



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



ECOFISIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN
DEL PEZ VELA *Istiophorus platypterus* EN EL
OCÉANO PACÍFICO MEXICANO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

SANDRA BERENICE HERNÁNDEZ AGUILAR

LA PAZ, B.C.S., NOVIEMBRE DE 2012.



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 13 del mes de Noviembre del 2012 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:

"ECOFISIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN DEL PEZ VELA *Istiophorus platypterus*
EN EL OCÉANO PACÍFICO MEXICANO"

Presentada por el alumno:

HERNÁNDEZ

AGUILAR

SANDRA BERENICE

Apellido paterno

materno

nombre(s)

Con registro:

A	0	9	0	1	6	9
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

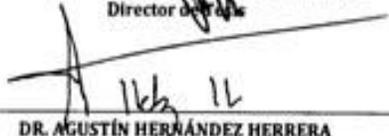
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis


DR. LEONARDO ANDRÉS MEJÍA CÁRDENAS
Director de Tesis


DR. MARCIAL ARELLANO MARTÍNEZ
2º. Director de Tesis


DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA


DRA. BERTHA PATRICIA CEBALLOS VÁZQUEZ


DRA. ANA ISABEL BELTRÁN LUGO

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



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

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 22 del mes Noviembre del año 2012
el (la) que suscribe MC. SANDRA BERENICE HERNÁNDEZ AGUILAR alumno(a) del
Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS
con número de registro A090169 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS y DR. MARCIAL ARELLANO MARTÍNEZ
y cede los derechos del trabajo titulado:

"ECOFISIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN DEL PEZ VELA *Istiophorus platypterus*
EN EL OCÉANO PACÍFICO MEXICANO"

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: bere.azul@gmail.com - laabitia@gmail.com - marellam@ipn.mx

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

MC. SANDRA BERENICE HERNÁNDEZ AGUILAR

nombre y firma

Dedicatoria

Este trabajo, como toda mi vida esta dedicada a dos seres hermosos a los cuales agradezco todo lo que soy.

Mis padres: Juan José y María Luisa.

A mis queridos hermanos Juan José, César Alejandro, Oscar Uriel y Diana Guadalupe, por su amor y alegrías compartidas.

A quien me apoyó y acompañó en este paso, siempre con gran amor y paciencia. A mi adorado esposo Jesús Gustavo.

Al regalo más bello de la vida, mi hija María Regina, mi niña dulce, la luz de mis ojos.

Con amor: Sandra Berenice

AGRADECIMIENTOS



Al Instituto Politécnico Nacional (IPN), que a través del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), me otorgaron la oportunidad de crecer profesionalmente en sus programas de posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI), por el apoyo económico brindando durante mis estudios de doctorado.

A mis directores de tesis Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas y Dr. Marcial Arellano Martínez, por aceptarme como su alumna, por su apoyo incondicional e invaluable revisiones.

A mis asesores Dra. Ana Isabel Beltrán Lugo, Dra. Bertha Patricia Ceballos Vásquez y Dr. Agustín Hernández Herrera, por sus consejos que fueron de gran utilidad para el desarrollo de la presente tesis.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de La Paz (CICESE) y al Dr. Eduardo González Rodríguez, por su apoyo en el procesamiento de los datos de variables ambientales.

Al Laboratorio de Química de Alimentos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) a cargo de la Dra. Ana Isabel Beltrán Lugo, por permitirme realizar el trabajo de bioquímica en sus instalaciones, asimismo a la I.P. Cinthya Palma por su apoyo en dicho trabajo.

Al Dr. Víctor Hugo Cruz Escalona, quien me facilito libros y artículos que fueron de gran ayuda en el desarrollo de mi ejercicio predoctoral.

Al CP. Humberto Ceceña Amador y César Casas, por su labor y buen trato en los trámites escolares.

A Susy, Pacheco y Roberto del Departamento de Computo, por ayudarme tantas veces a resolver problemas técnicos.

A la IBQ. Magdalena Mendoza por su gestión en los trámites de las becas.

Al grupo de investigadores y estudiantes que estuvieron en los desembarcos de la pesca deportiva de diferentes puertos del Pacífico mexicano, trabajando en la colecta de pez vela.

A mis amigos y compañeros de generación.

Al grupo de trabajo del Laboratorio de Ecología de Peces por las buenas experiencias.



LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABLAS	13
GLOSARIO	14
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
1. INTRODUCCIÓN	20
2. ANTECEDENTES	22
2.1 Edad y crecimiento	22
2.2 Biología trófica	23
2.3 Biología reproductiva	25
2.4 Ecología	27
2.5 Bioenergética	29
3. HIPÓTESIS	31
4. OBJETIVO	32
5. MATERIAL Y MÉTODOS	33
a) Trabajo de campo	33
b) Trabajo de laboratorio	35
5.1 Biología reproductiva	35
5.1.1 Proporción sexual	35
5.1.2 Grado de desarrollo gonadal y temporada reproductiva	35
5.1.3 Variación del diámetro promedio	36
5.1.4 Talla de primera madurez	36
5.1.5 Fecundidad	37
5.1.5.1 Determinación de muestra mínima	37
5.1.5.2 Fecundidad parcial y relativa	37
5.1.5.3 Relación funcional entre la fecundidad parcial y la longitud posorbital y peso total	37
5.2 Biología trófica	38
5.2.1 Descripción del espectro trófico	38
5.2.2 Cuantificación del espectro trófico	39
5.3 Fisiología energética	41
5.3.1 Índices morfofisiológicos	41
5.3.1.1 Índice gonadosomático	41
5.3.1.2 Índice hepatosomático	41
5.3.1.3 Factor de condición	42
5.3.2 Análisis calorimétricos	43
5.3.3 Análisis bioquímico	44
5.3.3.1 Preparación de muestras	44
5.3.3.2 Determinación de proteínas	44
5.3.3.3 Determinación de carbohidratos	45
5.3.3.4 Determinación de lípidos	45
5.4 Variables ambientales	47
6. RESULTADOS	48
6.1 Aspectos generales	48

6.2	Biología reproductiva	50
6.2.1	Proporción sexual	50
6.2.2	Grado de desarrollo gonádico	50
6.2.3	Temporada reproductiva	53
6.2.4	Diámetro promedio de los ovocitos	54
6.2.5	Talla de primera madurez	57
6.2.6	Fecundidad	59
6.2.6.1	Muestra mínima para fecundidad	59
6.2.6.2	Fecundidad parcial y relativa	59
6.2.6.3	Relación funcional entre la fecundidad parcial y la longitud posorbital y peso total	61
6.3	Biología trófica	62
6.3.1	Espectro trófico general	62
a)	Sinaloa	62
b)	Guerrero	64
c)	Oaxaca	66
6.3.2	Espectro trófico por sexos	67
6.3.3	Espectro trófico por madurez sexual en hembras	68
6.3.4	Espectro trófico por épocas climáticas	68
6.4	Fisiología energética	72
6.4.1	Índices morfofisiológicos	72
a)	Sinaloa	72
b)	Guerrero	73
c)	Oaxaca	74
6.4.2	Análisis calorimétricos en tejidos de pez vela	78
a)	Sinaloa	78
	Ovario	78
	Músculo	78
	Hígado	79
b)	Guerrero	80
	Ovario	80
	Músculo	80
	Hígado	81
c)	Oaxaca	82
	Ovario	82
	Músculo	82
	Hígado	83
6.4.3	Determinación calorimétrica en presas principales de <i>I. platypterus</i>	86
a)	Sinaloa	86
b)	Guerrero	87
c)	Oaxaca	88
6.4.4	Bioquímica	90
a)	Ovario	90
b)	Músculo	91
c)	Hígado	92
6.5	Variables ambientales	94
6.5.1	Temperatura superficial del mar (TSM)	94

a) Sinaloa	94
b) Guerrero	94
c) Oaxaca	95
6.5.2 Clorofila a	97
6.5.3 Producción primaria neta	98
7. DISCUSIÓN	100
7.1 Aspectos generales	100
7.2 Biología reproductiva	101
a) Proporción sexual	101
b) Grado de desarrollo gonadal	101
c) Temporada reproductiva	104
d) Talla de primera madurez	105
e) Fecundidad	106
7.3 Biología trófica	108
a) Espectro trófico general	108
b) Espectro trófico por regiones	110
Sinaloa	110
Guerrero	111
Oaxaca	112
7.4 Fisiología energética	115
7.4.1 Índices morfofisiológicos	115
a) Índice gonadosomático	116
b) Índice hepatosomático	117
c) Factor de condición	118
7.4.2 Análisis calorimétricos	119
a) Calorimetría de tejidos	119
b) Calorimetría de las presas principales	120
7.4.3. Bioquímica	122
a) Bioquímica del ovario	123
b) Bioquímica del hígado	124
c) Bioquímica del músculo	125
7.5 Variables ambientales	125
8. CONCLUSIONES	128
9. BIBLIOGRAFÍA	130
10. ANEXOS	143



LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Vista lateral de un ejemplar de <i>Istiophorus platypterus</i> .	22
Figura 2	Esquema del modelo reproductivo de <i>Istiophorus platypterus</i> .	21
Figura 3	Área de estudio. Localización de las regiones de muestreo de <i>Istiophorus platypterus</i> en el océano Pacífico mexicano: Mazatlán, Sinaloa (Región 1), Acapulco, Guerrero (Región 2) y Puerto Ángel, Oaxaca (Región 3).	33
Figura 4	Área de desembarco de la flota deportiva en Acapulco, Guerrero, México. La línea punteada representa la longitud posorbital.	34
Figura 5	Frecuencia de tallas de <i>Istiophorus platypterus</i> capturados en tres regiones del Pacífico mexicano.	48
Figura 6	Frecuencia de pesos de <i>Istiophorus platypterus</i> capturados en tres regiones del Pacífico mexicano.	49
Figura 7	Microfotografías de las diferentes fases ováricas de <i>Istiophorus platypterus</i> en el océano Pacífico mexicano.	51
Figura 8	Frecuencia de las fases de desarrollo gonádico de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en la región de Sinaloa, México.	53
Figura 9	Frecuencia de las fases de desarrollo gonádico de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en la región de Guerrero, México.	54
Figura 10	Frecuencia de las fases de desarrollo gonádico de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en la región de Oaxaca, México.	55
Figura 11	Variación en el diámetro de los ovocitos de <i>Istiophorus platypterus</i> . 1- cromatina nucleolar, 2- cromatina perinucleolar, 3- alveolo cortical, 4- vitelogénesis primaria, 5- vitelogénesis avanzada, 6- núcleo migratorio y 7- proteólisis de vitelo.	56
Figura 12	Talla de primera madurez de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en Sinaloa, Guerrero y Oaxaca.	57
Figura 13	Talla de primera madurez de machos de <i>Istiophorus platypterus</i> en Sinaloa, Guerrero y Oaxaca.	58
Figura 14	Coefficiente de variación calculado para obtener la muestra mínima para estimar fecundidad de <i>Istiophorus platypterus</i> .	59
Figura 15	Relación funcional entre la fecundidad parcial y la longitud posorbital y el peso total de <i>Istiophorus platypterus</i> en tres regiones del Pacífico mexicano.	61
Figura 16	Presas principales de <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Sinaloa en términos de biomasa.	62
Figura 17	Presas principales de <i>Istiophorus platypterus</i> en la región de Sinaloa en términos de abundancia.	63

Figura 18	Presas principales de <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Sinaloa en términos de frecuencia de aparición.	63
Figura 19	Presas principales de <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Guerrero en términos de biomasa.	64
Figura 20	Presas principales de <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Guerrero en términos de abundancia.	65
Figura 21	Presas principales de <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Guerrero en términos de frecuencia de aparición.	65
Figura 22	Presas principales de <i>Istiophorus platypterus</i> de la región Oaxaca en términos de biomasa.	66
Figura 23	Presas principales de <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Oaxaca en términos de abundancia.	66
Figura 24	Presas principales de <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Oaxaca en términos de frecuencia de aparición.	67
Figura 25	Espectro trófico del pez vela capturado en Sinaloa, México durante 2008 y 2009. Comparación por grupos: a) machos, b) hembras, c) hembras inmaduras, d) hembras maduras, e) época fría y f) época cálida. Nomenclatura de presas: Dg (<i>Dosidicus gigas</i>), At (<i>Auxis thazard</i>), PNI (peces no identificados), Bp (<i>Balistes polylepis</i>), As (<i>Argonauta</i> spp.) y Hi (<i>Hippocampus ingens</i>).	69
Figura 26	Dieta del pez vela capturado en Guerrero, México durante 2008 y 2009. Comparación por grupos: a) machos, b) hembras, c) hembras inmaduras, d) hembras maduras, e) época fría y f) época cálida. Nomenclatura de presas: At (<i>Auxis thazard</i>), Bp (<i>Balistes polylepis</i>), Cv (<i>Caranx vinctus</i>), Ll (<i>Lagocephalus lagocephalus</i>), Fc (<i>Fistularia corneta</i>), Os (<i>Octopus</i> spp.), MONI (Materia Orgánica no Identificada) y UC (Cefalópodos no identificados).	70
Figura 27	Espectro trófico del pez vela capturado en Oaxaca, México durante 2008 y 2009. Comparación por grupos: a) machos, b) hembras, c) hembras inmaduras, d) hembras maduras, e) época fría y f) época cálida. Nomenclatura de presas: At (<i>Auxis thazard</i>), Cc (<i>Caranx caballus</i>), Dm (<i>Decapterus macarellus</i>), PNI (peces no identificados) Ll (<i>Lagocephalus lagocephalus</i>), Sc (<i>Selar crumenophthalmus</i>) y Cca (<i>Caranx caninus</i>).	71
Figura 28	Variación del índice gonadosomático de <i>Istiophorus platypterus</i> capturado en la región de Sinaloa durante el periodo de 2008 y 2009.	72
Figura 29	Variación del factor de condición de hembras <i>Istiophorus platypterus</i> capturadas en la región de Sinaloa.	72
Figura 30	Variación del índice hepatosomático de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> capturadas en la región de Sinaloa.	73
Figura 31	Variación del índice gonadosomático de hembras <i>Istiophorus platypterus</i> capturadas en la región de Guerrero.	74

Figura 32	Variación del factor de condición de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> capturadas en la región de Guerrero durante el periodo de 2008 y 2009.	74
Figura 33	Variación del índice hepatosomático de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> capturadas en la región de Guerrero.	75
Figura 34	Variación del índice gonadosomático de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> capturadas en la región de Oaxaca.	75
Figura 35	Variación del factor de condición de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> capturadas en la región de Oaxaca.	76
Figura 36	Variación del índice hepatosomático de hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> capturadas en la región de Oaxaca.	76
Figura 37	Concentración calórica en ovario de <i>Istiophorus platypterus</i> por fase de desarrollo gonadal en la región de Sinaloa. Las barras indican la desviación estándar.	78
Figura 38	Concentración calórica en músculo de <i>Istiophorus platypterus</i> por fase de desarrollo gonadal en la región de Sinaloa. Las barras indican la desviación estándar	79
Figura 39	Concentración calórica en hígado de <i>Istiophorus platypterus</i> por fase de desarrollo gonadal en la región de Sinaloa. Las barras indican la desviación estándar.	79
Figura 40	Concentración calórica en ovario de <i>Istiophorus platypterus</i> por fase de desarrollo gonadal en la región de Guerrero. Las barras indican la desviación estándar	80
Figura 41	Concentración calórica en músculo de <i>Istiophorus platypterus</i> por fase de desarrollo gonadal en la región de Guerrero. Las barras indican la desviación estándar.	81
Figura 42	Concentración calórica en hígado de <i>Istiophorus platypterus</i> por fase de desarrollo gonadal en la región de Guerrero. Las barras indican la desviación estándar.	81
Figura 43	Concentración calórica en ovario de <i>Istiophorus platypterus</i> por fase de desarrollo gonadal en la región de Oaxaca. Las barras indican la desviación estándar.	82
Figura 44	Concentración calórica en músculo de <i>Istiophorus platypterus</i> por fase de desarrollo gonadal en la región de Oaxaca. Las barras indican la desviación estándar.	83
Figura 45	Concentración calórica en hígado de <i>Istiophorus platypterus</i> por fase de desarrollo gonadal en la región de Oaxaca. Las barras indican la desviación estándar.	83
Figura 46	Comparación del contenido calórico en tres tejidos de <i>Istiophorus platypterus</i> capturado en tres regiones del Pacífico mexicano.	85

Figura 47	Variación de la concentración de lípidos, carbohidratos y proteínas en el ovario de <i>Istiophorus platypterus</i> en diferentes fases de desarrollo gonádico capturado en tres regiones del Pacífico mexicano. a) reposo, b) desarrollo, c) madurez, d) desove y e) posdesove.	91
Figura 48	Variación de la concentración de lípidos, carbohidratos y proteínas en el músculo de <i>Istiophorus platypterus</i> en diferentes fases de desarrollo gonádico capturado en tres regiones del Pacífico mexicano. a) reposo, b) desarrollo, c) madurez, d) desove y e) posdesove.	92
Figura 49	Variación de la concentración de lípidos, carbohidratos y proteínas en el hígado de <i>Istiophorus platypterus</i> en diferentes fases de desarrollo gonádico capturado en tres regiones del Pacífico mexicano. a) reposo, b) desarrollo, c) madurez, d) desove y e) posdesove.	93
Figura 50	Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) en Sinaloa, México (datos Bahía de Mazatlán) durante los años de 2008 y 2009.	94
Figura 51	Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) en Guerrero, México (datos de Bahía de Acapulco) durante los años de 2008 y 2009.	95
Figura 52	Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) en Oaxaca, México (datos de Puerto Ángel) durante los años de 2008 y 2009.	95
Figura 53	Valores de anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en tres regiones del Pacífico mexicano.	96
Figura 54	Variación en la concentración de clorofila a (mg m^{-3}) en tres regiones del Pacífico mexicano.	97
Figura 55	Promedios y desviaciones estándar de los valores de clorofila a (mg m^{-3}) en tres regiones del Pacífico mexicano.	97
Figura 56	Variación de la producción primaria neta (PPN), en tres regiones del océano Pacífico mexicano durante 2008 y 2009.	98
Figura 57	Promedios y desviaciones estándar en los valores de producción primaria neta (PPN) ($\text{mgC/m}^2\text{d}^{-1}$) en tres regiones del Pacífico mexicano.	99



LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Variación de los datos morfométricos de <i>Istiophorus platypterus</i> en tres regiones del Pacífico mexicano.	49
Tabla 2	Descripción de las fases de desarrollo ovárico de <i>Istiophorus platypterus</i> del océano Pacífico mexicano.	51
Tabla 3	Descripción de las fases de desarrollo testicular de <i>Istiophorus platypterus</i> del océano Pacífico mexicano.	52
Tabla 4	Medidas morfométricas y estimaciones de fecundidad parcial y relativa (media \pm desviación estándar) de <i>Istiophorus platypterus</i> en tres regiones del Pacífico mexicano. Entre paréntesis se presentan los valores mínimos y máximos.	60
Tabla 5	Correlación entre los diferentes índices morfofisiológicos aplicados a hembras de <i>Istiophorus platypterus</i> en tres regiones del Pacífico mexicano. El asterisco (*) indica correlación significativa.	77
Tabla 6	Determinaciones calorimétricas de las presas más importantes del pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Sinaloa. Media \pm desviación estándar. Kcal/g (kilocalorías por gramo), PF (peso fresco) y PS (peso seco).	86
Tabla 7	Aporte calórico de las presas principales consumidas por <i>Istiophorus platypterus</i> en las costas de Sinaloa, México. Kcal/g (kilocalorías por gramo) y PF (peso fresco).	87
Tabla 8	Determinaciones calorimétricas de las presas más importantes del pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Guerrero. Media \pm desviación estándar. Kcal/g (kilocalorías por gramo), PF (peso fresco) y PS (peso seco).	87
Tabla 9	Aporte calórico de las presas principales consumidas por <i>Istiophorus platypterus</i> en las costas de Guerrero, México. Kcal/g (kilocalorías por gramo) PF (peso fresco).	88
Tabla 10	Determinaciones calorimétricas de las presas más importantes del pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> de la región de Oaxaca. Media \pm desviación estándar. Kcal/g (kilocalorías por gramo), PF (peso fresco) y PS (peso seco).	89
Tabla 11	Aporte calórico de las presas principales consumidas por <i>Istiophorus platypterus</i> en las costas de Oaxaca, México. Kcal/g (kilocalorías por gramo) PF (peso fresco).	89
Tabla 12	Valores de producción primaria neta (PPN) (mgCm ² d ⁻¹) en tres zonas costeras del Pacífico mexicano durante 2008 y 2009.	98



Amplitud de dieta: Selección de la dieta con respecto a un número potencial de tipos alimenticios.

Atresia: Células gametogénicas en degeneración estructural y/o de reservas energéticas.

Clorofila a: Es un pigmento propio de las microalgas marinas y un buen indicador de la biomasa fotosintética en ambientes acuáticos.

Desarrollo gonádico: Conjunto de fases por las cuales pasan las gónadas para llegar a la maduración.

Desove parcial: Especies de peces que liberan sus gametos por tandas a lo largo del ciclo reproductivo.

Ecofisiología: Estudio de las funciones de los seres orgánicos y su relación con el medio ambiente.

Esfuerzo reproductivo: Proporción del presupuesto energético destinado por un organismo para la reproducción.

Especialista: Organismo que utiliza un número bajo de recursos tróficos y presenta alta preferencia por algunos componentes de su dieta en particular.

Espectro trófico: Total de tipos o componentes alimenticios que forman parte de la dieta de un organismo.

Estrategia reproductiva: Patrón general de reproducción el cual conlleva una serie de tácticas definidas según la especie.

Fecundidad: Medida del potencial reproductivo, es la cantidad de huevos desovados en una tanda.

Folículos posovulatorios: Membranas residuales del proceso de desove.

Generalista: Organismo que utiliza una gran variedad de recursos alimenticios sin ninguna selección.

Gónada: Glándula productora de gametos.

Oportunista: Organismo que incluye en su dieta, una variedad de recursos tróficos que se encuentran disponibles en su hábitat.

Ovocito: Gameto sexual femenino.

Producción primaria: Velocidad a la cual las microalgas marinas almacenan la energía sobrante del proceso de respiración en materia orgánica.

SeaWiFS: Sensor que mide el color del océano; Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor, por sus siglas en inglés.

Sobreposición trófica: Utilización del mismo recurso alimenticio por dos o más especies como parte de su dieta, en tiempos y espacio simultáneo.

Stock: Unidad de la población que esta aislada reproductivamente y genéticamente puede ser diferenciable.

Talla de primera madurez: Talla a la cual el 50% de la población se presenta en condiciones de madurez.

TSM: Temperatura superficial del mar.

Vitelo: Material de reserva del ovocito el cual esta nutrido de ácidos grasos y proteínas.

Zona eufótica: Zona en la columna de agua a la cual la luz aún puede penetrar.



El pez vela *Istiophorus platypterus* es la especie más capturada por la pesca deportiva en los diferentes puertos turísticos ubicados en el océano Pacífico mexicano. Sin embargo a pesar de la importancia ecológica y pesquera del recurso, no existen antecedentes de trabajos integrativos de su biología básica en donde se brinde información sobre aspectos ecofisiológicos. En este contexto en la presente investigación se abordó el estudio sobre la relación recurso-ambiente con la finalidad de estudiar la cantidad y calidad del alimento consumido, mediante el estudio bioquímico y calorimétrico del espectro trófico y diferentes tejidos (gónada, hígado y músculo), con el fin de establecer el ciclo de almacenamiento y utilización de energía con relación al proceso reproductivo en tres regiones del Pacífico mexicano (Sinaloa, Guerrero y Oaxaca), durante los años 2008 y 2009. La temporada reproductiva del pez vela fue amplia dentro de las tres regiones, presentándose durante los meses correspondientes al verano y otoño las mayores proporciones de organismos maduros. El análisis histológico de las gónadas permitió caracterizar cinco fases de desarrollo gonádico de la especie tanto para machos como para hembras (hembras 1. Reposo, 2.- Desarrollo, 3.- Madurez, 4.- Desove y 5.- Posdesove- machos 1.- Reposo, 2.- Desarrollo, 3.- Eyaculando, 4.- Eyaculado y 5 Regresión), y corroborar que el pez vela es un desovador parcial con desarrollo sincrónico por grupos debido a que una misma gónada presenta ovocitos en diferentes fases de desarrollo. Las estimaciones de fecundidad fueron muy variables por regiones, siendo las hembras de Oaxaca las que presentaron los valores más altos (7'371,778 huevos) así como también los registros de organismos con las mayores tallas y pesos, por lo que se considera que en la región de Oaxaca el potencial reproductivo de la especie es mayor con respecto a las regiones de Sinaloa y Guerrero. Se estimó una talla de primera madurez para hembras muy similar entre Sinaloa y Guerrero y ligeramente más alta en Oaxaca (Sinaloa 164 cm de longitud posorbital (LP), 164.9 en Guerrero y 167 en Oaxaca) y para machos 157, 158 y 160 respectivamente cm de LP. El análisis del espectro trófico general por regiones demostró que la especie es un depredador especialista pues hace uso dominante de un reducido número de componentes tróficos a pesar de que su espectro total sea muy amplio (e.g. Sinaloa 82 componentes tróficos). Se detectó una diferenciación latitudinal en cuanto a los hábitos alimenticios del pez vela ya que en el sureste del Pacífico mexicano (costas de Oaxaca y Guerrero) se caracterizó una conducta trófica ictiófaga, en donde el pez escómbrido *Auxis thazard* aportó la mayor biomasa de presas, mientras que en el Pacífico norte (costas de Sinaloa) se registró un hábito teutófago en donde el calamar gigante *Dosidicus gigas.*, se constituyó como la presas más importante. En cuanto a las presas con mayor aporte energético, estas fueron los peces *Fistularia corneta*, *F. commersonii* y *A. thazard* con 6.11, 6.03 y 5.59 kcal/g peso seco respectivamente. Se realizaron comparaciones tróficas entre sexos, épocas (fría y cálida) y fases de desarrollo gonádico en hembras sin embargo las presas que ya se mencionaron como dominantes se presentaron en todos los grupos con cambios porcentuales en el índice de importancia relativa poco notables. La fisiología energética con énfasis en el

evento reproductiva fue evaluada mediante técnicas bioquímicas e índices morfofisiológicos donde resultó evidente el ciclo de enriquecimiento que tienen los ovarios a lo largo del desarrollo ovárico, especialmente en el aumento drástico de proteínas y lípidos en la fase de maduración y la pérdida de estas biomoléculas en el tejido muscular en la misma fase, de esta manera se infiere que la energía canalizada para el evento reproductivo tiene origen muscular, pues al realizar el mismo análisis para el tejido hepático este no mostró un patrón definido en relación con la reproducción de la especie por lo que se descartó que este órgano (hígado) sea el principal reservorio energético para la especie. Las variables ambientales que se evaluaron fueron la temperatura superficial del mar (TSM) clorofila a (CLa) y producción primaria neta (PPN), siendo la TSM la que mostró una relación positiva con el evento reproductivo pues en los meses más cálidos (julio, agosto, septiembre y octubre) es cuando se presenta una mayor proporción de peces en condiciones reproductivas, especialmente hembras.

