	0.1520	0.0058	0.0004
	Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i>	1	0.0319	126.43	0.3755	1	0.1520	0.0619	0.0046
		<i>Fistularia corneta</i>	9	0.2874	92.50	0.2747	6	0.9119	0.5126	0.0384
		<i>Fistularia corneta</i>	1	0.0319	0.70	0.0021	1	0.1520	0.0052	0.0004
		<i>Fistularia spp.</i>	1	0.0319	0.50	0.0015	1	0.1520	0.0051	0.0004
	Syngnathidae	<i>Hippocampus ingens</i>	1	0.0319	3.90	0.0116	1	0.1520	0.0066	0.0005
		<i>Hippocampus spp</i>	1	0.0319	1.63	0.0048	1	0.1520	0.0056	0.0004
	serranidae	<i>Diplectrum spp.</i>	1	0.0319	21.80	0.0647	1	0.1520	0.0147	0.0011
	Priacanthidae	<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	1	0.0319	0.20	0.0006	1	0.1520	0.0049	0.0004
		<i>Phtheirichthys lineatus</i>	1	0.0319	110.90	0.3293	1	0.1520	0.0549	0.0041
	Echeneidae	<i>Selar</i>								
	<b>Carangidae</b>	<b><i>crumenophthalmus</i></b>	<b>34</b>	<b>1.0859</b>	<b>3573.8</b>	<b>10.613</b>	<b>23</b>	<b>3.4954</b>	<b>40.8938</b>	<b>3.0656</b>

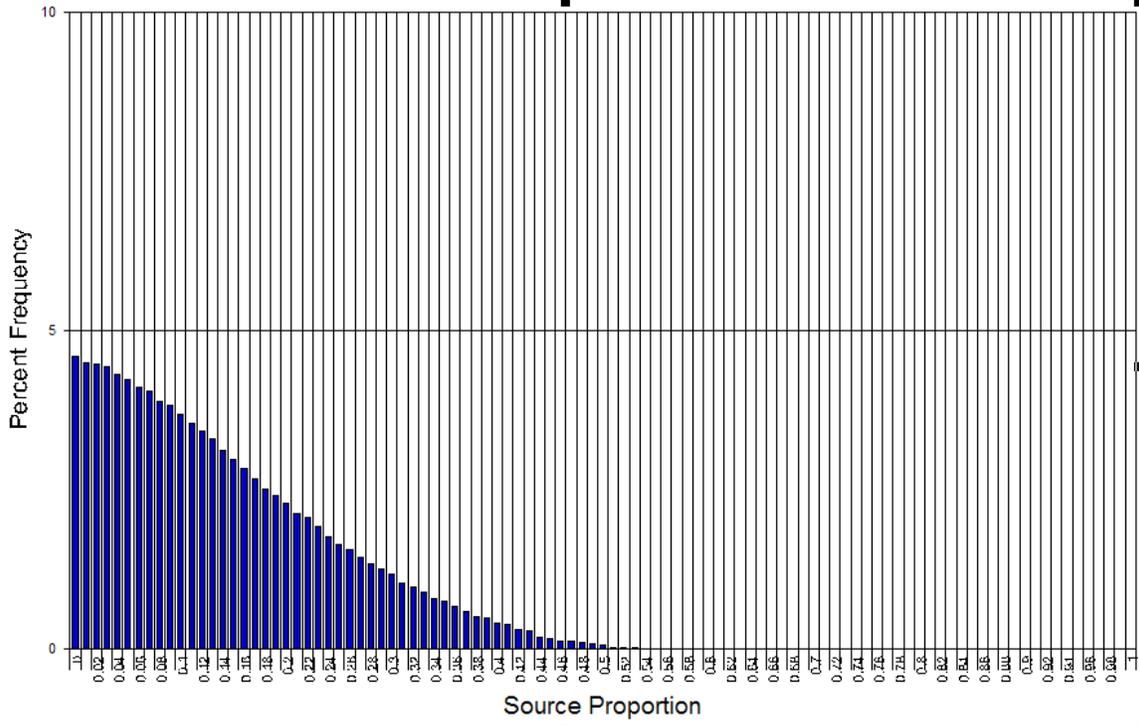
		<i>Selene spp.</i>	1	0.0319	8.60	0.0255	1	0.1520	0.0087	0.0007
		<i>Trachinotus spp</i>	4	0.1278	120.08	0.3566	1	0.1520	0.0736	0.0055
		<i>Carangidae</i>	10	0.3194	177.72	0.5278	9	1.3678	1.1587	0.0869
		<i>Caranx caballus</i>	17	0.5430	1014.95	3.0141	14	2.1277	7.5683	0.5674
		<i>Caranx sexfasciatum</i>	1	0.0319	117.10	0.3478	1	0.1520	0.0577	0.0043
		<i>Caranx spp.</i>	18	0.5749	99.15	0.2944	15	2.2796	1.9818	0.1486
		<i>Chloroscombrus orqueta</i>	9	0.2874	128.53	0.3817	8	1.2158	0.8136	0.0610
		<i>Decapterus macrosoma</i>	3	0.0958	266.45	0.7913	2	0.3040	0.2696	0.0202
		<i>Decapterus spp.</i>	16	0.5110	544.00	1.6155	10	1.5198	3.2318	0.2423
	Nematistiidae	<i>Nematistius pectoralis</i>	1	0.0319	196.40	0.5833	1	0.1520	0.0935	0.0070
	Coryphaenidae	<i>Coryphaena equiselis</i>	1	0.0319	133.16	0.3954	1	0.1520	0.0650	0.0049
		<i>Coryphaena hippurus</i>	2	0.0639	425.00	1.2621	2	0.3040	0.4030	0.0302
		<i>Coryphaena spp.</i>	7	0.2236	220.93	0.6561	6	0.9119	0.8021	0.0601
	Lutjanidae	<i>Lutjanus peru</i>	1	0.0319	64.90	0.1927	1	0.1520	0.0341	0.0026
	Haemulidae	<i>Haemulidae</i>	1	0.0319	1.45	0.0043	1	0.1520	0.0049	0.0004
		<i>Haemulon maculicauda</i>	1	0.0319	54.50	0.1619	1	0.1520	0.0295	0.0022
	Sciaenidae	<i>Sciaenidae</i>	8	0.2555	33.88	0.1006	5	0.7599	0.2706	0.0203
		<i>Cynoscion parvipinnis</i>	1	0.0319	1.08	0.0032	1	0.1520	0.0053	0.0004
		<i>Larimus pacificus</i>	4	0.1278	12.70	0.0377	2	0.3040	0.0503	0.0038
	Chaetodontidae	<i>Chaetodontidae</i>	1	0.0319	0.10	0.0003	1	0.1520	0.0049	0.0004
		<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	1	0.0319	2.00	0.0059	1	0.1520	0.0058	0.0004
	Pomacentridae	<i>Stegastes spp</i>	2	0.0639	2.20	0.0065	2	0.3040	0.0214	0.0016
	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	2	0.0639	210.40	0.6248	2	0.3040	0.2093	0.0157
		<i>Mugil hospes</i>	5	0.1597	37.98	0.1128	2	0.3040	0.0828	0.0062
		<i>Mugil spp.</i>	1	0.0319	72.90	0.2165	1	0.1520	0.0378	0.0028
	Sphyraenidae	<i>Sphyraena spp</i>	1	0.0319	68.80	0.2043	1	0.1520	0.0359	0.0027
	Trichiuridae	<i>Lepidopus fitchi</i>	1	0.0319	2.26	0.0067	1	0.1520	0.0059	0.0004
	<b>Scombridae</b>	<b><i>Scomber japonicus</i></b>	<b>33</b>	<b>1.0540</b>	<b>3158.90</b>	<b>9.3811</b>	<b>26</b>	<b>3.9514</b>	<b>41.2328</b>	<b>3.0910</b>
		<i>Scombridae</i>	5	0.1597	3.80	0.0113	3	0.4559	0.0780	0.0058
		<i>Auxis spp.</i>	9	0.2874	1027.39	3.0511	9	1.3678	4.5664	0.3423
		<i>Katsuwonus pelamis</i>	4	0.1278	291.76	0.8664	3	0.4559	0.4533	0.0340
	Balistidae	<i>Canthidermis maculatus</i>	4	0.1278	69.45	0.2062	4	0.6079	0.2030	0.0152
		<b><i>Balistes polylepis</i></b>	<b>108</b>	<b>3.4494</b>	<b>712.55</b>	<b>2.1161</b>	<b>55</b>	<b>8.3587</b>	<b>46.5198</b>	<b>3.4874</b>
		<i>Balistidae</i>	24	0.7665	33.85	0.1005	17	2.5836	2.2401	0.1679
		<i>Pseudobalistes naufragium</i>	2	0.0639	4.65	0.0138	1	0.1520	0.0118	0.0009
	Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i>	2	0.0639	25.61	0.0761	2	0.3040	0.0425	0.0032
	Tetraodontidae	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	34	1.0859	1239.57	3.6812	27	4.1033	19.5611	1.4664
		<i>Sphoeroides annulatus</i>	3	0.0958	0.20	0.0006	1	0.1520	0.0147	0.0011
		<i>Sphoeroides spp</i>	3	0.0639	0.47	0.0014	2	0.3040	0.0198	0.0019
	Diodontidae	<i>Diodon holocanthus</i>	21	0.6707	694.34	2.0620	12	1.8237	4.9837	0.3736
		<i>Restos de peces</i>	8	0.2555	111.78	0.3320	8	1.2158	0.7142	0.0535
Reptilia	Cheloniidae	<i>Lepidochelys olivacea</i>	3	0.0958	52.80	0.1568	3	0.4559	0.1152	0.0086



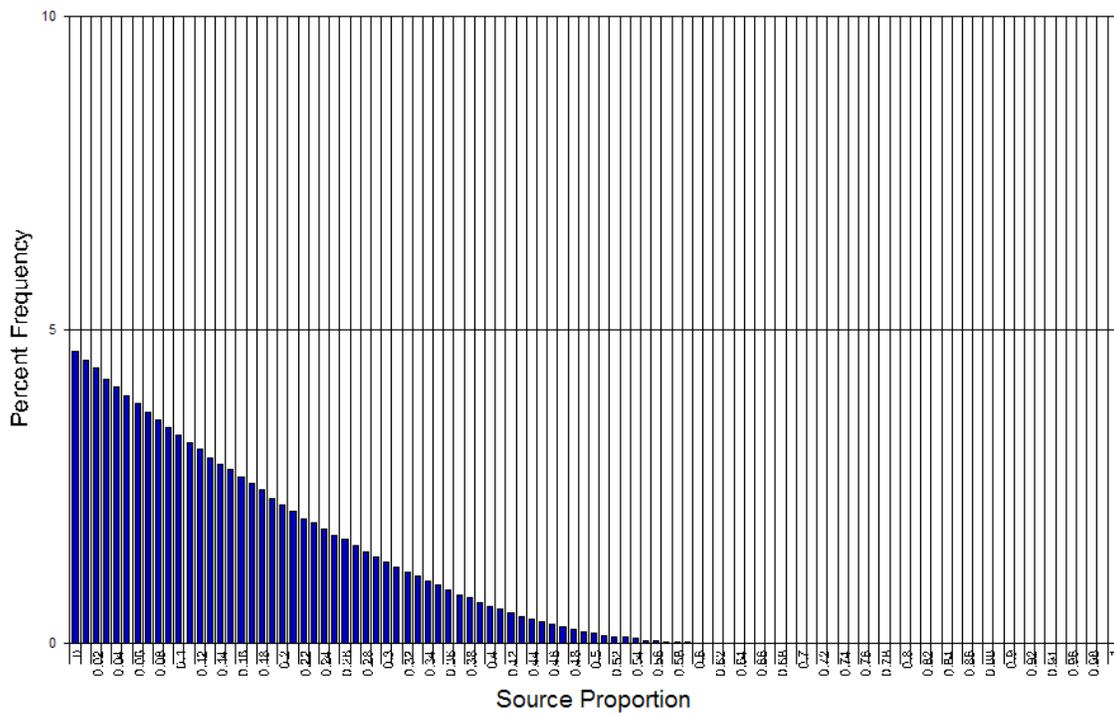
**Figura 50.-** Distribución de los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  en tejido de *C. hippurus*

De acuerdo al %IIR de manera general, la langostilla *Pleuroncodes planipes* fue la más importante (%IIR = 53%). Mientras que el análisis isotópico (IsoSource), reflejó que la langostilla aporta alrededor del 50% a la mezcla isotópica del depredador, pero también se observó que este depredador presenta en su firma isotópica, el aporte de varias especies presas en pequeñas proporciones pero en altas frecuencias, lo que indica un alto consumo de especies presas, pero en pequeñas abundancias (Fig. 51).

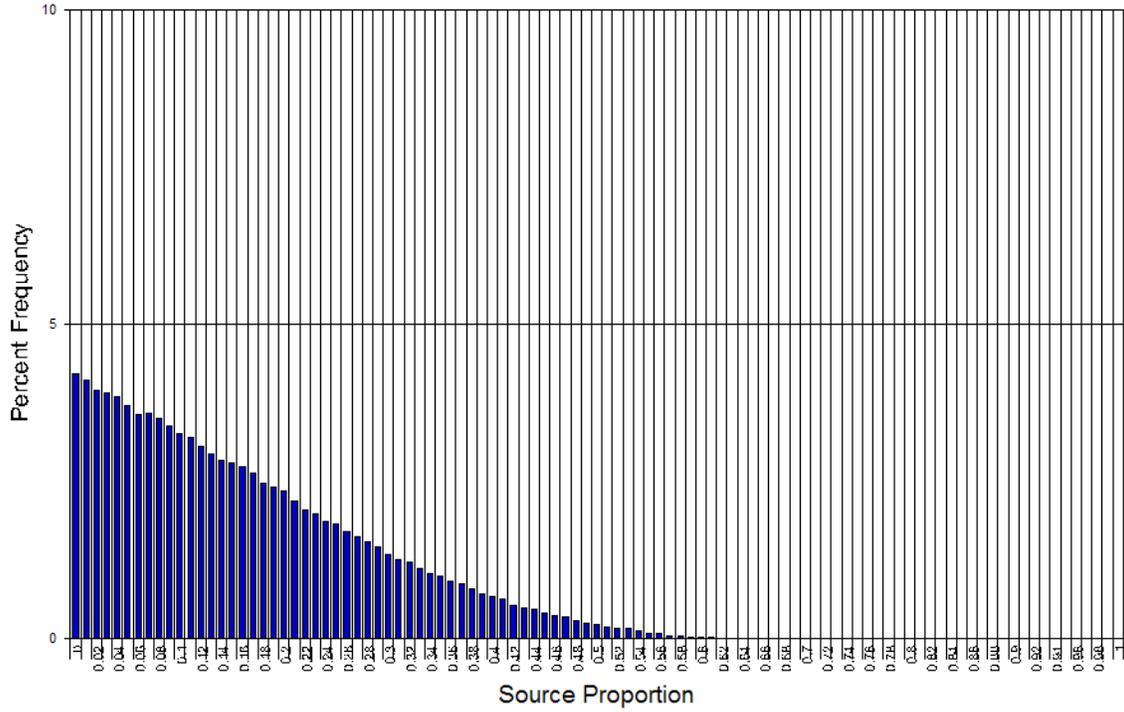
**SOURCE: Pleuroncodes planipes**



**SOURCE: Dosidicus gigas**



SOURCE: Argonauta spp.



SOURCE: Lagocephalus lagocephalus

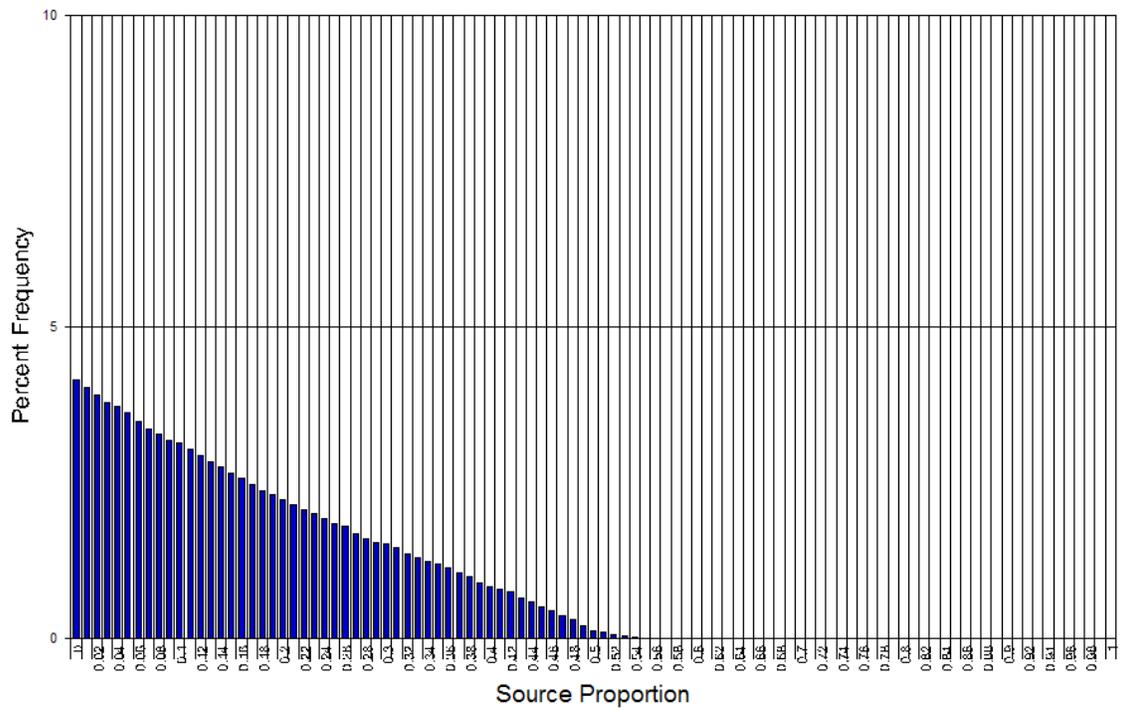
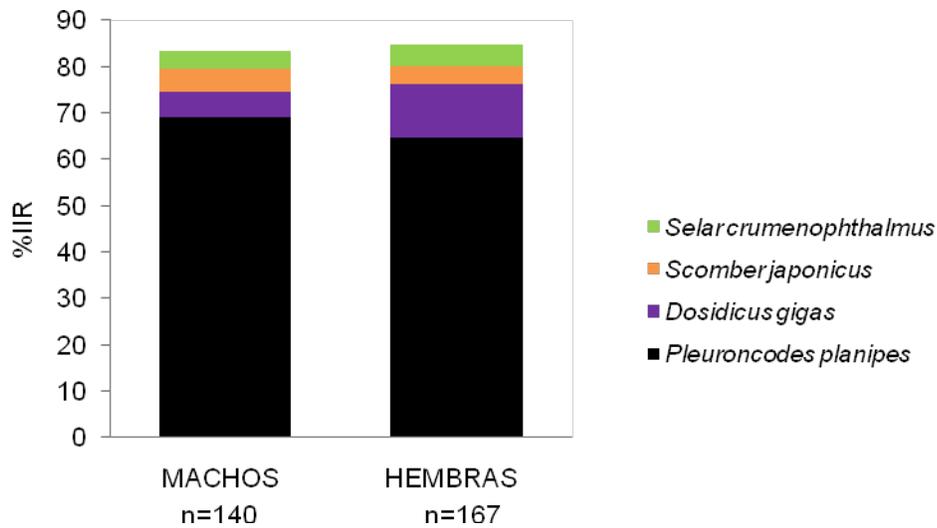


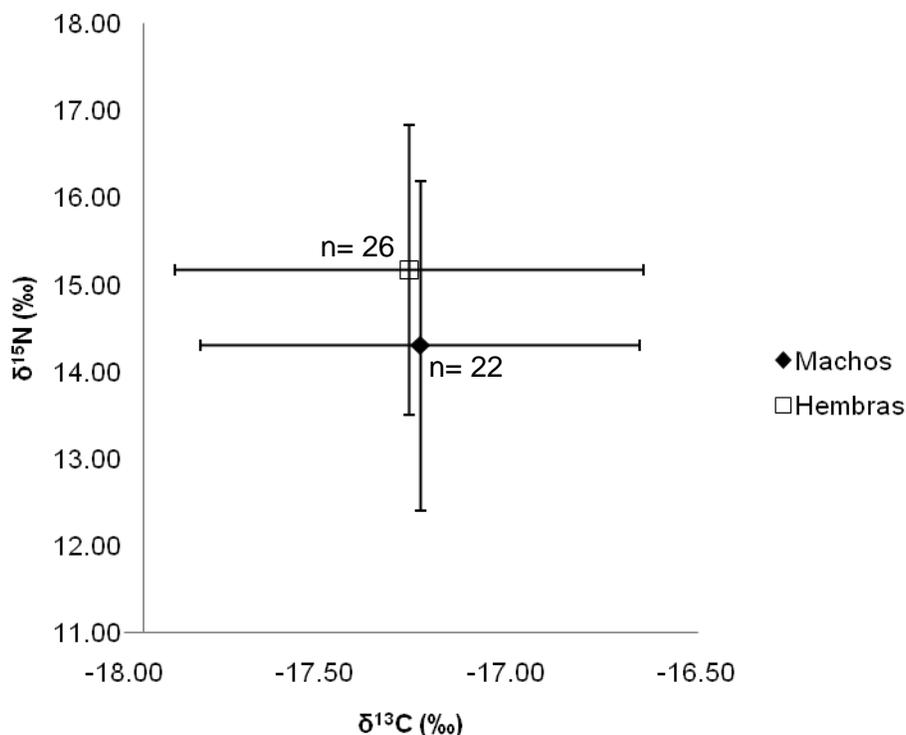
Figura 51.- Principales especies presas del dorado *C. hippurus* de acuerdo a IsoSource