ABSTRACT



Sailfish *Istiophorus platypterus* is the most caught species for sport fishing in the various areas located in the Mexican Pacific. Yet despite the importance of ecological and fishing resort, there is no history of integrative work of their basic biology where they provide information on ecophysiological aspects. In this context the present study addressed the study of resource-environment relationship in order to study the quality and quantity of food consumed by the biochemical and calorimetric trophic spectrum and different tissues (gonad, liver and muscle), in order to establish the cycle storage and use of energy in relation to the reproductive process in three regions of the Mexican Pacific (Sinaloa, Guerrero and Oaxaca), during the years 2008 and 2009. The breeding season of sailfish was wide within the three regions, occurring during the corresponding months of summer and autumn the highest proportions of mature organisms. Histological analysis of the gonads allowed characterizing five stages of gonadal development of the species both males and females (females 1- Immature, 2- Developing, 3- Mature, 4- Spawning and 5- Postspawning and males 1- Immature, 2- Developing, 3- ejaculating, 4- ejaculated y 5 Regressing -), and corroborate that sailfish is a partial spawner synchronous development by groups because one gonad presents oocytes at different stages of development. Fecundity estimates were highly variable by region, with females of Oaxaca which had higher values of up to 7'371, 778 eggs per batch, which coincides with the region where the fish were presented with longer lengths and weights, and therefore considered that in this area the reproductive potential of the species is higher than those of the regions of Sinaloa and Guerrero. The estimated size at maturity for females very similar between Sinaloa and Guerrero and Oaxaca slightly higher (164 cm in length Sinaloa posorbital (LP), 164.9 in Guerrero and Oaxaca 167) for males and 157, 158 and 160 cm respectively LP. The general trophic spectrum analysis by region showed that the species is a predator specialist for dominant uses a small number of trophic components although its total spectrum is quite broad (eg trophic components Sinaloa 82). Latitudinal differentiation was detected regarding the eating habits of sailfish since in the southeast of the Mexican Pacific (coasts of Oaxaca and Guerrero) was characterized ichthyophagous trophic behavior, where the fish scombrid *Auxis thazard* provided most prey biomass, while in the North Pacific (coast of Sinaloa) was a habit teutophag where the giant squid *Dosidicus gigas.*, was established as the most important prey. The with high caloric value were *Fistularia corneta*, *F. commersonii* and *A. thazard* with 6.11, 6.03 and 5.59 kcal / g dry weight respectively. Comparisons were made between sexes trophic, times (cold and warm) and phases of gonadal development in females however dams already mentioned as dominant occurred in all groups with percentage changes in the index of relative importance unremarkable. The energetic physiology with emphasis on reproductive event was assessed by biochemical and indexes morphophysiological where it became clear that the enrichment cycle have ovaries along the ovarian development, especially in the dramatic increase of proteins and lipids in the maturation phase and these biomolecules loss in muscle tissue in the same phase, so it follows that the energy channeled to the reproductive event has muscular origin, since by performing the same analysis for

this liver tissue showed no definite pattern in connection with reproduction of the species so they rule out that this organ (liver) is the main energy reservoir for the species. Environmental variables evaluated were the sea surface temperature (SST) chlorophyll a (CLA) and net primary production (NPP), with SST which showed a positive relationship with reproductive event because in the warmer months (july, august, september and october) is when there is a greater proportion of fish in maturity condition, especially females.

1. INTRODUCCIÓN



En el océano Pacífico oriental, los peces de pico están representados por dos familias y seis especies; la familia Xiphiidae con su única especie, el pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) y la familia Istiophoridae representada por cinco especies; marlín azul (*Makaira nigricans* Lacepède, 1802), marlín negro (*Istiompax indica* Cuvier y Valenciennes, 1832), pez vela (*Istiophorus platypterus* Shaw, 1792) y el pez pico corto (*Tetrapturus angustirostris* Tanaka, 1915) (Nakamura, 1995; Collete *et al.*, 2006).

Actualmente en la Republica Mexicana los peces de pico son especies reservadas para la pesca deportiva (Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables DOF-2007) y de manera particular el pez vela *I. platypterus*, se caracteriza por ser el recurso más importante de este grupo, pues ha llegado a aportar hasta el 90% de las capturas de la pesca deportiva en este país (Santana Hernández, 1988; Arias-Olaiz, 2007), por tanto genera una gran derrama económica de manera directa, así como indirecta por la demanda de servicios turísticos colaterales (transporte, hospedaje, alimentación, taxidermia, etc.). Sin embargo en los últimos años se ha generado una problemática entre la flota comercial y deportiva por la captura de este tipo de recursos, ya que esta última considera que el abrir formalmente el comercio de este tipo de especies ocasionaría un declive en la disponibilidad natural del recurso, por cual se afectaría todo el sector turismo, aunado a esto y debido a los hábitos migratorios de la especie, expertos consideran que el buen manejo del pez vela estará en función de los acuerdos internacionales que tomen los países involucrados (Prince *et al.*, 2006).

En este contexto, es evidente la necesidad de incrementar los esfuerzos de investigación para la especie, ya que solo así se pueden tener las bases que sustenten el uso adecuado del recurso, tanto en términos de conservación como

de aprovechamiento, más aun siendo el pez vela un depredador tope dentro del ecosistema marino y por tanto densoregulador natural de su hábitat.

Particularmente los estudios que relacionen la biología básica y/o aspectos de fisiología energética de los peces de pico con factores abióticos (ecofisiología), han sido menos abordado para su estudio científico, sin embargo estos pueden proveer estimaciones más apegadas a los ciclos vitales y por tanto sería de gran importancia su análisis. Un claro ejemplo de esta relación, es la estacionalidad del proceso reproductivo, el cual debe acoplarse adecuadamente con la condiciones medioambientales y de esta manera incrementar las posibilidades de que la prole sea viable, aunado a que la condición de las hembras debe ser lo suficientemente saludable, almacenando la mayor cantidad de reservas energéticas posibles (Saborido y Junquera, 2000).

Bajo estos argumentos, en la presente investigación se abordó el estudio de la ecofisiología del pez vela con énfasis en el evento reproductivo, el cual contempló análisis de contenidos estomacales, contenido calórico y bioquímico de presas y tejidos del pez vela, histología de gónadas, estimación de fecundidad parcial y relativa, así como el análisis de las principales variables ambientales interpretadas a través de imágenes de satélite, en tres regiones del Pacífico mexicano (Sinaloa, Guerrero y Oaxaca), con la finalidad de conocer cuáles son las condiciones tanto fisiológicas como ambientales que regulan el proceso reproductivo de *I. platypterus*; así como también evaluar los posibles cambios y semejanzas entre regiones, estableciendo así el patrón reproductivo de la especie en aguas del Pacífico mexicano.

2. ANTECEDENTES



El pez vela es una especie epipelágica, que se distribuye en áreas tropicales y subtropicales, usualmente se encuentra sobre la termoclina y es abundante en zonas costeras e insulares. (Nakamura, 1985). Su principal característica anatómica es la enorme aleta dorsal, la cual origina su nombre común (Fig. 1).

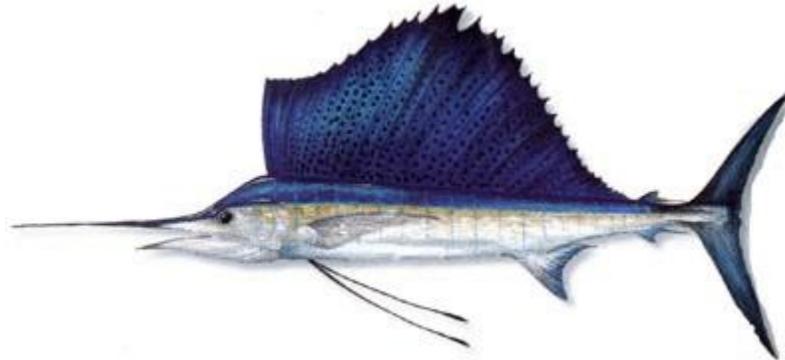


Figura 1. Vista lateral de un ejemplar de *Istiophorus platypterus*

2.1 Edad y crecimiento

Los primeros estudios que se hicieron para *I. platypterus* en cuanto a edad y crecimiento estuvieron basados en progresiones modales de frecuencias de tallas y/o pesos, así como de curvas de frecuencias de tallas (De Sylva, 1957; Strasburg, 1970). Bajo estas mismas metodologías Koto y Kodama (1962) estimaron una tasa de crecimiento de entre 15 y 35 cm/año dependiendo de la edad del pez, sin embargo Radtkte y Hurley (1983) consideró que las metodologías anteriores no eran adecuadas, ya que se presentaba un traslapeo entre las modas a medida que los peces van creciendo y esto hace que sea difícil discriminar entre dichas modas. Por lo anterior, las metodologías fueron cambiando con el transcurso del tiempo y con esto mejorando la precisión de la estimaciones; pues en décadas anteriores la longevidad estimada para la especie fue de cuatro años (De Sylva, 1957), mientras que en trabajos más recientes basados en lecturas de marcas en estructuras duras se ha estimado una longevidad promedio de entre 13 y 15 años, pero con la certeza de que la especie puede vivir hasta 20 años.

Las metodologías recientes, han ido modificándose, pero estas no han perdido su finalidad que es contar y evaluar la periodicidad de las marcas de crecimiento en estructuras duras (Ramírez-Perez, *et al.*, 2011). Existe evidencia de que la especie presenta un crecimiento diferencial entre sexos, las hembras crecen más lento que los machos, sin embargo estas llegan a tallas superiores (Chiang *et al.*, 2004, Ramírez-Pérez *et al.*, 2011 y Hooligan, 2006). Asimismo, se ha reportado que existe diferencia en el crecimiento entre épocas (cálida y fría) (Ramírez-Pérez *et al.*, 2011).

Las estimaciones de crecimiento entre diferentes zonas geográficas y en particular para el océano Pacífico mexicano indican que las tasas de crecimiento son similares, sin embargo los grupos de edades cambian latitudinalmente de manera importante, lo cual puede ser explicado principalmente por dos factores; el primero, por las variantes propias de las metodologías utilizadas, ya que no todos los autores consideran la corrección de la asignación de la edad debido a la zona vascularizada que presentan las espinas (Cerdenares-Ladrón de Guevara, *et al.*, 2011) y el segundo a que existe una denominada “migración diferencial” por talla y sexo que depende del área de estudio (Taylor y Murphy, 1992; Hernández-Herrera, 1994).

Se ha documentado el rápido crecimiento que presentan estos organismos en los primeros años de vida; el cual se estabiliza en los años posteriores (De Sylva, 1957; Koto y Kodama, 1962; Jolley, 1977; Farber, 1981; Radtke y Dean, 1981; Hedgepeth y Jolley, 1983; Alvarado-Castillo y Félix-Uraga, 1998; Chiang *et al.*, 2004; Ramírez-Pérez *et al.*, 2011; Cerdenares-Ladrón de Guevara, *et al.*, 2011).

2.2 Biología trófica

Las descripciones del espectro trófico del pez vela en aguas del océano Atlántico indican que se alimenta abundantemente de peces de las familias Balistidae, Carangidae, Scombridae, Belonidae, Clupeidae, Exocoetidae, Hemirhamphidae y algunas especies de cefalópodos, como *Argonauta* spp. y

Loligo spp. (Voss, 1953; Williams, 1963; Jolley, 1977 y Pimienta *et al.*, 2005). En el Indopacífico el espectro trófico se integró por peces de las familias Bramidae, Stromateidae, Carangidae, Gempylidae, Belonidae y Balistidae (Nakamura, 1985).

En el océano Pacífico, específicamente en el noroeste de México, se ha reportado que las presas principales del pez vela son cefalópodos como el calamar *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) y el argonauta *Argonauta* spp., así como los peces *Polydactylus* spp., *Etrumeus teres* (DeKay, 1842) y *Fistularia* spp., *Euthynnus linneatus* (Kishinouye, 1920), *Auxis thazard* (Lacepède, 1800), *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782), *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793), *Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899), *Euthynnus lineatus* (Kishinouye, 1920), *Caranx caballus* (Günther, 1868) y *Balistes polylepis* (Steindachner, 1876) (Evans y Wares, 1972; Eldridge y Wares, 1974; Galván-Magaña, 1999; Rosas-Alayola *et al.*, 2002; Arizmendi-Rodríguez *et al.*, 2006; Amezcua-Gómez, 2007; Romero-Ramírez, 2009). Post *et al.* (1997) reportaron que existen cambios ontogénicos en el espectro trófico del pez vela, ya que en su estadio larval su alimentación se basa totalmente en el consumo de copépodos y conforme avanza su desarrollo van incorporando peces a su dieta hasta que estos dominan por completo su alimentación, aunque en algunas regiones esta puede ser complementada con cefalópodos (Rosas-Alayola *et al.*, 2002; Arizmendi-Rodríguez *et al.*, 2006; Amezcua-Gómez, 2007; Romero-Ramírez, 2009).

Las variaciones tróficas no solo se dan a lo largo del ciclo vital sino también de manera estacional (Ovchinnikov, 1970), si bien no siempre en la composición del espectro trófico, si en el nivel de depredación (Evans y Wares, 1972; Arizmendi *et al.*, 2006; Amezcua-Gómez, 2007). En cuanto al espectro trófico por sexos se ha documentando que los machos consumen mayor cantidad de alimento (Arizmendi *et al.*, 2006; Amezcua-Gómez, 2007) y se considera que esta mayor voracidad por parte de los machos se debe a que necesitan alcanzar la madurez sexual a tallas menores que las hembras, maximizando de esta manera el potencial reproductivo (Hernández-Herrera, 2001).

Por otro lado, se ha reportado que en otras especies como el marlín rayado a mayor talla, consume un mayor número de ítems presa (Abitia-Cárdenas, *et al.*,

1998; Escobar-Sánchez, 2002). A pesar de las comparaciones tróficas antes señaladas, no se tiene información de trabajos previos acerca de modificaciones en la dieta relacionado directamente con las fases del ciclo gonádico, pues se considera que esta comparación tiene un fundamento fisiológico contundente, principalmente por el por el inicio del proceso de gametogénesis; a raíz de lo anterior, esta tesis doctoral contempla este análisis con la finalidad de conocer si existe una variación en el espectro trófico al presentarse el evento reproductivo, pues como se sabe este proceso conlleva un gasto energético importante, por lo que se infiere que los hábitos alimenticios habrán de modificarse.

2.3 Biología reproductiva

Los peces marinos presentan diversos modos reproductivos, según su historia evolutiva y su genotipo; el cual según Saborido y Junquera (2000), esta compuesto por siete tácticas reproductivas, que son: 1) veces que se reproduce la especie, 2) género, 3) modo de fertilización, 4) cópula, 5) características sexuales secundarias, 6) lugar de freza y 7) cuidado parental. Considerando lo anterior, el esquema general del modo reproductivo de *I. platypterus* quedaría como se muestra en la figura 2.

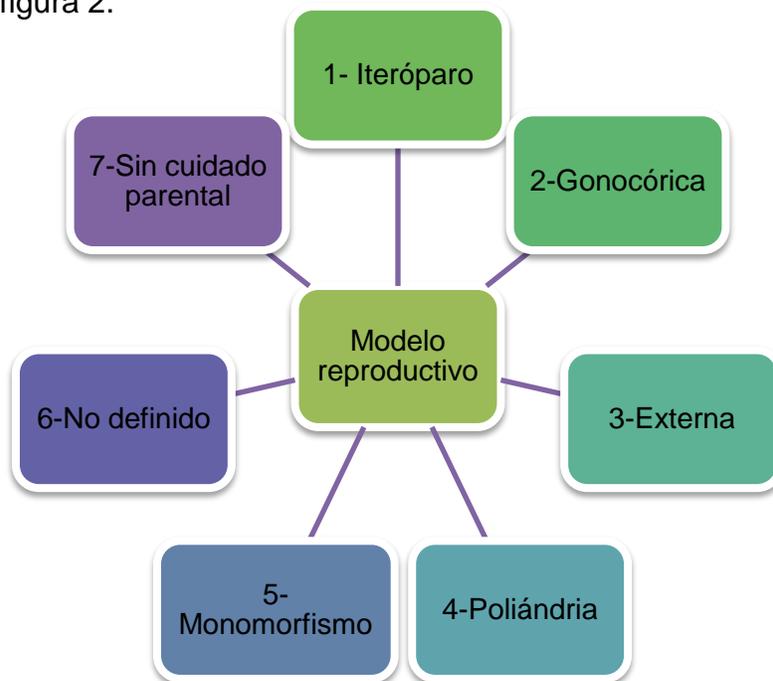


Figura 2. Esquema del modelo reproductivo de *Istiophorus platypterus*

Las gónadas de *I. platypterus* son bilobuladas y asimétricas, tienen las características necesarias para diferenciar los sexos, como la coloración, textura y forma, aunque el volumen que ocupan en el cuerpo también es un criterio de clasificación (Hernández-Herrera, 1994).

La mayor actividad reproductiva de la especie en latitudes altas se presenta en los meses de verano y otoño, cuando la temperatura es más cálida (Voss, 1953; Eldridge y Wares, 1974; Jolley, 1977; Barcelata *et al.*, 1990; De Sylva y Breder, 1997; Hernández-Herrera, 1994; Chiang *et al.*, 2006a; González-Armas *et al.*, 2006), mientras que en latitudes bajas el proceso de madurez y desove ocurre principalmente en los meses invernales (Pimenta *et al.*, 2005).

El pez vela es un desovador múltiple con desarrollo asincrónico de los ovocitos (Chiang *et al.*, 2006b). Lleva a cabo sus desoves en zonas costeras (Pimienta *et al.*, 2005), donde vierte los gametos y es ahí donde son fertilizados. La conducta previa consiste en la presencia de hasta tres machos acompañando a una hembra, lo cual garantiza un mayor número de huevos fertilizados y por tanto mayor éxito reproductivo (Beardsley *et al.* 1975, Hempel 1979).

En cuanto a la talla de primera madurez de *I. platypterus* se ha documentado que esta se presenta en las hembras entre los 13 y 18 kilogramos (Jolley, 1977; De Sylva y Breder, 1997), mientras que en los machos ocurre a partir de los diez kilogramos de peso total (Jolley, 1977).

Se ha documentado también que la proporción sexual y porcentaje de hembras maduras muestran variación geográfica (Hernández-Herrera y Ramírez-Rodríguez, 1998). En cuanto a fecundidad parcial el promedio varía entre 750,000 y 19'500,000 huevos por desove (Ovchinnikov, 1970; Eldridge y Wares, 1974; Jolley, 1974; Beardsley *et al.*, 1975; Jolley, 1977; Barcelata *et al.*, 1990; Hernández-Herrera, 1994; Hernández-Herrera *et al.*, 2000; Hernández-Herrera; 2001, Chiang *et al.*, 2006b).

En costas del Pacífico mexicano, se determinaron cinco estados de madurez sexual que se correlacionaron positivamente con los valores del índice gonadosomático, mostrando variación geográfica en la proporción sexual y porcentaje de hembras maduras (Hernández-Herrera y Ramírez-Rodríguez, 1998). En cuanto a fecundidad parcial el promedio varía entre 750,000 y 19'500,000 huevos por desove (Ovchinnikov, 1970; Eldridge y Wares, 1974; Jolley, 1974; Beardsley *et al.*, 1975; Jolley, 1977; Barcelata *et al.*, 1990; Hernández-Herrera, 1994; Hernández-Herrera *et al.*, 2000; Hernández-Herrera; 2001, Chiang *et al.*, 2006b).

2.4 Ecología

La relación recurso-ambiente es un aspecto menos abordado, aunque algunos autores coinciden en que la abundancia y distribución del pez vela está relacionado con áreas de alta productividad (Ovchinnikov, 1966; William, 1970; Beardsley *et al.*, 1975; Martínez-Rincón, 2005 y Nelson y Fitchett, 2006); asimismo, la temperatura juega un papel determinante y se considera que el pez vela migra con la isoterma de los 28°C (Ovchinnikov, 1966). Sin embargo, a pesar de que se sabe que este organismo se encuentra por encima de la termoclina (Nakamura, 1985), también se ha reportado que tanto peces de pico como atunes pueden descender por debajo de la termoclina (lo cual ocasiona cambios abruptos de temperatura), ya que poseen un mecanismo fisiológico que les permite que el corazón baje el ritmo de las pulsaciones y que la temperatura del músculo baje a la par de la temperatura externa (Brill *et al.*, 1999).

Existen discrepancias en cuanto a la relación de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de *I. platypterus* con la temperatura superficial del mar (TSM). En este sentido, Jiménez-Quiroz (2006) encontró una relación positiva entre la CPUE y el fenómeno “La Niña”, el cual se caracteriza por el acarreo de aguas frías. No obstante, se ha observado también que existe mayor asociación de *I. platypterus* con aguas cálidas, lo cual incrementa la CPUE (Santana-Hernández, 2001; Martínez-Rincón, 2005; Arias-Olaiz, 2007). Por otro lado, también se ha

mencionado que el pez vela es más abundante en áreas con mayor disponibilidad de alimento (Ovchinnikov 1966; Nelson y Fitchett, 2006).

Otros factores físicos que han sido menos abordados en relación a las abundancias y distribución del pez vela son la precipitación pluvial, batimetría, concentración de clorofila, producción primaria neta (PPN), entre otros. En el Golfo de Tehuantepec se observó que las mayores abundancias del pez vela se dan en un periodo posterior a los niveles máximos de precipitación pluvial, lo cual se atribuye a que el escurrimiento causado por las lluvias acarrea una gran cantidad de sedimentos que son disparadores de producción de los primeros niveles tróficos, los que a su vez son utilizados como alimento por esta especie (Cerdenares, 2005). También se ha observado una relación de la CPUE con la batimetría. En este sentido se encontró que los valores mínimos de la CPUE del pez vela en el Golfo de Tehuantepec se dieron en capturas hechas en zonas oceánicas llamadas “bajos”, en montañas submarinas y en islotes, mientras que valores altos se obtuvieron en zonas costeras o dentro de la plataforma continental, con profundidades no mayores a los 2000 m, asimismo se observó que los valores máximos de CPUE se presentaron en las zonas abisales del golfo, donde las profundidades van de los 2000 a los 4000 m; sin embargo se considera que la relación que tiene el pez vela en estas zonas más que con la batimetría, es con el comportamiento de los vientos, pues estos originan que esta zona sea altamente productiva y con una gran cantidad de alimento (Arias-Olaiz, 2007). Por otra parte, esta zona fue considerada como la zona con mayores abundancias de *I. platypterus* en el océano Pacífico de México (Nakano y Bayliff, 1992; Macías-Zamora *et al.* 1994; Santana-Hernández, 2001).

Particularmente en México el pez vela tiene dos grandes zonas de agregación; una que va desde Baja California Sur hasta Jalisco y otra en el Golfo de Tehuantepec (Arias-Olaiz, 2007), donde las investigaciones biológicas son mínimas y corresponden a trabajos efectuados principalmente en la región noroeste.

2.5 Bioenergética

La bioenergética es el estudio de la repartición de la energía para llevar a cabo las funciones vitales de los seres vivos. Particularmente se considera que la energía es repartida para tres fines, supervivencia, crecimiento y reproducción (Saborido y Junquera, 2000). La aplicación de modelos bioenergéticos es una herramienta muy útil para conocer dicha repartición, sin embargo también se considera que tiene grandes debilidades como por ejemplo que carecen de detalles suficientes para producir resultados fiables que se extrapolen a las condiciones de campo, así como también que son muy complejos para ser utilizados como herramientas para el manejo de pesquerías. Por lo que se considera que la idoneidad de su utilización radica en conocer los costos metabólicos de cada actividad en las diferentes etapas de la vida del pez (Hansen, *et al.*, 1993).

Es por lo anterior que resalta la poca información que se ha generado al respecto para los peces de pico. En esta línea de investigación destacan los trabajos desarrollados para el marlín rayado por Abitia-Cárdenas *et al.* (1997, 2002 y 2011) para la zona de Los Cabos, B.C.S., donde determinaron valores energéticos para las once presas principales, destacando que las presas con mayor aporte energético (calorías por gramo) fueron *Fistularia* spp., *Auxis* spp. y *Scomber japonicus*, mientras que las presas con menor aporte calórico fueron *Merluccius productus* (Ayres, 1855) y *Pleuroncodes planipes* (Stimpson, 1860). Así también se estimó un consumo diario de 2 kg de presas, lo cual representó el 3.6% del peso corporal promedio del marlín, estimándose un consumo total de biomasa de presas de 24.8 ton., de las cuales a la macarela *S. japonicus* correspondió el 29% (7.2 ton), a la sardina *Sardinops caeruleus* el 16% (3.9 ton) y al calamar *D.gigas* el 10% (2.5 ton).

En el caso particular del pez vela el único antecedente del que se tiene reporte, es el trabajo de Granados-Alcantar (2012) quien analizó aspectos de la bioenergética reproductiva en el área de Mazatlán, Sinaloa, en donde además de caracterizar el ciclo reproductivo, reportó que la energía utilizada en el evento

reproductivo puede provenir directamente del alimento consumido y/ó también es transferida desde el tejido muscular a las gónadas, ya que el contenido calórico de la gónada y el músculo, presentaron una relación inversa. Asimismo, se observó que el contenido calórico ovárico por fases de desarrollo gonádico fue diferente. El tejido con más concentración calórica fue el hígado, seguido del músculo y la gónada. Concluyendo así que el contenido calórico gonadal y si como su peso e índice gonadosomático, presentaron una relación significativa dentro de un análisis multivariado. Sin embargo Granados-Alcantar (2012) menciona que el ciclo energético con fines reproductivos es poco claro y comenta que es necesario analizar un mayor número de tejidos y de otras zonas del cuerpo, pues se ha documentado que algunos peces pueden acumular y transferir la energía canalizada al evento reproductivo en zonas cercanas al estómago y las gónadas.

3. HIPÓTESIS



Fundamento:

El monitoreo continuo de los torneos de pesca deportiva en México, así como investigaciones en proceso; han permitido conocer las características generales de *I. platypterus*, encontrando que los peces capturados en el Golfo de Tehuantepec (Oaxaca) presentan tallas y pesos mayores a los organismos capturados en las regiones de Sinaloa y Guerrero.

Hipótesis:

Istiophorus platypterus presenta una variación latitudinal norte-sur (Boca del Golfo de California-Golfo de Tehuantepec) de la frecuencia de organismos en condiciones reproductivas, así como de la intensidad del esfuerzo reproductivo, debido a la mejor condición física de los peces que se capturan en la región sur de México.

4. OBJETIVO



Objetivo general:

Determinar las características ecofisiológicas que regulan el evento reproductivo del pez vela *Istiophorus platypterus* en tres regiones del Pacífico mexicano.

Objetivos particulares:

- Determinar las características y estacionalidad del evento reproductivo de *I. platypterus* en el Pacífico mexicano.
- Describir la composición específica del espectro trófico de *I. platypterus* en el Pacífico mexicano y evaluar sus posibles variaciones espacio-temporales, por sexos y fases de madurez.
- Caracterizar el ciclo de consumo, almacenamiento y utilización de energía de *I. platypterus* en el Pacífico mexicano.
- Determinar el posible efecto espacio-temporal de las variables ambientales en el evento reproductivo del pez vela.

5. MATERIAL Y MÉTODOS



La presente tesis forma parte del proyecto SEP-CONACyT (60376), de Ciencia Básica 2008-2010, titulado “Biología y dinámica poblacional del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw, 1792) en el Pacífico mexicano”. Las muestras de pez vela provienen de la actividad de pesca deportiva que se efectúa en tres regiones del Pacífico mexicano; Mazatlán, Sinaloa (región 1) Acapulco, Guerrero (región 2) y Puerto Ángel, Oaxaca (región 3) (Fig. 3).



Figura 3. Área de estudio. Localización de las regiones de muestreo de *Istiophorus platypterus* en el océano Pacífico mexicano: Mazatlán, Sinaloa (Región 1), Acapulco, Guerrero (Región 2) y Puerto Ángel, Oaxaca (Región 3).

a) Trabajo de campo

Durante el periodo de marzo de 2008 a diciembre de 2009 se realizó la colecta del material biológico de pez vela en los desembarcos de las regiones antes mencionadas, cubriendo los diferentes torneos de pesca y monitoreando la pesca deportiva habitual.

En los desembarcos de la pesca deportiva (Fig. 4) de cada región de estudio se registró cada pez con una clave específica, anotándose su peso total y longitud posorbital (LP) (longitud desde la región posterior del ojo y hasta la furca). Se realizó una disección en forma transversal en la región ventral de donde se extrajo el estómago, el hígado y las gónadas de los cuales se registro el peso total, y se sexaron por medio de la inspección macroscópica de las gónadas. Los estómagos, hígados y una sección de músculo y gónada fueron congelados, otra submuestra de cada gónada se fijó en formaldehído al 10% para su posterior análisis histológico.

El material biológico recolectado se transportó al Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), en La Paz, Baja California Sur, México, en donde el contenido estomacal fue depositado en un congelador convencional, mientras que las muestras del tejido muscular, hepático y gonádico, fueron almacenados en un ultracongelador a una temperatura de -80°C , para su posterior análisis calorimétrico y bioquímico.

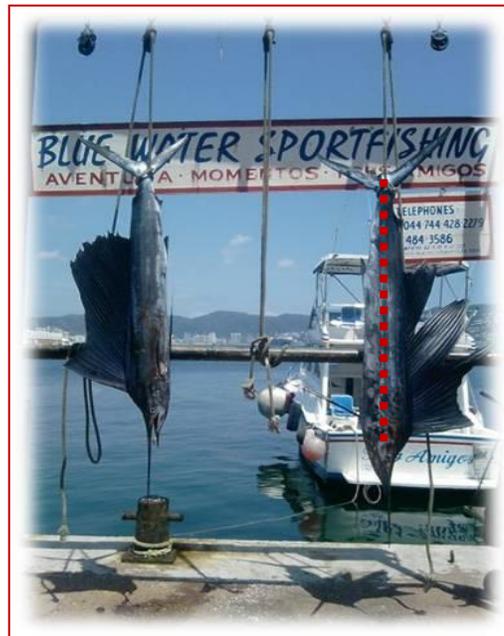


Figura 4. Área de desembarco de la flota deportiva en Acapulco, Guerrero, México. La línea punteada representa la longitud posorbital.

b) Trabajo de laboratorio

5.1 Biología reproductiva

En el laboratorio de Invertebrados Marinos del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) se realizó el procesamiento histológico de las gónadas fijadas previamente con formaldehído al 10%. De cada organismo se obtuvo una muestra de aproximadamente 1 cm³ de tejido de la gónada, a las cuales se les aplicó la técnica histológica convencional, que consiste en deshidratación, aclarado e inclusión en parafina, y cortes de 7 µm de grosor en un micrótopo de rotación. Posteriormente los tejidos se tiñeron con hematoxilina-eosina, y por último éstos se montaron en portaobjetos para su observación al microscopio (Gray, 1958; Davenport, 1960).

Lo anterior permitió corroborar o corregir el sexo del pez que fue asignado previamente por medio de una observación macroscópica de la gónada (Pimenta *et al.*, 2005).

5.1.1 Proporción sexual

La proporción de sexos se determinó contando la cantidad de organismos de cada sexo y dividiendo los números totales de hembras entre los machos. Para conocer si la proporción sexual mensual y total mantenía una relación de 1:1 se utilizó una prueba de χ^2 (Sokal y Rohlf 1979). Este análisis se realizó de manera mensual y total para las tres regiones de estudio.

5.1.2 Grado de desarrollo gonadal y temporada reproductiva

Los cortes histológicos de las gónadas fueron observados al microscopio, con la finalidad de analizar el proceso de maduración gonádica y clasificar a los peces según el grado de desarrollo gonádico, en diferentes fases, a partir de modificaciones realizadas de los criterios propuestos por Hernández-Herrera (1994) y Brown-Peterson *et al.* (2010).

La temporada de reproducción se estableció de acuerdo a la frecuencia de las diferentes fases de desarrollo gonádico a lo largo del año, considerando las fases de madurez y recientemente desovados como sexualmente activos.

5.1.3 Variación del diámetro promedio de los ovocitos

Con el fin de validar y complementar la interpretación de la escala de madurez gonádica obtenida histológicamente, se efectuó un análisis del tamaño promedio de los ovocitos (Grant y Tyler 1983). El método consistió en efectuar un seguimiento del crecimiento de las células sexuales femeninas. Con ayuda del programa SigmaScan Pro (v. 5) a partir de imágenes digitalizadas de los cortes histológicos, se midieron 100 ovocitos de cada tipo. Sólo se consideraron aquellos ovocitos en los que el núcleo y el nucléolo se observaron perfectamente.

5.1.4 Talla de primera madurez

La talla de primera madurez fue estimada como la talla a la cual el 50% de la población estudiada estaba sexualmente madura por lo que forma parte del stock reproductivo de la especie. Esta fue calculada por medio de las frecuencias relativas acumuladas por intervalos de longitud posorbital de diez cm. de los peces en fase de madurez, desove y posdesove en hembras y eyaculando y eyaculado en machos.

El estimado de la talla de primera madurez, se realizó por medio del ajuste de la distribución logística al porcentaje acumulado de peces sexualmente maduros dentro de un intervalo de talla, como se expresa a continuación (Taylor y Murphy, 1992):

$$1/(1 + e^{(z - (x * lp))})$$

Donde:

z y x= coeficientes de distribución logística
lp= intervalo de longitud posorbital

5.1.5 Fecundidad

Para estimar la fecundidad se utilizaron hembras con ovocitos hidratados que no presentaran folículos posovulatorios, lo cual fue corroborado con el análisis histológico. Visiblemente, estos ovarios eran de color naranja-rosáceos, de textura granulosa y se encontraban muy túrgidos. Estos ovarios además ocupaban una gran proporción en la cavidad torácica y contaban con un peso superior a 900 g.

5.1.5.1 Determinación de muestra mínima

El primer paso para estimar la fecundidad fue estimar una muestra mínima, con el fin de no contar todos los ovocitos hidratados presentes en las gónadas, ya que ello implicaría un mayor esfuerzo y tiempo de trabajo. Para el cálculo de la muestra mínima se utilizó la gónada más grande de las seleccionadas para fecundidad. Para ello, se pesaron submuestras de 0.06, 0.2, 0.6, 0.8 y 1.0 g por triplicado. Cada submuestra se colocó en un portaobjeto, se le agregó una gota de glicerina y se extendió en forma de fila. Se contó el número de ovocitos hidratados en cada submuestra y se extrapoló al peso total de la gónada para obtener la fecundidad parcial en cada submuestra. Posteriormente se estimaron los coeficientes de variación para cada peso analizado, y con ello se seleccionó el peso en el cual el coeficiente de variación fuera el más bajo.

5.1.5.2 Fecundidad parcial y relativa

A partir del peso de muestra mínima obtenido previamente, se realizaron por triplicado los conteos de los ovocitos hidratados de cada una de las gónadas para estimar la fecundidad parcial, de acuerdo al método propuesto por Hunter *et al.* (1985), el cual consiste en extrapolar al peso total de la gónada, el número de ovocitos hidratados contados en una muestra de peso conocido (muestra mínima). Posteriormente se estimó el promedio de la fecundidad parcial por hembra y por hembras de una misma región, obteniendo así tres estimaciones promedio de fecundidad parcial para *I. platypterus* en el Pacífico mexicano.

La fecundidad relativa se estimó en relación al peso total de la hembra y en relación a la longitud posorbital, mediante las siguientes formulaciones:

$$F.R.peso = \frac{\text{Fecundidad parcial}}{\text{Peso total}} \qquad F.R.longitud = \frac{\text{Fecundidad parcial}}{\text{Longitud posorbital}}$$

Esta estimación se realizó para la totalidad de las hembras a las cuales previamente se les había determinado fecundidad parcial y se calculó un promedio para cada región de estudio.

5.1.5.3 Relación funcional entre la fecundidad parcial y la longitud posorbital y el peso total

Considerando que a mayor tamaño de la hembra se pueden presentar valores más altos de fecundidad, se relacionó la longitud posorbital y el peso total con la fecundidad parcial a través de un modelo lineal:

$$Y = a * +bx$$

5.2 Biología trófica

5.2.1 Descripción del espectro trófico.

Durante el análisis de contenido estomacal para conocer la dieta (componentes alimenticios) fueron separados e identificados hasta el menor nivel taxonómico posible, esto dependiendo del estado de digestión de las presas. Para peces que presentaron un estado mínimo de digestión se utilizaron las claves de Allen y Robertson (1994), Fisher *et al.* (1995) y Thomson *et al.* (2000). Para peces con un avanzado estado de digestión, donde sus características vertebrales fueran evidentes, se utilizaron las claves de identificación de Clotier (1950), Monod (1968) y Miller y Jorgensen (1973). Para cefalópodos, su identificación taxonómica se realizó a partir de sus aparatos mandibulares usando las claves de Wolff (1982, 1984) y Clarke (1986).

Los crustáceos se identificaron por medio de los exoesqueletos o por restos de éstos, mediante el uso de las claves de Garth y Stephenson (1966) y Brusca (1980).

5.2.2 Cuantificación del espectro trófico.

Una vez identificadas taxonómicamente la totalidad de las presas, y con la finalidad de conocer cuáles de los componentes tróficos son más importantes en la dieta del pez vela en términos de abundancia, biomasa y frecuencia de aparición se aplicaron métodos cuantitativos como el método numérico (N%), método gravimétrico (G%) y método de frecuencia de aparición (FA%) de acuerdo a las siguientes formulaciones:

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

Donde:

N%= Método numérico en porcentaje

n= Número de un determinado ítem presa

NT= Número total de todos los ítem presa

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

Donde:

G%= Método gravimétrico en porcentaje

p= Peso de un determinado ítem presa

PT= Peso total de todos los ítem presa

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

Donde:

FA%= Método de frecuencia de aparición en porcentaje

n= Número de estómagos en los que se presenta determinado ítem presa

N= Número total de estómagos analizados.

Con la integración de los métodos antes mencionados se calculó el índice de importancia relativa (IIR), el cual nos permitió conocer de manera más exacta cuales fueron los componentes tróficos más importantes dentro de la dieta del pez vela. La formulación de este índice combinado es el siguiente:

$$\text{IIR} = \text{N}\% + \text{G}\% * \text{FA}\% * 100$$

Donde:

IIR= Índice de importancia relativa en porcentaje

N%= Método numérico en porcentaje

G%= Método gravimétrico en porcentaje

FA%= Método de frecuencia de aparición en porcentaje

Los resultados obtenidos por el IIR se expresaron en términos de porcentaje (Cortés, 1997). Cada uno de los análisis tróficos ya mencionados, se aplicaron a cada región, obteniendo así, tres dietas generales. Asimismo se analizaron los espectros tróficos por sexo (hembras, machos), cabe mencionar que para algunos peces no se contó con la gónada, por lo que éstos se incluyeron en el grupo denominado “indiferenciados” y solo se incluyeron en los análisis de las dietas generales; otro análisis trófico se realizó en hembras separando dos grupos, el primero: hembras que no presentaran condiciones de madurez reproductiva y un segundo grupo, hembras que presentaran madurez reproductiva. El primer grupo quedó integrado por hembras que se encontraron en la fase de reposo y desarrollo y el segundo grupo se conformó por hembras en las fases de madurez, desove y posdesove.

También se realizó una comparación del espectro trófico de *I. platypterus* por época climática, clasificando los meses de muestreo en época fría ó cálida, esto dependiendo de los valores de temperatura superficial del mar (TSM) de cada mes y la variación que hayan tenido éstos, con respecto al valor promedio de TSM de cada región. La descripción y datos de éste análisis se encuentran en el apartado de resultados de variables ambientales (pág. 92).

5.3 Fisiología energética

La evaluación del metabolismo energético de la reproducción se realizó de dos maneras, la primera mediante el manejo de índices morfofisiológicos los cuales fueron usados como indicadores del proceso de almacenamiento, transferencia y utilización de energía. La segunda mediante el análisis calorimétrico y de la composición bioquímica de los diferentes tejidos involucrados (gónada, hígado y músculo) y del espectro trófico del pez vela, lo cual mostró resultados más detallados sobre la movilización de nutrientes hacia los diferentes tejidos.

5.3.1 Índices morfofisiológicos

5.3.1.1 Índice gonadosomático

El índice gonadosomático es un índice corporal que constituye una herramienta útil para determinar la temporada reproductiva de la especie. Los valores promedio más altos, revelan madurez sexual y almacenamiento de nutrientes, mientras que los valores bajos indican inactividad gonádica. Se obtuvieron los valores mensuales del índice gonadosomático por región de muestreo, los cuales se graficaron con la finalidad de conocer la época de reproducción del pez vela, dichos resultados se contrastaron con los datos provenientes de las observaciones histológicas. Este índice se calculó con la siguiente formulación:

$$IGS = \frac{PG}{PT} * 100$$

Donde:

IGS= Índice gonadosomático

PG= Peso de la gónada

PT= Peso total del pez

5.3.1.2 Índice hepatosomático

Se ha considerado en diferentes especies de peces que el hígado funciona como un reservorio de energía (principalmente en forma de lípidos). Si esto ocurre en *I. platypterus*, entonces los valores más bajos del índice hepatosomático tendrán que coincidir con los valores altos del IGS, lo que podría indicar una

transferencia de energía a la gónada y en este caso se esperaría que este índice tenga una correlación inversa con el índice gonadosomático. El cálculo de este índice se realizó mediante la siguiente formulación:

$$IHS = \frac{PH}{PT} * 100$$

Donde:

IHS= Índice hepatosomático

PH= Peso del hígado

PT= Peso total del pez

5.3.1.3 Factor de condición

El factor de condición de Fulton (K) (Nikolsky, 1963), es un indicador del estado físico que presentaban los organismos al momento de ser capturados. Considerando que el evento reproductivo conlleva un gasto energético considerable se espera que los valores del factor de condición sean más bajos en la época reproductiva. Este índice fue obtenido empleando la siguiente formulación:

$$K = \frac{PT}{LP^3} * 100$$

Donde:

K= Factor de condición

PT= Peso total

LP= Longitud posorbital

Al igual que el índice hepatosomático, el factor de condición fue correlacionado con los resultados del índice gonadosomático, con la finalidad de conocer si se presenta una relación entre estos y el evento reproductivo.

5.3.2 Análisis calorimétricos

Este análisis se realizó solo en hembras, debido a que el desarrollo ovárico requiere de un mayor aporte energético en comparación con el desarrollo testicular. Se analizaron los tejidos (muscular, hepático y gonádico) de siete hembras por cada fase de desarrollo gonádico, para cada una de las regiones de estudio. En total se analizaron aproximadamente 945 tejidos para esta técnica.

El contenido calórico de las muestras del contenido estomacal, tejido muscular, hepático y ovárico, fue estimado mediante el uso de una bomba calorimétrica. Los valores de biomasa expresados en unidades de energía fueron usados para proveer una estimación relativa del consumo y almacenamiento de energía del pez vela. Las muestras que se analizaron requirieron de un tratamiento previo, el cual consistió en lo siguiente:

Las presas más dominantes en los contenidos estomacales de cada región de estudio, fueron homogenizadas (fraccionadas y mezcladas) en un molino de café (Mr. Cooffee ®) tomándose una muestra de aproximadamente 50 g. De igual forma una muestra de 50 g de los tejidos muscular, hepático y gonádico fueron congeladas para posteriormente proceder a su secado en una estufa convencional a 65°C por 48 horas ó hasta obtener un peso constante, el cual fue considerado como peso seco. El contenido de humedad de la muestra fue calculado restando el peso seco al peso húmedo.

Las muestras secas se desmenuzaron en una licuadora y se terminaron de moler en el molino de café, la muestra molida se colocó en una estufa durante 24 h a 65°C, con la finalidad de eliminar la humedad adquirida durante el proceso de la molienda, posteriormente se paso a un desecador por un periodo de 24 h. Se tomó un aproximado de 0.125 g de la muestra obtenida y se compactó en forma de pastilla, para posteriormente pasarla a una estufa por otras 24 h a 65°C, colocándola en el desecador hasta el momento de su pesado y determinación calorimétrica (Phillipson, 1964; Manual Parr Instrument, 1980). Se realizaron 3 réplicas de cada muestra.

Los valores de energía que se obtuvieron fueron expresados como kilocalorías por gramo (kcal/g) de muestra de peso seco y peso fresco (Phillipson, 1964; Manual Parr Instrument, 1980).

5.3.3 Análisis bioquímico

5.3.3.1 Preparación de las muestras

Todas las técnicas bioquímicas fueron previamente estandarizadas para cada tejido. Dicha estandarización consistió en verificar los reactivos en su preparación y rendimiento, así como la limpieza del material, prácticas con el equipo de pipeteo, realizando 20 repeticiones con cada de una de ellas y seleccionando la de menor variabilidad.

Las concentraciones de cada constituyente bioquímico fueron calculadas a partir de curvas de calibración de los estándares respectivos. Para el análisis bioquímico se usaron 0.5 gramos de tejido hepático, gonádico y muscular de hembras que se encontraron en cinco diferentes fases de desarrollo gonádico, tomando siete hembras por cada fase. Los tejidos se hidrataron en 5 mL de solución salina fría (NaCl al 3.5%) y se homogeneizaron por 120 segundos a 22,000 revoluciones por minuto, manteniendo los frascos con las muestras en hielo, conservando así su integridad bioquímica.

5.3.3.2 Determinación de proteínas

Para la estimación de la concentración proteica de los tejidos, se utilizó el método de Bradford (1976) el cual se basa en la reacción de los grupos amino libres con el azul Cromassie en presencia de ácido fosfórico y metanol. El complejo formado por la proteína y el colorante provoca un desplazamiento en la absorción máxima del colorante desde 465 a 595 nm. Se utilizó solución estándar con una concentración de 5mg/mL de albúmina bovina, la cual se diluyó en proporción 1:2 en solución salina hasta tener concentraciones de: 2.75, 1.375, 0.6875, 0.34375, 0.171875 y 0.0859375 mg/mL de proteína y solución salina como blanco. La concentración de proteínas se calculó de la manera siguiente:

$$\text{Concentración de proteínas} = (A.S.P.*FD)/(m * \text{peso de la muestra})$$

Donde:

A.S.P.: Absorbancia de la solución probada

FD: Factor de dilución

m: Es la pendiente en la curva tipo.

5.3.3.2 Determinación de carbohidratos

Para determinar la concentración de carbohidratos totales se utilizó el método basado en Roe *et al.* (1957). Se tomaron 0.25 mL de homogeneizado de cada muestra y se mezclaron con 0.2 mL de Ácido Tricloroacético (TCA) al 20% en tubos eppendoff, esto con la finalidad de precipitar proteínas que interfieren en la medición de carbohidratos. Los tubos se centrifugaron a 3600 rpm por 10 minutos a 4°C en una centrifuga refrigerada (Eppendor 5810 R). Posteriormente se recuperó el sobrenadante en tubos limpios.

Posteriormente se colocaron en un tubo de vidrio 0.1mL de sobrenadante, se le agregó 1mL de solución de Antrona (0.1%) diluida en H₂SO₄ (ácido sulfúrico) al 72%. Se calentaron a baño maría a 90°C durante 5 minutos y se enfriaron en baño de hielo. Se leyó su absorbancia en un lector de placas a 620 nm.

Curva tipo: La solución estándar de carbohidratos contiene 5mg/mL de glucosa, se prepararon diluciones en proporción 1:2, en 500µl de TCA, quedando concentraciones de 1.25, 0.625, 0.3125, 0.15625, 0.78125, 0.0390625 y .0195312 mg/mL de carbohidratos. La cantidad de carbohidratos se calculó con la siguiente relación:

$$\text{Concentración de carbohidratos} = (A.S.P.* FD)/(m * \text{peso de la muestra})$$

Donde:

A.S.P.: Absorbancia de la solución probada

FD: Factor de dilución

m: Es la pendiente en la curva tipo.

5.3.3.3 Determinación de lípidos

Para la determinación lípidos se utilizó el método de la Sulfofosfovainillina (Barnes y Blackstock, 1973). Se colocó una alícuota de 0.025mL (25µL) de cada

muestra en tubos de vidrio, se les agregó 0.25mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y se incubaron a baño maría a $90^\circ C$, por 10 minutos. Los tubos se enfriaron en baño de hielo, posteriormente se tomaron 20 μL de cada tubo y se colocó en el fondo del pozo de una microplaca (placa Elisa), se le agregó solución reactiva para lípidos (fosfovainillina al 0.2% en ácido sulfúrico (H_2SO_4 al 80%)) se dejó incubar la placa por 40 minutos a temperatura ambiente y se tomó la lectura de la placa en un lector de placas a 540nm.

La curva tipo se realizó a partir de la solución estándar de lípidos (Lin-Trol Sigma L2648) a una concentración de 20mg/mL, de ésta se prepararon diluciones en proporción 1:2, en 1mL de solución salina, quedando concentraciones de 7.5, 3.75, 1.875, 0.9375, 0.46875, 0.234375 y 0.1171875 mg/mL de lípidos. Se utilizó solución salina como blanco.

La cantidad de lípidos se calcula con la siguiente relación:

$$\text{Concentración de lípidos} = (A.S.P.* FD)/(m * \text{peso de la muestra})$$

Donde:

A.S.P.: Absorbancia de la solución probada

FD: Factor de dilución

m: Es la pendiente en la curva tipo.

La metodología anteriormente descrita se resume de manera práctica en el anexo I.

5.4 Variables ambientales

Las variables consideradas dentro del análisis del marco ambiental fueron temperatura superficial del mar (TSM), clorofila *a* (CL *a*) y producción primaria neta (PPN), consideradas como las variables que mayor influencia ejercen en los procesos biológicos de los peces marinos, especialmente con el evento reproductivo. Los datos tienen una resolución de 4 km y se obtuvieron de los satélites SeaWiifs y Modis Aqua. Los datos de la PPN se obtuvieron por medio del Modelo Generalizado de Producción Vertical (VGPM) establecido por Behrenfeld y Falkowski (1997a). La expresión del modelo es la siguiente:

$$PPN = Cla * pb_{obt} * Hluz * f(par) * z_{eu}$$

Donde:

PPN= Producción primaria neta

cla= Clorofila *a*

pb_{obt} = Tasa de conversión de carbono por parte del fitoplancton (a su vez esta función depende de la TSM)

Hluz= Horas de luz

f(par) = Radiación fotosintéticamente activa

z_{eu}= Profundidad de la zona eufótica

Se utilizó la PPN porque es una variable robusta que considera la cantidad de carbono disponible en el ambiente, lo que da inicio a la cadena alimenticia y es evidencia de zonas de mayor productividad. El tratamiento de los datos y graficación se hizo por medio del programa MatLab v7.1. Los valores obtenidos son un promedio de los valores de cada variable, de tres puntos en una línea imaginaria a partir de la costa, el primer punto fue tomado a 10 millas, el segundo a las 20 millas y el tercero a las 50 millas.

Los resultados que se obtuvieron del análisis de la fisiología energética fueron contrastados con el comportamiento de variables ambientales en las tres regiones de muestreo del océano Pacífico mexicano.

6. RESULTADOS



6.1 Aspectos generales

Se registraron un total de 1372 ejemplares de pez vela, 432 capturados en Mazatlán, Sinaloa, 563 en Acapulco, Guerrero y 377 en Puerto Ángel, Oaxaca.

La LP de los peces capturados en Sinaloa fluctuaron entre los 102 y los 188 cm (Fig. 5). La clase de talla más frecuente fue la de 160 cm (promedio= 157.4 cm de LP). El peso total fluctuó entre los 10 y los 40 kg (promedio= 23.6 kg) (Fig. 6).