## Espectro trófico por sexos.

El análisis de similitud (ANOSIM) mostró un valor de  $R_{\text{GLOBAL}} = 0.002$  (nivel de significancia = 20%), lo que indica una alta similitud. Esto debido a que ambos sexos consumieron en una mayor proporción la langostilla *P. planipes* (Machos %IIR = 68%; Hembras %IIR = 64%) (Fig. 52). Mientras que en los isótopos estables no se encontraron diferencias entre sexos [ $\delta^{15}\text{N}$ :  $H_{(1, 48)} = 3.39$   $p = .065$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $H_{(1, 48)} = .001$   $p = .967$ ] (Fig. 53). Cabe mencionar que si bien no se encontraron diferencias significativas, las hembras fueron las que presentaron los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  mas altos (Valor promedio = 15.17; Valor máximo = 18.93), mientras que en  $\delta^{13}\text{C}$  fueron las que presentaron las mayores variaciones ( $DE_{\text{hembras}} = 0.61$ )

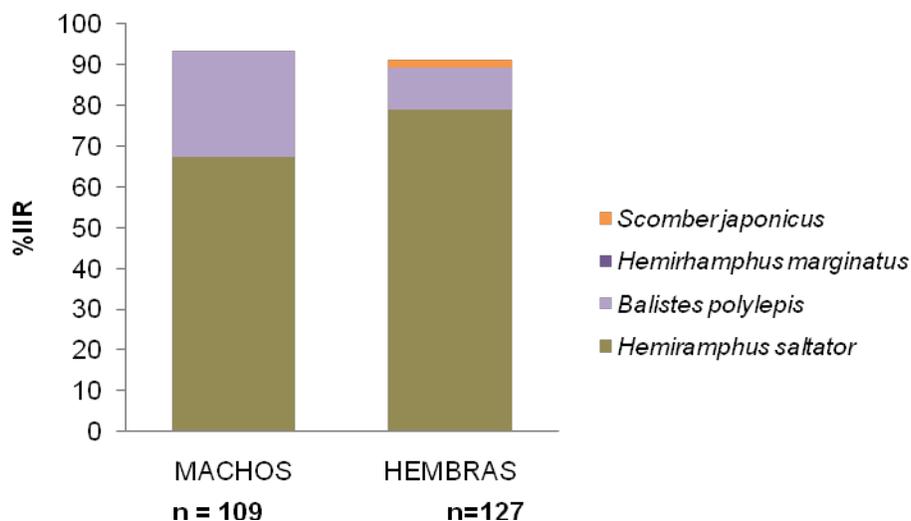


**Figura 52.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) entre sexos de dorado *C. hippurus* en la zona A.



**Figura 53.-** Valores promedio y desviaciones estándar  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  entre sexos de dorado *C. hippurus* en la zona A

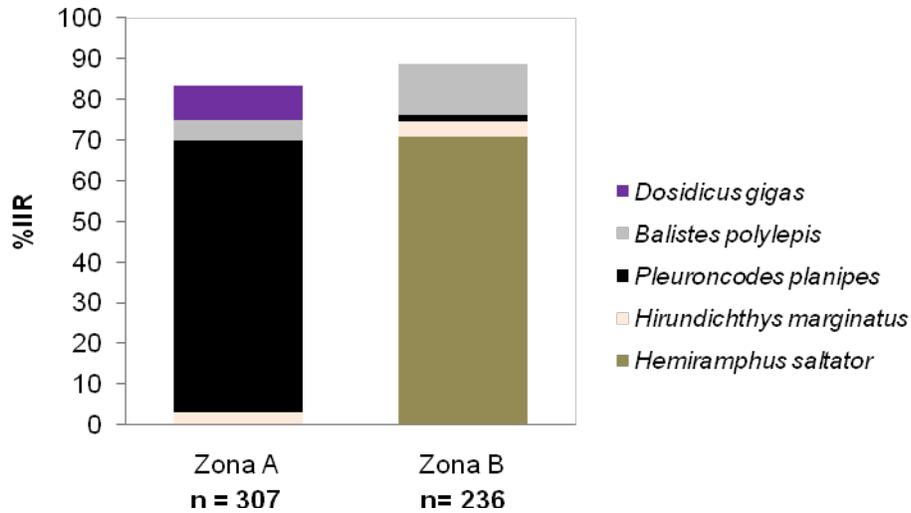
La comparación entre sexos para la zona B solo se realizó con base en contenidos estomacales, ya que no se contó con musculo para el análisis isotópico. El alto consumo de *Hemiramphus saltator* (Machos %IIR = 67%; Hembras %IIR = 79%) y *Balistes polylepis* (Machos %IIR = 20%; Hembras %IIR = 10%), tuvo como resultado que el ANOSIM reportara un valor de  $R_{\text{GLOBAL}} = 0.003$  ( $p = 0.05\%$ ), lo que indica una alta similitud entre dietas (Fig. 54).



**Figura 54.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) entre sexos de dorado *C. hippurus* en la zona B.

### Espectro trófico por zonas.

Si bien el IIR indica que las especies presas principales son diferentes en cada zona (Zona A = *Pleuroncodes planipes* 66%; Zona B = *Hemiramphus saltator* 70%). El análisis de similitud (ANOSIM) mostró un valor de  $R_{\text{GLOBAL}}$  de 0.10 ( $p = 0.05$ ), lo que indica una dieta muy similar. Esto se debe a que las presas consumidas por el depredador, las cuales pueden ser de menor importancia con respecto al IIR sean las mismas en ambas zonas (Fig. 55). Además, las especies presas principales estuvieron en ambas zonas, pero presentando variaciones en sus abundancias.



**Figura 55.-** Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de dorado *C. hippurus* por zonas (zona A = Cabo San Lucas; zona B = Mazatlán).

Debido a que no se detectaron diferencias significativas en los contenidos estomacales e isótopos estables de C y N entre zonas, esto datos se agruparon para la comparación entre años.

### Espectro trófico por años.

De acuerdo a los valores del IIR, en el 2005 la presa más importante fue *Dosidicus gigas* (40%), mientras que en el 2006 fue *H. saltator* (60%) y por último en el 2007 fue *P. planipes* (21%) y *S. japonicus* (19%). En contraste, el ANOSIM dio un valor de R GLOBAL =0.036 ( $p = 0.03$ ) (Fig. 56). Y en el caso de los isótopos estables, no se encontraron diferencias significativas entre años [ $\delta^{15}\text{N}$ :  $H_{(2, 48)} = 1.84$   $p = .39$ ;  $\delta^{13}\text{C}$ :  $H_{(2, 48)} = 1.02$   $p = .597$ ] (Fig. 57).

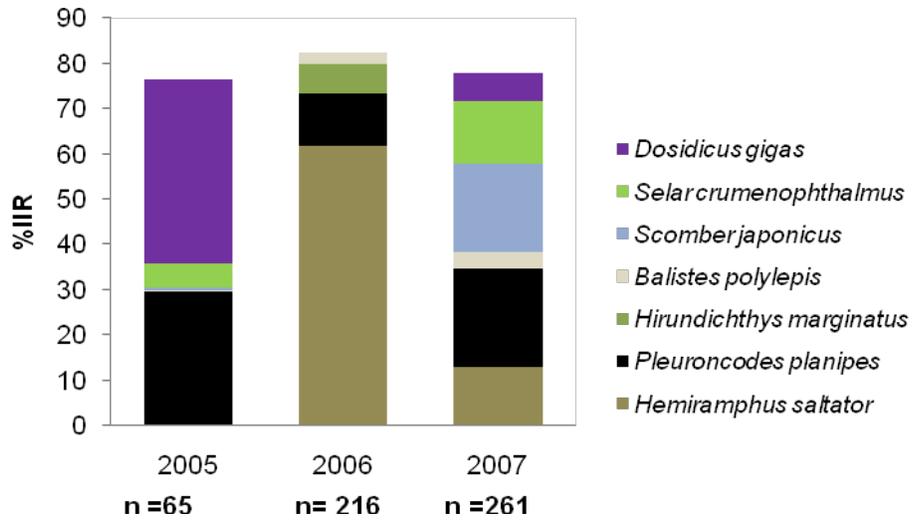


Figura 56.- Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de dorado *C. hippurus* por años.

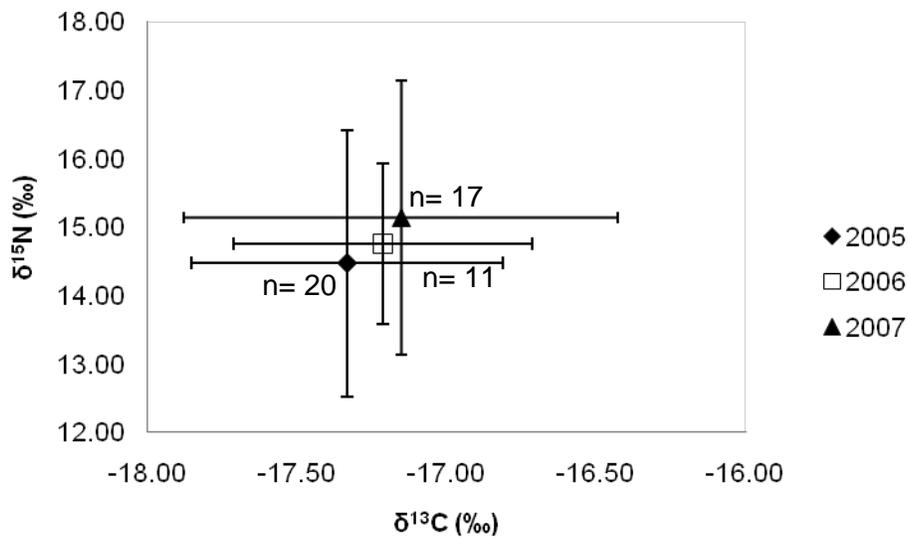


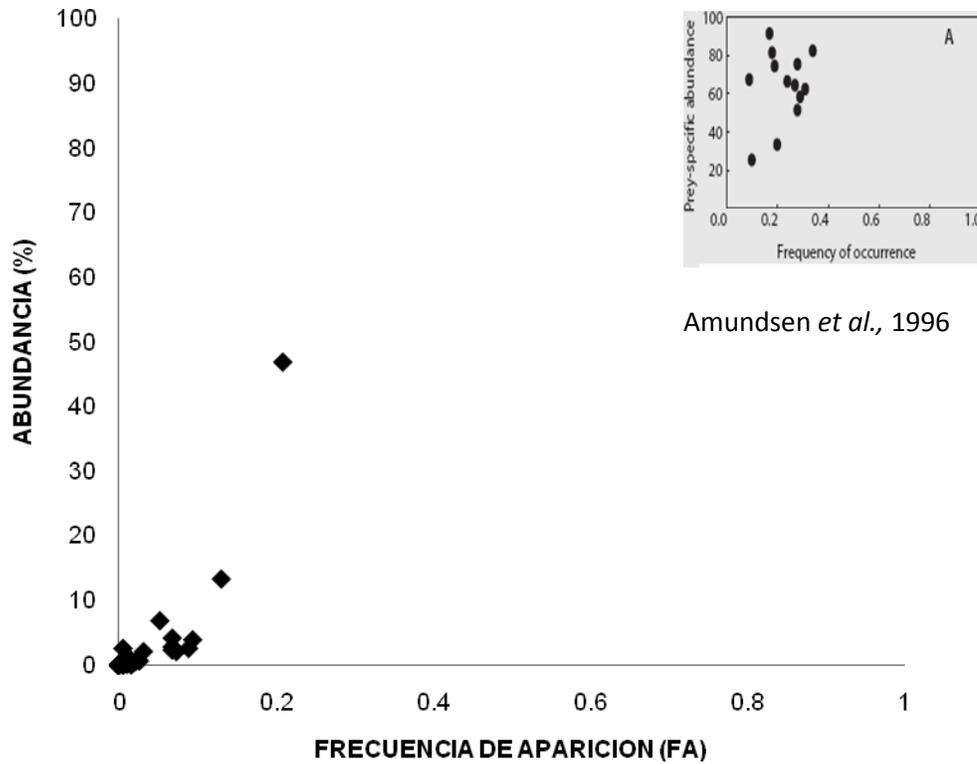
Figura 57.- Valores promedio y desviaciones estándar de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  del dorado *C. hippurus* por años.

La amplitud del nicho trófico en el dorado fue variada, presentando valores bajos de amplitud de nicho trófico y altos de diversidad a través de los años, esto como reflejo de cambios en la riqueza de la dieta y en las abundancias de las presas (Tabla 10).

**Tabla 10.-** Valores promedios de amplitud de nicho trófico y de diversidad del dorado obtenidos a partir del Índice de Levin y Shannon, respectivamente.

DORADO	2005	2006	2007
AMPLITUD DE NICHOS	0.09	0.24	0.14
DIVERSIDAD	1.72	2.07	3.17

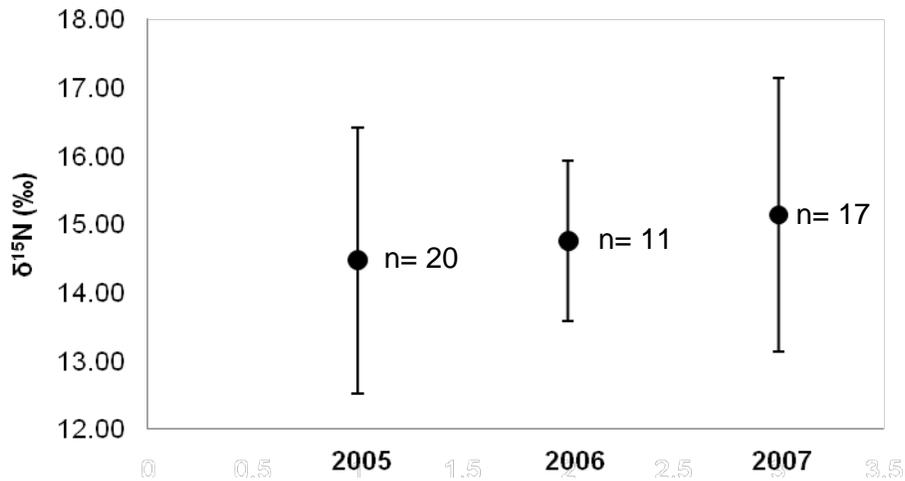
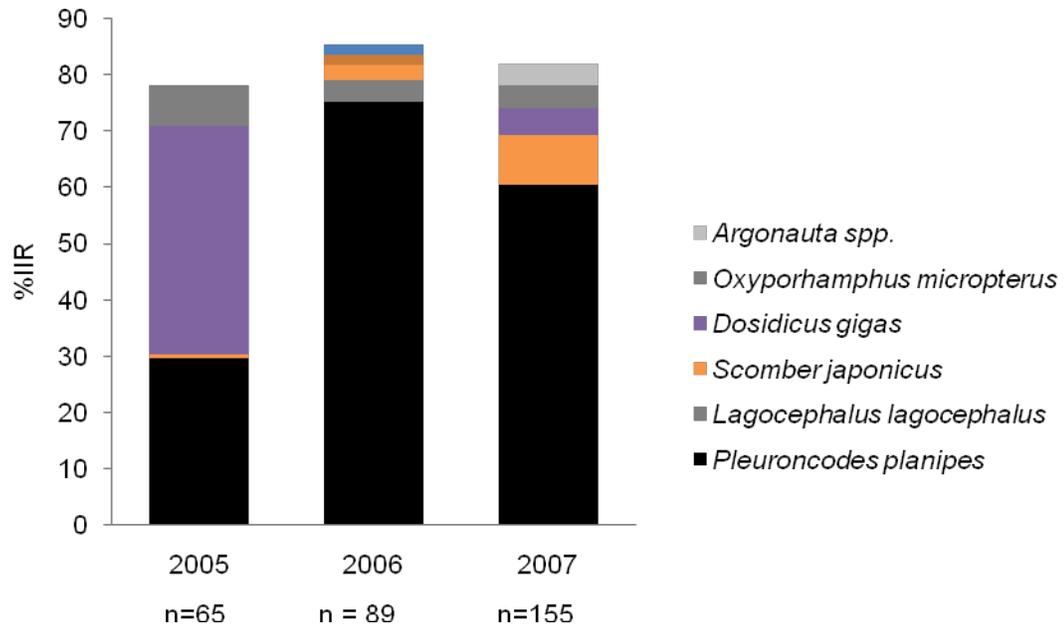
En la gráfica de estrategia alimenticia propuesta por Amundsen *et al.* (1996); la distribución de los puntos de las especies presas indica una estrategia tipo A para el dorado (Fig. 58), la cual se caracteriza por una especialización en distintos tipos de presas. Sin embargo, esta especialización puede estar en función de las abundancias de las especies presas.



Amundsen *et al.*, 1996

**Figura 58.-** Estrategia alimenticia tipo A para dorado con base en el criterio de Amundsen *et al.* (1996).

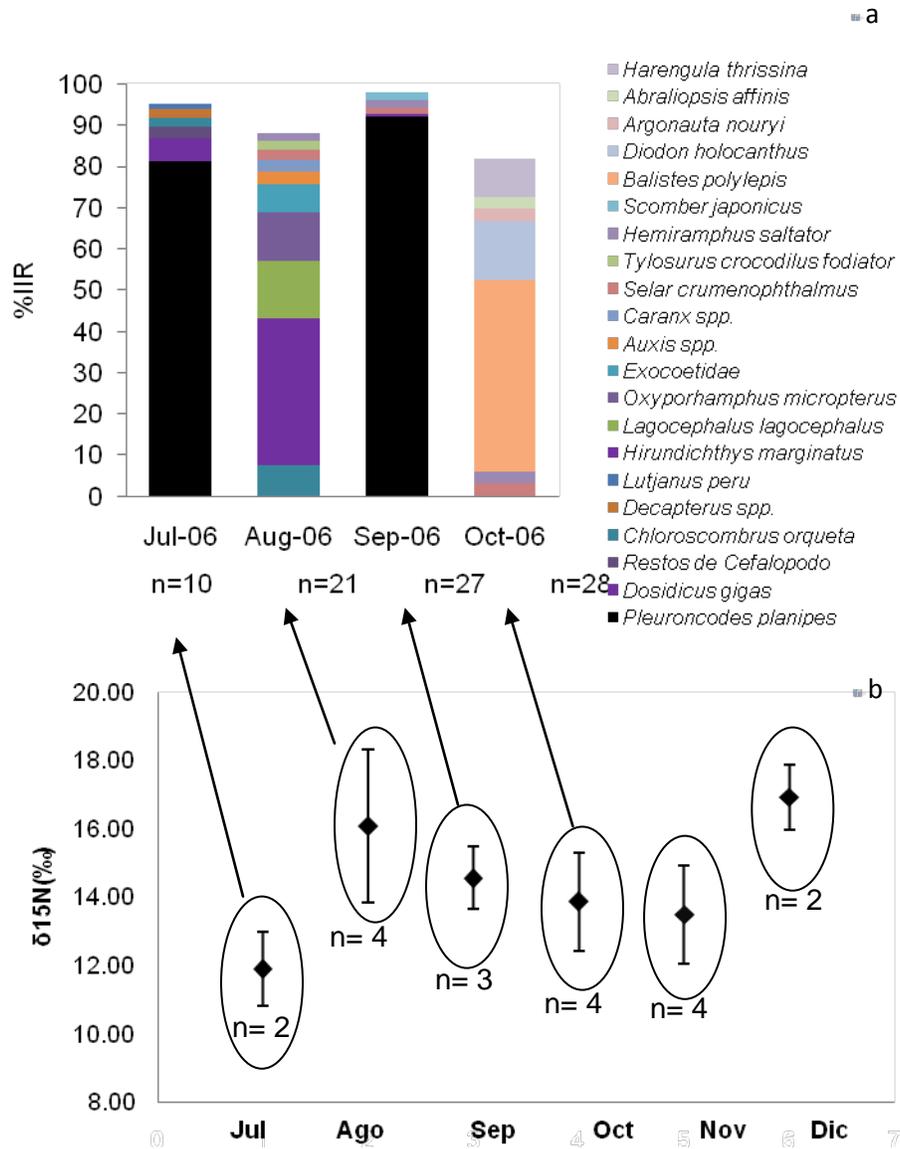
Para comparar la variación del  $\delta^{15}\text{N}$  entre años, se utilizaron los resultados obtenidos para la zona A. Los resultados muestran que durante los años donde se observó un número mayor de especies presa fue mayor la variación en los valores del  $\delta^{15}\text{N}$  (2005 y 2007), mientras que en el año donde se observó el número menor de especies presa correspondió una menor variación en los valores del  $\delta^{15}\text{N}$  (2006) (Fig. 59).