Para la región de Guerrero la LP fluctuó entre los 101 y 212 cm (promedio= 159.2 cm de LP) (Fig.5). La clase de talla más frecuente fue la de 160 cm. Mientras que el peso fluctuó entre los 15 y 47 kg (promedio= 29.4 kg) (Fig. 6)

En la región de Oaxaca se encontraron peces más grandes con longitudes que fluctuaron entre los 136.5 y los 215 cm (promedio=168.9 cm de LP). La clase de talla más frecuente fue la de 170 cm (Fig. 5). Mientras que el peso de estos peces fluctuó entre los 18 y los 56.6 kg (promedio= 31.5 kg) (Fig. 6).

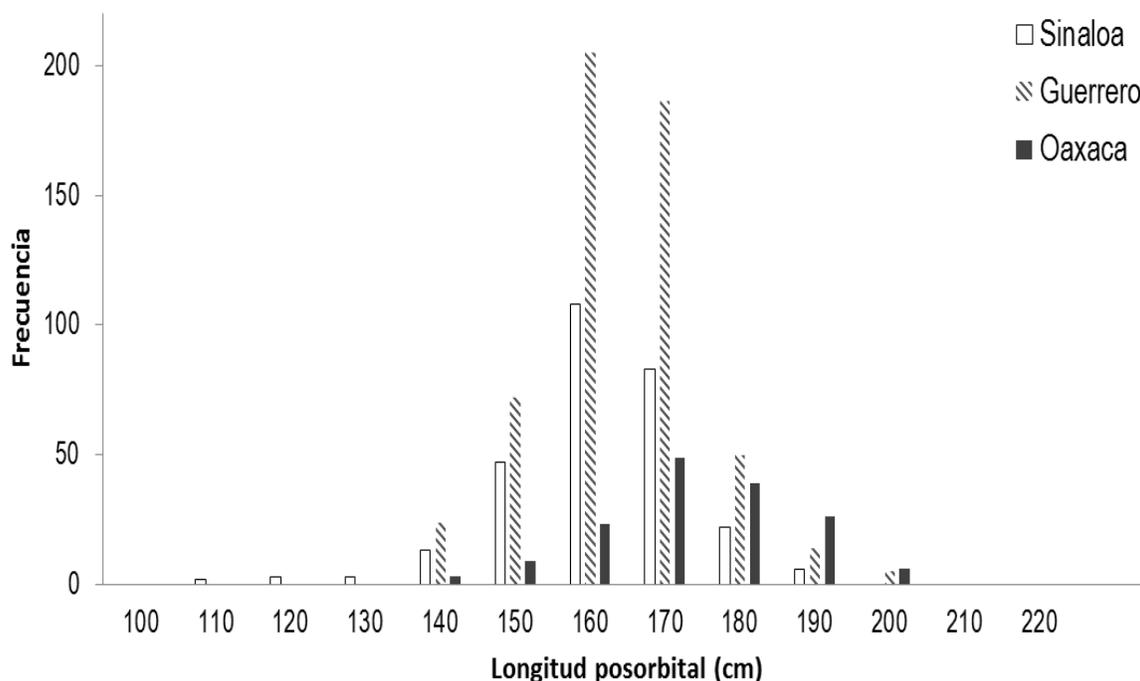


Figura 5. Frecuencia de tallas de *Istiophorus platypterus* capturados en tres regiones del Pacífico mexicano.

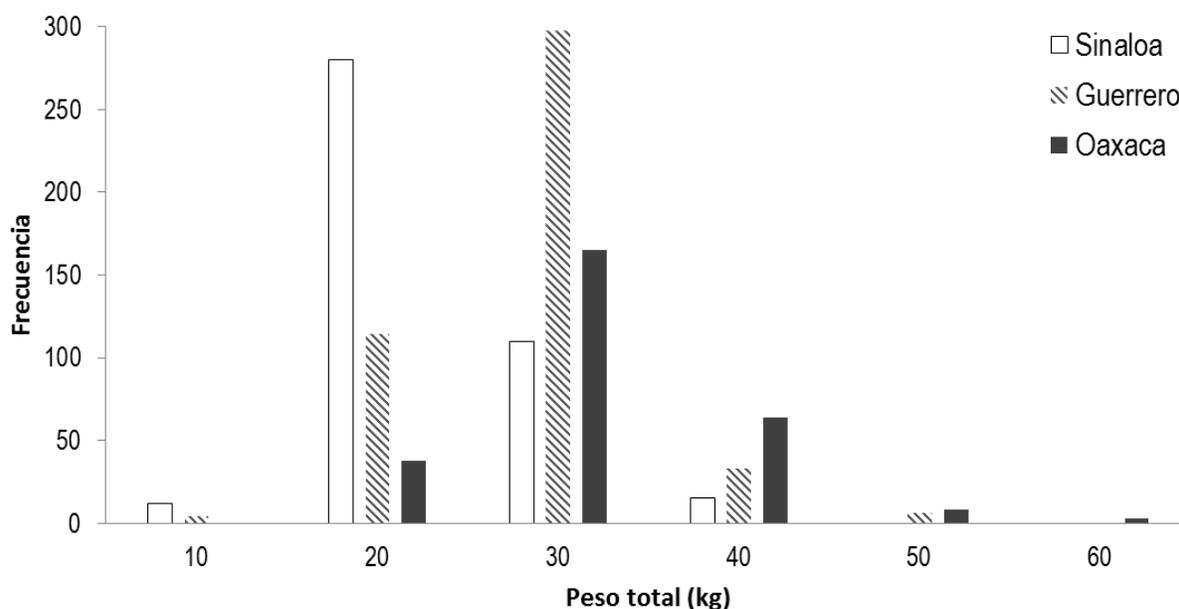


Figura 6. Frecuencia de pesos de *Istiophorus platypterus* capturados en tres regiones del Pacífico mexicano.

El análisis de variancia, mostró que los peces capturados en la región de Oaxaca fueron significativamente más grandes ($p < 0.05$). Si bien en todas las comparaciones existieron diferencias significativas, estas fueron más evidentes en las hembras (Tabla 1).

Tabla 1. Variación de los datos morfométricos de *Istiophorus platypterus* en tres regiones del Pacífico mexicano.

Variable	Sinaloa	Guerrero	Oaxaca	ANDEVA
Longitud posorbital (cm)				
Machos	155.5±1.48	158.6±0.88	163.2±1.52	P<0.05
Hembras	162.6±1.49	160.6±0.91	171.8±1.18	P<0.05
Total	157.4±0.72	159.2±0.48	168.9±0.99	P<0.05
Peso total (kg)				
Machos	21.4±0.83	26.4±0.65	29.2±1.11	P<0.05
Hembras	23.8±0.75	29.9±0.88	32.1±1.2	P<0.05
Total	23.6±0.5	29.4±2.18	31.5±0.67	P<0.05

6.2 Biología reproductiva

6.2.1 Proporción sexual

Al realizar el análisis de la proporción sexual por mes para cada región (Anexo II), no se pudo apreciar una tendencia clara y fueron pocos los meses donde la diferencia fue significativa. En la región de Sinaloa no se presentaron diferencias significativas en la proporción total esperada (1:1), mientras que para los peces de Guerrero y Oaxaca, la proporción total fue significativamente diferente, sin embargo en Guerrero se capturaron más machos que hembras, y en Oaxaca más hembras que machos. El análisis de la proporción sexual al sumar las frecuencias de las tres regiones de estudio, fue significativamente diferente, pues las hembras fueron ligeramente más abundantes ($X^2=19.7$).

6.2.2 Grado de desarrollo gonadal

Las observaciones de los cortes histológicos de las gónadas permitieron la diferenciación de cinco fases de desarrollo, tanto para machos como para hembras. Sin embargo, por ser las hembras las que determinan la temporalidad reproductiva de la especie, la información se enfatiza más en éstas, sobre todo en el apartado de biología reproductiva. Se diferenciaron cinco fases de desarrollo ovárico, las cuales son origen de una modificación a los criterios propuestos por Hernández-Herrera (1994) (Fig. 7). Dentro de estas cinco fases se identificaron siete tipos de ovocitos (1- cromatina nucleolar, 2- perinucleolar, 3- alveolo cortical, 4- vitelogénesis primaria, 5- vitelogénesis avanzada, 6- núcleo migratorio y 7- proteólisis de vitelo), la descripción de la escala se presenta en la tabla 2.

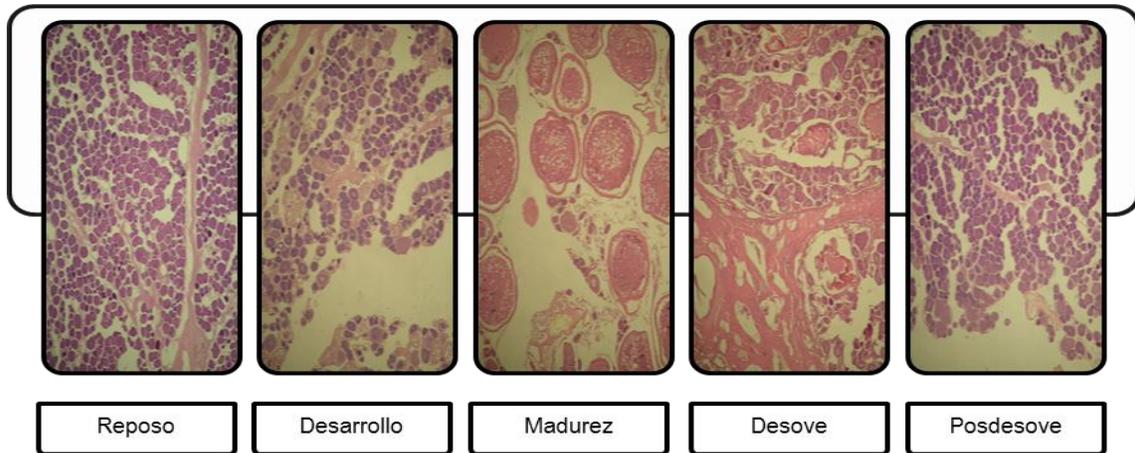


Figura 7. Microfotografías de las diferentes fases ováricas de *Istiophorus platypterus* en el océano Pacífico mexicano.

Tabla 2. Descripción de las fases de desarrollo ovárico de *Istiophorus platypterus* del océano Pacífico mexicano.

Fase ovárica	Descripción
Reposo	Ovogonias y ovocitos en crecimiento primario, incluye cromatina nuclear, y ovocitos perinucleares.
Desarrollo	Ovocitos en crecimiento primario pero con alveolos corticales, fase temprana de producción de vitelo y citoplasma granuloso.
Madurez	Ovocitos vitelogénicos presentes, algunos se encuentran hidratados, y con un visible crecimiento con respecto a la fase anterior.
Desove	Se presentan folículos posovulatorios, y en menor proporción ovocitos hidratados, por tanto la fecundidad es indeterminada.
Posdesove	Atresias presentes, vasos sanguíneos, paredes de los ovocitos considerablemente dilatados, ovogonias y ovocitos en crecimiento primario.

Las fases testiculares que se diferenciaron fueron: 1- reposo, 2-desarrollo, 3-eyaculando, 4-eyaculado y 5- regresión, su descripción se detalla en la tabla 3.

Tabla 3. Descripción de las fases de desarrollo testicular de *Istiophorus platypterus* del océano Pacífico mexicano.

Fase testicular	Descripción
Reposo	Testículos pequeños, regularmente claros, sin lumen definido, solo se encuentran espermatogonias primarias y los conductos seminíferos están compactos.
Desarrollo	Presencia de espermatogonias secundarias, espermatocitos primarios, secundarios, aún sin presencia de espermatozoides en el conducto seminífero.
Eyaculando	Testículos grandes, firmes, espermatozoides en los conductos seminíferos y se pueden observar estructuras que evidencian el continuo desarrollo testicular (todas las etapas de la espermatogénesis).
Eyaculado	Presencia de espermatozoides residuales, los conductos seminíferos están engrosados y casi vacíos, cesa el proceso espermatogénico.
Regresión	Testículos pequeños, flácidos, aunque existe proliferación de espermatogonias y regeneración del epitelio germinal.

6.2.3 Temporada reproductiva

La temporada reproductiva para hembras se definió con respecto a la presencia de peces que se presentaron en fase de madurez y desove. Cabe mencionar que los meses que no presentaron datos fueron meses en los que no se realizaron capturas, se debe señalar que el esfuerzo de muestreo se mantuvo a lo largo del periodo de estudio.

En Sinaloa las hembras que se presentaron en madurez y desove se presentaron de julio a noviembre de 2008 y de julio a noviembre de 2009. Los meses donde predominó la inactividad reproductiva fueron abril y mayo de 2008 y abril y diciembre de 2009 (Fig. 8).

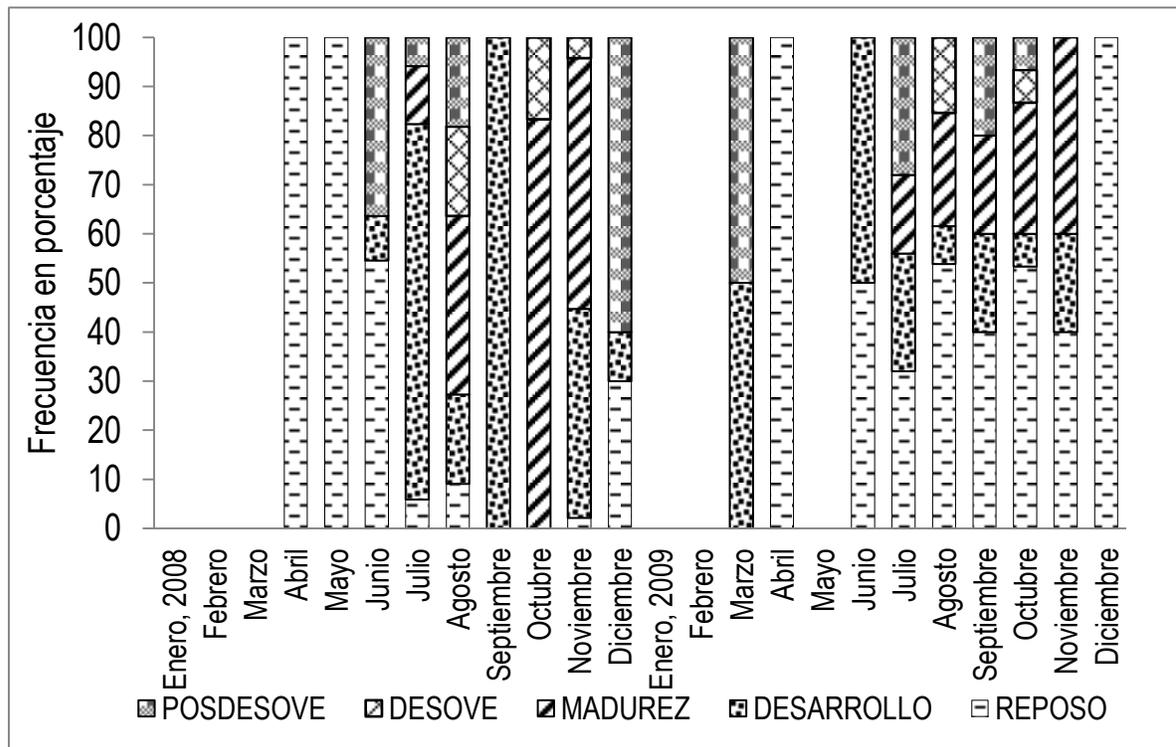


Figura 8. Frecuencia de las fases de desarrollo gonádico de hembras de *Istiophorus platypterus* en la región de Sinaloa, México.

En Guerrero la temporada reproductiva se extendió por un periodo mayor con respecto a Sinaloa. En el año 2008 inicio en julio y culminó hasta febrero del siguiente año y para el año de 2009 se presentaron hembras maduras hasta

diciembre. Solo en marzo de 2008 todas las hembras capturadas se encontraron en fase de reposo. Los desoves se presentaron en agosto y diciembre de 2008 y diciembre de 2009 (Fig. 9).

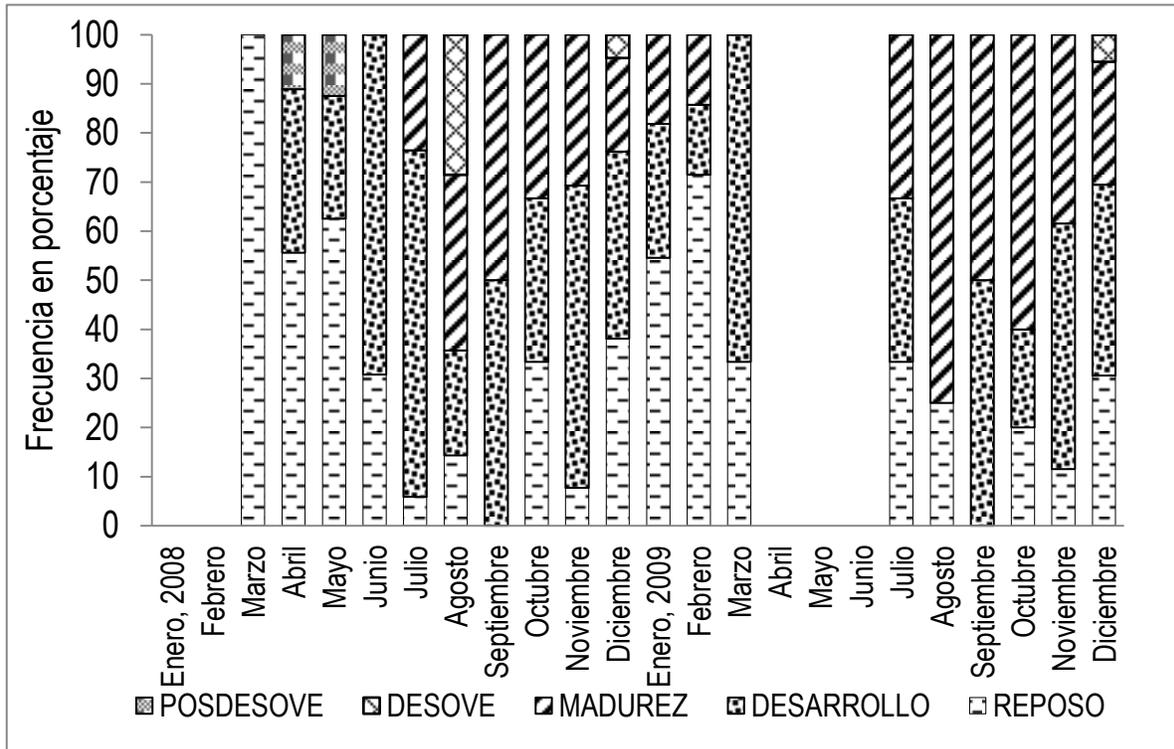


Figura 9. Frecuencia de las fases de desarrollo gonádico de hembras de *Istiophorus platypterus* en la región de Guerrero, México.

En Oaxaca la temporada reproductiva inicio desde el mes de mayo, (frecuencia baja) y continuó hasta el mes de noviembre de 2008 (con excepción de agosto), para el año de 2009 se presentaron hembras maduras de febrero a diciembre, con excepción de junio y agosto. En los 16 meses analizados se evidenció la actividad reproductiva, pero solo en dos meses se identificaron hembras en fase de desove (septiembre y diciembre de 2009). Los meses con mayor porcentaje de hembras maduras fueron octubre de 2008 y de 2009 (Fig. 10).

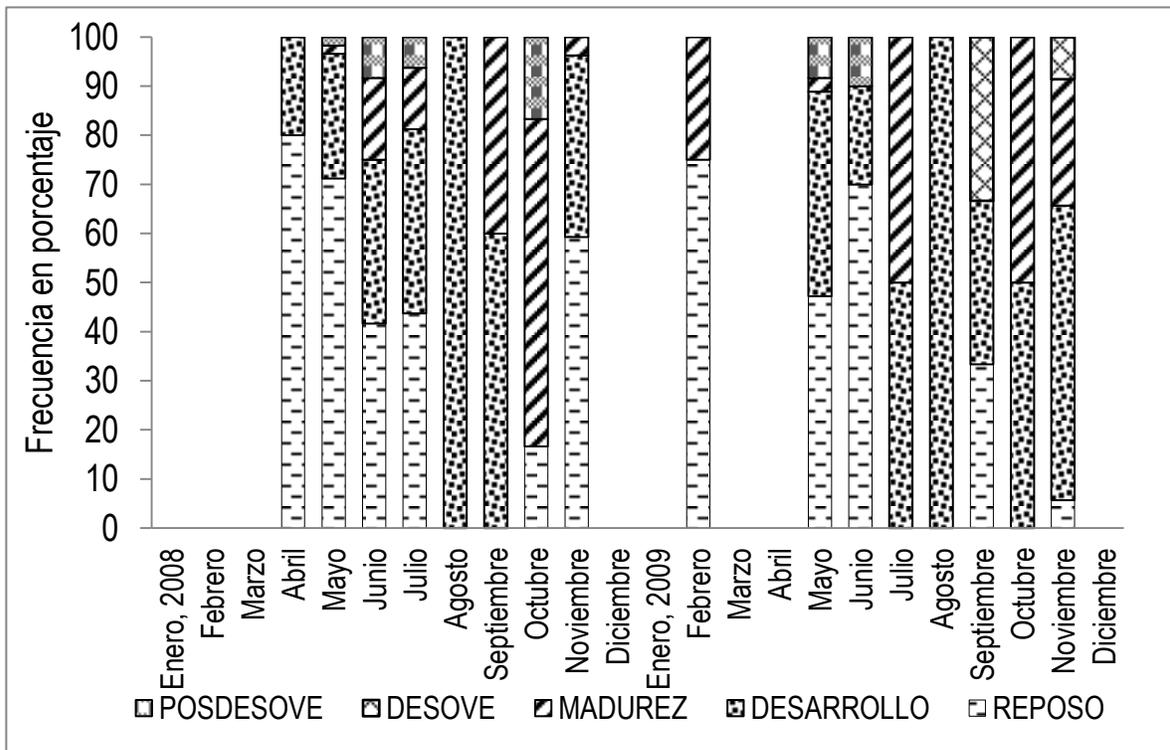


Figura 10. Frecuencia de las fases de desarrollo gonádico de hembras de *Istiophorus platypterus* en la región de Oaxaca, México.

6.2.4 Diámetro promedio de los ovocitos

Este análisis permitió detectar diferencias significativas en el diámetro promedio de los ovocitos, por fase de desarrollo ovárico y entre regiones. La región de Oaxaca fue la que presentó mayores diámetros de ovocitos. La figura 11 muestra el incremento en el diámetro de diferentes tipos de ovocitos al avanzar el desarrollo ovárico.

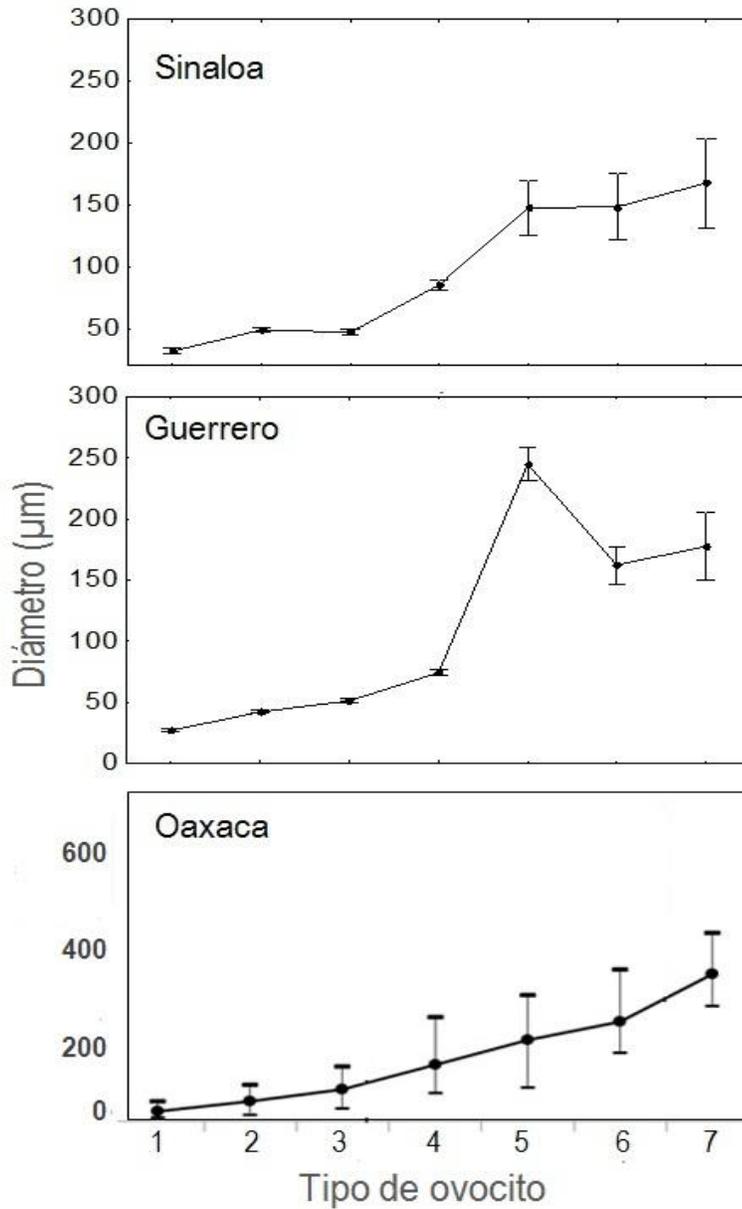


Figura 11. Variación en el diámetro de los ovocitos de *Istiophorus platypterus*. 1- cromatina nucleolar, 2- cromatina perinucleolar, 3- alveolo cortical, 4- vitelogénesis primaria, 5- vitelogénesis avanzada, 6- núcleo migratorio y 7- proteólisis de vitelo.

6.2.5 Talla de primera madurez

La talla de primera madurez para hembras fue muy similar para la región de Sinaloa y Guerrero (164 cm y 162 cm de LP, respectivamente), y ligeramente mayor para la región de Oaxaca (167 cm de LP) (Fig. 12), lo cual esta directamente relacionado con el mayor tamaño que de manera particular alcanzan las hembras en esta última región.

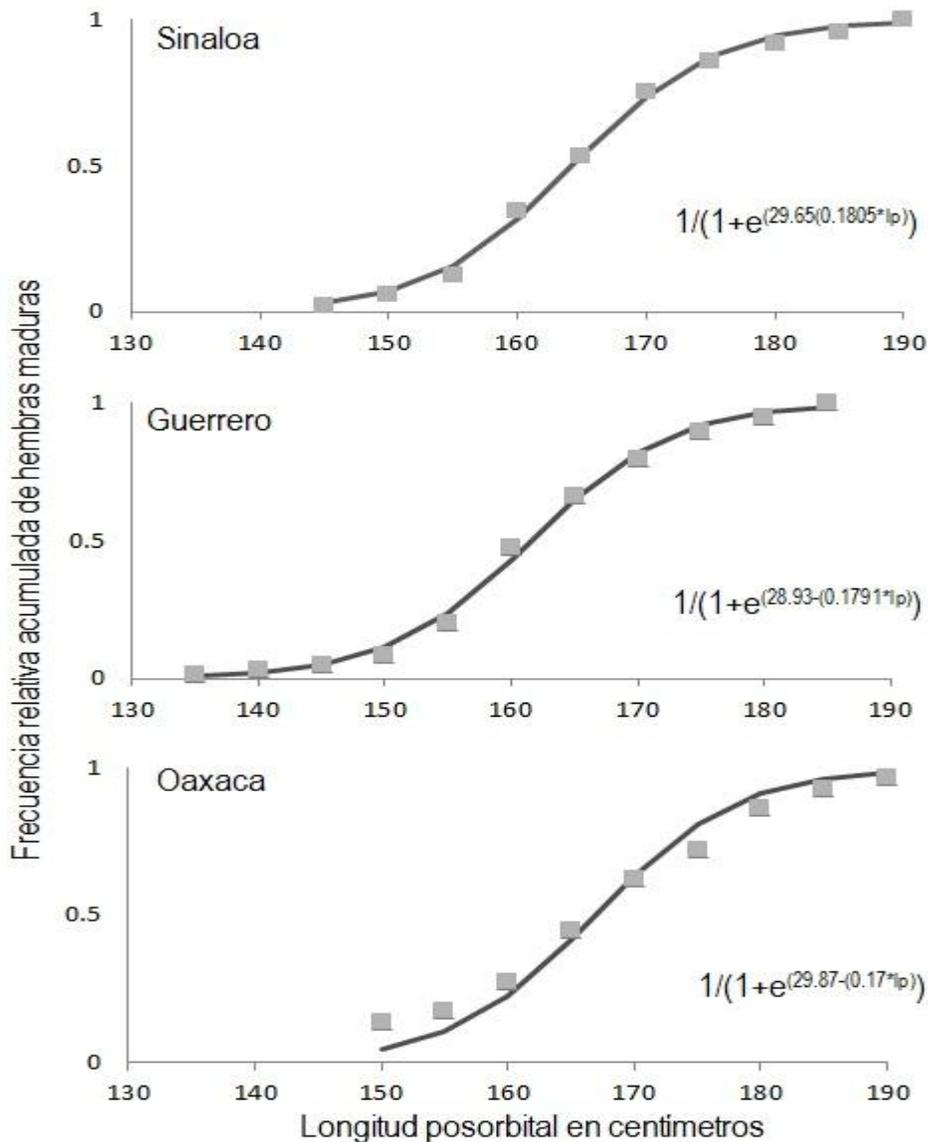


Figura 12. Talla de primera madurez de hembras de *Istiophorus platypterus* en Sinaloa, Guerrero y Oaxaca.

En los machos, la talla de primera madurez estimada para los ejemplares de Sinaloa fue de 157 cm de LP, mientras que para los de Guerrero fue de 158 cm y 160 cm de LP para los de Oaxaca (Fig. 13). Al igual que en las hembras esta mínima diferencia se registró en función del mayor tamaño que alcanzaron los peces que se capturaron en la región de Oaxaca.

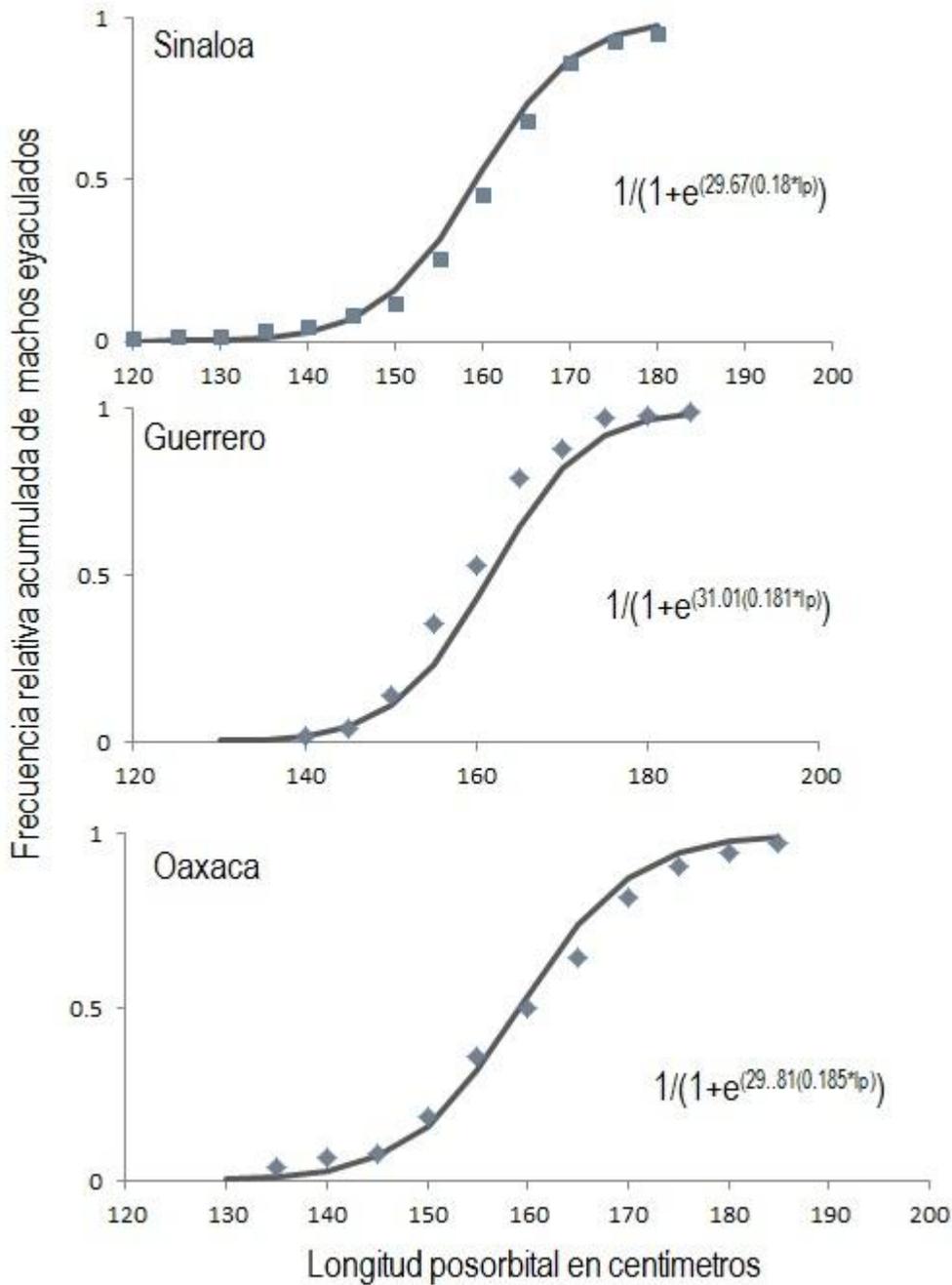


Figura 13. Talla de primera madurez de machos de *Istiophorus platypterus* en Sinaloa, Guerrero y Oaxaca.

6.2.6 Fecundidad

6.2.6.1 Muestra mínima para fecundidad

El peso de 0.8 g, fue el que presentó un coeficiente de variación menor (Fig. 14), por lo cual éste se seleccionó para efectuar los conteos de los ovocitos para estimar la fecundidad de *I. platypterus*.

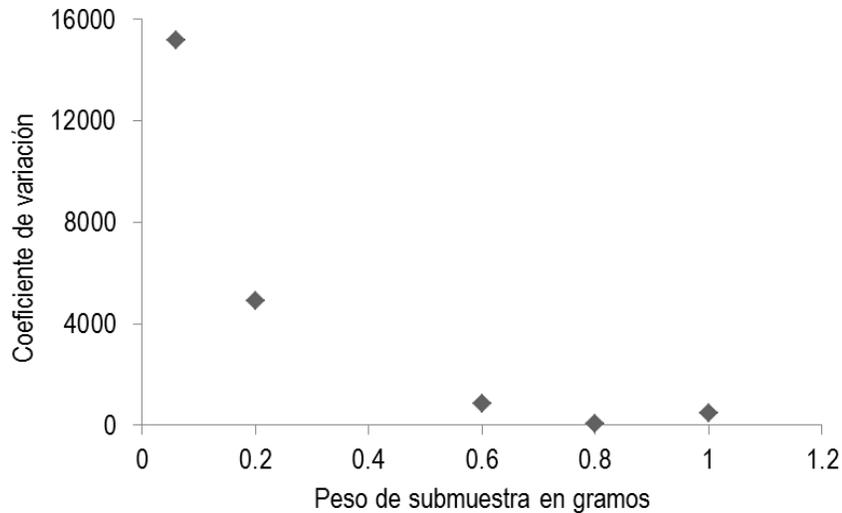


Figura 14. Coeficiente de variación calculado para obtener la muestra mínima para estimar la fecundidad de *Istiophorus platypterus*.

6.2.6.2 Fecundidad parcial y relativa

En Sinaloa se analizaron 24 hembras con ovarios hidratados, sus tallas y pesos fluctuaron entre los 143 y 188 cm de LP y los 16 y 28 kg de peso total. La fecundidad estimada varió entre 142,961.407 y los 2'284,698.27, (promedio= 1'156,291.94 ovocitos). En Guerrero se analizaron 14 ovarios con grado de hidratación, sus tallas fluctuaron entre los 139 y los 169 cm de LP y el peso entre los 26 y 36 kg. La fecundidad estimada para esta región varió entre los 330,314 y los 2'092,178 ovocitos (promedio= 1'073,478 ovocitos). Por último en la región de Oaxaca se analizaron un total de 12 ovarios hidratados encontrando que las tallas de las hembras fluctuaron entre 160 y 179 cm de LP y su peso entre 31 y 38 kilos. Los valores de fecundidad estimados fluctuaron entre 1'080,000, y los

7'371,778.09 (promedio= 4'018,668.84 ovocitos). Se encontró que la fecundidad parcial de *I. platypterus* de la región de Oaxaca fue significativamente más alta (ANDEVA de una vía, $p<0.05$), que las de la regiones de Sinaloa y Guerrero.

En cuanto a la fecundidad relativa al peso, se estimó para la región de Sinaloa un promedio de 52.11 ovocitos por gramo de peso total; en Guerrero 36.68 y en Oaxaca 117.09. La fecundidad relativa a la longitud posorbital, para la región de Sinaloa se estimó en 7,083.73 ovocitos por cm, para Guerrero en 6,816.04 y por último para Oaxaca en 24,218.92 ovocitos por cm. Se encontró que tanto la fecundidad relativa al peso como a la longitud fue significativamente más alta (ANDEVA una vía, $P<0.05$), en los organismos de la región de Oaxaca. La tabla 4 muestra la descripción de las estimaciones de fecundidad parcial y relativa.

Tabla 4. Medidas morfométricas y estimaciones de fecundidad parcial y relativa (media±desviación estándar) de *Istiophorus platypterus* en tres regiones del Pacífico mexicano. Entre paréntesis se presentan los valores mínimos y máximos.

Variable	Sinaloa	Guerrero	Oaxaca	ANDEVA
Longitud posorbital (cm)	162.25±9.57 (143-188)	158.75±7.42 (139-169)	167.66±0.98 (160-179)	
Peso total (g)	23700±5.24 (14,000-39,000)	29900±3.4 (16,000-36,000)	34000±2.55 (31,000-38,000)	
Fecundidad parcial	1,156,291.9±506,366 (142,961-2,284,698)	1,073,478±601,067.68 (330,314-2,097,148)	4,018,668.80 (1,080,000-7,371,778.09)	$P<0.05$
Fecundidad relativa al peso	52.11±28.38 (6.47-122.49)	36.68±22.4 (8.8-91.73)	117.09±67.39 (33.75-184.99)	$P<0.05$
Fecundidad relativa a la longitud	7080±2,936 (857-12,379)	6816±3,917 (1,707-13,828)	24218±14,440 (6,428-37,718)	$P<0.05$

6.2.6.3 Relación funcional entre la fecundidad parcial y la longitud posorbital y peso total

Para las tres regiones de estudio se intentó relacionar la fecundidad parcial con el peso y talla, bajo un modelo lineal, sin embargo estas no presentaron una correlación estadística significativa (Fig. 15).

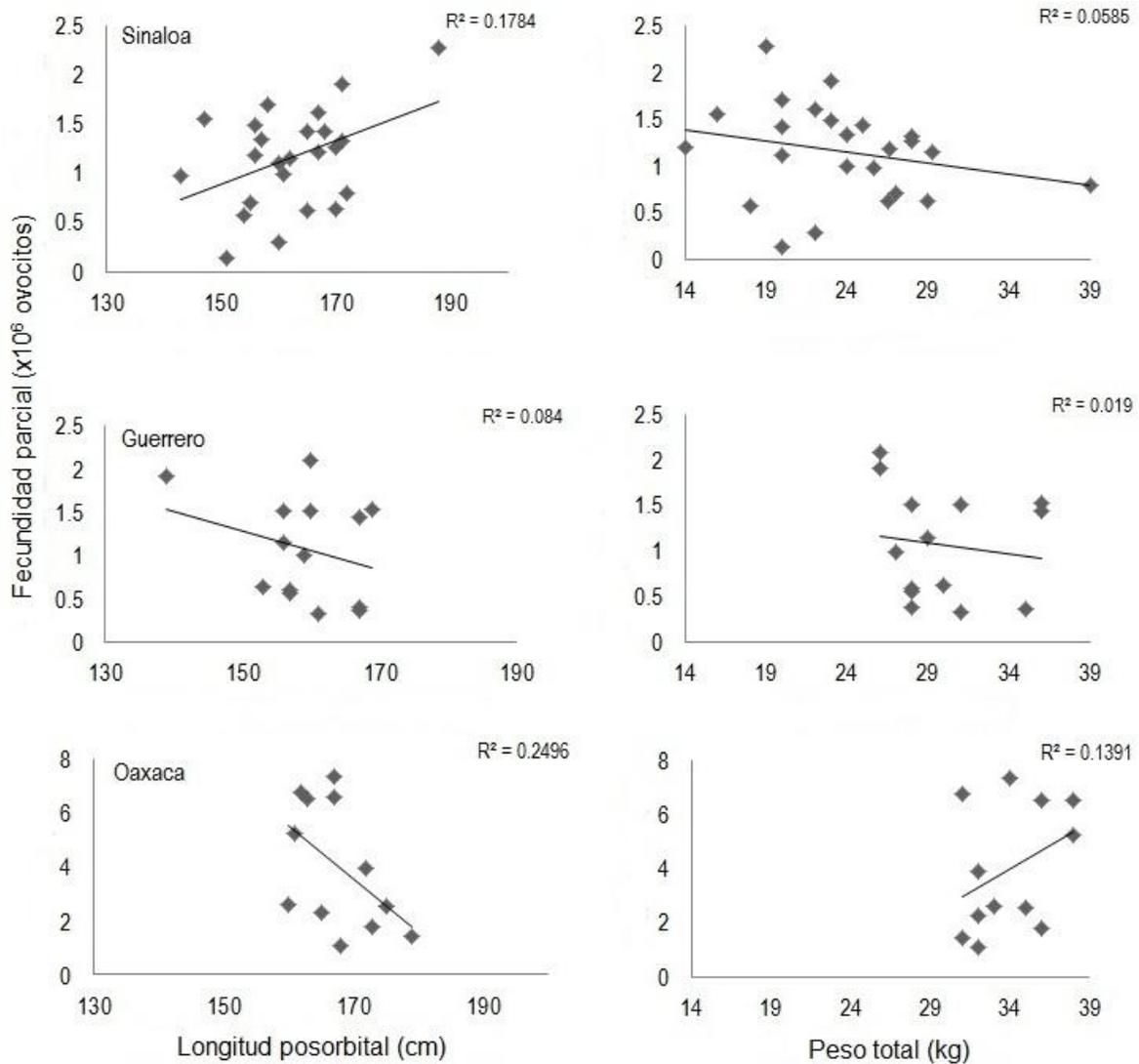


Figura 15. Relación funcional entre la fecundidad parcial y la longitud posorbital y el peso total de *Istiophorus platypterus* en tres regiones del Pacífico mexicano.

6.3 Biología trófica

6.3.1 Espectro trófico general

a) Sinaloa

En la región de Sinaloa se analizaron un total de 290 estómagos con alimento, 131 machos (45%) 136 hembras (47%) y 23 indiferenciados (8%). El análisis del espectro trófico general mostró que el pez vela se alimentó de 82 diferentes ítems presa, siendo el grupo de los peces el más importante, el cual aporta el 79% del espectro trófico general. De estos 86 ítems presa, 60 (73%) se identificaron hasta el nivel de especie. Se contabilizaron 4276 individuos presa que sumaron una biomasa de 56.4 kg.

La aplicación de los métodos cuantitativos nos permitió conocer las presas principales en función de su abundancia, biomasa y frecuencia de aparición. Cabe mencionar que las gráficas que a continuación se presentan, contemplan las cinco presas más importantes en cada grupo, debido a que éstas aportaron entre el 90 y 95% del espectro trófico. Los resultados obtenidos por medio de la aplicación del método gravimétrico (MG%), indicó que las presas con mayor aporte de biomasa fueron el pez *A. thazard* y el calamar gigante *D. gigas*, seguido del pez *B. polylepis*, peces no identificados y el pez *Fistularia commersonii* (Rüppell, 1838) con porcentajes menores (Fig. 16).

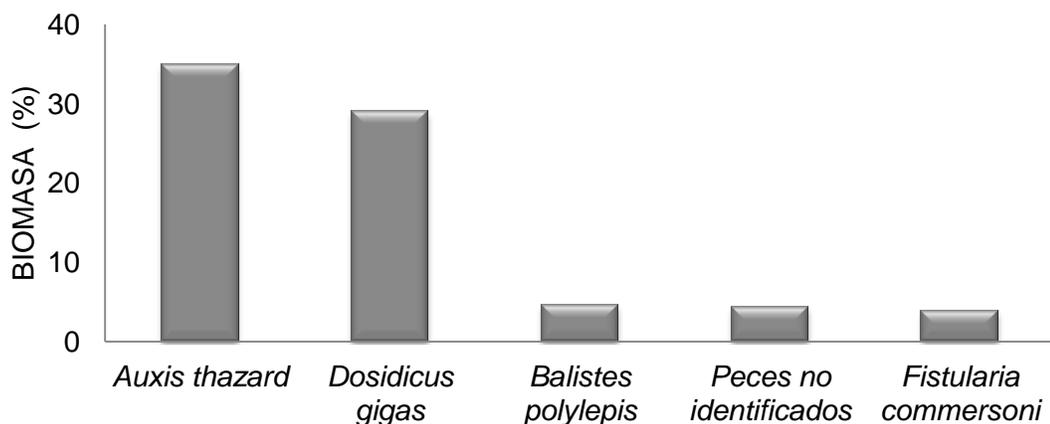


Figura 16. Presas principales de *Istiophorus platypterus* de la región de Sinaloa en términos de biomasa.

Los resultados del método numérico (MN%) indican que las presas más abundantes a los cefalópodos *D. gigas* y *Argonauta* spp., seguido de los peces *B. polylepis*, *V. lucetia* y *A. thazard* (Fig. 17).

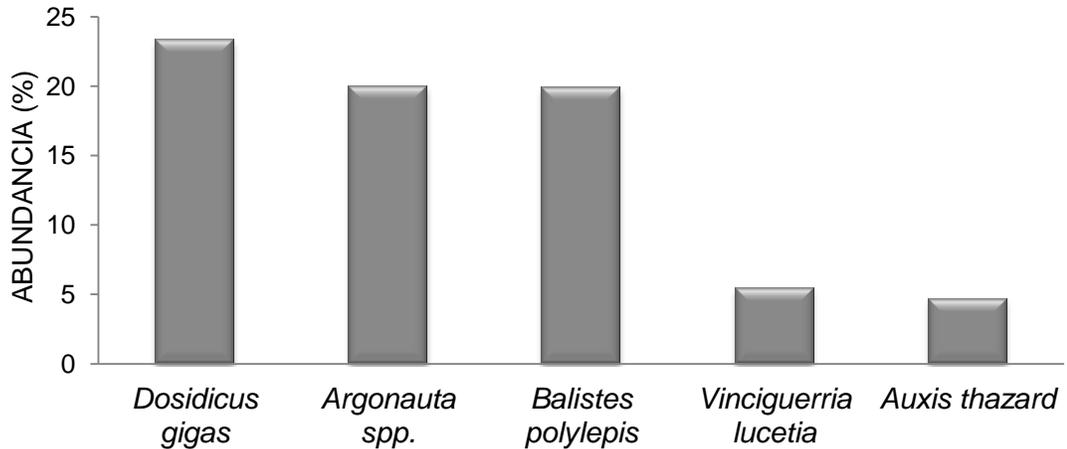


Figura 17. Presas principales de *Istiophorus platypterus* en la región de Sinaloa en términos de abundancia.

De acuerdo al método de frecuencia de aparición (MFA%) las presas que se presentaron de manera más reiterativa fueron *B. polylepis* y *D. gigas* (Fig. 18).

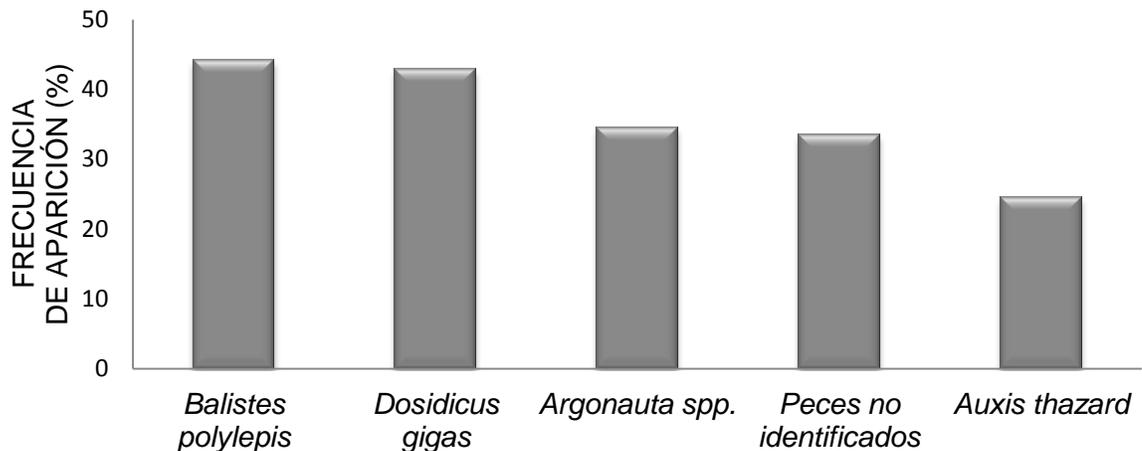


Figura 18. Presas principales de *Istiophorus platypterus* de la región de Sinaloa en términos de frecuencia de aparición.

El anexo III, muestra los valores absolutos y porcentuales obtenidos de los métodos cuantitativos, para las diferentes presas del espectro trófico general de la región de Sinaloa, agrupadas por afinidad taxonómica

b) Guerrero

En la región de Guerrero se analizaron un total de 254 estómagos con alimento, de los cuales el 54% fueron machos (138) el 45% hembras (114) y 1% de peces indiferenciados (2). Por medio de la revisión taxonómica se concluyó que el espectro trófico de los peces en esta región, se integró por 25 ítems presa, de los cuales el 68% se clasificó a nivel de especie; siendo los peces la clase dominante con el 76%. La abundancia registrada fue de 1262 individuos presa, los cuales aportaron una biomasa total de 103.83 kg.

Los resultados del G% indicó que en esta región la presa que mayor biomasa aportó fue *A. thazard*, seguido de *F. commersonii*, Materia Orgánica No Identificada (MONI) *Octopus spp.* y *C. caballus* (Fig. 19).

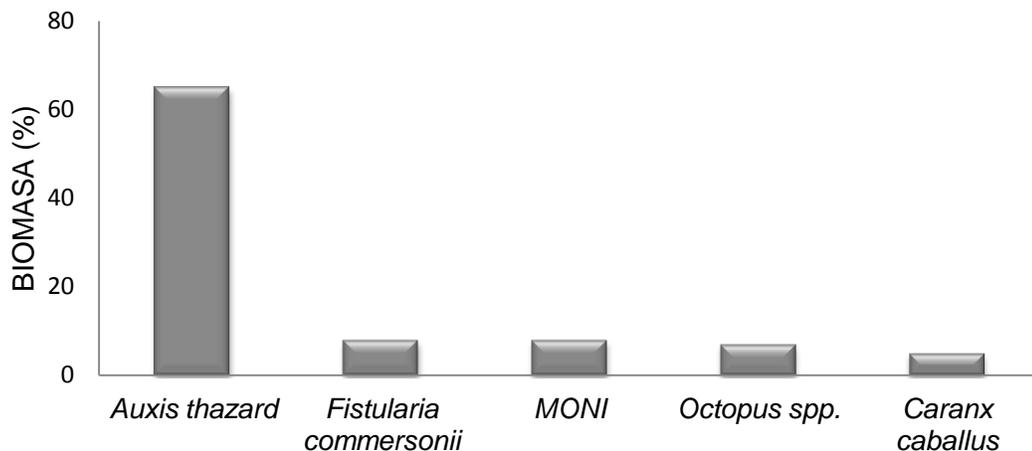


Figura 19. Presas principales de *Istiophorus platypterus* de la región de Guerrero en términos de biomasa.

Las presas más abundantes en esta región fueron *A. thazard*, *F. commersonii*, *B. polylepis*, *Lagocephalus lagocephalus* (Linnaeus, 1758) y *Octopus spp.* (Fig. 20).