**Figura 59.-** Variación de  $\delta^{15}\text{N}$  con respecto a la dieta del dorado entre años. Con base en Bearhop *et al.* (2004).

Al analizar la variación a una escala mensual (Zona A año 2006) podemos observar nuevamente que las variaciones del  $\delta^{15}\text{N}$  están muy relacionadas con el número de tipos de presas consumidas. En donde se observa que a un número bajo en los tipos

de presa corresponden variaciones pequeñas del  $\delta^{15}\text{N}$  (julio y septiembre). Mientras que número mayor de tipos de presas corresponde mayores variaciones del  $\delta^{15}\text{N}$  (agosto y octubre) (Fig. 60).



**Figura 60.-** Variación de  $\delta^{15}\text{N}$  (b) con respecto a la dieta (a) del dorado en los meses del 2006. Con base en Bearhop *et al.* (2004).

## POSICIÓN TRÓFICA DE LOS TRES DEPREDADORES

El cálculo de la posición trófica (PT) a partir de contenidos estomacales para el marlín azul mostró valores muy similares en todas las categorías, donde en general la PT mínima fue de 4 y la máxima de 5 con un valor promedio de 4.7 (DE = 0.30). Se puede observar que la menor variabilidad la presentaron los marlines machos en la localidad de Mazatlán durante el año 2006, mientras que las mayores las registraron las hembras durante 2005 y 2007. Sin embargo no se detectaron diferencias significativas entre categorías [Kruskal-Wallis:  $H_{(5,75)} = 8.34$   $p = 0.13$ ] (Tabla 11).

**Tabla 11.-** Valores de posición trófica calculados para *M. nigricans* a partir de contenidos estomacales (Christensen & Pauly, 1992) (MA = marlín azul, CSL = Cabo San Lucas, M = Mazatlán, 1 = Macho, 2 = Hembra, DE = Desviación Estándar).

Especie	CATEGORIA	DIETA		
		PT MINIMA	PT MAXIMA	PT PROMEDIO (DE)
<i>M. nigricans</i>	MACSL1-2005	X	5	5
	MACSL2-2005	4	5	4.70 (0.38)
	MACSL2-2006	4	5	4.85 (0.34)
	MAM2-2006	4.5	4.7	4.60 (0.14)
	MACSL2-2007	4	5	4.72 (0.38)

Mientras que para el marlín rayado, los valores mínimos de PT fueron de 3 y los máximos de 5 con un valor promedio de 4.2 (DE = 0.40). Los organismos de Mazatlán por lo general fueron los que presentaron las menores variaciones en sus PT, siendo las hembras del 2006 las que presentaron las mínimas con un valor de 0.26. Por otra parte, los marlines de Cabo San Lucas fueron los que registraron las posiciones tróficas más bajas (PT =3). Se detectaron diferencias significativas [Kruskal-Wallis:  $H_{(8,196)} = 35.18$   $p = 0.0001$ ] entre las hembras de Mazatlán del 2006 (MRM2-2006) con respecto a los marlines de Cabo San Lucas (MRCSL1-2007; MRCCL1-2007). Esto se debió a que la categoría MRM2-2006 presentaban en su mayoría organismos en PT de 4.5 a 5. Mientras que las categorías MRCSL1-2007 y MRCCL1-2007 presentaban un mayor número de organismos en PT de 3 y 4. Lo que ocasionó que al compararlos se

detectaran diferencias significativas. Sin embargo, cabe resaltar que estas categorías también presentaban organismos con PT de 5 (Tabla 12).

**Tabla 12.-** Valores de posición trófica calculados para *K. audax* a partir de contenidos estomacales (Christensen & Pauly, 1992) (MR = marlín rayado, CSL = Cabo San Lucas, M = Mazatlán, 1 = Macho, 2 = Hembra, DE = Desviación Estándar).

Especie	CATEGORIA	DIETA		
		PT MINIMA	PT MAXIMA	PT PROMEDIO (DE)
<i>K. audax</i>	MRCSL1-2005	x	4.2	4.2
	MRM1-2005	4	4.5	4.16 (0.28)
	MRM2-2005	4.6	5	4.80 (0.28)
	MRCSL1-2006	3.5	5	4.50 (0.45)
	MRCSL2-2006	3.5	5	4.39 (0.40)
	MRM1-2006	4	5	4.45 (0.40)
	MRM2-2006	4.4	5	4.65 (0.26)
	MRCSL1-2007	3	5	4.07 (0.40)
	MRCSL2-2007	3	5	4.06 (0.33)

En el caso del dorado, los valores fueron variados en todas las categorías, la PT mínima fue de 3 y la máxima de 5 con un valor promedio de 3.9 (DE = 0.53). Las PT más bajas se observaron en las hembras de Mazatlán en el 2006, mientras que las hembras de Cabo San Lucas en el 2006 presentaron las mayores variaciones en la PT (0.70). Se observaron diferencias significativas [Kruskal-Wallis:  $H_{(9,488)} = 29.31$   $p = 0.006$ ] entre las categorías y DOM2-2006. Esto se debe a que la mayoría de los organismos de la categoría DOCSL1-2005 presentaron valores de PT de 4, mientras que en la categoría DOM2-2006 varios organismos presentaron PT de 3. Lo que hacía que la distribución de los datos fuera diferente y por ende se detectara diferencias significativas, sin embargo cabe resaltar que en ambas categorías se encontraron PT similares (Tabla 13).

**Tabla 13.-** Valores de posición trófica calculados para *C. hippurus* a partir de contenidos estomacales (Christensen & Pauly, 1992) (DO = dorado, CSL = Cabo San Lucas, M = Mazatlán, 1 = Macho, 2 = Hembra, DE = Desviación Estándar).

Especie	CATEGORIA	DIETA		
		PT MINIMA	PT MAXIMA	PT PROMEDIO (DE)
<i>C. hippurus</i>	DOCSL1-2005	3.5	5	4.27 (0.40)
	DOCSL2-2005	3.5	5	4.04 (0.28)
	DOCSL1-2006	3	5	4.08 (0.62)
	DOCSL2-2006	3	5	3.97 (0.70)
	DOM1-2006	3	5	4.09 (0.46)
	DOM2-2006	3	5	3.89 (0.44)
	DOCSL1-2007	3	4.7	3.78 (0.57)
	DOCSL2-2007	3	5	3.87 (0.61)
	DOM1-2007	3	5	4.12 (0.43)
	DOM2-2007	3	5	4.10 (0.37)

El cálculo de la PT a partir del  $\delta^{15}\text{N}$  con diferentes valores de enriquecimiento presentó valores mayores para los calculados a partir de  $\Delta 1$  ( $\Delta 1 = 2.7$ , Caut, *et al.*, 2009) y menores para  $\Delta 2$  ( $\Delta 2 = 3.4$ , Post, 2002) en los tres depredadores (Tabla 14, 15, 16). El  $\Delta 1$  fue el que presentó los valores de PT más similares a los obtenidos por contenidos estomacales, por lo que se podría considerar que estos depredadores presentan una tasa de enriquecimiento cercano al 2.7 con respecto a sus presas. Aun así, se detectaron diferencias significativas al comparar las PT obtenidas a partir de las dos técnicas [MA Kruskal-Wallis:  $H_{(1,122)} = 82.7$   $p = 0.000$ ; MR Kruskal-Wallis:  $H_{(1,231)} = 42.6$   $p = 0.0001$ ; DO Kruskal-Wallis:  $H_{(1,534)} = 65.7$   $p = 0.0001$ ]. Esto se debe en gran medida a las bases (MOP en el caso de los isótopos y PT de presas a partir de Fishbase) elegidas para el cálculo de la PT del depredador. Sin embargo, los valores promedios generales y las variaciones (DE) de ambas técnicas manifiestan posiciones tróficas similares en los tres depredadores [MA (PT =  $4.7 \pm 0.30$ ; PT  $\delta^{15}\text{N}$   $3.7 \pm 0.47$ ); MR (PT =  $4.2 \pm 0.40$ ; PT  $\delta^{15}\text{N}$   $3.5 \pm 0.50$ ); DO (PT =  $3.99 \pm 0.53$ ; PT  $\delta^{15}\text{N}$   $3.06 \pm 0.65$ )], llegando a alcanzar la PT de una técnica con respecto a la otra, por lo que pueden ser consideradas como indicativas del papel que desempeñan estos depredadores en la boca del Golfo de California.

Para el caso del marlín azul, la PT mínima fue de 2.25 y la máxima de 4.35 con un valor promedio de 3.7 (DE = 0.47). Se observó que la mayor PT promedio fue para las hembras de Mazatlán en el 2007 (PT = 3.72 ± 0.12), mientras que las hembras de Cabo San Lucas presentaron una PT promedio de 3.41 con variaciones de 0.62. No se detectaron diferencias en la PT a nivel intraespecífico [Kruskal-Wallis:  $H_{(5,47)} = 9.17$   $p = 0.10$ ] (Tabla 14) por lo que este depredador cumple un mismo papel trófico en ambas zonas y a través de los años.

**Tabla 14.-** Valores de posición trófica calculados para *M. nigricans* a partir de isótopos estables (Post, 2002), con base en material orgánico particulado (MOP) (Altabet *et al.*, 1999 para Cabo San Lucas y Ganeshram *et al.*, 1995 para Mazatlán) y diferentes valores de  $\Delta$  ( $\Delta_1 = 2.7\%$ , Caut, *et al.*, 2009;  $\Delta_2 = 3.4\%$ , Minagawa & Wada, 1984; Post, 2002")

Especie	CATEGORIA	$\delta^{15}\text{N}$ (SD)	PT $\Delta_1$	PT $\Delta_2$
<i>M. nigricans</i>	MACSL2-2005	15.07 (1.21)	3.14 (0.44)	2.69 (0.35)
	MACSL2-2006	15.98 (1.22)	3.47 (0.45)	2.96 (0.36)
	MAM1-2006	16.23 (0.54)	3.49 (0.20)	2.97 (0.16)
	MAM2-2006	16.72 (0.69)	3.67(0.25)	3.12 (0.20)
	MACSL2-2007	15.80 (1.68)	3.41 (0.62)	2.91 (0.49)
	MAM2-2007	16.85 (0.33)	3.72 (0.12)	3.16 (0.09)

Para marlín rayado de acuerdo a  $\Delta_1$ , la PT general mínima fue de 2.55 y la máxima de 4.43 con un valor promedio de 3.5 (DE = 0.50). Las mayores variaciones en las PT las presentaron los machos de Mazatlán en el 2006 (0.93) y las mínimas los machos de Cabo San Lucas en el 2007. A diferencia de los contenidos estomacales, en las PT calculadas a partir del  $\delta^{15}\text{N}$  no se detectaron diferencias a nivel intraespecífico [Kruskal-Wallis:  $H_{(7,35)} = 6.76$   $p = 0.45$ ] (Tabla 15), lo que estaría indicando PT similares en todas las categorías y por ende comportamiento similar en ambas zonas en los años.

**Tabla 15.-** Valores de posición trófica calculados para *K. audax* a partir de isótopos estables (Post, 2002), con base en material orgánico particulado (MOP) (Altabet *et al.*, 1999 para Cabo San Lucas y Ganeshram *et al.*, 1995 para Mazatlán) y diferentes valores de  $\Delta$  ( $\Delta_1 = 2.7\%$ , Caut, *et al.*, 2009;  $\Delta_2 = 3.4\%$ , Minagawa & Wada, 1984; Post, 2002").

Especie	CATEGORIA	$\delta^{15}\text{N}$ (SD)	PT $\Delta_1$	PT $\Delta_2$
<i>K. audax</i>	MRCSL1-2006	15.81 (1.11)	3.41 (0.40)	2.92 (0.32)
	MRCSL2-2006	16.76 (1.08)	3.76 (0.40)	3.20 (0.31)
	MRCSL1-2007	17.27 (0.82)	3.95 (0.30)	3.34 (0.24)

MRCSL2-2007	16.11 (1.41)	3.52 (0.52)	3.00 (0.41)
MRM1-2005	16.05 (0.71)	3.42 (0.26)	2.93 (0.21)
MRM2-2005	16.91 (1.70)	3.75 (0.63)	3.18 (0.50)
MRM1-2006	15.61 (2.53)	3.26 (0.93)	2.80 (0.74)
MRM2-2006	16.22 (1.16)	3.49 (0.43)	2.98 (0.34)

En el caso del dorado, el cálculo de la PT a partir del  $\delta^{15}\text{N}$  dio una PT mínima de 2.09 y una máxima de 4.56 con un valor promedio de 3.06 (DE = 0.65). Los machos del 2005 presentaron la menor PT promedio (2.80), mientras que las hembras del 2007 fueron las que presentaron un PT promedio más alta (3.51). Observando un patrón, donde los machos tuvieron posiciones tróficas más bajas con respecto a las hembras. De manera general podemos mencionar que se observaron amplias variaciones en las posiciones en todas las categorías. Sin embargo no se detectaron diferencias significativas a nivel intraespecífico [Kruskal-Wallis:  $H_{(5,46)} = 7.21$   $p = 0.20$ ] (Tabla 16).

**Tabla 16.-** Valores de posición trófica calculados para *C. hippurus* a partir de isótopos estables (Post, 2002), con base en material orgánico particulado (MOP) (Altabet *et al.*, 1999 para Cabo San Lucas) y diferentes valores de  $\Delta$  ( $\Delta 1 = 2.7\text{‰}$ , Caut, *et al.*, 2009;  $\Delta 2 = 3.4\text{‰}$ , Minagawa & Wada, 1984; Post, 2002)

Especie	CATEGORIA	$\delta^{15}\text{N}$ (SD)	PT $\Delta 1$	PT $\Delta 2$
<i>C. hippurus</i>	DOCSL1-2005	14.1 (1.93)	2.80 (0.71)	2.43 (0.56)
	DOCSL2-2005	14.7 (2.01)	3.03 (0.74)	2.61 (0.59)
	DOCSL1-2006	15.4 (2.14)	3.26 (0.79)	2.80 (0.63)
	DOCSL2-2006	14.5 (0.64)	2.94 (0.23)	2.54 (0.18)
	DOCSL1-2007	14.08 (2.01)	2.77 (0.74)	2.40 (0.59)
	DOCSL2-2007	16.07 (1.52)	3.51 (0.56)	2.99 (0.44)

Las variaciones intra-específicas observadas en marlín rayado y dorado, a partir del contenido estomacal, pueden estar relacionadas principalmente a la prueba estadística aplicada (Kruskal-Wallis), ya que esta se basa en la distribución de los datos (variaciones) y al presentar una categoría un mayor número de datos con una característica en particular (PT =3) con respecto a otra (PT =4), da como resultado que presenten distribuciones diferentes, detectando diferencias significativas.

## OMNIVORIA DE LOS TRES DEPRADORES

Los resultados indican que el dorado presenta los niveles más altos de omnivoría en ambas zonas y en todos los años, siendo los organismos de Mazatlán en el 2006 los que presentaron el valor más alto (0.92), mientras que los valores de omnivoría del dorado en Cabo San Lucas fueron menores a los obtenidos en Mazatlán. En el caso del marlín rayado, este depredador fue el que obtuvo los valores más bajos de omnivoría y al igual que en el dorado los valores de Mazatlán fueron más altos en relación con los de Cabo San Lucas. Mientras que en el caso del marlín azul, este depredador presentó valores similares y constantes en ambas zonas (Cabo San Lucas = 0.35; Mazatlán = 0.40), en comparación con los otros dos depredadores (Tabla 17).

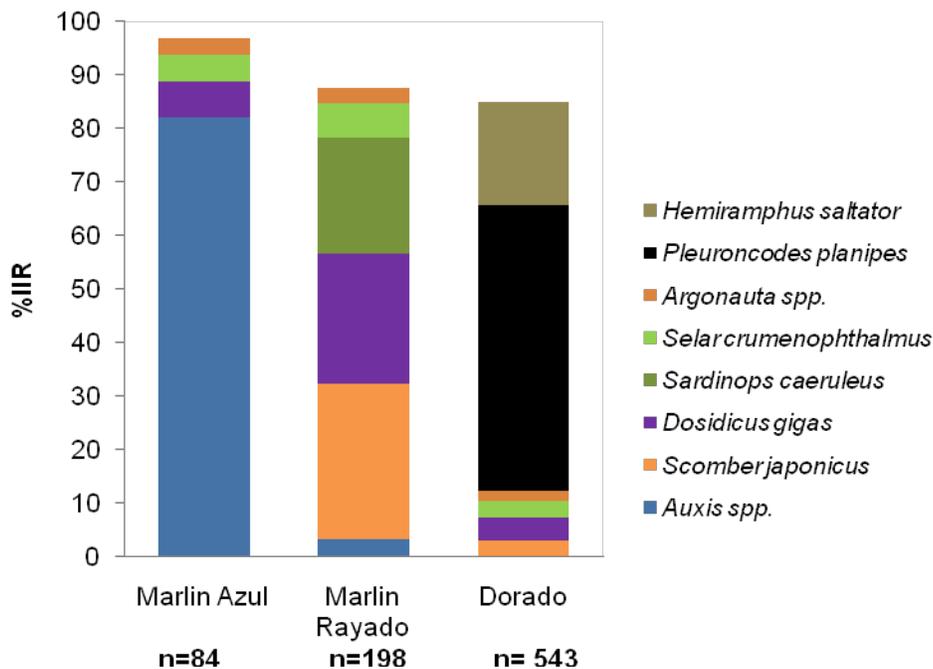
**Tabla 17.-** Valores del índice de omnivoría para los tres depredadores en espacio y tiempo

<b>Especie</b>	<b>AREA</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<i>M. nigricans</i>	Cabo San Lucas	0.31	0.32	0.43
	Mazatlán	0.41	0.42	X
<i>K. audax</i>	Cabo San Lucas	1.28	0.15	0.16
	Mazatlán	0.24	0.22	X
<i>C. hippurus</i>	Cabo San Lucas	0.29	0.67	0.57
	Mazatlán	X	0.92	0.60

Los resultados indican que el dorado consume presas de posiciones tróficas variadas. Mientras que en el caso del marlín azul y rayado, estos consumen presas de posiciones tróficas similares. Otro punto a destacar es que la zona de Mazatlán se caracterizó por presentar valores altos de omnivoría, lo que puede ser un indicativo de una mayor disponibilidad de especies presas de diferentes niveles tróficos a diferencia de Cabo San Lucas.

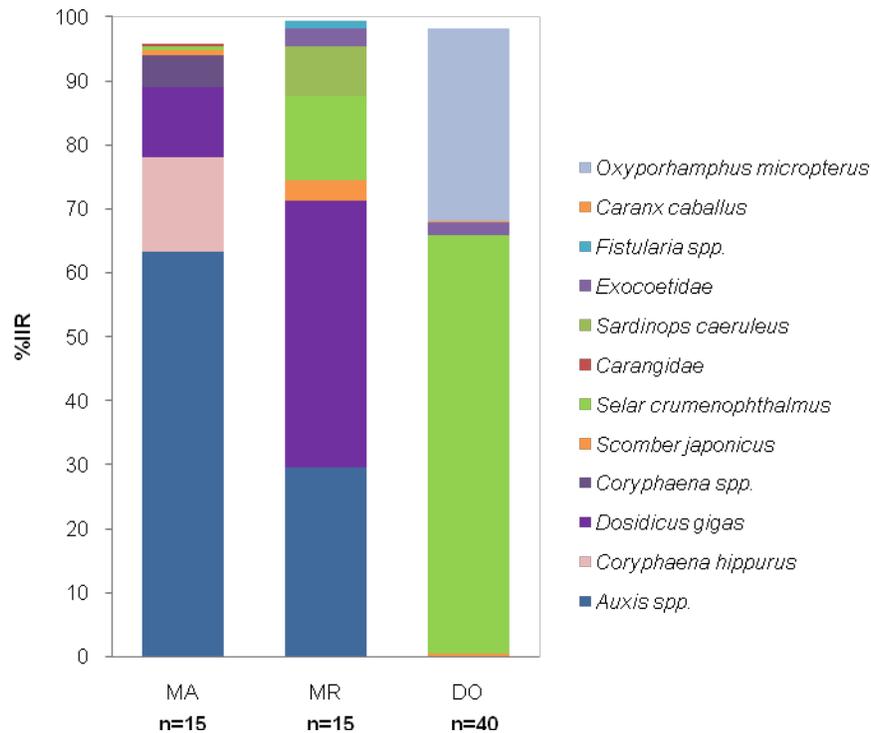
## VARIACIÓN INTERESPECÍFICA

Al comparar la dieta de los tres depredadores en la boca del Golfo de California, el ANOSIM mostró una alta similitud en los espectros tróficos de los tres depredadores ( $R_{\text{GLOBAL}} = 0.056$ ), donde presentan especies presas en común de poca importancia (*Selar crumenophthalmus*). Por otra parte, se observa que una especie presa puede ser una de las principales para un depredador (Marlín rayado: *Scomber japonicus* IIR =35%) y no tanto para el otro (Dorado: *Scomber japonicus* IIR =5%) (Fig. 61). Al realizar un ANOSIM entre depredadores, este mostró que el dorado mantiene una dieta muy similar con respecto a los dos marlines (DO vs MA  $R_{\text{GLOBAL}} = 0.061$ ; DO vs MR  $R_{\text{GLOBAL}} = 0.048$ ), mientras que los dos marlines presentaron dietas similares pero con variación en las abundancias de estas últimas (*Dosidicus gigas*) (MA vs MR  $R_{\text{GLOBAL}} = 0.151$ ).