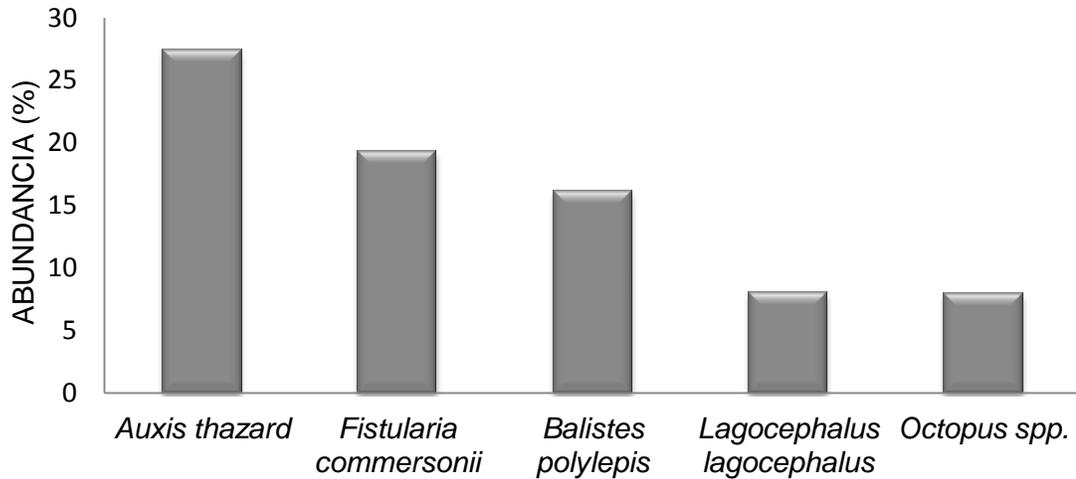


Figura 20. Presas principales de *Istiophorus platypterus* de la región de Guerrero en términos de abundancia.

La presa más frecuente en los estómagos analizados fueron *A. thazard*, que estuvo presente en más de la mitad de los peces registrados (51.5%) (Fig. 21).

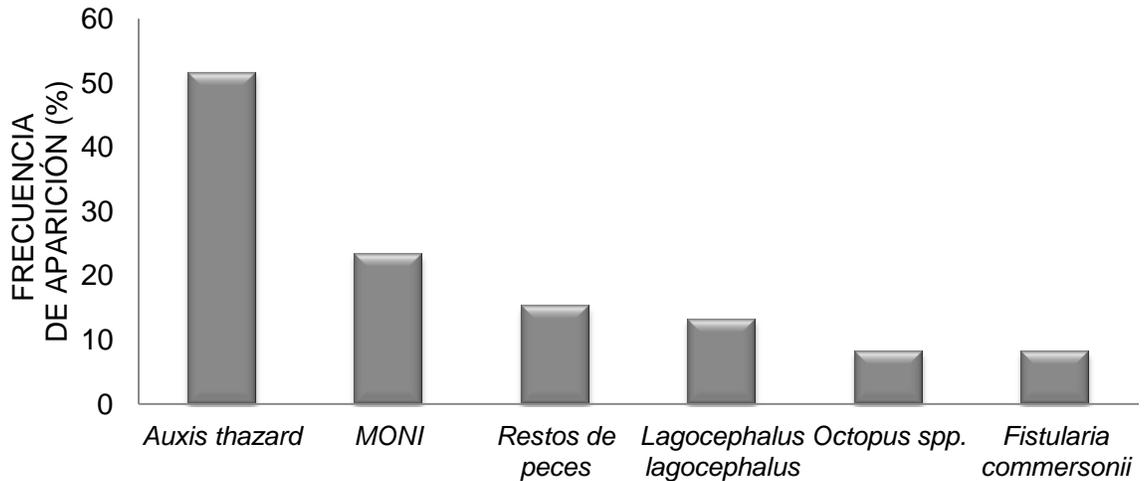


Figura 21. Presas principales de *Istiophorus platypterus* de la región de Guerrero en términos de frecuencia de aparición.

En el anexo IV se presentan los valores absolutos y porcentuales obtenidos de los métodos cuantitativos de las presas registradas en el espectro trófico del pez vela, agrupadas de acuerdo a su afinidad taxonómica para la región de Guerrero.

c) Oaxaca

En Oaxaca se capturaron 116 peces que presentaron estómago con alimento, de los cuales 30% fueron machos (35), 63% fueron hembras (73) y el 7% fueron indiferenciados (8). El espectro trófico general se conformó por 36 ítems, de estos 63.8% fueron clasificados a nivel específico, la clase dominante fueron los peces con el 80%. La abundancia de presas de esta región fue de 366 presas las cuales aportaron una biomasa total de 27.6 kg, de los cuales *A. thazard* y *C. caballus* fueron los que aportaron el mayor porcentaje (Fig. 22).

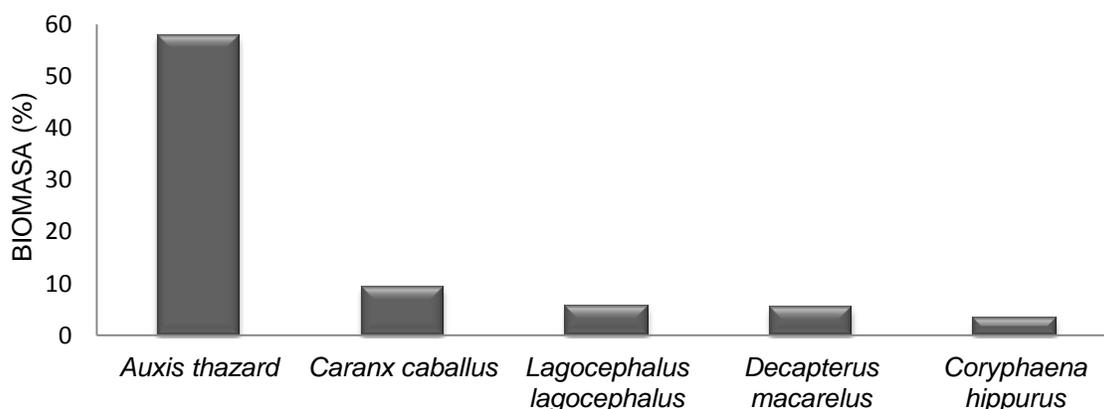


Figura 22. Presas principales de *Istiophorus platypterus* de la región Oaxaca en términos de biomasa.

Las especies más abundantes de acuerdo al método numérico fueron *A. thazard* y peces no identificados, entre otros peces, con porcentajes muy bajos (Fig. 23).

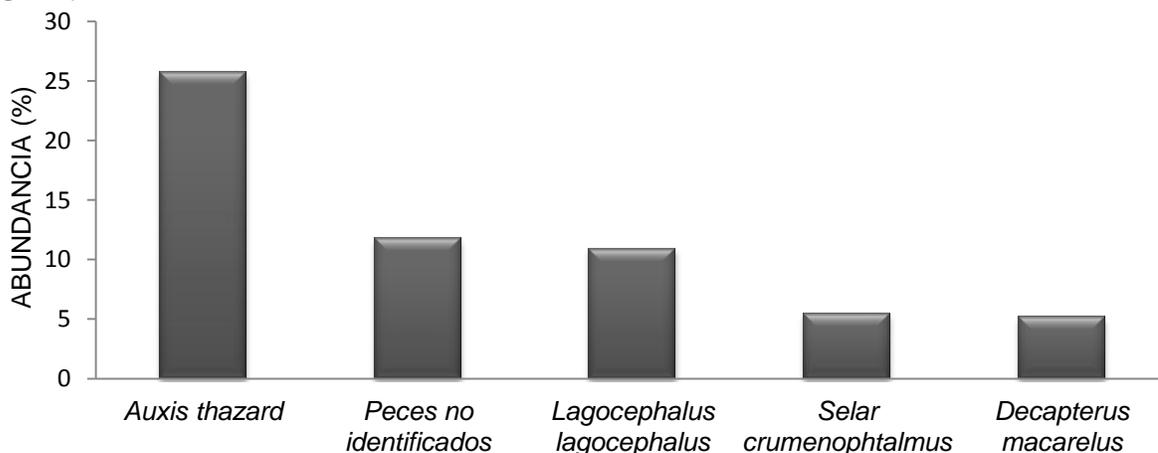


Figura 23. Presas principales de *Istiophorus platypterus* de la región de Oaxaca en términos de abundancia.

De acuerdo al método de frecuencia de aparición, la clase de los peces fue la más frecuente en la región de Oaxaca, las especies dominantes fueron *A. thazard*, peces no identificados, *L. lagocephalus*, *S. crumenophthalmus* y *C. caballus* (Fig. 24).

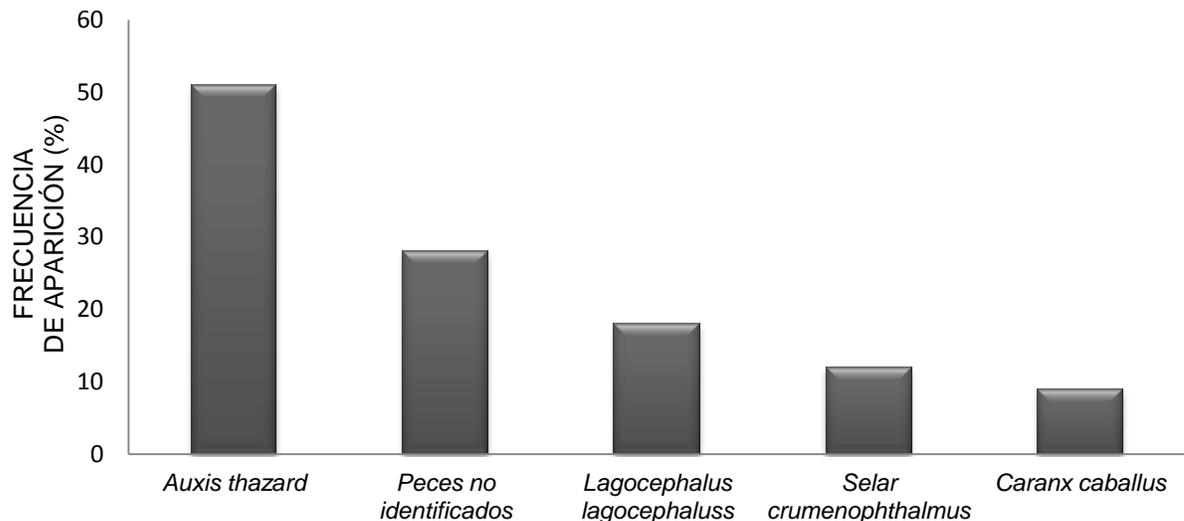


Figura 24. Presas principales de *Istiophorus platypterus* de la región de Oaxaca en términos de frecuencia de aparición.

En el anexo V se presentan los valores absolutos y porcentuales obtenidos de los métodos cuantitativos de las presas registradas en el espectro trófico del pez vela de la región de Oaxaca, agrupadas de acuerdo a su afinidad taxonómica.

6.3.2 Espectro trófico por sexos

En Sinaloa la presa principal de los machos en términos del IIR, fue el calamar gigante *D. gigas* con el 62.6% del total de la dieta; mientras que las hembras consumieron dos presas de manera dominante, *A. thazard* y *D. gigas* (Fig. 25 a y b).

Este mismo análisis trófico, en la región de Guerrero, indicó que tanto machos como hembras consumen las mismas presas principales, siendo el escómbrido *A. thazard* la que aporta en ambos grupos, más del 90% del IIR (Fig. 26 a y b).

Para la región de Oaxaca, la presa principal para ambos sexos es *A. thazard* y como presas secundarias *C. caballus*, *L. lagocephalus*, *Decapterus macarellus* (Cuvier, 1833) y *S. crumenophthalmus* (Fig. 27 a y b).

6.3.3 Espectro trófico por madurez sexual en hembras.

Analizando el espectro trófico por madurez sexual; en Sinaloa se encontró que las presas principales están presentes en ambos grupos; se observó que existen cambios en la presa principal de cada grupo, ya que las hembras inmaduras consumieron más el pez *A. thazard* y las maduras el calamar *D. gigas* (Fig. 25 c y d). En Guerrero se registró que las hembras maduras tuvieron un mayor consumo del pez *A. thazard*, mientras que las inmaduras se alimentaron de esta misma presa pero en menor porcentaje. (Fig. 26 c y d). Para Oaxaca se observó que los componentes principales no variaron, siendo *A. thazard* y *L. lagocephalus* las presas dominantes en ambos grupos (Fig. 27 c y d).

6.3.4 Espectro trófico por épocas climáticas

Los peces de la región de Sinaloa tanto en temporada cálida como fría se alimentaron principalmente del calamar gigante *D. gigas* y el pez *A. thazard* y como presas secundarias el pez *B. polylepis*, el cefalópodo *Argonauta* spp., así como los peces *Hippocampus ingens* (Girard, 1858), *F. commersonii* y otros peces no identificados (Fig. 25 e y f). En Guerrero se registró que se mantuvieron las presas principales en ambas épocas, siendo nuevamente la presa principal *A. thazard* (Fig. 26 e y f). El análisis por épocas climáticas en Oaxaca, indicó el dominio de *A. thazard* en ambas temporadas; aunque un 10% más importante en la temporada fría, resaltando para esta misma temporada, la presencia de los peces que no fueron identificados taxonómicamente, debido a su alto grado de digestión (Fig. 27 e y f).

Las listas taxonómicas de los espectros tróficos generales, por sexos, estados de madurez gonádica y por épocas climáticas de cada región, se encuentran en los anexos VI y hasta el XXIII (pág. 152).

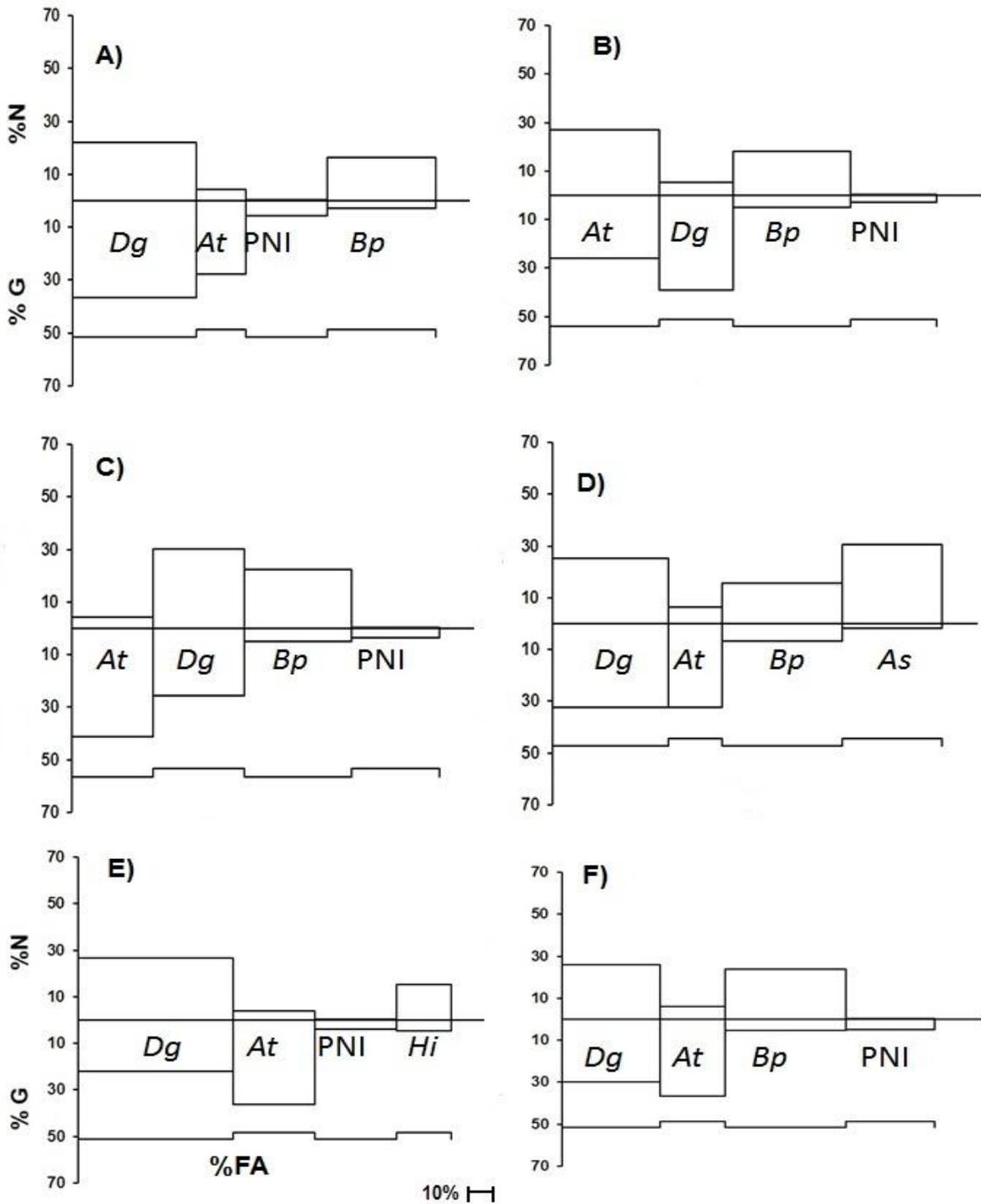


Figura 25. Espectro trófico del pez vela capturado en Sinaloa, México durante 2008 y 2009. Comparación por grupos: a) machos, b) hembras, c) hembras inmaduras, d) hembras maduras, e) época fría y f) época cálida. Nomenclatura de presas: Dg (*Dosidicus gigas*), At (*Auxis thazard*), PNI (peces no identificados), Bp (*Balistes polylepis*), As (*Argonauta* spp.) y Hi (*Hippocampus ingens*).

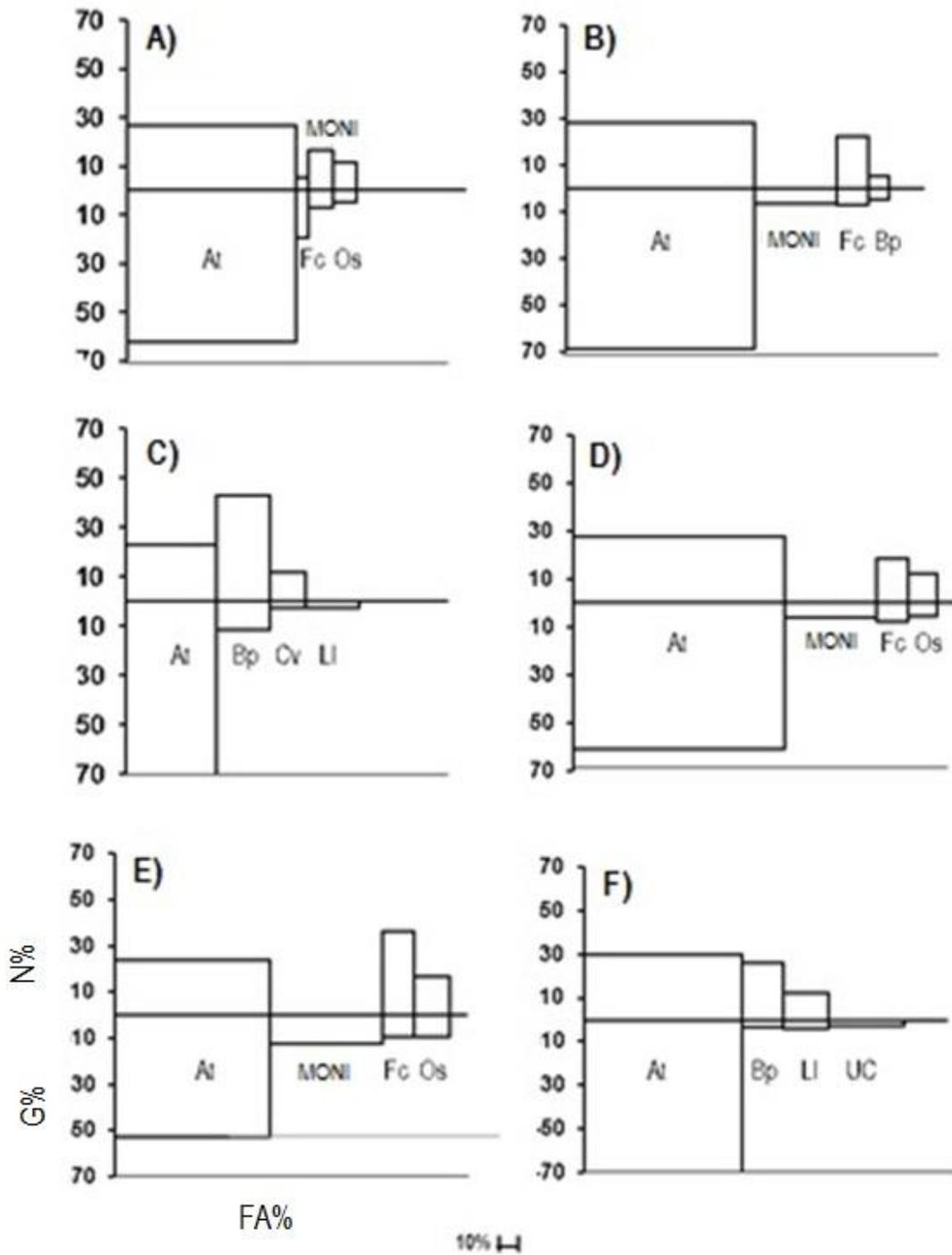


Figura 26. Dieta del pez vela capturado en Guerrero, México durante 2008 y 2009. Comparación por grupos: a) machos, b) hembras, c) hembras inmaduras, d) hembras maduras, e) época fría y f) época cálida. Nomenclatura de presas: At (*Auxis thazard*), Bp (*Balistes polylepis*), Cv (*Caranx vinctus*), LI (*Lagocephalus lagocephalus*), Fc (*Fistularia corneta*), Os (*Octopus spp.*), MONI (Materia Orgánica no Identificada) y UC (Cefalópodos no identificados).

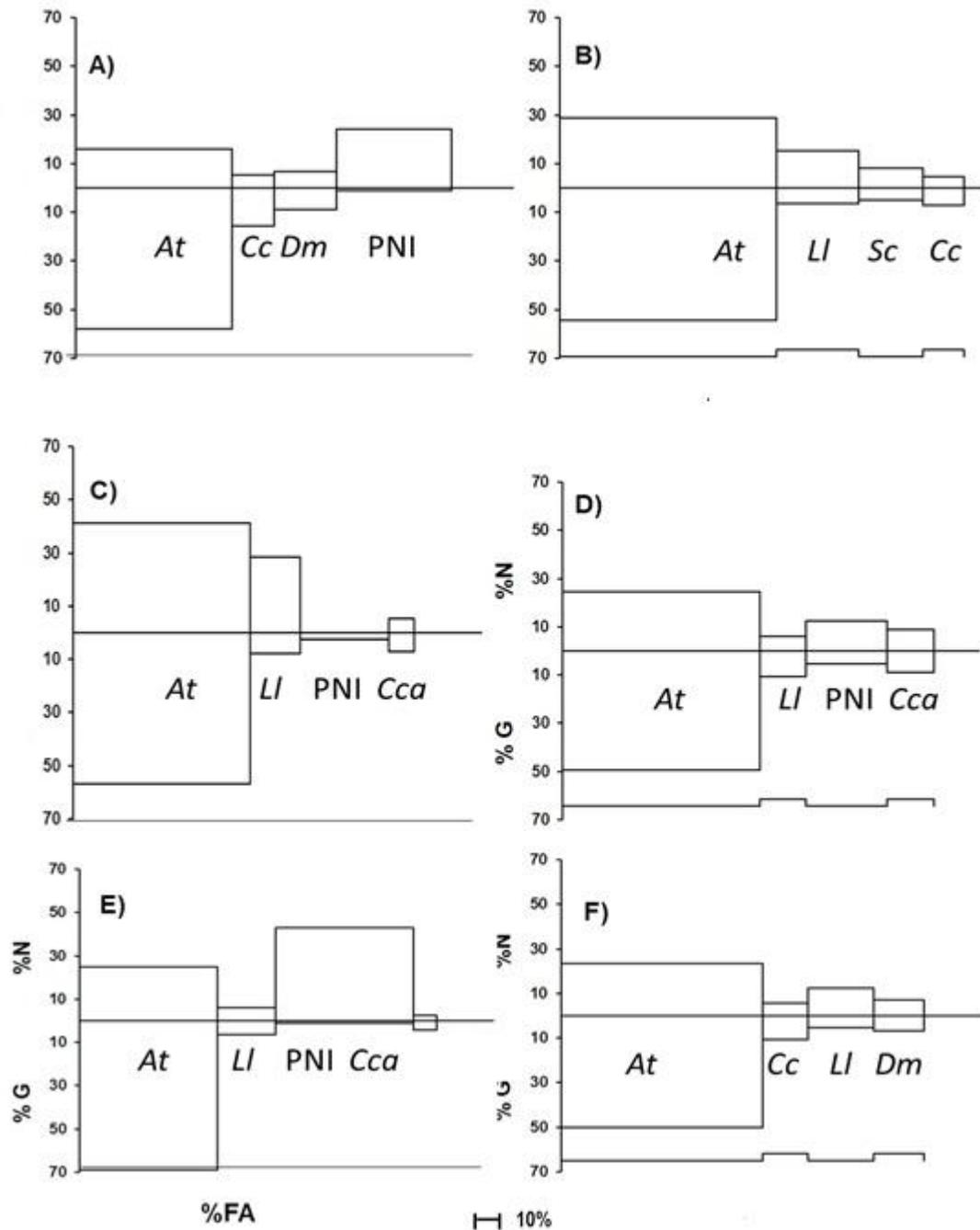


Figura 27. Espectro trófico del pez vela capturado en Oaxaca, México durante 2008 y 2009. Comparación por grupos: a) machos, b) hembras, c) hembras inmaduras, d) hembras maduras, e) época fría y f) época cálida.

Nomenclatura de presas: At (*Auxis thazard*), Cc (*Caranx caballus*), Dm (*Decapterus macarellus*), PNI (peces no identificados), LI (*Lagocephalus lagocephalus*), Sc (*Selar crumenophthalmus*) y Cca (*Caranx caninus*).