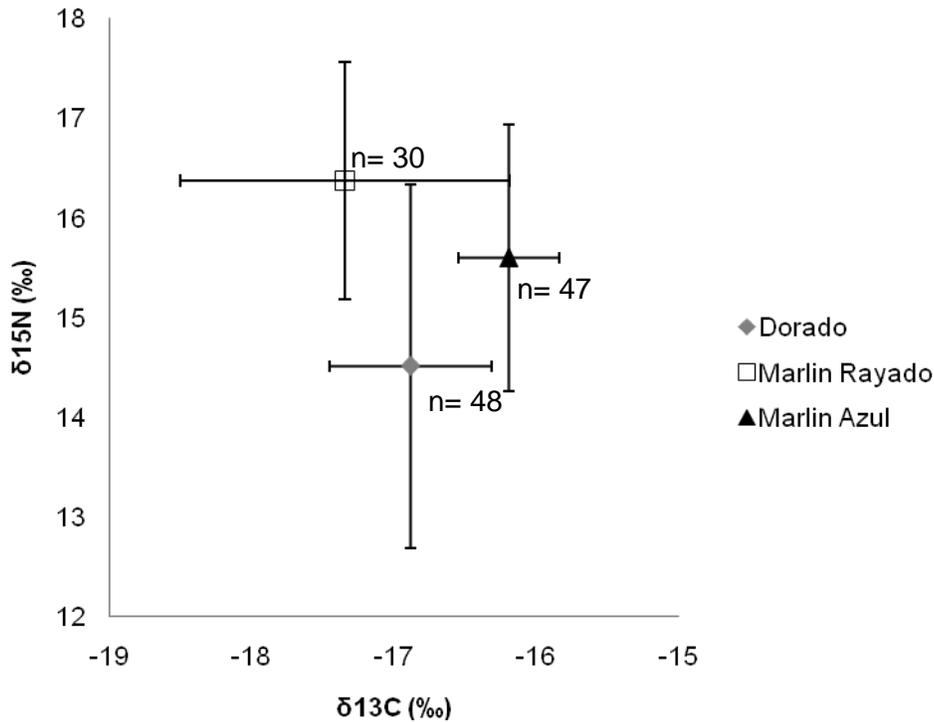
**Figura 61.-** Comparación del porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de los tres depredadores en la Boca del Golfo de California del 2005 al 2007.

De igual manera, al hacer una comparación de la dieta en espacio (CSL) y tiempo (Octubre, 2007) para los 3 depredadores, el ANOSIM mostró una alta similitud en las presas pero con variaciones en sus abundancias ( $R_{GLOBAL} = 0.054$ ). Tal es el caso de *Selar crumenophthalmus* el cual es consumido por el marlín rayado y dorado de manera considerable, pero muy poco por el marlín azul, mientras que en caso del *Dosidicus gigas* es considerado importante para el marlín azul y marlín rayado, no así para el dorado (Fig. 62).



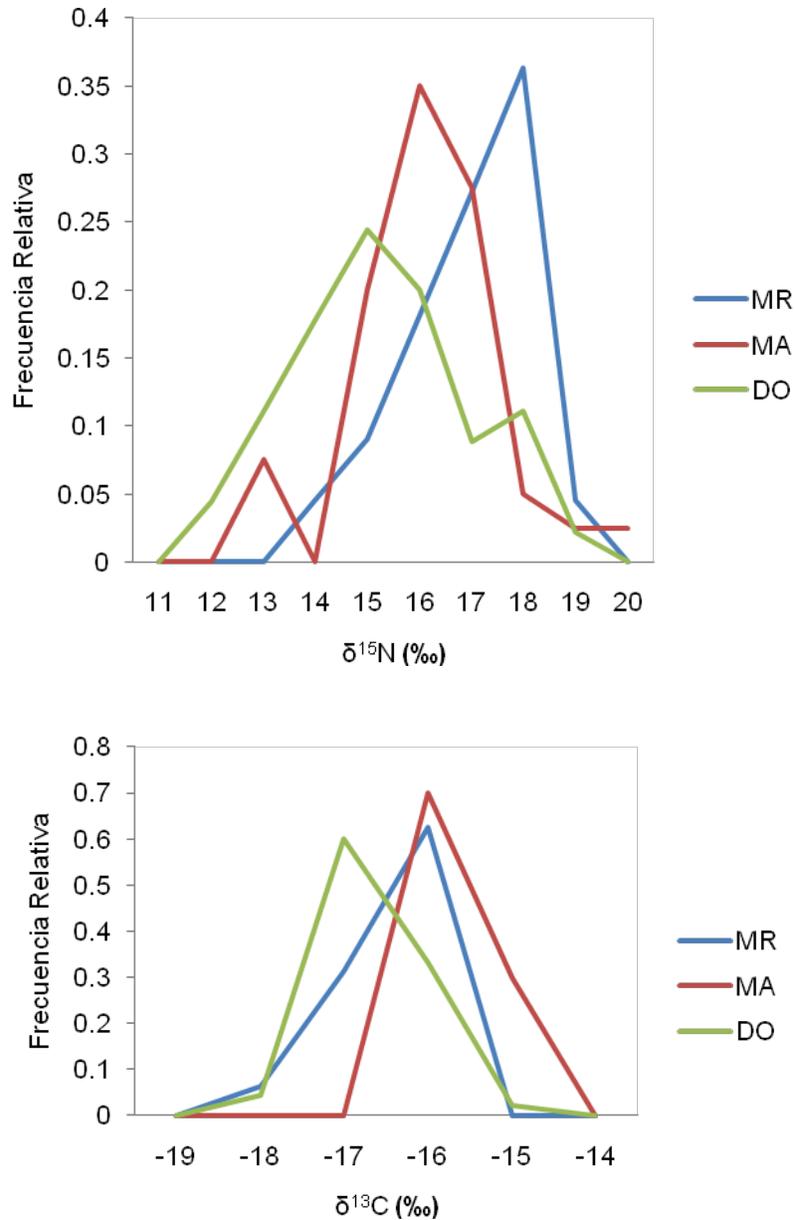
**Figura 62.-** Comparación del porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) de los tres depredadores en espacio-tiempo (Cabo San Lucas, octubre del 2007)

Por otra parte, al comparar los valores isotópicos de los tres depredadores en la BGC, la prueba de Kruskal Wallis mostró diferencias en el  $\delta^{13}\text{C}$  entre las tres especies [ $H_{(2, 125)} = 46.36979$   $p = .0000$ ] y en  $\delta^{15}\text{N}$  entre el dorado con respecto a los dos marlines [ $H_{(2, 125)} = 15.76961$   $p = .0004$ ] (Fig. 63).



**Figura 63.-** Valores promedio y desviaciones estándar de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de los tres depredadores en la Boca del Golfo de California del 2005 al 2007.

Mientras que para el área de Cabo San Lucas, se detectaron diferencias significativas para el caso  $\delta^{15}\text{N}$  entre el dorado y el marlín rayado [ $H_{(2, 110)} = 16.60353$   $p = .0002$ ], esto se debe a que la mayor frecuencia de los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  el dorado estuvo alrededor de 15‰, en tanto que los de marlín rayado estuvieron cercanos a 18‰. Mientras que para  $\delta^{13}\text{C}$  se detectaron diferencias entre el dorado y el marlín azul [ $H_{(2, 110)} = 53.32997$   $p = .0000$ ], como resultado de que la mayor frecuencia de los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en dorado estuvo alrededor de -17.5‰, en tanto que los de marlín azul estuvieron cercanos a -15‰ (Fig. 64).

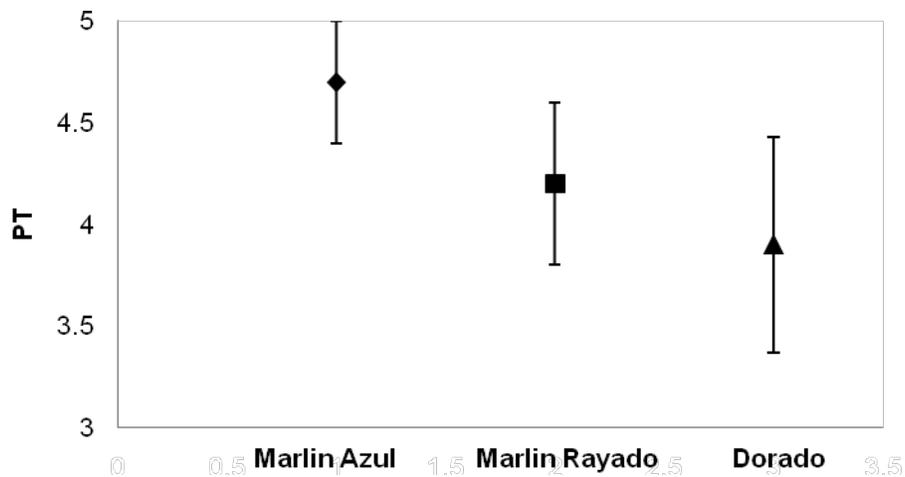


**Figura 64.-** Traslado isotópico de los tres depredadores de acuerdo con Newsome *et al.* (2006) para la zona de Cabo San Lucas.

Al relacionar los resultados obtenidos a partir de contenido estomacal e isótopos estables, podemos observar que si bien el espectro trófico es similar entre los tres depredadores, las principales especies presas fueron diferentes para cada uno (marlín azul: *Auxis* spp. %IIR =80%; marlín rayado: *Scomber japonicus* %IIR =29% y *Dosidicus gigas* %IIR =24%; dorado: *Pleuroncodes planipes* %IIR = 53%). Por otra parte, las

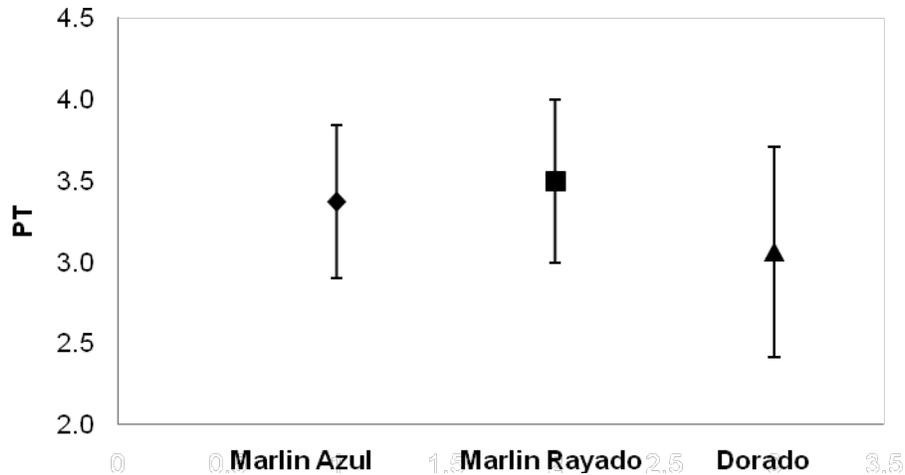
diferencias isotópicas encontradas, apuntan a que estos depredadores presentan un traslape trófico bajo. Donde el dorado y el marlín rayado consumen especies presas similares pero en espacios diferentes. Mientras que el marlín azul y marlín rayado comparten espacio pero consumen presas diferentes.

En cuanto a la comparación de la posición trófica determinada a partir del contenido estomacal, se detectaron diferencias significativas entre los tres depredadores [H (2, 759) 103.47  $p = 0001$ ]. Donde se observa que el dorado obtuvo la posición trófica promedio más baja (PT = 3.9) pero sus variaciones fueron amplias. Mientras que las posición trófica más alta fue para el marlín azul (PT = 4.7) con variaciones pequeñas. En el caso del marlín rayado se observa que este depredador puede alcanzar posiciones tróficas similares a las del dorado y marlín azul (Fig. 65).



**Figura 65.-** Posición trófica de los tres depredadores a partir de contenidos estomacales

Mientras que la posición trófica a partir de  $\delta^{15}\text{N}$ , se detectó diferencias significativas [H (2, 123) 12.87  $p = 0016$ ] entre el dorado con respecto a los dos marlines, no así entre marlines (Fig. 66).

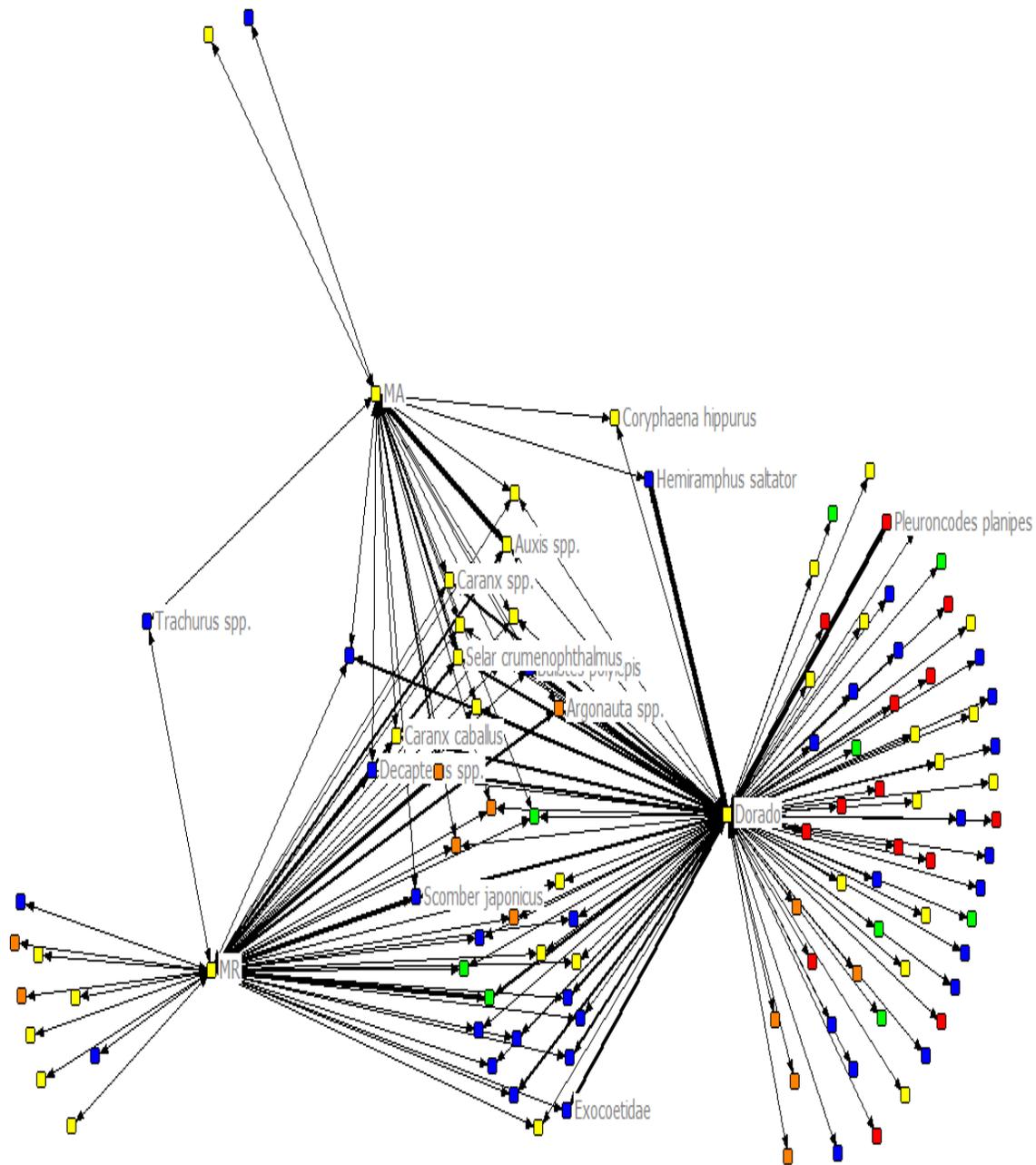


**Figura 66.-** Posición trófica de los tres depredadores a partir de  $\delta^{15}\text{N}$ .

En ambos casos el dorado fue el que presentó la posición trófica más baja, mientras que en el caso de los marlines estos variaron dependiendo de la técnica. Con base en los resultados podemos mencionar que en el caso de los dos marlines, estos desempeñan papeles tróficos similares (depredador tope) en la BGC, mientras que en el caso del dorado el papel que desempeña es el de un carnívoro secundario.

En cuanto al cálculo de la equivalencia trófica, UCINET (algoritmo CONCOR, con base en la frecuencia de aparición) y NETDRAW (arreglo MDS) mostraron que el marlín azul y el marlín rayado compartieron la presa *Trachurus* spp. Sin embargo esta no fue de importancia para ninguno de los dos (línea delgada). Mientras que en el caso del dorado con el marlín azul compartieron la presa *H. saltator* la cual si es consumida frecuentemente por el dorado (línea gruesa), no así por el marlín azul. Los tres depredadores presentaron presas en común (*Selar crumenophthalmus*, *Scomber japonicus*, *Argonauta* spp., etc). Sin embargo al analizar el diagrama podemos observar que el marlín azul y marlín rayado comparten muchas presas y solo presentan pocas presas de consumo propio, no así en el caso del dorado el cual comparte algunas especies presas con los dos marlines, pero también presenta un alto número de presas que solo él consume (e. g. crustáceos), un reflejo de esto es la amplia gama de

especies presas de diferentes posiciones tróficas que presenta el dorado, llegando a consumir presas de PT 2 hasta de PT 4. Mientras que en el caso de las presas consumidas por los marlines, estas por lo general son de PT 3 y 4. Dado a esta característica, el algoritmo CONCOR dio como resultado dos grupos significativos ( $r^2 = 0.048$ ), en donde los marlines fueron considerados en un grupo, mientras que el dorado fue catalogado en un grupo independiente al de los marlines. Por lo que en el caso de los marlines, estos pueden ser considerados como equivalentes tróficos (Fig. 67).



**Figura 67.-** Diagrama de la equivalencia trófica de los tres depredadores en la Boca del Golfo de California a partir de Netdraw (cuadros rojos = crustáceos PT 2; cuadros naranjas = cefalópodos PT 3; cuadros verdes = peces PT 2; cuadros azules = peces PT 3; cuadros amarillos = peces PT 4).

## DISCUSIÓN

El estudio de las interacciones entre los organismos de una comunidad (nicho trófico) es extremadamente activo y dinámico. Las dificultades del estudio del nicho trófico se derivan de la alta complejidad de las redes alimenticias marinas, con gran número de especies interactuando que a su vez interactúan con otras, por lo que no son detectadas por los métodos convencionales (contenidos estomacales). Sin embargo, con la aplicación complementaria del análisis de isótopos estables de Carbono (C) y Nitrógeno (N) y los métodos convencionales, ha permitido a los investigadores obtener una mejor estimación acerca de las interacciones tróficas de los organismos en la comunidad. Esto debido a que han sido considerados como una poderosa herramienta que sirve para vincular la ecología alimenticia de varias especies con diferentes hábitats, así como sus preferencias en la dieta (Zhao *et al.*, 2004).

Lo anterior se fundamenta en el hecho de que los valores de nitrógeno (elemento indispensable en la creación de aminoácidos) están muy relacionados al tipo de alimento que consumen las especies. Adams & Sterner (2000) mencionan que la discriminación isotópica del  $^{15}\text{N}$  ocurre en la síntesis de aminoácidos, en donde se excreta el isótopo más ligero y se retiene el pesado. Esto resulta en que los isótopos más pesados presenten una menor frecuencia vibratoria en los enlaces químicos, representando enlaces químicos difíciles de romper (Camalich-Carpizo, 2009), por lo que tienden a bioacumularse en los tejidos, siendo considerada como un tipo de huella isotópica de lo que consumió.

En el caso del  $\delta^{15}\text{N}$ , este tiende a variar tanto en la escala espacial como temporal (Goering *et al.*, 1990), probablemente como respuesta a cambios en factores físicos y químicos (Dawson & Brooks, 2001), como son la fijación y asimilación de  $\text{N}_2$  (Hoering & Ford, 1960; Mako *et al.*, 1982), la descomposición y remineralización (Miyake & Wada, 1971; Tieszen *et al.*, 1983; Checkley & Miller, 1989) y procesos biológicos de oxidación-reducción tales como nitrificación y denitrificación (Miyake & Wada, 1971). Mientras que en el caso del  $\delta^{13}\text{C}$  sus variaciones estarán sujetas a procesos en el ciclo del carbono,

principalmente con dos procesos metabólicos como son la respiración y la fotosíntesis (Farquhar *et al.*, 1989; Brugnoli & Farquhar, 2000), pero también con procesos bacterianos (bacterias metano-tróficas) y oceanográficos (corrientes, surgencias).