6.4 Fisiología energética

6.4.1 Índices morfofisiológicos

a) Sinaloa

En particular el índice gonadosomático de hembras para esta región mostró una correlación positiva con la frecuencia de peces en condiciones reproductivas, siendo los meses de agosto, octubre y noviembre de 2008 y agosto de 2009 los que presentaron los valores del índice más altos, los cuales fluctuaron entre 4.5 y 6.5 (Fig. 28).

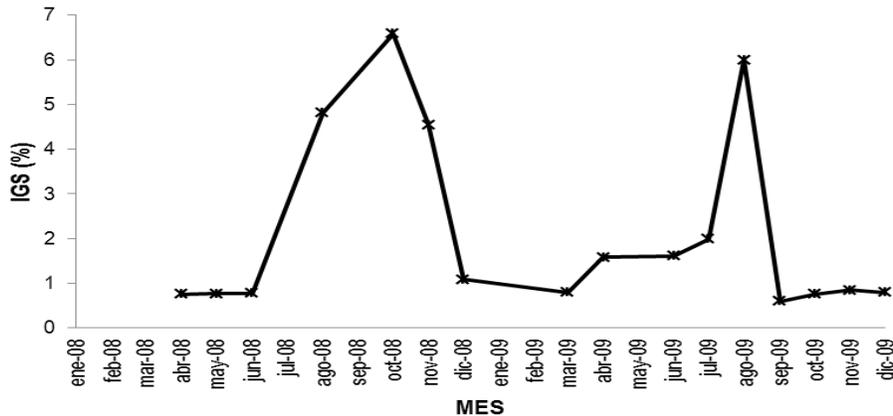


Figura 28. Variación del índice gonadosomático de *Istiophorus platypterus* capturado en la región de Sinaloa durante el periodo de 2008 y 2009.

El factor de condición (K) registró los valores más bajos en la temporada reproductiva de esta región, mientras que los valores más altos se presentaron en los meses de mayo y junio de 2008 y marzo y abril de 2009, con valores mayores al 0.6 (Fig. 29).

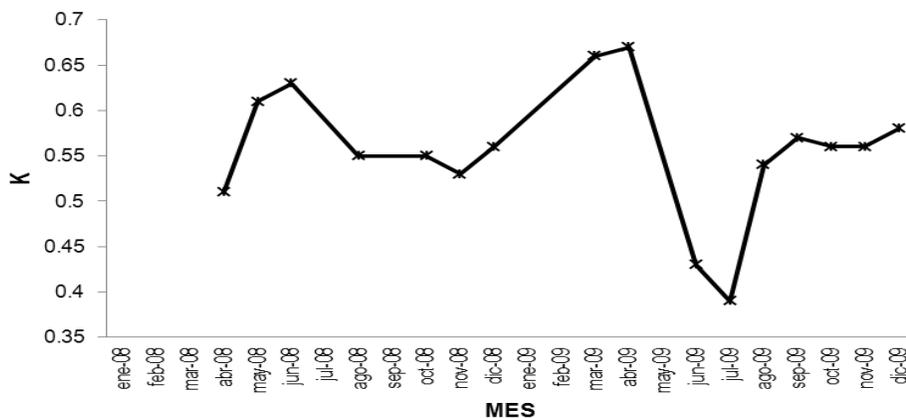


Figura 29. Variación del factor de condición de hembras *Istiophorus platypterus* capturadas en la región de Sinaloa.

Los valores más bajos del índice hepatosomático se presentaron en los meses de junio y diciembre de 2008 y octubre de 2009 (0.55 a 0.63%). Las fluctuaciones de los valores se asociaron a las variaciones del IGS (Fig. 30).

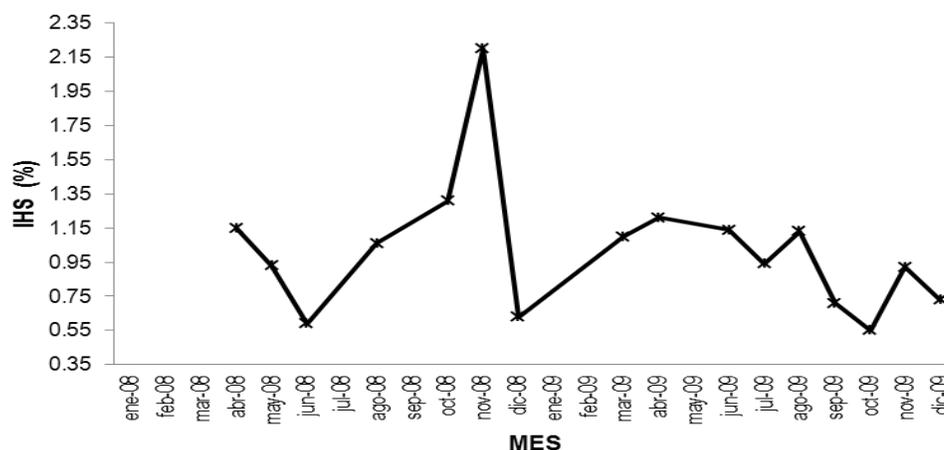


Figura 30. Variación del índice hepato-somático de hembras de *Istiophorus platypterus* capturadas en la región de Sinaloa.

En la región de Sinaloa se encontró que los valores más altos del IGS, se presentaron cuando el valor del K es más bajo. Este comportamiento fue más evidente en los meses de julio a noviembre de 2008 y de enero a junio de 2009 (Tabla 5).

b) Guerrero

La variación del IGS indicó que los picos de sus valores coinciden con las máximas frecuencias de peces en estado de madurez (Fig. 31). Los valores más bajos del índice se presentaron durante el primer semestre del 2008, con valores no mayores al 1%, mientras que los más altos se presentaron en agosto y octubre de 2008 y agosto de 2009 con valores que fluctuaron entre 4.3 a 5.4% del IGS.

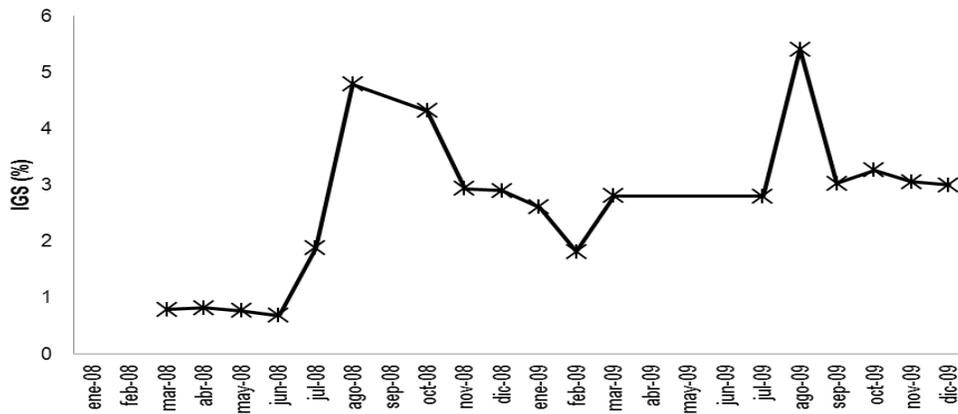


Figura 31. Variación del índice gonadosomático de hembras *Istiophorus platypterus* capturadas en la región de Guerrero.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el K, se encontró que para esta región se registró una variación similar a la que se presentó en Sinaloa, es decir, los valores del K disminuyen cuando los valores del IGS aumentan, es decir que la condición física de las hembras disminuye cuando se lleva a cabo el evento reproductivo (Fig. 32).

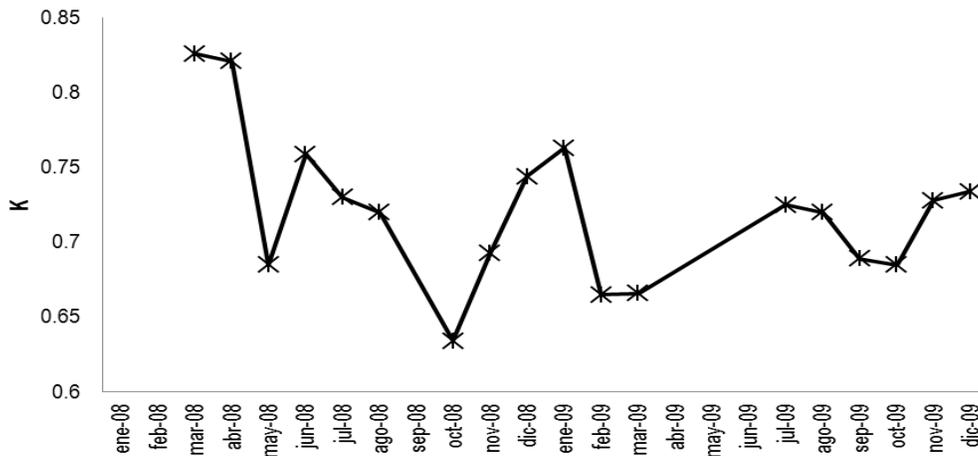


Figura 32. Variación del factor de condición de hembras de *Istiophorus platypterus* capturado en la región de Guerrero durante el periodo de 2008 y 2009.

Con respecto a los resultados del IHS en Guerrero estos presentaron los valores más altos en los meses de julio, agosto y septiembre de 2008 y julio, agosto, septiembre y octubre de 2009 (de 0.88 a 1.1%), mientras que los valores más bajos en los meses de marzo y noviembre de 2008 y noviembre de 2009 (de 0.54 a 0.62%) (Fig. 33).

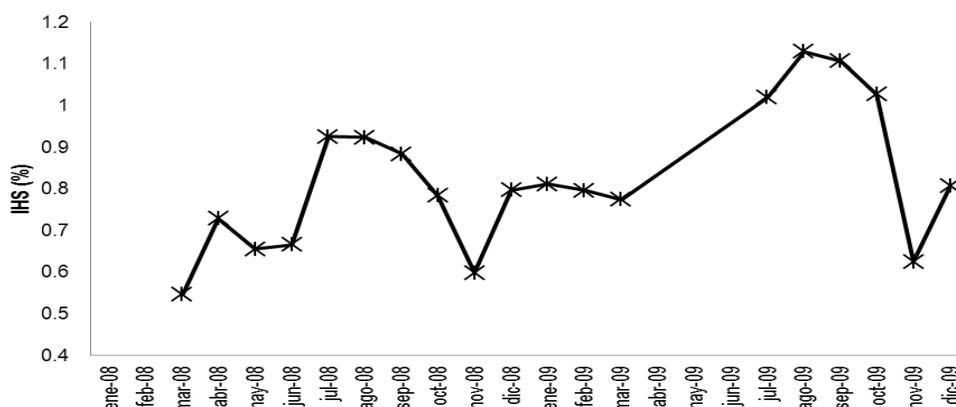


Figura 33. Variación del índice hepatosomático de hembras de *Istiophorus platypterus* capturadas en la región de Guerrero.

Se observó que cuando se alcanzan los mayores valores del IGS, los valores del K bajan, revelando indirectamente cierta transferencia energética con relación al evento reproductivo (Tabla 5).

c) Oaxaca

Para la región de Oaxaca los registros más altos del IGS, coinciden con los meses en que se presentaron un mayor número de peces en condiciones aptas de reproducción, (al igual que en las regiones anteriores); sin embargo particularmente para esta región algunos meses quedaron sin este análisis debido a la falta de datos. El valor más alto del IGS para esta región fue de 4.84% (Fig. 34).

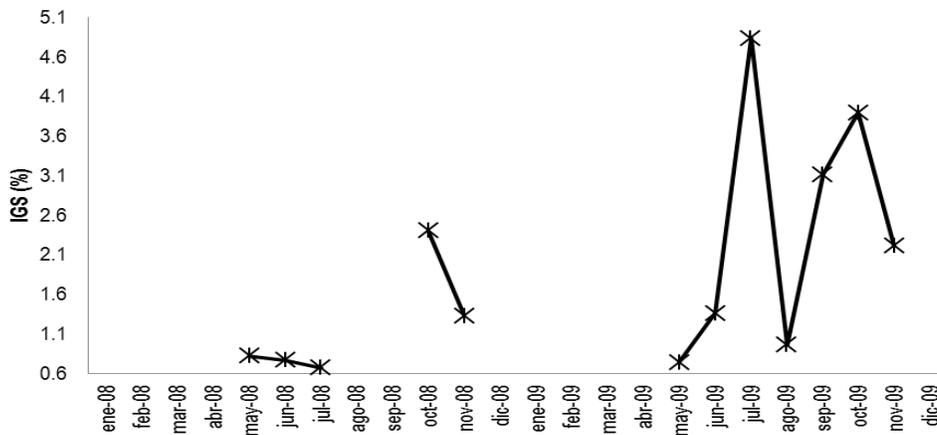


Figura 34. Variación del índice gonadosomático de hembras de *Istiophorus platypterus* capturadas en la región de Oaxaca.

El K en esta región registró un comportamiento no tan evidente como en las regiones de Sinaloa y Guerrero (Fig. 35). Se observaron dos picos importantes, uno en junio de 2008 y otro en julio de 2009 (0.85 y 0.88 respectivamente), lo cual coincide con un pico de actividad reproductiva.

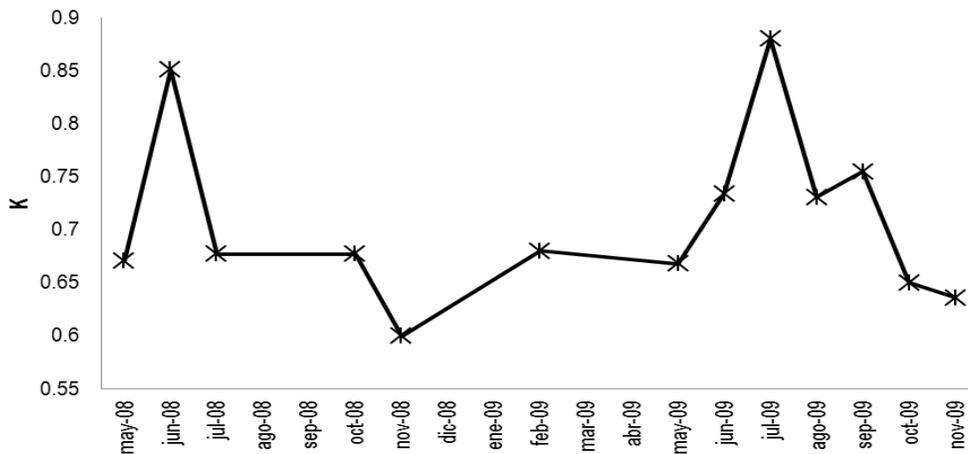


Figura 35. Variación del factor de condición de hembras de *Istiophorus platypterus* capturadas en la región de Oaxaca.

Por otro lado el IHS mostró el mismo comportamiento que se presentó en Sinaloa y Guerrero, donde los valores de este índice se relacionaban positivamente con el IGS (Fig. 36).

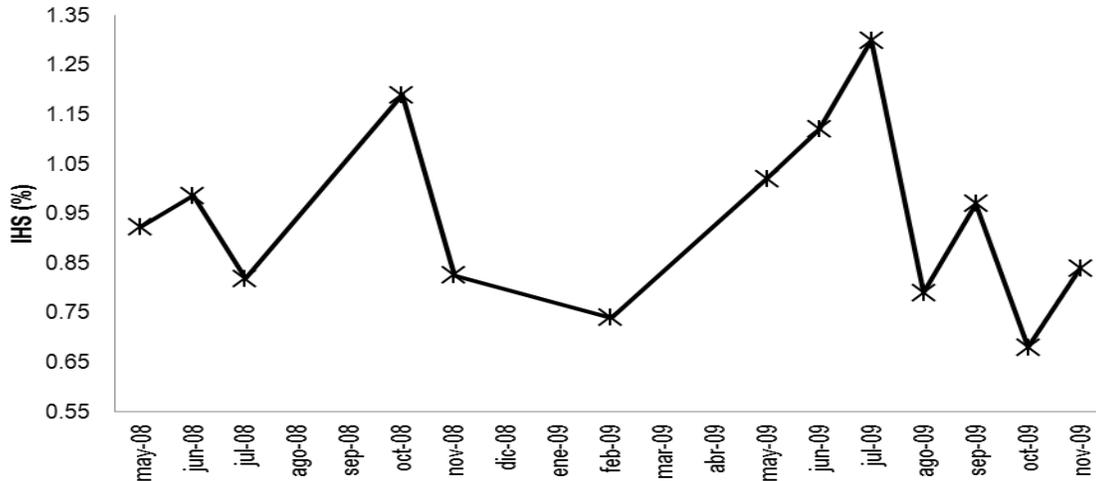


Figura 36. Variación del índice hepatosomático de hembras de *Istiophorus platypterus* capturadas en la región de Oaxaca.

La tabla 5 muestra los detalles del análisis de correlación de Spearman entre los diferentes índices morfofisiológicos aplicados a *I. platypterus*, donde se observó que en la región de Sinaloa el IGS y el IHS presentaron una correlación positiva, mientras que en Guerrero se correlacionó el IHS con el IGS y el K; por último en Oaxaca no hubo correlación en ninguno de los índices.

Tabla 5. Correlación entre los diferentes índices morfofisiológicos aplicados a hembras de *Istiophorus platypterus* en tres regiones del Pacífico mexicano.

REGION	Factor de condición		Índice hepatosomático	
	R	P	R	P
SINALOA				
Índice gonadosomático	-0.43	0.09	0.57	0.02*
Índice hepatosomático	0.36	0.16		
GUERRERO				
Índice gonadosomático	-0.39	0.1	0.62	0.005*
Índice hepatosomático	0.47	0.04*		
OAXACA				
Índice gonadosomático	0.1	0.73	0.32	0.28
Índice hepatosomático	0.44	0.13		

6.4.2 Análisis calorimétricos en tejidos de pez vela

a) Sinaloa

Ovario

El contenido calórico del ovario fue significativamente diferente a lo largo del desarrollo gonádico (ANDEVA, una vía, $P < 0.05$) y fue en la fase de madurez donde se registró el mayor contenido calórico,, mientras que en la fase de desove se presentó el menor contenido energético (Fig. 37).

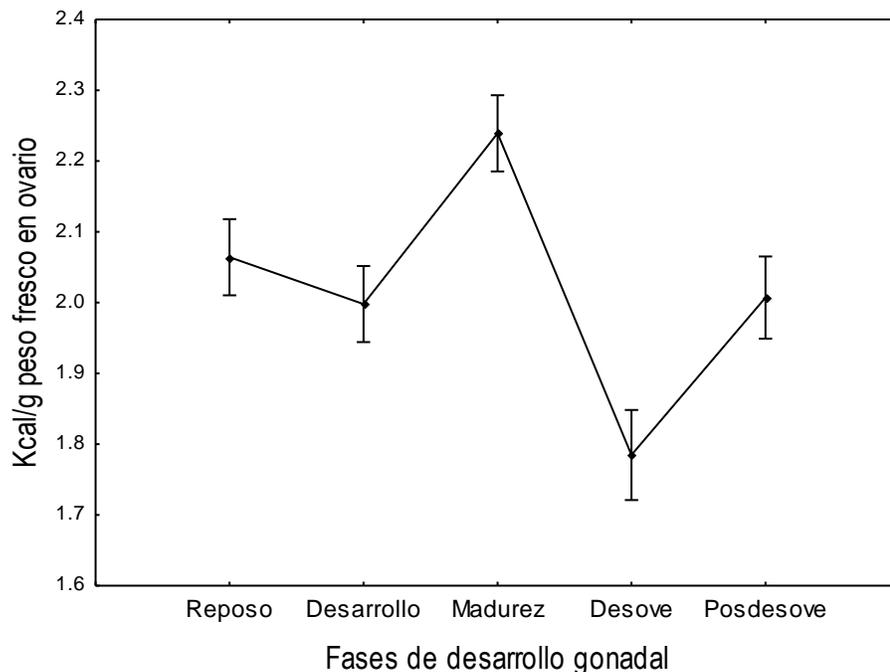


Figura 37. Concentración calórica en ovario de *Istiophorus platypterus* por fase de desarrollo gonadal en la región de Sinaloa. Las barras indican la desviación estándar.

Músculo

A partir de la fase de madurez se presenta una baja importante en la concentración calórica del músculo (2.15 a 1.75 Kcal/g), la cual sigue disminuyendo para la fase de desove (1.56), al llegar la fase de posdesove existe una recuperación calórica en este tejido (1.72). (Fig. 38).

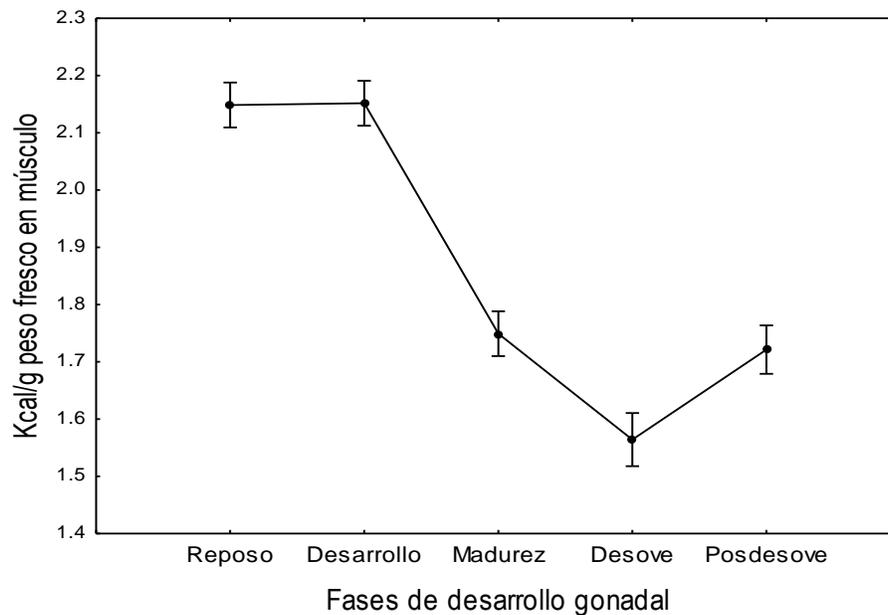


Figura 38. Concentración calórica en músculo de *Istiophorus platypterus* por fase de desarrollo gonadal en la región de Sinaloa. Las barras indican la desviación estándar.

Hígado

El comportamiento de la concentración calórica hepática a lo largo del desarrollo gonadal no presentó un patrón definido. La fase de madurez mostró la concentración calórica más alta (2.39 kcal/g), mientras que en el desove se presentó la menor concentración calórica de 2.1 kcal/g de peso fresco (Fig. 39).

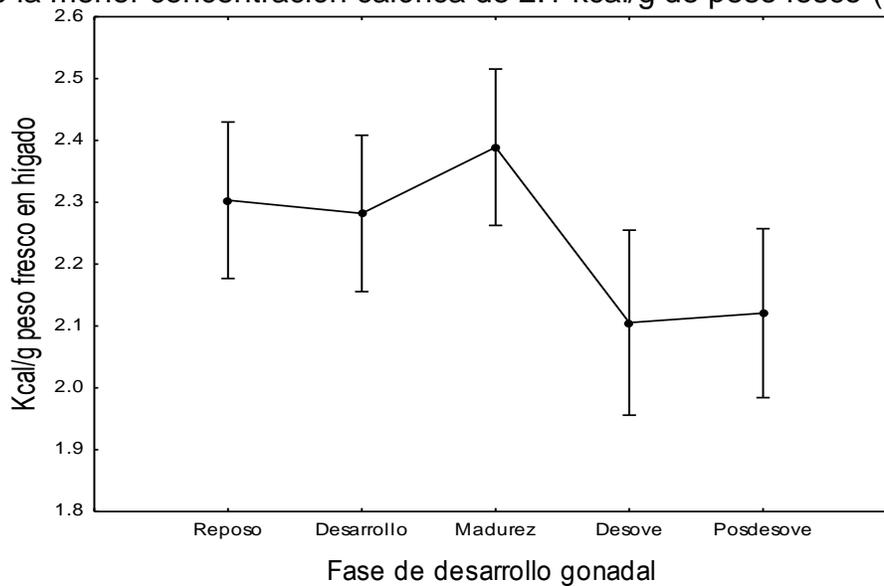


Figura 39. Concentración calórica en hígado de *Istiophorus platypterus* por fase de desarrollo gonadal en la región de Sinaloa. Las barras indican la desviación estándar.

b) Guerrero

Ovario

La concentración calórica del tejido ovárico de Guerrero, presentó un patrón similar al de Sinaloa, aunque es un poco menos evidente el enriquecimiento en la madurez (2.06 Kcal/g). La menor concentración calórica se presentó en el desove con 1.93 Kcal/g (Fig. 40).

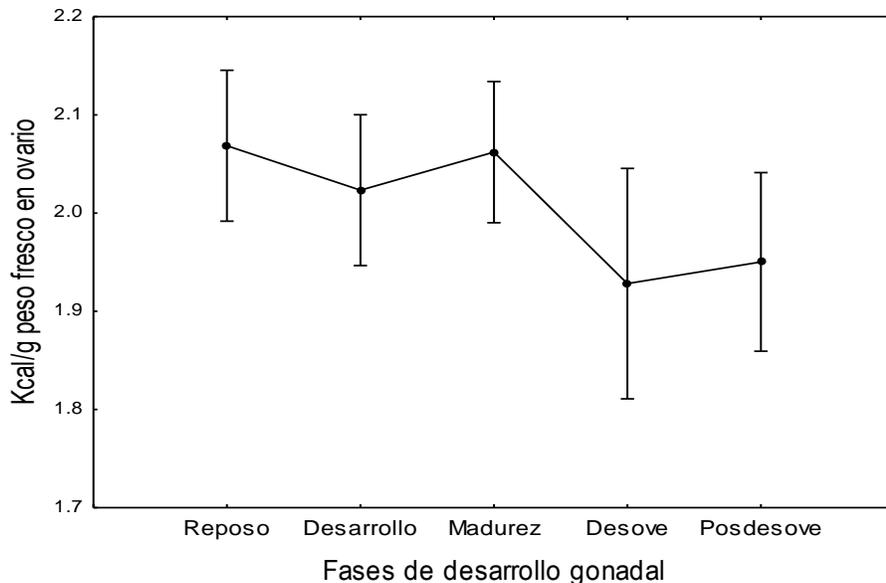


Figura 40. Concentración calórica en ovario de *Istiophorus platypterus* por fase de desarrollo gonadal en la región de Guerrero. Las barras indican la desviación estándar.