En el caso de los organismos marinos se ha observado que el fitoplancton presenta valores de  $\delta^{13}\text{C}$  que varían entre  $-30$  a  $-18$  ‰ con un promedio típico de  $-22$  ‰ (Rau *et al.*, 1982). Mientras que los valores del zooplancton fluctúan alrededor de  $-20$  ‰ y los de los vertebrados marinos cerca de  $-17$  ‰, lo cual sugiere que hay un incremento progresivo de  $^{13}\text{C}$  a lo largo de la cadena de alimentos, así como un reflejo de donde los consumió. Auriolles-Gamboa *et al.* (2009) mencionan que los tres factores principales que determinan los valores isotópicos en los depredadores marinos son la dieta, la fisiología (que afecta al fraccionamiento de la dieta de los tejidos de isótopos), y las zonas de alimentación.

En el presente trabajo se consideró un mismo tipo de tejido (músculo de la parte dorsal) en los tres depredadores, por lo que las diferencias fisiológicas entre las especies podrían ser consideradas como mínimas, dejando a la dieta y a las áreas de alimentación como los principales factores que influyen en las posibles variaciones dentro de estas especies. Sin embargo, uno de los puntos a evaluar en el uso de los isótopos estables de Carbono y Nitrógeno es la relación C:N, esto debido a que esta relación ha sido considerada como un indicador de homogeneidad entre los tejidos a analizar (Schmidt *et al.*, 2003; Bodin *et al.*, 2007; Post *et al.*, 2007).

La presencia de lípidos en un tejido hace que los valores de  $^{12}\text{C}$  (isótopos ligeros) sean más altos, por lo que al hacer la comparación entre los isótopos ligeros y pesados, suele dar resultados de valores más negativos de  $\delta^{13}\text{C}$  (DeNiro & Epstein, 1977), lo que podría ser falsamente interpretado como cambios en la dieta o de hábitat (Logan *et al.*, 2008).

En el presente trabajo, los valores de C:N de *M. nigricans* y *C. hippurus* oscilaron en torno al valor teórico de proteínas puras (2,90 a 3,10) de acuerdo McConnaughey &

McRoy, (1979), por lo que estos tejidos presentan homogeneidad entre ellos, siendo válida su comparación, así también podemos señalar que cualquier variación en  $\delta^{13}\text{C}$  fue un reflejo del comportamiento alimenticios de estas dos especies de pelágicos mayores.

No así en el caso del marlín rayado *K. audax*, el cual presentó valores altos de C:N (4.90) en algunos casos, indicando la presencia de lípidos en el tejido, por lo que estos datos fueron excluidos del análisis comparativo para evitar falsas conclusiones, y sólo se trabajó con los datos que mostraron valores cercanos al valor teórico de proteína pura. Los altos valores de C:N relacionados con presencia de lípidos en este depredador pueden deberse a características fisiológicas del organismo y al tipo de presas consumidas. Si bien, anteriormente señalamos que las características fisiológicas podrían ser consideradas como el factor que menos influencia tendría en los valores isotópicos; en el caso del marlín rayado podría ser la excepción, esto porque se ha observado que este depredador presenta un tipo de músculo graso.

Abitia-Cárdenas (1992) menciona que el marlín rayado en el Golfo de California tiende a almacenar energía excedente en forma de lípidos corporales en los tejidos, con el fin de prepararse para el evento reproductivo. Además, este autor reporta un contenido calórico total de las presas consumidas por el marlín rayado de 331,755.757 calorías (cal), estimando un valor promedio de 947,873 calorías. Mientras que en el caso del marlín azul, el contenido calórico total de las presas consumidas es alrededor de 78,231.238 calorías (cal), estimando un valor medio de 641,240 calorías. Esta diferencia en calorías en los tejidos, podría ser una de las razones por la que el marlín rayado tiene una mayor cantidad de lípidos en sus tejidos, consecuencia del consumo de algunos tipos de presa en particular, lo cual se ve reflejado en mayores valores de C:N.

## VARIACIONES INTRAESPECÍFICAS.

En relación a las posibles diferencias intra-específicas de la dieta, en el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas ni en el contenido estomacal ni en los isótopos estables de C y N entre sexos, áreas y años para *K. audax* y *C. hippurus*. Abitia-Cardenas (1992) para el área de Cabo San Lucas, señala que las presas más comunes del marlín rayado fueron *Scomber japonicus*, *Sardinops caeruleus*, *Selar crumenophthalmus* y *Dosidicus gigas*. Lo cual coincide con lo encontrado en el presente trabajo, donde se pudo observar un consumo similar de especies presas. Ueyanagi & Wares (1974) mencionan que la diferencia en la longitud y en sexos no causa variaciones significativas en la composición de la dieta para *K. audax*, por lo que, tanto hembras como machos consumen presas similares y en las mismas zonas. Este comportamiento fue también observado en presente estudio, donde machos y hembras de diferentes tallas presentaron una dieta similar.

Por otra parte, al analizar la variación de la dieta por zona, si bien no se detectaron diferencias significativas en el espectro trófico del marlín rayado, sí se encontraron diferencias en la importancia de las presas consumidas en cada zona, donde se pudo observar que en CSL la más importante fue *D. gigas*, mientras que en Mazatlán (MZT) fue *Selar crumenophthalmus*. Esto debido a la estacionalidad y disponibilidad de las presas consumidas en cada zona.

La presencia de *S. crumenophthalmus* en la zona de Mazatlán, está directamente relacionada a objetos flotantes cerca de la costa (Roux & Conand, 2000) y tiende a presentar sus mayores abundancias en el mes de Febrero (Acevedo-Cervantes *et al.*, 2009). Mientras que en el caso de *D. gigas*, *K. audax* consumió organismos entre los 7cm y 30cm de longitud de manto, las cuales presentan sus mayores abundancias en el área de B.C.S. durante el mes de octubre (Martínez-Aguilar *et al.*, 2004). Al comparar la información anterior con la estacionalidad de *K. audax* en cada zona (Cabo San Lucas en el mes de noviembre; Mazatlán en el mes de enero) se observa una

coincidencia en escala espacio-temporal con las disponibilidad y abundancia de las presas (Fig. 50).

Si bien Abitia-Cardenas (1992), menciona que este depredador se alimenta preferentemente de organismos epipelágicos (zona nerítica) y en menor grado de organismos provenientes de aguas oceánicas, las variaciones del  $\delta^{13}\text{C}$  indican que este depredador puede presentar movimientos entre una zona costera y una zona oceánica. Esto se relaciona con movimientos del depredador principalmente en busca de su alimento, donde los organismos juveniles (170-180 cm de longitud furcal) adoptan una estrategia generalista, alimentándose de varias especies presas con alto contenido calórico (*D. gigas*, *S. caeruleus* y *S. japonicus*) para prepararse para el evento reproductivo (Abitia-Cardenas, 1992).

El dorado, especie considerada como pelágica, registró un total de 105 especies presa en donde se observó un consumo de especies epipelágicas, mesopelágicas y demersales. Olson & Galván-Magaña (2002), mencionan que esta especie es capaz de efectuar migraciones a lo largo de la columna de agua para alimentarse, lo cual puede ser la razón de la presencia de especies demersales en la dieta. Si bien estas especies forman parte del espectro trófico del dorado, de acuerdo al IIR son consideradas como presas de baja importancia en la dieta. Por otra parte, las especies consideradas de importancia en el presente estudio fueron el pez *H. saltator* y la langostilla *P. planipes*, coincidiendo con otros trabajos sobre esta especie (Aguilar-Palomino, 1993; Velasco-Tarelo, 2003, Tripp-Valdez, 2005).

Al igual que en el marlín rayado, el dorado no presentó diferencias entre sexos en sus respectivas zonas, consumiendo las mismas presas en proporciones similares. Sin embargo se observó un consumo diferencial de especies presa entre zonas. Para CSL la principal especie presa fue la langostilla, *P. planipes*, mientras que en el caso de MZT fue el pez *H. saltator*. Estos resultados confirman los hallazgos de Tripp-Valdez (2005) en ambas zonas, quien reporta para el área de B.C.S., a la langostilla *P.*

*planipes* con una importancia del 74%, muy similar a la estimación del presente estudio con 69%.

*P. planipes* se caracteriza por ser un crustáceo pelágico en su etapa juvenil asociado al sistema de la Corriente de California, la cual se caracteriza por ser una masa de agua con temperaturas menores a los 22°C, alcanzando su distribución más al sur durante la época de primavera y verano frente a las costas de CSL (Stevenson, 1970), por lo que el alto consumo de langostilla por parte del dorado frente a la costa occidental de B.C.S. puede estar relacionado con la alta abundancia de este recurso cuando el dorado esta presente en la zona.

Si bien no se encontró coincidencia en tiempo entre las abundancias altas de langostilla y la mayor ingesta de esta especie por parte del dorado, ya que acuerdo a Aurioles-Gamboa (2005), la abundancia alta de *P. planipes* en la costa sur de la Península se registra durante invierno-primavera, en tanto que el consumo mayor se presentó durante el verano; de acuerdo con este mismo autor durante la época cálida (verano) la langostilla suele tener agregaciones más compactas haciendo que los focos (puntos de reunión del recurso) presenten altas abundancias, lo que facilitaría su consumo y por ende una alta presencia en la dieta. Además, en el presente estudio se registró que la langostilla consumida por el dorado en el mes de julio presentó una longitud de cefalotórax de 2.6 cm, lo cual coincide con las tallas registradas por Aurioles-Gamboa (2005) para el área de CSL. Por lo que podríamos mencionar que el dorado durante verano acude a estos focos de langostilla cercanos a las costas de B.C.S. para alimentarse de este recurso en grandes cantidades.

Tripp-Valdez (2005), menciona que la gran abundancia y frecuencia con la que aparecen los crustáceos como presas en la dieta del dorado parece estar más relacionado con su disponibilidad, ya que estas no parecen tener un alto aporte energético. En el caso del pez *H. saltator*, es una especie que tiende a formar grandes agregaciones cerca de la superficie en aguas costeras (Allen & Robertson, 1994; Fischer *et al.*, 1995), lo cual sucede en MZT durante los meses de mayo y junio. Lo

anterior coincide con las mayores abundancias del dorado frente a las costas de MZT durante los meses de julio a septiembre, por lo que *H. saltator* se vuelve una presa abundante y por consiguiente importante en la dieta de los dorados.

Al analizar la dieta del dorado es importante considerar la talla de los organismos, debido a que en diversos estudios se ha reportado un consumo diferencial de tallas, donde organismos pequeños hacen uso de zonas de alimentación como objetos flotantes, registrando así un mayor consumo de langostilla y peces de tallas pequeñas. En tanto que en aguas más alejadas de la costa los dorados de tallas mayores presentan un mayor consumo de cefalópodos (Rose & Hassler, 1974; Sakamoto & Kojima, 1999; Olson & Galván-Magaña, 2002; Tripp-Valdez, 2005).

En el presente estudio no se observó un consumo diferencial por tallas, ya que aun cuando las tallas mayores estuvieron presentes en el área de CSL, estas mantuvieron su consumo sobre la presa más abundante (langostilla), por lo que la posible segregación por tallas que mencionan estos autores parece estar más relacionada a una estrategia de protección que a la preferencia por un determinado tipo de presa. Lo anterior se fundamenta también en el hecho de que en este trabajo se registró cierto grado de canibalismo en la especie, lo que podría generar la segregación por tallas.

Así pues, la posible preferencia del dorado por un particular tipo de alimento, parece ser poco probable y su consumo estará más relacionado a la estación del año y disponibilidad de las presas (Oxenford & Hunte, 1999; Aguilar-Palomino *et al.*, 1998), mostrando una estrategia alimenticia de tipo oportunista (Tripp-Valdez, 2005).

*M. nigricans*, fue la especie que presentó el espectro trófico más estrecho de las tres especies de pelágicos analizadas en este estudio, conformada solo por 27 especies presas, de las cuales una especie (*Auxis* spp.) representó más del 70% de IIR en todos los años. Este resultado permite clasificar a este depredador especialista. Sin embargo, dado el escaso número de datos de machos que se obtuvieron, es más adecuado

asignar esta característica a las hembras que estuvieron bien representadas. La ausencia de machos en la BGC puede deberse a una posible segregación sexual.

Con relación a lo anterior, Giller (1984) menciona que en la presencia de dos nichos fundamentales y con una especialización en una especie presa en particular, la especie superior (tamaño, habilidades de nado) excluye a la especie inferior. Además, se ha observado que ciertas especies muestran una segregación, ya sea sexual o por estado de madurez y por consiguiente una especialización en diferentes tipos de especies presas (Newsome *et al.*, 2007; Valenzuela Quiñonez, 2009). En este contexto, los peces de la familia scombridae (*Auxis* spp. y *Katsuwonus pelamis*), parecen ser el alimento preferido del marlín azul (Strasburg, 1970; Brock, 1984) en diferentes áreas (Abitia-Cardenas, 1992; Shimose *et al.*, 2006) lo que podría resultar en una competencia por el recurso entre sexos, teniendo como resultado la exclusión de uno de ellos.

A este respecto para Cabo San Lucas esta especie se presenta con mayor abundancia durante el verano, siendo el 97% hembras sin registro de actividad reproductiva (Ortega-García, 2006). En tanto que para aguas Hawaianas un mayor número de machos que de hembras (relación 7:1) han sido registrados durante los meses de verano que es cuando ocurre el apareamiento (Hopper, 1990).

Lo anterior sugiere que el marlín azul presenta una segregación sexual, teniendo como consecuencia el uso de diferentes hábitats, lo que podría verse reflejado en valores isotópicos diferentes. No obstante, las diferencias isotópicas tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  como en  $\delta^{13}\text{C}$ , no se dieron entre sexos, sino entre zonas, siendo el único depredador que presentó diferencias intra-específicas significativas.

En el caso de  $\delta^{15}\text{N}$ , si bien el ANOSIM señaló dietas similares entre zonas (presencia de *Auxis* spp. en ambas zonas), podemos observar que en el área de Mazatlán se presentó un mayor consumo del carangido *Selar crumenophthalmus*, así como de otras especies presas (*D. gigas*, *Argonauta* spp.). Al respecto, se ha observado que el

consumo de varias especies tiene como resultado valores promedios mayores de  $\delta^{15}\text{N}$ , mientras que el consumo de pocas especies muestra lo contrario (Vander Zanden & Rasmussen, 2001). Lo anterior podría ser una posible explicación de los valores altos de  $\delta^{15}\text{N}$  que presenta el marlín azul en la zona de Mazatlán.

Por otra parte, al analizar la variación de los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (D.E.) en ambas zonas, se observaron variaciones menores en MZT y mayores en CSL. Este resultado parece contradictorio a lo propuesto por Bearhop *et al.* (2004), quienes mencionan que el consumo de pocas especies debe tener como consecuencia pequeñas variaciones en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y viceversa.

Otra explicación sería que estos valores altos están relacionados a algunas áreas que experimentan procesos diagenéticos (cambios en la composición química de sedimentos como resultado de la actividad microbiana), por lo que las diferencias de  $\delta^{15}\text{N}$  en las zonas podría estar más relacionado a variaciones en la base de la cadena trófica (Material Orgánico Particulado), como resultado de procesos de denitrificación.

Al respecto, Cline & Kaplan (1975) mencionan que los principales factores que pueden alterar la composición isotópica del nitrato en el mar son la denitrificación, y la fijación de nitrógeno. La fijación del nitrógeno molecular por algas y bacterias enriquecen los océanos en  $^{14}\text{N}$ , mientras que la denitrificación causa que el nitrato disuelto en los océanos este isotópicamente enriquecido en  $^{15}\text{N}$  en relación al reservorio atmosférico de  $\text{N}_2$ . A este respecto, Camalich-Carpizo (2009) menciona que en la plataforma continental o en zonas costeras los procesos de denitrificación suelen ser igual de importantes, por lo que otros factores a considerar serían la batimetría de la zona y la posible presencia de eventos oceanográficos.

En la boca del Golfo de California son comunes los florecimientos de plancton, sostenidos por surgencias de aguas ricas en nutrientes. Durante el verano los vientos provenientes del sureste provocan fenómenos de surgencias a lo largo de la costa occidental (Hasting & Turner, 1965; Roden, 1972; De la lanza 1992; Pares-Sierra *et al.*,

1997), en tanto que durante invierno y primavera, los fuertes vientos del noroeste gobiernan los procesos de surgencias y florecimiento de plancton en la costa oriental (Soutar *et al.*, 1981).

En zonas de surgencias, donde las especies nitrogenadas predominantes son los nitratos se han reportado valores aproximados de 6‰ para el  $^{15}\text{N}$  del material orgánico particulado (Lives & Deuser, 1988). Mientras que Benner *et al.* (1997) reportaron que en aguas de poco aporte de nutrientes (aguas oligotróficas) los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  oscilaron entre 11‰ y 15‰ (Roman-Reyes, 2003). Bajo este criterio y dado a las características batimétricas para cada zona (Mazatlán con presencia de una plataforma continental más extensa que en el caso de CSL) se puede considerar a CSL como una zona muy productiva a causa de la presencia de surgencias lo que ocasiona valores bajos de  $\delta^{15}\text{N}$  en la época de verano. Mientras que la zona de MZT podría ser considerada como una zona oligotrófica con procesos de denitrificación (altos valores de  $\delta^{15}\text{N}$ ), lo que coincidiría con los resultados observados. Esto ha sido observado a través del estudio del MOP en ambas zonas, donde se ha sugerido que MZT puede llegar a presentar características de una zona oligotrófica en una época del año (mayores en MZT Ganeshram *et al.*, 1995; y menores en CSL; Altabet, *et al.*, 1999).

Así pues, dada la dinámica oceanográfica tan característica que presenta la Boca del Golfo de California, se considero necesario el análisis de los datos desde dos puntos geográficos diferentes (Cabo San Lucas y Mazatlán Sin), donde a pesar de su cercanía, presentan características oceanográficas distintas, que se reflejan en los valores de isótopos estables desde la base de la red trófica. Sin embargo, para poder llegar a esa conclusión, la comparación de las zonas debió haber sido en tiempos similares. Al analizar las fechas en las que las muestras fueron obtenidas para el análisis de isótopos estables, se observó que para CSL las muestras corresponden principalmente a los meses de agosto a diciembre del 2005, mientras que las de MZT corresponden a los meses de diciembre del 2005 y enero del 2006, presentando una secuencia en tiempo en ambas zonas.

Considerando lo anterior, una hipótesis que se plantearía en el presente estudio es que la diferencia en los valores isotópicos está en relación con los patrones migratorios del marlín azul. Si bien se desconoce mucho sobre la migración de esta especie, un organismo marcado en la boca del Golfo de California en enero del 2005, presentó movimientos horizontales en toda el área de estudio en los meses siguientes, llegando hasta la zona MZT para posteriormente ser recapturado en CSL en agosto del 2005 (Billfish newsletter, 2006).

Por lo que se puede mencionar que con base a las características oceanográficas, los valores isotópicos y la estacionalidad que presentó este depredador en el presente estudio, el marlín azul hace su arribo a B.C.S. en verano para alimentarse principalmente de *Auxis spp.* [Mayores abundancias de *Auxis spp.* en B.C.S. durante el Verano (Abitia-Cardenas, 1992)]. Para posteriormente hacer migraciones a la zona de MZT en los meses de diciembre y enero, ya que en esos meses hay presencia de aguas ricas en nutrientes en la zona como resultado de las surgencias, lo que atrae a especies como *Selar crumenophthalmus*, especie de la cual se alimenta el marlín azul en esos meses. Por lo que los valores observados en CSL podrían ser de organismos provenientes de MZT (menor valor de  $\delta^{15}\text{N}$  y mayor variación de este como consecuencia de un mayor consumo de especies presas de nivel trófico 3 y 4) mientras que los valores de MZT sería de organismos provenientes de CSL (valores mas altos de  $\delta^{15}\text{N}$  y una menor variación como consecuencia del consumo de especie presa en particular de posición trófica alta), lo cual coincide con lo mencionado por varios autores (Altabet & Francois, 1994; Voss *et al.*, 1996; Vander Zanden & Rasmussen, 2001; Bearhop *et al.*, 2004).

Por otra parte, al observar los valores de omnivorias, se registraron los valores altos en MZT, lo cual es un reflejo de que el marlín azul consume especies de diferentes niveles tróficos. Mientras que las diferencias observadas en  $\delta^{13}\text{C}$  se deban posiblemente a las características de la plataforma continental en cada zona. Siendo MZT la que cuenta con una plataforma más extensa que en el caso de CSL, lo que apoyaría la idea de una posible migración del marlín azul entre estas dos zonas.

Así pues, los valores de isotópicos que se registraron en los marlines azules de CSL serían representativos de una zona con una plataforma continental prolongada como es el caso de Mazatlán (zonas costeras = Valores menos negativos), mientras que los datos de los marlines azules capturados en MZT serían los de una zona con una plataforma continental corta como es el caso de CSL (zonas oceánicas = valores más negativos). Al respecto, Ortega-García *et al.*, (2006) observan que las mayores abundancias de marlín azul en CSL es entre los meses de julio a octubre, mientras que en un informe interno realizado por el CRIP–Mazatlán (Anónimo, 1993), se observó que en el caso de MZT durante el periodo 1982-1992, los meses de noviembre y diciembre fueron los mejor representados en cuanto a las capturas de marlín azul, lo cual coincide con lo observado en el presente estudio con respecto a la estacionalidad del recurso.

Las diferencias intraespecíficas observadas en la posición trófica detectadas en el caso del dorado y del marlín rayado (PT DOCSL1-2005 vs DOM2-2006; MRM2-2006 vs MRCSL1-2007 y MRCSL1-2007) pudieran estar relacionada al tipo de especie presa consumida en cada zona, las cuales como se ha documentado varían en disponibilidad y abundancia dependiendo de la época del año. Sin embargo, al analizar las posiciones tróficas de las especies presa de estos dos depredadores en cada zona, se pudo observar que presentaban PT muy similares, a pesar de ser especies presa diferentes, presentando solo pequeñas variaciones entre ellas (e.g. PT de *P. planipes* = 2.1; PT de *H. saltator* = 2.3).

Estas pequeñas variaciones se vieron reflejadas en los depredadores, ya que en ocasiones la diferencia entre las categorías fue de tan solo 0.5 (PT MRM2-2006 = 4.65 vs MRCSL1-2007= 4.07 y MRCSL2-2007 = 4.06) y en la mayoría de las veces se traslapaban los valores de PT entre categorías. Esto último se vio fortalecido por el análisis de los isótopos estables, donde no se detectaron estas diferencias entre posiciones tróficas.

Para el marlín azul, las variaciones detectadas entre zonas a partir del análisis de los isótopos estables, estuvieron más relacionadas a factores ambientales y al consumo de una especie presa en particular. A diferencia de las otras especies, en el marlín azul si se pudieron observar estos cambios, en gran parte como consecuencia de la especialización que presenta sobre un tipo de presa (IsoSource), lo que podría generar un valor estándar de la zona en la que se encuentra (“valor muy puro”) y al menor cambio en la dieta, reflejarlo en una diferencia significativa entre sus valores.

Esto no sucedería en el caso del marlín rayado, el cual presenta una mezcla isotópica más amplia (IsoSource) que el marlín azul. Así pues, las diferencias intraespecíficas que presentaron los depredadores en algunas de sus categorías estuvieron más relacionadas a cuestiones metodológicas y factores ambientales, lo cual influye sobre la técnica de isótopos y disponibilidad de presa, que a cuestiones en el cambio del papel trófico, por lo que se puede mencionar que el papel que desempeñan estos tres depredadores a nivel intraespecífico será similar en la boca del Golfo de California.

### **VARIACIONES INTERESPECÍFICAS.**

A nivel interespecífico, son pocos los trabajos que han evaluado las interacciones que mantienen estos tres depredadores en la BGC. Cajal (1980), menciona que de las interacciones de los depredadores con sus presas, surge la estrategia alimentaria que presenta una especie en un lugar determinado. Para poder determinar qué tipo de estrategia alimentaria presenta una especie se deben evaluar principalmente dos componentes en conjunto. El componente intra-fenotipo (nivel de variación del recurso usado por individuo) y el inter-fenotipo (variación entre los individuos de las especies de una población).

La amplitud del nicho trófico estará en función de la similitud de estos dos componentes (Giller, 1984). Según la amplitud del nicho, los animales pueden considerarse como generalistas o especialistas. Un animal generalista es aquel que consume las especies de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente, ecológicamente son considerados como

"plásticos" ya que poseen una dieta variada. Un animal especialista es aquel que prefiere o evita muchas especies disponibles, por lo que existe poca similitud entre su dieta y la oferta ambiental (Feisinger & Spears, 1981). Por lo que es necesario considerar las características ecológicas de las especies presas, donde podemos observar que en el caso de *S. caeruleus* y *D. gigas* tienden a formar grandes cardúmenes, por lo que la especialización de estos depredadores en algunos casos sería relativa y estaría más en función de la abundancia de las especies presa.

A partir de los resultados observados (contenido estomacal e isótopos estables de C y N) en el presente trabajo (IsoSource, Amundsen y comparación a escala anual y mensual) y bajo los supuesto de Bearhop *et al.*, (2004), se puede sugerir que los depredadores presentan estrategias alimenticias diferentes en la BGC variando así sus amplitudes de nicho, donde el marlín azul presentó una estrategia especialista (variaciones de  $\delta^{15}\text{N}$  pequeñas; Bearhop *et al.*, 2004) caracterizada por consumir una especie en particular y rara vez otras especies (Amundsen *et al.*, 1996), el marlín rayado utiliza una estrategia generalista (variaciones de  $\delta^{15}\text{N}$  altas; Bearhop *et al.*, 2004), donde si bien, como se menciona anteriormente mantiene una estrategia de alimentación mixta en la que algunos individuos tienen una dieta especializada y otros una estrategia de alimentación más generalizada (Amundsen *et al.*, 1996). En el caso del dorado se mantiene como un depredador oportunista (variaciones altas y bajas de  $\delta^{15}\text{N}$  a través del año; Bearhop *et al.*, 2004), ya que sus hábitos estuvieron muy relacionados a la disponibilidad (Amundsen *et al.*, 1996) de algunas especies presa en una época del año (e.g. *P. planipes*) y dependiendo de la zona (Tripp-Valdez, 2005).

Según la Teoría de Forrajeo Óptimo, los animales son especialistas en el consumo de determinadas especies, cuando los recursos son abundantes por lo que la amplitud de su nicho trófico es estrecha. En ambientes menos productivos, los animales recurren a una estrategia alimenticia generalista que se corresponde con un nicho trófico amplio (Lacher *et al.*, 1982, Pianka, 1986). Bajo esta lógica, podríamos mencionar que el dorado y el marlín rayado están presentes en la boca del Golfo de California, en épocas

con poca producción de alimento, mientras que en el caso del marlín azul estaría presente en la zona en épocas de una alta producción de alimento.

Sin embargo, si de algo se caracteriza el Golfo de California en general es primordialmente a la excepcional productividad biológica que presenta, esto debido a la influencia de diferentes masas de agua que convergen en la zona (Roden & Groves, 1959). Además, al checar las estacionalidades de los tres depredadores en la boca del Golfo de California, se puede observar que su presencia coincide en la zona en las épocas de verano, otoño e invierno, lo que haría suponer que el tipo y la disponibilidad de presas son similares para los tres depredadores. Bajo estas consideraciones (disponibilidad de alimento en la BGC y estacionalidad similar en los tres depredadores), podemos mencionar que estos tres depredadores presentan estrategias muy bien establecidas, lo cual coincide con lo reportado por otros autores para estos depredadores (Abitia-Cardenas, 1992; Tripp-Valdez, 2005).

Otra de las interacciones a evaluar es las de los depredadores, las cuales por lo general son consideradas como de competencia. El parámetro que mide el grado de competencia es el traslapo de los nichos (Whittaker, 1972). El traslapo trófico tiene lugar cuando dos especies comparten los mismos recursos alimentarios, explotándolos de manera similar. Giller (1984) menciona que para saber si existe un traslapo como tal entre dos especie, es necesario conocer sus nichos fundamentales (condiciones bajo las cuales una especie puede sobrevivir si se encuentra libre de interferencias con otras especies).

Todas las especies presentan un nicho fundamental, sin embargo, las interacciones con otras especies por recursos lo reducen, dando origen a lo que se le conoce como nicho efectivo. El traslapo de dos nichos efectivos pueden derivar en una posible exclusión competitiva de una de las especies, (Vandermer, 1972; Pianka, 1986) o una coexistencia, todo dependiendo de la capacidad de adaptación (plasticidad) de la especie (Pielou, 1972).

Si bien en el presente trabajo se observó que cada depredador presenta una amplitud de nicho diferente, éstos si pueden presentar un traslape trófico, esto como consecuencia de que la amplitud de una especie se sobrepone con la de otra especie (Lattuca *et al.*, 2008). Esto se esperaría debido a que al presentar características morfológicas similares entre ellos (grandes tallas, gran capacidad de locomoción), se podría pensar que estas especies podrían presentar un cierto grado de competencia por la obtención del recurso.

Sin embargo como se pudo observar a partir del análisis de contenido estomacal, cada depredador presentó preferencias por especies presas diferentes, a pesar de estar presentes las tres especies en espacio y tiempo, en tanto que mediante el análisis de isótopos estables se observaron diferencias en el  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ . En el caso de  $\delta^{15}\text{N}$ , las diferencias se dieron entre el marlín rayado (valores altos de  $\delta^{15}\text{N}$ ) y el dorado (valores bajos de  $\delta^{15}\text{N}$ ). Las diferencias en  $\delta^{15}\text{N}$  pueden ser atribuidas a la composición de la dieta (presas consumidas), esto debido a que la razón de isótopos estables en las proteínas refleja la dieta de proteínas de un consumidor de un modo predecible (Owens, 1987; Hobson & Welch, 1992; Hobson & Clark 1992, Hobson 1999). Por lo que las diferencias entre el dorado y el marlín rayado podrían estar fuertemente vinculadas al tipo de alimento.

Como recordamos, el complemento principal de la dieta del dorado fue *P. planipes*. Esta especie presa se caracteriza por presentar una dieta constituida principalmente de MOP (Auriolles-Gamboa & Pérez-Flores, 1995), para el cual se ha reportado valores de 9 a 10 ‰, lo que sería la explicación de los valores promedios bajos de  $\delta^{15}\text{N}$  en el dorado, sin embargo, cabe resaltar que presentó grandes variaciones con relación a este isótopo, lo que sería un reflejo de las más de 100 especies que consumió en pocas cantidades. Mientras que los valores altos de  $\delta^{15}\text{N}$  en marlín rayado pueden estar relacionados al alto consumo de varias especies presas en proporciones significativas (*S. caeruleus*, *S. japonicus* y *D. gigas*).

Cabe mencionar que en el caso de de *S. japonicus* y *D. gigas*, el complemento principal de su dieta llega a ser *P. planipes*, por lo que el enriquecimiento entre niveles tróficos se estaría representando en los tejidos de cada depredador. Además en el caso de *D. gigas* estudios recientes han señalado que esta especie se alimenta activamente en zonas con concentraciones de oxígeno bajas, sitios que son considerados como aquellos en donde se lleva a cabo intensamente el proceso de denitrificación, ocasionando valores altos de  $\delta^{15}\text{N}$  (Camalich-Carpizo, 2009).

Por otra parte, no se presentaron diferencias en  $\delta^{13}\text{C}$  entre dorado y marlín rayado, lo que hace inferir que estos dos depredadores hacen uso de una misma área pero de diferentes especies presas. Giller (1984) menciona que los nichos pudieran presentar una colindancia entre ellos, por lo que no ocurre una exclusión competitiva directa, pero las relaciones del nicho puede que refleje un comportamiento de competencia. Tal podría ser el caso de estos dos depredadores, los cuales llegan a presentar espectros tróficos conformados por presas similares, pero con diferentes especies presas principales.

En el caso del marlín azul y el marlín rayado, no se detectaron diferencias significativas en el  $\delta^{15}\text{N}$ . Esto se debe a que estos dos depredadores consumieron presas similares pero en proporciones diferentes (*Auxis* spp. y *D. gigas*). En cuanto al  $\delta^{13}\text{C}$  si bien no se detectaron diferencias significativas, sí se observa una tendencia a presentar diferentes valores entre los dos picudos, donde *M. nigricans*, presentó valores ligeramente mas enriquecidos en  $\delta^{13}\text{C}$  (-14‰) los cuales son característicos de organismos que se alimentan en zonas costeras. Mientras que, *K. audax* presentan valores menos enriquecidos (-18‰), indicando una afinidad por áreas de alimentación alejadas de la costa. Esto basado en el hecho de que los ambientes costeros pueden ser diferenciados de los ambientes oceánicos, ya que se ha registrado que las áreas costeras presentan valores menos negativos de  $\delta^{13}\text{C}$ , esto como consecuencia de un mayor enriquecimiento de  $^{13}\text{C}$ , en comparación con los ambientes oceánicos (Burton & Koch, 1999).

En este contexto las diferencias en  $\delta^{13}\text{C}$  entre las dos especies de marlines, puedan deberse a una segregación espacial, correspondiente a una distribución del hábitat. De acuerdo a Seki *et al.*, (2002) las capturas mayores de *M. nigricans* se registran en regiones con frentes fuertes y gradientes de termohalina superficiales, así como en regiones con fuertes corrientes costeras y capas superficiales de mezclas costeras, hecho que apoya lo encontrado en este estudio. Mientras que el caso de *K. audax*, a partir de rastreo satelital se ha observado que presenta movimientos entre aguas costeras y oceánicas (Domeier, 2006; Holdsworth *et al.*, 2009).

Dado que el marlín azul presenta una amplitud de nicho estrecha y suele alcanzar tallas mayores a las registradas por marlín rayado, podríamos inferir que existe una exclusión competitivamente por el uso de un espacio y recurso en específico (Giller, 1984). Mientras que el marlín rayado al presentar una amplitud de nicho mayor puede adaptarse a consumir otras especies presas que en su conjunto complementen sus necesidades energéticas (Syvaranta & Jones, 2008). Abitia-Cardenas (1992) señala que *K. audax* presenta una considerable diversificación de dieta y esta depende de la temporada del año, reflejando cierta plasticidad para adaptarse a la disponibilidad del recurso, mientras que *M. nigricans* presenta una especialización en un tipo de presa a lo largo del año. Comparando la composición del espectro trófico encontrado por este autor con lo de este estudio podemos decir que la composición del espectro trófico de esta especie no presenta cambios significativos. Por lo que esto puede indicar que a través de los años estos depredadores presentan preferencias por diferentes especies presas, derivando en el consumo de estas en diferentes áreas, lo que indicaría la diferencia en  $\delta^{13}\text{C}$ .

El análisis de la amplitud y el traslapo de estas tres especies en la BGC, ha llevado al entendimiento de las estrategias alimenticias que sigue cada especie y a su vez cómo interactúan entre ellas. En el presente trabajo, al hacer la comparación en espacio-tiempo de su dieta, se vio una especialización en diferente tipo de especie presa, así como diferencias isotópicas entre ellos (diferencias significativas en el  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ), lo

que refleja que cada especie presenta una amplitud diferente y a su vez un traslape bajo.

Guedes & Araujo (2008) mencionan que la diferencia en dietas, así como una distribución diferencial en espacio en una zona determinada, da como resultado una baja competencia a pesar de presentar características morfológicas similares. Por lo que uno de los factores a considerar es la hora en la que el depredador se alimenta preferentemente. Ovchinnikov (1970), menciona que la hora del día en la que los peces se alimentan se encuentra relacionada con la variación en el porcentaje de llenado y el grado de digestión de las presas.

En el presente estudio se observó que en los marlines las presas en estado de digestión dos y los estómagos en categoría 2 fueron los más representativos, mientras que en el caso del dorado se presentaron presas en todos los estados de digestión y categorías de llenado muy variables. Al considerar que estos organismos provienen de la pesca deportiva, la cual empieza sus operaciones a las primeras horas del día (5:00am, aproximadamente) y termina al atardecer (4:00pm) y que las tasas de digestión de cefalópodos descritas para la especie y especies afines no exceden las 10 horas (Olson & Boggs, 1986). Podemos mencionar que los dos marlines se alimentan a las primeras horas del día, mientras que el dorado suele hacerlo a todas horas, evitando así en el caso del dorado una competencia.

Blackburn (1969) señala que en el Golfo de California, la abundancia de recursos como comida potencial disponible para los depredadores en general hace que sea considerada como un área de alimentación, donde cuentan con suficiente alimento para consumir. Esto puede tener como efecto la anulación de cierta competencia a nivel intraespecífico. Por otra parte, Giller (1984), señala que con un traslape parcial de los nichos fundamentales, la especie competitiva superior ocupa el espacio del nicho compartido, y cada especie tendrá un refugio exclusivo y sin competir.

Lo anterior hace que la coexistencia sea posible teóricamente, pero dependerá de la capacidad de traslapo que las especies inferiores puedan tolerar. Por lo que en el presente trabajo, la coexistencia espacio-temporal observada pudiera estar relacionada con la plasticidad en el uso de áreas y recursos, ya que como se pudo observar, el marlín azul consume principalmente especies epipelágicas, mientras que el marlín rayado consumió especies epi y mesopelágicas y por último el dorado consumió presas epi, meso y batipelágicas, demostrando así la plasticidad mencionada, en el uso de presas y zonas diferentes.

Hasta el momento sabemos como estas tres especies se comportan en la BGC, sin embargo para conocer el papel que desempeñan es necesario conocer su posición trófica. Las comunidades por lo general incluyen tantas especies que es difícil estudiar a estas últimas por separado. Una forma de reducir la complejidad de una comunidad es agrupar a las especies en categorías amplias, como pueden ser sus hábitos alimenticios (Krebs, 1985).

De esta manera se podrá observar el papel que desempeña una especie en la comunidad y la posible alteración que ocasionaría en las relaciones tróficas la ausencia de esta especie. Elton (1927) fue uno de los primeros en señalar que la transferencia de la energía alimenticia desde su origen (plantas) hasta destino final (carnívoros) recibe el nombre de cadena alimenticia y señaló que esta se limitaba a cuatro o cinco eslabones. La clasificación de los organismos por niveles tróficos corresponde a la función de cada uno de ellos y no se basa en la especie como tal, ya que una especie puede ocupar varios niveles tróficos. Así pues, los niveles tróficos permiten disponer de una descripción de las comunidades (Krebs, 1985).

En el presente estudio, si bien los valores de las dos técnicas fueron considerados como diferentes, al observar la variación de los datos (DE) podemos advertir que los valores de PT entre ambas técnicas para los tres depredadores fueron muy similares. En el caso de los isótopos estables, *C. hippurus* presentó valores de  $14.47 \pm 1.82\text{‰}$ , siendo los más bajos, seguidos por los de *M. nigricans* ( $15.73 \pm 1.30\text{‰}$ ) y *K. audax*

( $16.29 \pm 1.34\%$ ). Por lo que se esperaría que al presentar el marlín rayado los valores más alto de  $\delta^{15}\text{N}$ , a su vez presentara los valores más altos de PT (Vander Zanden *et al.*, 1999; Jepsen & Winemiller, 2002). Sin embargo esto no se observó (PT DO =3, MR = 3.5, MA 3.7), solo en el caso del dorado se mostró esta relación. Al analizar la distribución de los datos, podemos observar que *M. nigricans* por lo general presenta valores altos (19.47 ‰) en comparación con los de *K. audax* (18.56 ‰) lo que podría estar explicando la PT mayor.

Una posible explicación a lo anterior, puede estar en relación con la posición trófica de la presa consumida. Ya que como ha sido reportado, las presas con PT altas tienden a presentar valores altos de  $\delta^{15}\text{N}$  (Post, 2002). En el caso de *Auxis* spp., esta especie ha sido reportado con una alta PT (PT = 4.36 Froese & Pauly, 2010). Contrario a lo reportado para las especies consumidas por *K. audax* (*Scomber japonicus* PT = 3.09, *Sardinops sagax* PT = 2.43 Froese & Pauly, 2003). Además, se ha reportado que el músculo blanco de peces considerados como de carne roja como los atunes esta enriquecido del aminoácido histidina libre (Shiau *et al.*, 1997) por lo que Gaebler *et al.* (1966) sugieren que esto hace que este tipo de tejido presente un mayor enriquecimiento en  $^{15}\text{N}$ , lo que hace necesario considerar estas características en el cálculo de la PT para una especie.

Dado que los valores de isótopos estables indican un intervalo en las posiciones tróficas, este puede ser considerado para conocer el grado de plasticidad que presenta un depredador en su papel funcional en determinado ecosistema. Vander Zanden *et al.* (1999) mencionan que la técnica de isótopos estables provee una medición en tiempo integrado de la posición trófica y que captura simultáneamente interacciones complejas, incluyendo la omnivoría trófica, trazos de energía o flujo de masas a través de las comunidades ecológicas.

Además, los isótopos estables presentan ciertas ventajas sobre los métodos tradicionales (contenidos estomacales) que ya han sido mencionados, ya que el grado de digestión de la presa es una de las grandes limitaciones, debido a la rápida

digestión de algunas presas, causando que estas no sean reportadas en el espectro trófico del depredador lo que daría lugar a una subestimación del nivel trófico de los depredadores.

Por otra parte se ha observado que los valores de Material Orgánico Particulado en el Golfo de California, se han mantenido bastante estables en las últimas décadas, mostrando sólo pequeñas variaciones (Altabet, *et al.*, 1999) lo que los hace atractivos para calcular el nivel trófico de una especie en escalas de tiempo largo, a diferencia de los valores de nivel trófico calculados a partir de las especies presas, las cuales pueden variar en espacio-tiempo, así como dependiendo del tamaño del organismo, ya que se ha observado en muchas ocasiones que a medida que crece un organismo este cambia su nivel trófico (Christensen & Pauly, 1992). Sin embargo, no se puede negar su utilidad como referencia comparativa con los isótopos estables, además de ser útiles para el cálculo de la PT en escalas de tiempo cortas.

Por otra parte en ambos casos (contenido estomacal e isótopos estables) se observó una concordancia en cuanto a lo reportado, donde el dorado presentó el nivel trófico menor, pudiendo ser catalogado como un carnívoro secundario, alcanzando valores de carnívoro terciario mientras que en el caso de *M. nigricans* y *K. audax*, se observaron valores similares de PT, siendo catalogados como carnívoros terciario, alcanzando valores de depredadores tope. Estas características hicieron que se detectaran diferencias significativas entre el dorado con respecto a los marlines.

En este contexto, la diferencia que se encontraron en los niveles tróficos entre las especies podría reflejar un comportamiento diferente en cuanto al papel funcional trófico desempeñado por el dorado, mientras que en el caso de los marlines, este papel sería similar en la BGC.

## NICHO TROFICO.

El análisis en conjunto de las variaciones intra e interespecífica que mantiene una especie con respecto al medio que habita, tiene como resultado el entendimiento del nicho trófico (Elton, 1927), todo esto con la finalidad de conocer cuál sería el impacto en un organismo la ausencia de una especie presa en particular (bottom-up), así como el impacto que tendría en el ecosistema la ausencia de uno de estos depredadores (top down).

De años a la fecha se considera que el papel de los peces en el ecosistema constituye una realidad que permite abordar algunos problemas ecológicos que tienen importancia en las sociedades actuales (Shapiro & Wright, 1984; Carpenter *et al.*, 1985; entre otros). En un comienzo el punto de vista en cuanto a estudios de cuestiones tróficas era el efecto que tenía en el depredador “bottom-up” los posibles cambios en el ecosistema (Grinnell, 1917).

Sin embargo, a partir de la definición de Elton (1927) se empieza a considerar el impacto del depredador al medio, ya sea por presencia o ausencia. Esta teoría llevada a su extremo plantea que el depredador determina la situación del que se encuentra en niveles inferiores de la cadena trófica, siendo la cascada “top down”, entre niveles tróficos, el factor clave en la estructura de comunidades ( Hairston & Hairston, 1993).

En el primer caso “bottom-up”, podemos mencionar que en el presente estudio al depredador que más le afectaría la ausencia de una especie presa en particular sería al marlín azul, dado al grado de especialización que presentó sobre una especie presa en particular (*Auxis spp.*), por lo que se podría decir que la ausencia de *Auxis spp.* alteraría la distribución de este depredador en la BGC.

Tal es el caso del fenómeno de El Niño, ya que se ha observado que en presencia de este fenómeno, puede presentarse una disminución drástica de la productividad primaria ocasionando así un efecto negativo en cadena hacia niveles trófico superior.

Así pues, dado que *Auxis* spp. se alimenta de especies presa pequeñas (crustáceos y peces pequeños) que estas a su vez dependen de la productividad primaria, al presentarse una disminución en la abundancia del alimento de *Auxis* spp. éste último migraría a otras zonas para encontrar alimento. Por lo que el efecto negativo sobre el marlín azul sería de forma indirecta, esto como resultado de la ausencia de alimento principal en el área.

En el caso de marlín azul, la presencia de este depredador se le ha relacionado a aguas con temperaturas mayores a los 26°C (Graves *et al.*, 2002), mientras que en el caso del marlín rayado Salcedo-Bojorquez (2007) y Santana-Hernández (2001) mencionan que este depredador presenta sus mayores abundancias en la pesca con palangre entre las temperaturas 25° y 26°C. Santana- Hernández (2001) menciona que en relación con la temperatura superficial del mar, los pelágicos mayores se clasifican como especies asociadas a aguas cálidas o como especies que viven en aguas de temperatura intermedia (templadas) a la cual pertenece el marlín rayado, por lo que se esperaría una alteración en la presencia de este depredador en la zona, mientras que en el caso del marlín azul, la temperatura no sería un factor, pero si, la ausencia de su alimento como resultado del cambio de temperatura en el agua.

Mientras que para el caso del dorado Zúñiga-Flores (2009) menciona que la actividad reproductiva de este depredador se da a temperaturas de los 25° a 30°C, presentando preferencias por aguas cálidas (Santana-Hernández, 2001). Además cabe recordar que este depredador fue el que presentó una mayor variación de especies presas en la dieta, demostrando así una mayor plasticidad trófica, por lo que la presencia de El Niño, podría ser de bajo impacto para él a diferencia de los dos marlines

Al evaluar el impacto del depredador al medio “top down”, en el presente trabajo, se observó que los dos marlines mantenían una equivalencia trófica en la BGC (UCINET),

esto en relación al tipo de presas consumidas y a la frecuencia con la que lo hacían, en ambos casos se observó que consumían presas de posiciones tróficas similares (3 y 4), además de presentar muchas de ellas en común, por lo que se puede mencionar que siguen pautas idénticas de comportamiento en sus relaciones con respecto a las presas. Por consiguiente, son considerados sustituibles (Borgatti, *et al.*, 2002). Si bien cada especie consume presas diferentes en particular en la BGC, el papel que desempeñan es similar, por lo que en ausencia de una le sustituiría la otra.

Mientras que en el caso de la equivalencia trófica del dorado con respecto a los marlines, esta fue diferente, lo cual también se vio reflejado en las PT de este depredador. Esto se debió a que el dorado fue el único depredador que hizo uso del grupo de los crustáceos mientras que en el caso de los dos marlines no los consumieron, presentando así los valores más altos de omnivoría, lo que indica que está haciendo uso de especies presas de PT diferentes, las cuales fueron desde el nivel 2 hasta el 4. Por lo que hace que el dorado cumpla una función esencial en la regulación de este grupo taxonómico en la BGC, al consumirlo en cantidades considerables (Tripp-Valdez, 2005).

Si se diera el caso de una ausencia del dorado en la BGC, se podría dar como resultado un desbalance en el ecosistema, ya que al no presentar depredadores directos sobre este grupo de crustáceos, estos presentarían un aumento en sus abundancias. Ejemplos de este tipo de acciones, han sido observados en otro tipo de ecosistemas (Lattuca *et al.*, 2008), sin embargo, no podemos dejar de lado el hecho de que en la mayoría de los casos, la ausencia de una especie por lo general lleva a la sucesión de otra (Drudy & Nisbet, 1973).

También se debe de tener en cuenta que el hecho de la importancia de conocer este tipo de impactos está en función de la importancia de la especie, no solo del nivel ecológico, sino también a nivel social, por lo que siempre habrá la necesidad de monitorear y conservar a este tipo de especies mediante estudios de este tipo.

## CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis de contenido estomacal e isótopos estables de C y N. La composición específica del espectro trófico del marlín azul estuvo principalmente compuesta por el escómbrido epipelágico *Auxis* spp., tanto en espacio como en tiempo. Mientras que la del marlín rayado estuvo constituido por especies epi y mesopelágicas que fueron *D. gigas*, *S. japonicus* y *S. caeruleus*. El espectro trófico del dorado estuvo representado principalmente por la langostilla *P. planipes*.
- El marlín azul mostró tener la amplitud de nicho más estrecha presentando valores de  $B_i$  cercanos a cero y con variaciones mínimas de  $\delta^{15}\text{N}$  que lo ubican como una especie especialista. En el caso del marlín rayado, debido a las grandes variaciones de  $\delta^{15}\text{N}$ , así como en el consumo de varias especies presas, esta especie fue catalogada como generalista. De la misma forma el dorado presentó alto consumo de especies presas y variaciones grande de  $\delta^{15}\text{N}$  , sin embargo al analizar las variaciones a una escala mensual se observaron una amplia variabilidad (DE) dependiendo de la época del año, por lo que se define como una especie oportunista.
- El ANOSIM indicó una dieta similar entre depredadores, lo que podría ser considerado como un traslapo, sin embargo el análisis de isótopos estables mostraron diferencias, reflejando preferencias de especies presas y zonas de alimentación, lo que en conjunto se puede interpretar como un bajo traslapo.
- La posición trófica más alta fue para el marlín azul que junto con el marlín rayado se consideraron depredadores tope, mientras que el dorado fue catalogado como carnívoro secundario.
- Los valores más altos de omnivoría fueron para el dorado, indicando que fue el depredador que consumió más presas de diferentes niveles tróficos.
- De acuerdo a UCINET, la equivalencia trófica fue similar en el caso de los dos marlines por lo que se consideran sustituibles uno del otro, mientras que en el caso del dorado presentó una equivalencia trófica distinta, con un papel trófico diferente a los dos marlines.

## BIBLIOGRAFIA

- Abitia-Cardenas, L.A. 1992.** Espectro trófico energético del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) y marlín azul *Makaira mazara* (Jordan y Snyder, 1901), del área de Cabo San Lucas, B.C.S México. Tesis de maestría, CICIMAR-IPN, México 76pp
- Acevedo-Cervantes A; López-Martínez,J; Herrera-Valdivia, E; Rodríguez-Romero, J 2009.** Análisis de la abundancia, dominancia y diversidad de la comunidad de peces demersales de profundidad de 90 a 540 metros en el Golfo de California, México. *Interciencia*, vol.34-9, 660-665pp
- Adam, T,S; & Sterner, R.W 2000.** The effect of dietary nitrogen content on trophic level 15n enrichment, *Limnology and Oceanography*, vol. 45, no. 3, 601-607 pp
- Aguilar-Palomino, B, F Galván-Magaña, L.A Abitia-Cárdenas, AF Muhlia-Melo, J Rodríguez-Romero. 1998.** Aspecto alimentario del dorado *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 24(3): 253-265pp
- Aguilar-Palomino, B. 1993.** Espectro trófico del dorado *Coryphaena hippurus* Linaeus 1758(Osteichthyes: Coryphaenidae), capturado en la bahía de La Paz y Cabo San Lucas, Baja California Sur, México, durante 1990 y 1991. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. 190pp.
- Anónimo, 1993.** Informe Técnico de la captura de picudos y especies afines durante el periodo 1982-1992. CRIP- Mazatlán 34 p
- Allen G,R., Robertson, D,R 1994.** Fishes of the tropical eastern pacific. University of Hawaii press, Hawaii

**Altabet, M.A., & Francois, R., 1994.** Sedimentary nitrogen isotopic ratio as a record for surface ocean nitrate utilization. *Global Biogeochem. Cycles*, 8(1):103–116

**Altabet, M.A., Pilskaln, C., Thunell, R., Pride, C., Sigman, D., Chavez, F., & Francois, R., 1999.** The nitrogen isotope biogeochemistry of sinking particles from the margin of the eastern North Pacific. *Deep-Sea Res., part i*, 46(4):655–679

**Amundsen, P.A., H.M. Gabler & F.J. Stalduick. 1996.** A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of the Costello (1990) method. *J. Fish. Biol.*, 48: 607-614.

**Arlettaz, R., 1999.** Habitat selection as a major resource partitioning mechanism between the two sympatric sibling bat species *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Journal of Animal Ecology*, 68:469-471.

**Aurioles-Gamboa D., Newsome S. D., Salazar Pico S., Koch P. L., 2009** Stable isotope differences between sea lions (*Zalophus*) from the Gulf of California and Galapagos islands *Journal of Mammalogy*, 90:1410–1420

**Aurioles-Gamboa, D & R Pérez-Flores. 1995.** Seasonal and bathymetric changes in feeding habits of the benthic red crab *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheidae) off the pacific coast of Baja California Sur, México. *Crustaceana*, vol. 70, no. 3 (apr., 1997), pp. 272-287

**Azevedo S, Batista C, Vasconcellos S, Aguiar D, Ragozo A, Rodríguez A, Alves C, Gennari S. 2005.** Seroepidemiology of *Toxoplasma gondii* and *Neospora caninum* in dogs from the state of Araújo, northeast region of Brazil. *Res vet sci* 79: 51-56.

- Bearhop S., Adams C.E., Waldron S., Fuller R. A., Macleod H., 2004** Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Animal Ecology* 73:1007-1012
- Benner R., Biddanda B., Black B. & Mccarthy M. 1997.** Abundance, size distribution, and stable carbon and nitrogen isotopic composition of marine organic matter isolated by tangential-flow ultrafiltration. *Marine Chemistry* 57, 243-263
- Biró, Zs. Lanszki, J, Szemethy, L, Heltai, M & Randi, E. 2005.** Feeding habits of feral domestic cats (*Felis catus*), wild cats (*Felis silvestris*) and their hybrids: trophic niche overlap among cat groups in Hungary *J. Zool., Lond.* (2005) 266, 187–196
- Blackburn M., 1969.** Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off Western Baja California. *Fishery Bulletin.* 68 (1): 147-176.
- Bodin N., Le Loch F., Hily C., 2007.** Effect of lipid removal on carbon and nitrogen stable isotope ratios in crustacean tissues. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 341, 168-175
- Borgatti, S.P., Everett, M.G., Freeman, L.C. 2002.** Ucinet for Windows: software for social network analysis. Harvard, MA: analytic technologies.
- Bosakowski, T.D., D.G. Smith, & R. Speiser. 1992b.** Niche overlap of two sympatric-nesting hawks in the New Jersey-New York highlands. *Ecography* 15: 358-372.
- Bray, N. A., 1988:** Water mass formation in the Gulf of California. *Journal Geophysical Research*, 93, 9223-9240.
- Brock R. E., 1984.** A contribution to the trophic biology of the blue marlin (*Makaira nigricans* lacépède, 1802) in Hawaii. *Pac. Sci.*, 38, 141–149

- Brugnoli E. & Farquhar G.D. 2000.** Photosynthetic fractionation of carbon isotopes. in: Leegood R.C, Sharkey T.D and Von Caemmerer S (eds.) photosynthesis: physiology and metabolism. Advances in photosynthesis, Kluwer academic publishers, the Netherlands, pp. 399-434
- Brusca R.C 1980.** Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The university of Arizona press, Arizona.
- Burton R.K., Koch P.L., 1999.** Isotopic tracking of foraging and long-distance migration in northeastern Pacific pinnipeds. *Oecologia* 119, 578-585
- Cáceres-Soto M. 2009.** Variabilidad espacio temporal de los parámetros oceanográficos en la entrada del Golfo de California. Tesis de Maestría 60pp
- Cailliet G.M., Love M.S., Ebeling A.W. 1996.** Fishes, a field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. Waveland press, EUA
- Cajal, J. 1980.** Situación del guanaco en la república Argentina. Programa conservación y manejo de camélidos. DNFS - SUBCYT. 31p
- Camalich-Carpizo, J, M. 2009.** Influencia de los procesos de nitrificación y desnitrificación en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en las redes tróficas del pacífico nororiental. Ensayo predoctoral. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. 54p
- Cardona, L. 2001.** Non-competitive coexistence between mediterranean grey mullet: evidence from seasonal changes in food availability, niche breadth and trophic overlap. *Journal of Fish Biology* (2001) 59, 729–744.
- Carlson, J.K., K.J. Goldman & C.G. Lowe. 2004.** Metabolism, energetic demand, and endothermy, Jeffrey C. Carrier, John A. Musick, and Michael R. Heithaus. *Biology of Sharks and Their Relatives*: 203-246 pp.

- Caut S., Angulo E., Courchamp F. 2009.** Variation in discrimination factors ( $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ): the effect of diet isotopic values and applications for diet reconstruction. *Journal of Applied Ecology* 46, 443-453
- Carpenter, S. R., J. F. Kitchell, & J. R. Hodgson. 1985.** Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience* 35: 634-639.
- Castro, R., A. S. Mascarenhas, R. Durazo, and C. A. Collins, 2000:** Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 26, 561-583.
- Checkley Jr. D. M. & Miller C. A. 1989.** Nitrogen isotope fractionation by oceanic zooplankton. *Deep-Sea Research* 36, 1449-1456
- Chouinard A. & Bernatchez L. 1998.** A study of trophic niche partitioning between larval populations of reproductively isolated whitefish (*Coregonus* sp.) ecotypes. *Journal of Fish Biology* (1998) 53, 1231–1242
- Christensen V. & Pauly D. 1992.** ECOPATH II—A software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modelling* 61:169–185.
- Churchfield, S. Nesterenko V.A. & Shvarts, E. A. 1998.** Food niche overlap and ecological separation amongst six species of coexisting forest shrews (Insectivora: Soricidae) in the Russian far east. *J. Zool., Lond.* (1999) 248, 349-359
- Clarke. 1986.** A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon press, Oxford, p 273

- Clarke KR, Warwick R.M. 2001.** Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edn. PRIMER-E
- Cline J. D. & Kaplan I. R. 1975.** Isotopic fractionation of dissolved nitrate during denitrification in the eastern tropical north Pacific Ocean. *Marine Chemistry* 3, 271-299.
- Clothier CR 1950.** A key to some southern California fishes based on vertebral characters. *Fish Bull* 79:1–83
- Collette, B.B., 1995.** "Coryphaenidae. Dorados". p. 1036-1038. En W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V. Niem (eds.) *Guia FAO para identificación de especies para lo fines de la pesca. Pacifico Centro-Oriental*.3 Vols. FAO, Roma.
- Collins, C. A., N. Garfield, A. S. Mascarenhas Jr, M. G. Spearman, and T. A. Rago, 1997:** Ocean currents across the entrance to the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 102, 20,927-20,936.
- Colwell, R.K. 2006.** Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Persistent URL<[Purl.Oclc.Org/Estimates](http://Purl.Oclc.Org/Estimates)>
- Cortés, E. 1997.** A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 726–738
- Cromwell, T., & J. L. Reid. 1956.** A study of oceanic fronts. *Tellus*, 8: 94-101.
- Dambacher, J. M., Young, J. W., Olson, R. J., Allain, V., Galván-Magaña, F., Lansdell, M. J., Bocanegra-Castillo, N., Alatorre-Ramírez, V., Cooper, S. P., & Duffy, L. M. 2010.** Analyzing pelagic food webs leading to top predators in the Pacific Ocean: A graph-theoretic approach. *Progress in Oceanography*. 86, 152-165.

- Dawson T. E. & Brooks P. D. 2001.** Fundamentals of stable isotope chemistry and measurement. in: stable isotope techniques in the study of biological processes and functioning of ecosystems. 1-18. M. Unkovich, J. Pate, A. Mcneill Y D. J. Gibss (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- De La Lanza-Espino G. 1991.** Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor. D.F. México. 569 P
- Deniro M. J., Epstein S. 1977.** Mechanism of carbon isotope fractionation associated with lipid synthesis. *Science* 197, 261-263.
- Deniro M. J., Epstein S. 1978.** Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica Et Cosmochimica Acta.* 42: Pp. 495–506
- DeNiro, M. J. & S. Epstein. 1981.** Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45:341-351.
- Denis Avila, D. 2000.** Aplicación del método jackknife a un descriptor de la dieta en aves. *Revista De Biología* Vol. 14. No2 13pp.
- Denoël, M, Howard H. Whiteman, H. H. & Wissinger, S.A. 2006.** Temporal shift of diet in alternative cannibalistic morphs of the tiger salamander. *Biological Journal Of The Linnean Society*, 2006,89, 373–382.
- Denoel, M. 2004.** Feeding performance in heterochronic alpine newts is consistent with trophic niche and maintenance of polymorphism. *Ethology* 110, 127—136 (2004)
- Domeier, M. L. 2006.** An analysis of pacific striped marlin (*Tetrapturus audax*) horizontal movement patterns using pop-up satellite archival tags. *Bull. Mar. Sci.* 79 (3): 811-825.

- Drudy, W. H., & C. T. Nisbet. 1973.** Succession. *Journal of the Arnold Arboretum* 54: 331-368.
- Eldrige, M. B., & P. G. Wares. 1974.** Some biological observations of billfishes taken in the Eastern Pacific Ocean. In R. S. Shomura And F. Williams (Eds.), species synopsis: proceedings of the international billfish symposium; Kailua-Kona. Hawaii. 9-12 august 1972, P. 89-101. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-SSRF-675.
- Elton, C.S. 1927.** *Animal ecology* Sidgwich and Jackson. Londres.209p
- Evans, D. H., & P. G. Wares.1972.** Food habits of the striped marlin and sailfish off México and southern California. *Fish Wildl. Servo Res. Rep.* 76:1-10.
- Fanelli E. & J. E. Cartes. 2010.** Temporal variations in the feeding habits and trophic levels of three deep-sea demersal fishes from the western Mediterranean Sea, based on stomach contents and stable isotope analyses. *MEPS* 402:213-232
- Farquhar G.D., Ehleringer J.R., Hubick K.T. 1989a.** Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 40: 503-537
- Feisinger P., E. Spears & R. Poole. 1981.** A simple measure of niche breadth. *Ecology* 62: 27-32.
- Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem V.H. 1995.** Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca pacifico centro-oriental. Vols. II Y III. Vertebrados Parte 1 Y 2
- Fitch J.E., Brownell R.L Jr 1968.** Fish otoliths in cetacean stomachs and their importance in interpreting feeding habits. *J Fish Res Board Can* 25:2561–2570

- Forero M.G., Bortolotti G.R., Hobson K.A, Donázar J.A., Bertellotti M, Blanco G. 2004.** High trophic overlap within the seabird community of argentinean patagonia: a multiscale approach. *J Anim Ecol* 73:789–801
- Fox, W. 2006.** *En: Billfish Newsletter.* U. S. Dep. Commer., NOAA
- Froese, R. & D. Pauly. Editors. 2010.** Fishbase.org
- Gaebler, O. H., Vitti T. G., Vukmirovich R. 1966.** Isotope effects in metabolism of  $^{14}\text{N}$  and  $^{15}\text{N}$  from unlabeled dietary proteins. *Can. J. Biochem.* 44: 1249–1257.
- Gaedke, U., D. Straile, & C. Pahl-Wostl. 1996.** Trophic structure and carbon flow dynamics in the pelagic community of a large lake. Pages 60-71 In G. A. Polis and K.O. Winemiller. Editors. *food webs: integration of patterns and dynamics.* Chapman And Hall. New York, New York.USA.
- Galeotti, P. & Rubolin, D. 2003.** The Niche variation hypothesis and the evolution of colour polymorphism in birds: a comparative study of owls, nightjars and raptors *biological Journal Of The Linnean Society*, 2004, 82, 237–248
- Galván, M. F. 1999.** Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacífico Oriental. Tesis De Doctorado. CICESE. 212 P.
- Ganeshram, R.S., Pedersen, T.F., Calvert, S.E., Murray, J.W. 1995.** Large changes in oceanic nutrient inventories from glacial to interglacial periods: *Nature*, 376(6543), 755-758.
- Garcia, J. T. & Arroyo, B. E. 2005.** Food-Niche differentiation in sympatric hen *Circus cyaneus* and montagu's harriers *Circus pygargus*, *Ibis* (2005), 147, 144–154

- Genner, M. J; George F. Turner, G.F; Barker, S & Hawkins, S. J. 1999.** Niche segregation among lake malawi cichlid fishes? evidence from stable isotope signatures *Ecology Letters*, (1999) 2: 185-190
- Gilbert, B; Srivastava, D.S & Kirby, K. R. 2008.** Niche partitioning at multiple scales facilitates coexistence among mosquito larvae *Oikos*, 117(6), 944-950: Doi: 10.1111/J.2008.0030-1299.16300.X
- Giller P.S. 1984.** Community structure and the niche. Chapman & Hall. *Outline Studies In Ecology*: 175
- Goering J., Alexander V. Y Haubenstock N., 1990.** Seasonal variability of stable carbon and nitrogen isotope ratios of organisms in a north pacific bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 30, 239-260.
- Grinnell, J. 1917.** The niche-relations of the California thrasher. *Auk* 34:427-433.
- Guedes, A. P. P. & Araujo, F. G. 2008.** Trophic resource partitioning among five flatfish species (Actinopterygii, Pleuronectiformes) in a tropical bay in south-eastern Brazil *Journal of Fish Biology* (2008) 72, 1035–1054
- Hairston, N. G., Jr. & N. G. Hairston, S.R. 1993.** Cause-Effect relationships in energy flow, trophic structure, and interspecific interactions. *American Naturalist* 142:379-411.
- Hasting, J. R. & R.M. Turner, 1965.** The changing mile: an ecological study of vegetation change with time in the lower mile of an arid and semiarid region. Tucson: University Of Arizona Press. 314pp
- Heino, J. 2005.** Positive relationship between regional distribution and local abundance in stream insects: a consequence of niche breadth or niche position? *ECOGRAPHY* 28: 345-354, 2005

- Hobson K.A. 1999.** Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: A Review. *Oecologia* 120, 314-326
- Hobson K.A., Clark R.G. 1992.** Assessing avian diets using stable isotopes i: turnover of  $\delta^{13}\text{C}$  in tissues. *Condor* 94, 181-188.
- Hobson, K. A., Welch, H. E. 1992.** Determination of trophic relationships within a high arctic marine food web using  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  analysis. *Marine Ecology Progress Series*. 84: 9-18
- Hoering T. C. Y Ford H. T. 1960.** Isotopic effect in the fixation of nitrogen by azotobacter. *Journal of The American Chemical Society* 82, 376-378.
- Holdsworth J. C., Sippel T. J., Block B.A. 2009.** Near real time satellite tracking of striped marlin (*Kajikia audax*) movements in the Pacific Ocean *Mar Biol* 156:505–514
- Hopper, C. N. 1990.** Patterns of blue marlin reproduction in Hawaiian waters. en: R.H. Stroud (editor). planning the future of billfishes. research and management in the 90s and beyond. proceedings of the second international billfish symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1–5, 1988. Part 2: Contributed Papers. National Coalition For Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia. 29-39.
- Hyslop, E. J. 1980.** Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal Of Fish Biology* 17:411–429.
- Jepsen, D. B. & Winemiller, K. O. 2007.** Basin geochemistry and isotopic ratios of fishes and basal production sources in four neotropical rivers. *Ecology of Freshwater Fish* 2007: 16: 267–281

- Jepsen, D.B. & Winemiller, K. O. 2002.** Structure of tropical river food webs revealed by stable isotope ratios *Oikos* 96: 46–55, 2002
- Krebs CJ. 1999.** *Ecological Methodology*. Addison Wesley, California
- Lacher, T., M. Willig & M. Mares. 1982.** Food preference as a function of resource abundance with multiple prey types: an experimental analysis of optimal foraging theory *American Naturalist.*, 120: 297-316.
- Lattuca, M. E. Battini, M. A. & Macchi, P. J. 2008.** Trophic interactions among native and introduced fishes in a northern patagonian oligotrophic lake. *Journal of Fish Biology* (2008) 72, 1306–1320
- Leibold, M.A. & Gueddes, P. 2005.** El concepto nicho en las metacomunidades. *Ecología Austral* 15: 117-129
- Leibold, M.A. 1995.** The niche concept revisited: mechanistic models and community context. *Ecology* 76:1371-1382.
- Levins, R. 1968.** *Evolution In a changing environments*. princeton university press, Princeton, New Jersey. 120 Pp.
- Lives S. M. Y Deuser W. G. 1988.** The isotopic geochemistry of particulate nitrogen in the Peru upwelling area and the Gulf of Maine. *Deep-Sea Research* 35, 517-533.
- Logan, J. M., T. D. Jardine, T. J. Miller, S. E. Bunn, R. A. Cunjak, & M. E. Lutcavage. 2008.** Lipid corrections in carbon and nitrogen stable isotope analyses: comparison of chemical extraction and modelling methods. *Journal of Animal Ecology* 77:838–846.

- Lozano, J. Moleón M And Virgós, E. 2006.** biogeographical patterns in the diet of the wildcat, *Felis silvestris* Schreber, in Eurasia: factors affecting the trophic diversity. Journal of Biogeography (J. Biogeogr.) (2006) 33, 1076–1085
- Luiselli, L. 2008.** Do lizard communities partition the trophic niche? a worldwide meta-analysis using null models. Oikos 117: 321-330
- Mako S. A., Lee W. Y. & Parker P. L. 1982.** Nitrogen and carbon isotope fractionation by two species of marine amphipods: laboratory and field studies. Journal Experimental Of Marine Biology and Ecology 63, 145-149.
- Martínez-Aguilar, S., Morales-Bojórquez, E., Díaz-Uribe, J. G., Suárez-Higuera, M. C. & Hernández-Herrera, A. 2004.** La pesquería del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California. recomendaciones de investigación y tácticas de regulación. Comisión Nacional De Acuacultura Y Pesca, Instituto Nacional De La Pesca, Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación. México. 77 P.
- Mascarenhas Jr, A. S., R. Castro, C. A. Collins, and R. Durazo, 2004:** Seasonal variation of geostrophic velocity and heat flux at the entrance to the Gulf of California, Mexico. Journal Geophysical Research, 109, doi: 10.1029/2003JC002124.
- Mcconnaughey, T.A., C.P. Mcroy. 1979.** Food-web structure and fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. Marine Biology. 53: Pp. 257–262
- Minagawa W., Wada E. 1984.** Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  along food chains: further evidence and the relation between  $\Delta^{15}\text{n}$  and animal age. Geochimica Et Cosmochimica Acta. 48: Pp. 1135–1140
- Miyake Y. & Wada E. 1971.** The isotope effect of nitrogen in biochemical oxidation-reduction reactions. Records Of Oceanographic Works, Japan 7, 37-53.

- Molina-Cruz A. 1984.** Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.
- Moodie, G.E.E. Moodie, P.F. & Reimchen, T.E. 2007.** Stable isotope niche differentiation in sticklebacks with symmetric and asymmetric pectoral fins. *Biological Journal Of The Linnean Society*, 2007, 92, 617–623.
- Nakamura, I. 1985.** Billfishes of the world. *FAO Fish. Synop.*, 125 (5): Iv, 65 Pp.
- Newsome, S.D. & Koch, P.L. 2006.** Using carbon and nitrogen isotope values to investigate maternal strategies in northeast pacific otariids. *Marine Mammal Science*, 22(3): 556–572
- Olson, R. & Boggs, C., 1986.** Apex predation by yellowfin tuna (*T. albacares*) : Independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics and cesium concentrations. *Can J Fish Aquat. Sci.*, 43: 1760-1775.
- Olson, R. & Galván-Magaña, F. 2002.** Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Eastern Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*. 100(2): 279-282
- Oro M. G.1999.** El dorado (*C. hippurus* y *C. equiselis*). La pesca deportiva en México (por la pesca libre y responsable). [Http://Www.Pesca.Org.Mx/Articulos/Dorado1.html](http://www.Pesca.Org.Mx/Articulos/Dorado1.html)
- Ortega-García, S., A. Klett-Traulsen, & G. Ponce-Díaz. 2003.** Analysis of sportfishing catch rates of striped marlin (*Tetrapturus audax*) at Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico, and their relation to sea surface temperature. *Mar. Freshw. Res.* 54 (4): 483-488.

- Ortega García S., Klett Traulsen A., Rodríguez Sánchez R. 2006.** Some biological aspects of blue marlin (*Makaira nigricans*) in the recreational fishery at Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 79(3): 739-746.
- Ovchinnikov, V.V. 1970.** Mech-ryba i parusnikovye (atlanticheskii okean. ekologiya i funktsional naya morfologiya). (swordfish and billfishes of the atlantic ocean. ecology and functional morphology.) nauch-issled. inst. ryb. knoz. okeanogr., kalinigrad, 106 p. [transl. by Israel Prog. Sci. Transl., 77 P.; Avail. NTIS, Springfield, VA, TT71-50011.]
- Owens, N. J. P. 1987.** Natural variations in  $^{15}\text{N}$  in the marine environment. *advances in Marine Biology* 24:389-451.
- Palko, B.J., G.L. Beardsley & W.J. Richards. 1982.** Synopsis of the biological data on dolphin fishes, *Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equiselis*. NOAA Tech. Rep. NMFS Cir dc. 443. 28pp
- Parés-Sierra, A., López, M., Pavía, E.G. 1997.** Oceanografía física del Océano Pacífico Nororiental. en: contribuciones a la oceanografía física de México. M. F. Lavín, (Edt.). Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, 1-24.
- Pauly, D., Soriano, M. & Palomares, M.L. 1987.** On improving the construction, parametrization and interpretation of steady-state multispecies models. ms, presented at the 9th shrimp and finfish fisheries management workshop, 7-9 December 1987, Kuwait (Unpubl.), 27 Pp.
- Peterson, B. J., & B. Fry. 1987.** Stable isotopes in ecosystems studies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18:293-320.
- Phillips, D. J., & D.J. Gregg. 2003.** Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. *Oecologia* 136:261-269.

- Pianka, E. 1986.** Ecological phenomena in evolutionary perspective. chapter 16 (Pp. 325-336)  
En: (N. Polunin, Ed.) Ecosystem Theory and Application. Wiley And Sons
- Pielou, E. C. 1972.** Niche width and niche overlap: a method for measuring them. Ecology 53,  
687–692
- Pielou, E.C. 1975.** Ecological diversity. wiley, New York.165 Pp
- Pinkas, L., M.S. Oliphant & L.K. Iverson. 1971.** Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bulletin.152: 105 Pp.
- Polis, G. A. 1991.** Complex trophic interactions in deserts: an empirical critique of food-web theory. The American Naturalist 138:123-155.
- Ponce-Díaz, G., Ortega-García, S & González-Ramírez, P.G. 1991.** análisis de tallas y relación peso longitud del marlín rayado *Tetrapturus audax* En Baja California Sur, México. Ciencias Marinas, 17(4):69-82
- Post D. M. 2002.** Using stable isotopes to estimate trophic position models, methods, and assumptions. Ecology. Vol. 83 (3): 703-718.
- Post D. M., Layman C. A., Takimoto G., Quattrochi J., Montaña C. G. 2007.** getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. Oecologia 152, 179-189.
- Rau G. H., Sweeney R. E. & Kaplan I. R. 1982.** Plankton  $^{13}\text{C}:$  $^{12}\text{C}$  ratio changes with latitude: differences between northern and southern oceans. Deep-Sea Research 29, 1035-1039.

- Rau, G.H., J.L. Tetssie, F, Rassoulzadegan & S.W. Fowler. 1990.**  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  And  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  Variations among size fractionated marine particles: implications for their origin and trophic relationship. Marine Ecology Progress Series 59: 33-38 Pp.
- Robinson, M.K. 1973.** Atlas of monthly mean sea surface and subsurface temperatures in the Gulf of California, Mexico. San Diego Soc. Natl. Hist. Mem. 5: 97 p
- Roden G.I. & G.W. Groves. 1959.** Recent oceanographic investigation in the Gulf Of California. Journal Of Marine Research, 18. 10-35
- Roden, G.I. 1964.** Oceanographic aspects of the Gulf of California. In: Tj.H. Van Andel and G.G. Shor Jr. (eds.), marine geology in the Gulf California. Mem. Am. Petrol. Geol., 3: 30–58.
- Roden G.I. 1972.** Thermohaline structure and baroclinic flow across the Gulf Of California entrance and in the Revillagigedo islands region. Journal Of Physical Oceanography, 2, 177-183
- Rose, C.D & Hassler, W.W. 1794.** Food habits and sex ratios of dolphinfish *Coryphaena hippurus* captured in the western Atlantic Ocean off hatteras, North Carolina. Trans. Am. Fish. Soc., 103: 94-100
- Roux, O. & Conand, F. 2000.** Feeding habits of the bigeye scad, *Selar crumenophthalmus* (Carangidae), in la réunion island waters (south-western Indian Ocean). Cybium 2000, 24(2): 173-179.
- Sakamoto, R. & S. Kojima. 1999.** Review of dolphinfish biological and fishing data in japanese waters. Sci. Mar. 63(3-4):375-385.
- Salcedo-Bojorquez, S. 2007.** Variación espacio temporal de las tasas de captura del marlin rayado (*Tetrapturus audax*) en el noroeste del pacífico mexicano de 1980-1990. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN 83Pp.

- Santana-Hernández H. 2001.** Estructura de la comunidad de pelágicos mayores capturados con palangre en el pacífico mexicano (1983-1996) y su relación con la temperatura superficial del mar. tesis doctoral, posgrado interinstitucional de ciencias pecuarias, Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia, Universidad De Colima, México, 122 Pp
- Saucedo Barrón CJ, Colado Uribe G, Martínez Adrian JG, Burgos Zazueta S, Chacón Cortez JG, Espinoza Fierro J. 1982.** Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la zona sur de Sinaloa. Memoria de servicio social universitario, escuela de ciencias del mar, tesis Universidad Autónoma De Sinaloa, Mazatlán
- Schmidt O., Scrimgeour C. M. Y Curry J. P. 1999.** Carbon y nitrogen stable isotope ratios in body tissue and mucus of feeding earthworms (*Lumbricus festivus*). *Oecologia* 118, 9-15.
- Secretaria de Turismo “SECTUR” 2010.** Guia oficial de pesca deportiva y recreativa en México [http://www.sectur.gob.mx/es/sectur/sect\\_9291\\_guia\\_de\\_pesca\\_deprti](http://www.sectur.gob.mx/es/sectur/sect_9291_guia_de_pesca_deprti).
- Seki, M.P., R. Lumpkin & P. Flament. 2002.** Hawaii cyclonic eddies and blue marlin catches: the case study of the 1995 hawaiian international billfish tournament. *J. Oceanogr.*, 58: 739-745.
- Shapiro, J. & D.I. Wrigth. 1984.** Lake restoration by biomanipulation: round lake, Minesota the first two years. *Freshwater Biol.* 14: 371-378
- Shiau Ch.Y., Pong Y.J., Chiou T.K., Chai T.J. 1997.** Effect of growth on the levels of free histidine and amino acids in white muscle of milkfish (*Chanos chanos*) *J. Agric. Food Chem.* 45 (6), 2103–2106.

- Shimose T, Shono H, Yokawa K, Saito H, Tachihara K. 2006.** Food and feeding habits of blue marlin, *Makaira nigricans*, Around Yonaguni Island, Southwestern Japan. Bull Mar Sci 79:761–775.
- Soutar, A., S. R. Johnson Y T. R. Baungartner. 1981.** The monterey formation and related siliceous rocks of california. in search of modern depositional analogs to the monterey formation. Garrison, G. E. y R. G. Douglas Society Of Economic Paleontologists And Mineralogists. 1981 P. 123-147.
- Southwick Associates, Inc., Fernandina Beach, FL., Nelson Resources Consulting, Inc., Oakland Park, FL., & FIRMUS Consulting, 2008.** Contribución económica de la pesca deportiva a la economía de Los Cabos, Reporte del The billfish foundation.
- Stevens, J.D., Davis, T.L.O. & Church, A.G. 1982.** NT shark gillnetting survey shows potential for Australian fishermen. Australian Fisheries 41: 39-43.
- Stevenson, M. R. 1970.** On the physical and biological oceanography near the entrance of The Gulf Of California. October 1966-August 1967. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull., (14): 389504.
- Stillwell CE, Kohler NE. 1982.** Food, feeding habits, and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the northern Atlantic. Can J Fish Aquat Sci 39:407–414
- Strasburg, W.B. 1970.** A report on their billfish of the central Pacific Ocean. Bull of Marine Science. 20 (3).
- Syvaranta, J & Jones, R.I. 2008.** Changes in feeding niche widths of perch and roach following biomanipulation, revealed by stable isotope analysis. Freshwater Biology (2008) 53, 425–434

- Thomson, D. A., L. T. Findley, & A. N. Kerstitch. 2000.** Reef fishes of the sea of Cortez. the rocky-shore fishes Of The Gulf Of California. The University Of Texas, New York.353p.
- Tieszen L. L., Boutton T. W., Tesdahl K. G., Y Slade N. A. 1983.** Fractionation and turn-over of stable carbon isotopes in animal tissues: implication for  $\Delta^{13}\text{C}$  analysis of diet. *Oecologia* 57, 32-37.
- Tripp-Valdez A. 2005.** Ecología trófica del dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) en dos áreas del sur del Golfo De California. tesis de maestría CICIMAR-IPN, La Paz. 125 Pp
- Ueyanagi, S. Y P.C. Wares. 1974.** Synopsis of biological data on striped marlin *Tetrapturus audax* (Philippi 1887). en: Shomura, R.S. and F. Williams (eds.), proc. int. billfish symp. Kaylua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. species synopsis. NOAA Tech. Rcp. NMFS-SSRF, 675: 132-159.
- Valenzuela-Quiñonez F. 2009.** Hábitos alimenticios del pez guitarra *Rhinobatos productus* en el alto Golfo De California. Master in Science, Dissertation, CIBNOR. La Paz B.C.S., México.
- Vander Zanden M.J., Casselman J.M., Rasmussen J.B. 1999.** Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasion in lakes. *Nature* 401, 464-467.
- Vander Zanden, M. J., B. J. Shuter, N. P. Lester, & J. B. Rasmussen. 2000.** Within- and among-population variation in the trophic position of a pelagic predator, lake trout (*Salvelinus namaycush*). *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*. 57:725-731.
- Vander Zanden, M.J. & Rasmussen, J.B. 2001.** Variation in delta N<sup>-15</sup> and delta C<sup>-13</sup> trophic fractionation: implications for aquatic food web studies. *Limnology And Oceanography* 46, 2061-2066.

**Vandermeer, J.H. 1972.** Ann. Rev. Ecol. Syst. Niche Theory. Vol 3:107-132.

**Velasco-Tarelo, P. M. 2003.** Hábitos alimenticios del dorado, *Coryphaena hippurus*, Linnaeus 1758. (Osteichthyes: Coryphaenidae), capturado en Punta Lobos Y Los Barriles Baja California Sur, México, durante 2000 Y 2001. UABCS, México 75p.

**Voss M., Altabet M. A. Y Bodungen B. V. 1996.**  $^{15}\text{N}$  in sedimenting particles as indicator of euphotic-zone procesos. Deep-sea Research 43, 33-47.

**Warsh, C.E., K.L. Warsh & R.C. Staley. 1973.** Nutrients and water masses at the mouth of the Gulf of California. Deep-sea Res.20:561-570

**Whittaker, R. H. 1972.** Evolution and measurement of species diversity. Taxon, 21(2/3):213-251.

**Wolff C.A. 1984.** Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Tech Rep NMFS 17–50

**Zhao L, Castellini M A, Tamara L M, Trumble S. J. 2004.** Trophic interactions of antarctic seals as determined by stable isotope signatures. Polar Biol 27: 368–373

**Zúñiga-Flores, M. S. 2009.** Dinámica poblacional del dorado (*Coryphaena hippurus*) en Baja California Sur, México: implicaciones para su manejo. Tesis De Doctorado CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, 226p