Músculo

El comportamiento de las concentraciones calóricas en músculo de las hembras de Guerrero, confirman que la condición física al menos energéticamente no se ve mermada al evolucionar el desarrollo gonádico del pez vela, ya que no se encontraron diferencias estadísticas por fases de desarrollo ovárico (ANDEVA, una vía, $P > 0.05$). Los valores fluctuaron entre 1.62 y 1.9 Kcal/g de peso fresco (Fig. 41).

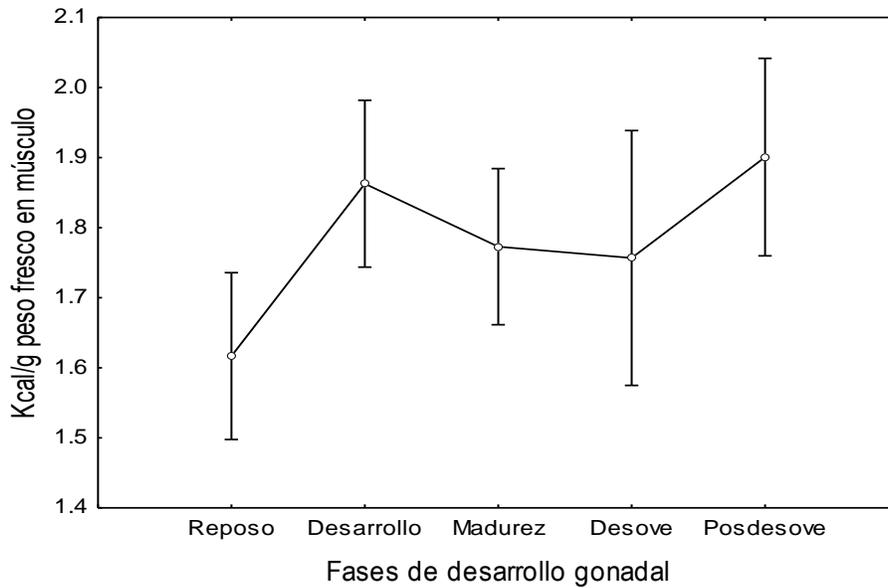


Figura 41. Concentración calórica en músculo de *Istiophorus platypterus* por fase de desarrollo gonadal en la región de Guerrero. Las barras indican la desviación estándar.

Hígado

La concentración calórica de este tejido no mostró diferencias significativas a lo largo del desarrollo ovárico (ANDEVA una vía, $P=0.32$) este comportamiento coincide con el que se presentó en la región de Sinaloa. Las concentraciones fluctuaron entre 1.93 y 2.16 Kcal/g (Fig. 42).

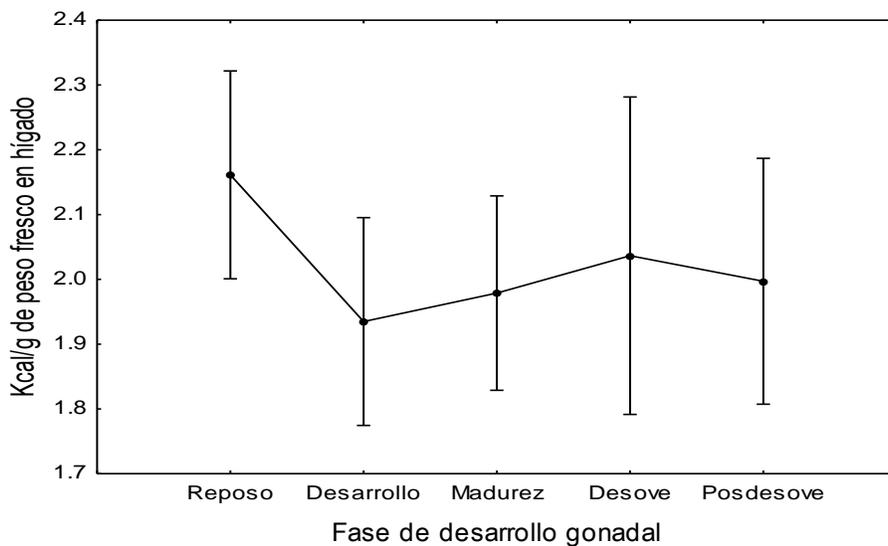


Figura 42. Concentración calórica en hígado de *Istiophorus platypterus* por fase de desarrollo gonadal en la región de Guerrero. Las barras indican la desviación estándar.

c) Oaxaca

Ovario

Para la región de Oaxaca se registró un mayor contenido calórico en la fase de madurez (2.18 Kcal/g), al igual que en el resto de las regiones, y una disminución en la fase de desove de 1.93 Kcal/g (Fig. 43).

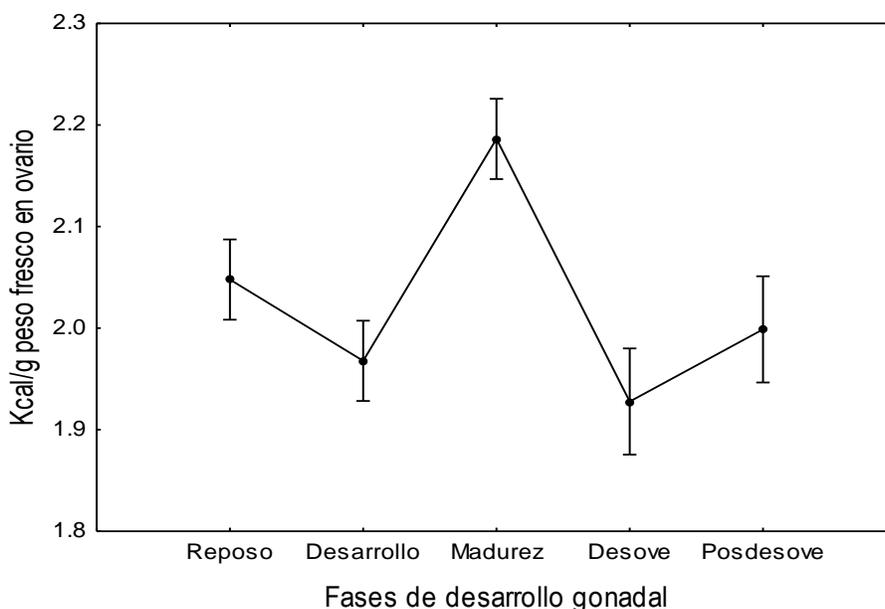


Figura 43. Concentración calórica en ovario de *Istiophorus platypterus* por fase de desarrollo gonadal en la región de Oaxaca. Las barras indican la desviación estándar.

Músculo

El tejido muscular presentó un importante déficit en su contenido calórico al avanzar el desarrollo gonádico, ya que al iniciar la maduración, su contenido calórico bajó abruptamente, presentando una mínima recuperación después del desove y posdesove (Fig. 44).

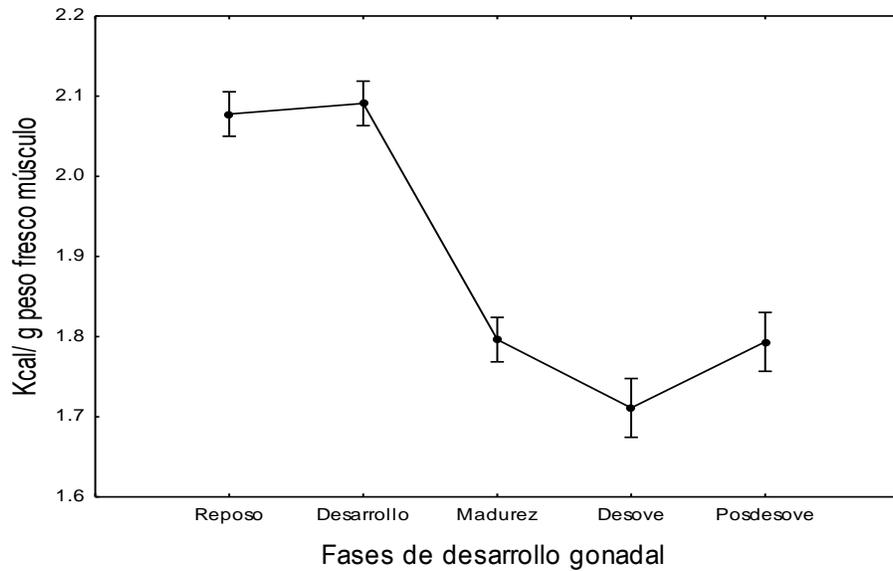


Figura 44. Concentración calórica en músculo de *Istiophorus platypterus* por fase de desarrollo gonadal en la región de Oaxaca. Las barras indican la desviación estándar.

Hígado

El tejido hepático al igual que en el resto de las regiones presentó valores erráticos, sin embargo coincide que en la fase de desove, es donde tienden a bajar los valores (2.08 Kcal/g) (Fig. 45).

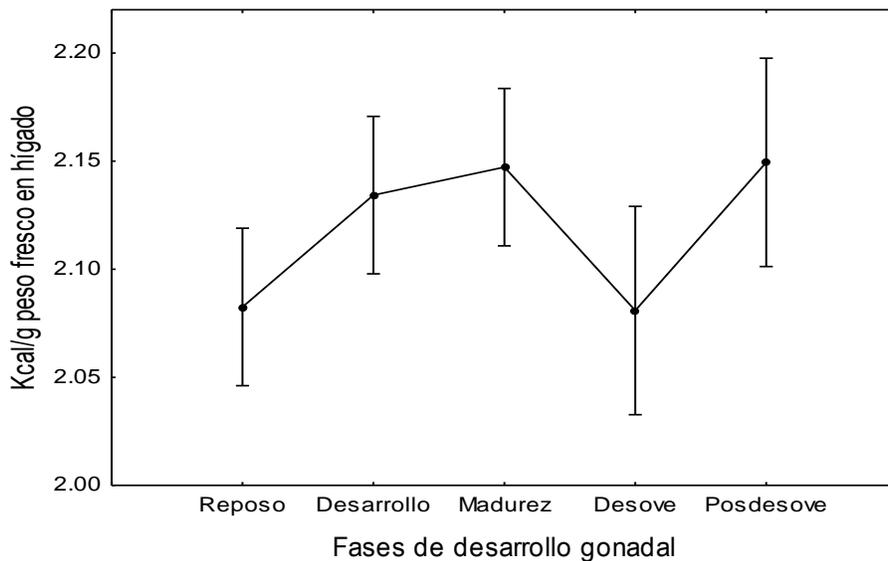


Figura 45. Concentración calórica en hígado de *Istiophorus platypterus* por fase de desarrollo gonadal en la región de Oaxaca. Las barras indican la desviación estándar.

El análisis por regiones, mostró que no se presentaron diferencias significativas (ANDEVA, una vía, $P < 0.05$), en el contenido calórico del ovario, sin embargo en la región de Oaxaca se registraron los valores más altos, a lo largo de las fases analizadas.

En cuanto a la comparación del tejido muscular se encontró que nuevamente Oaxaca presentó los valores más altos de kilocalorias por gramo de peso fresco, con respecto a las otras regiones de estudio, aunque se debe señalar que estadísticamente no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$).

El único tejido que mostró diferencia significativa por regiones fue el contenido calórico del tejido hepático (ANDEVA, una vía, $P < 0.05$), siendo la región de Sinaloa la que presentó valores más altos a lo largo del desarrollo gonadal. La figura 46 muestra la variación del contenido calórico por tejidos, agrupados por regiones de estudio.

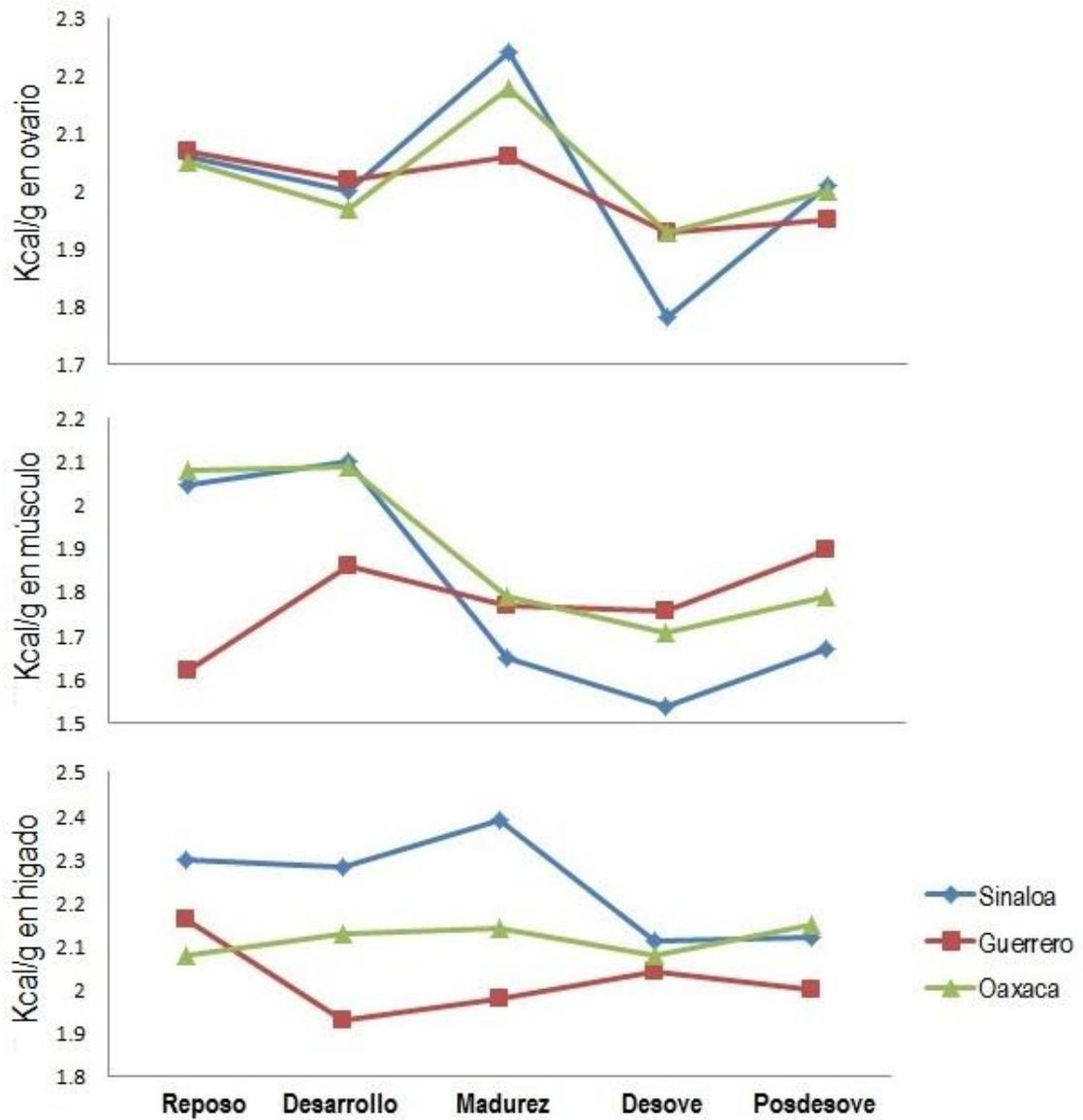


Figura 46. Comparación del contenido calórico en tres tejidos de *Istiophorus platypterus* capturado en tres regiones del Pacífico mexicano.

6.4.3 Determinación calorimétrica en presas principales de *I. platypterus*

a) Sinaloa

En la tabla 6 se presentan los valores energéticos (Kcal/g.) en peso fresco y peso seco de las especies presa de mayor importancia en términos de biomasa de la dieta del pez vela de la región de Sinaloa. Los valores energéticos fluctuaron entre 4.11 Kcal/g en peso seco del pez pajarito *Hyporhamphus unifasciatus* (Ranzani, 1841) y los 6.03 Kcal/g en peso seco del pez corneta *F. corneta*.

Tabla 6. Determinaciones calorimétricas de las presas más importantes del pez vela *Istiophorus platypterus* de la región de Sinaloa. Media \pm desviación estándar. Kcal/g (kilocalorías por gramo), PF (peso fresco) y PS (peso seco).

Presas	% Humedad	Kcal/g PF	Kcal/g PS
<i>Dosidicus gigas</i>	70.02 \pm 0.99	1.57 \pm 0.08	5.24 \pm 1.20
<i>Argonauta</i> spp.	68.80 \pm 0.95	1.53 \pm 0.01	4.90 \pm 0.05
<i>Octopus</i> spp.	67.34 \pm 0.78	1.55 \pm 0.09	4.75 \pm 0.07
<i>Fistularia corneta</i>	68.74 \pm 0.85	1.88 \pm 0.10	6.03 \pm 0.18
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	65.72 \pm 0.77	1.41 \pm 0.11	4.11 \pm 0.16
<i>Caranx caballus</i>	72.40 \pm 0.68	1.18 \pm 1.62	4.27 \pm 0.19
<i>Auxis thazard</i>	76.87 \pm 0.82	1.32 \pm 0.02	5.69 \pm 0.10
<i>Balistes polylepis</i>	69.38 \pm 0.67	1.48 \pm 0.02	4.83 \pm 0.02
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	68.70 \pm 0.63	1.52 \pm 0.03	4.86 \pm 0.05

Para la región de Sinaloa se determinaron ocho presas como las de mayor aporte en biomasa dentro de la dieta del pez vela. Específicamente dos especies fueron las que aportaron cerca del 77% del total del consumo calórico (*A. thazard* y *D. gigas*), como presas secundarias *F. comersoni* y *B. polylepis* registraron porcentajes mayores al 5% (Tabla 7).

Tabla 7. Aporte calórico de las presas principales consumidas por *Istiophorus platypterus* en las costas de Sinaloa, México. Kcal/g (kilocalorías por gramo) y PF (peso fresco).

Presas	Biomasa consumida	Kcal/g PF	Kcal consumidas	%Kcal/presa
<i>Auxis thazard</i>	20,088	1.32	26,516.16	38.63
<i>Dosidicus gigas</i>	16,666.63	1.57	26,166.6	38.12
<i>Fistularia commersonii</i>	2,257.3	2.2	4,966.06	7.23
<i>Balistes polylepis</i>	2,667.6	1.48	3,948.04	5.75
<i>Octopus spp.</i>	1,519.7	1.55	2,355.53	3.43
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	1,358.8	1.41	1,915.9	2.79
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	931.44	1.52	1,415.78	2.06
<i>Argonauta spp.</i>	885.5	1.53	1,354.81	1.97
TOTALES	46,374.97		68,638.92	

b) Guerrero

Los valores de energía en peso fresco y peso seco de las especies presa de mayor aporte en biomasa en la dieta del pez vela de la región de Guerrero, se presentan en la tabla 8.

De manera general los valores calóricos fluctuaron entre 4.27 Kcal/g en peso seco del pez pajarito *H. unifasciatus* y los 6.03Kcal/g en peso seco del pez C. *caballus* y los 6.1127 Kcal/g de peso seco del pez corneta *F. commersonii*.

Tabla 8. Determinaciones calorimétricas de las presas más importantes del pez vela *Istiophorus platypterus* de la región de Guerrero. Media \pm desviación estándar. Kcal/g (kilocalorías por gramo), PF (peso fresco) y PS (peso seco).

Presas	% Humedad	Kcal/g PF	Kcal/g PS
<i>Octopus spp.</i>	67.34 \pm 0.78	1.55 \pm 0.09	4.75 \pm 0.07
<i>Fistularia commersonii</i>	70.74 \pm 0.26	1.78 \pm 14.04	6.11 \pm 11.11
<i>Caranx caballus</i>	72.40 \pm 0.68	1.18 \pm 1.62	4.27 \pm 0.19
<i>Caranx vinctus</i>	70.08 \pm 0.91	1.39 \pm 7.08	4.74 \pm 4.26
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	68.83 \pm 1.20	1.46 \pm 5.76	4.69 \pm 9.89
<i>Auxis thazard</i>	76.87 \pm 0.82	1.32 \pm 0.02	5.69 \pm 0.1
<i>Balistes polylepis</i>	69.38 \pm 0.67	1.48 \pm 0.02	4.83 \pm 0.02
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	68.70 \pm 0.63	1.52 \pm 0.03	4.86 \pm 0.05

Para esta región el consumo de *A. thazard* fue muy dominante en su espectro trófico tanto por número, frecuencia, biomasa y particularmente en el consumo calórico pues aportó más del 70% de las calorías totales de las presas con mayor aporte de biomasa, como presas secundarias se encontraron *F. commersonii*, *Octopus* spp., *C. caballus* y *L. lagocephalus* con porcentajes superiores al 3% (Tabla 9).

Tabla 9. Aporte calórico de las presas principales consumidas por *Istiophorus platypterus* en las costas de Guerrero, México. Kcal/g (kilocalorias por gramo) PF (peso fresco).

Presas	Biomasa consumida	Kcal/g PF	Kcal consumidas	% Kcal/presa
<i>Auxis thazard</i>	65,850	1.32	86,922	70.57
<i>Fistularia commersonii</i>	6,749.1	1.78	12,013.4	9.75
<i>Octopus</i> spp.	4,718	1.55	7,312.9	5.94
<i>Caranx caballus</i>	4,041.3	1.18	4,768.73	3.87
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	3,029.1	1.52	4,604.23	3.74
<i>Balistes polylepis</i>	2,212.4	1.48	3,274.35	2.66
<i>Caranx vinctus</i>	1,606	1.39	2,232.34	1.81
<i>Chroscombrus orqueta</i>	1,393.7	1.46	2,034.8	1.65
Totales	89,599.6		123,162.76	

c) Oaxaca

En la tabla 10 se presentan los valores energéticos, (Kcal/g.) en peso fresco y peso seco de las especies presa de mayor importancia gravimétrica en la dieta del pez vela de la zona costera de Oaxaca, México. Los valores energéticos fluctuaron entre 4.27 Kcal/g en peso seco del pez *C. caballus* y los 5.69 Kcal/g de peso seco del pez escómbrido *A. thazard*.

Tabla 10. Determinaciones calorimétricas de las presas más importantes del pez vela *Istiophorus platypterus* de la región de Oaxaca. Media \pm desviación estándar. Kcal/g (kilocalorías por gramo), PF (peso fresco) y PS (peso seco).

Presas	% Humedad	Kcal/g PF	Kcal/g PS
<i>Hyporhamphus saltator</i>	67.48 \pm 0.26	1.51 \pm 12.55	4.65 \pm 1.31
<i>Caranx caballus</i>	72.40 \pm 0.68	1.18 \pm 1.62	4.27 \pm 0.19
<i>Decapterus macarellus</i>	69.60 \pm 0.40	1.38 \pm 15.16	4.53 \pm 10.47
<i>Selar crumenophthalmus</i>	70.49 \pm 0.42	1.39 \pm 19.79	4.69 \pm 0.84
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	68.83 \pm 1.20	1.46 \pm 5.76	4.69 \pm 9.89
<i>Coryphaena hippurus</i>	68.11 \pm 0.07	1.52 \pm 3.16	4.77 \pm 1.57
<i>Auxis thazard</i>	76.87 \pm 0.82	1.32 \pm 0.02	5.69 \pm 0.1
<i>Polydactylus opercularis</i>	66.55 \pm 0.37	1.45 \pm 17.24	4.33 \pm 4.56
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	68.70 \pm 0.63	1.52 \pm 0.03	4.86 \pm 0.05

Para esta región nuevamente *A. thazard* fue la presa principal en cuanto al aporte calórico por biomasa de consumo, (pero en porcentaje menor a la región anterior) seguida por especies como *C. caballus*, *L. lagocephalus* y *D. macarellus* con porcentajes por arriba del 5% de las kilocalorías totales de peso fresco de las nueve presas principales del pez vela en la región de Oaxaca (Tabla 11).

Tabla 11. Aporte calórico de las presas principales consumidas por *Istiophorus platypterus* en las costas de Oaxaca, México. Kcal/g (kilocalorías por gramo) PF (peso fresco).

Presas	Biomasa consumida	Kcal/g PF	Kcal consumidas	% Kcal/presa
<i>Auxis thazard</i>	15,973.5	1.32	21,085.02	63.55
<i>Caranx caballus</i>	2,540.7	1.18	2,998.03	9.04
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	1,550.3	1.52	2,356.46	7.10
<i>Decapterus macarellus</i>	1,501.74	1.38	2,072.40	6.25
<i>Coryphaena hippurus</i>	940	1.52	1,428.80	4.31
<i>Hyporhamphus saltator</i>	710.7	1.51	1,073.16	3.23
<i>Polydactylus opercularis</i>	722.4	1.45	1,047.48	3.16
<i>Selar crumenophthalmus</i>	478.4	1.39	664.98	2.00
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	311.3	1.46	454.50	1.37
Totales	24,729.04		33,180.81	

Bioquímica

a) Ovario

La concentración de cada una de las biomoléculas estimadas en el tejido ovárico del pez vela en las tres regiones de estudio, se muestran en la figura 47. Cabe mencionar que los valores de las concentraciones se refieren a gramos de muestra fresca.

La concentración de carbohidratos en los ovarios del pez vela para las tres regiones fluctuaron entre 0.05 y 9.9 mg/g, con una media de 3.6 mg/g. Especialmente la región de Sinaloa presentó los valores más bajos, con respecto a las otras regiones de estudio; mientras que Oaxaca presentó los valores más altos y fue también la única región que mostró diferencias significativas (ANDEVA una vía $p < 0.05$), en sus concentraciones a lo largo del desarrollo ovárico, siendo la fase de madurez, desove y posdesove, las fases que mayor concentración de hidratos de carbono presentaron.

Los lípidos en el ovario se presentaron de forma acumulativa a lo largo del desarrollo gonádico, siendo la fase de madurez la que registró mayor concentración lipídica para las tres regiones de estudio, dichas concentraciones fluctuaron entre 2 y 68 mg/g con un promedio de 17.04 mg/g. se presentaron diferencias significativas tanto por fase de desarrollo ovárico como por región de estudio (ANDEVA una vía $p < 0.05$).

La concentración proteica en el tejido ovárico fue diferente entre regiones (ANDEVA una vía $p < 0.05$), particularmente en la región de Sinaloa presentó los valores más altos con respecto a las otras regiones analizadas. Sin embargo entre fases de desarrollo gonádico las diferencias fueron mínimas. El rango de concentración proteica varió entre 40.1 y 132.1 mg/g, con una media de 102.8 mg/g.

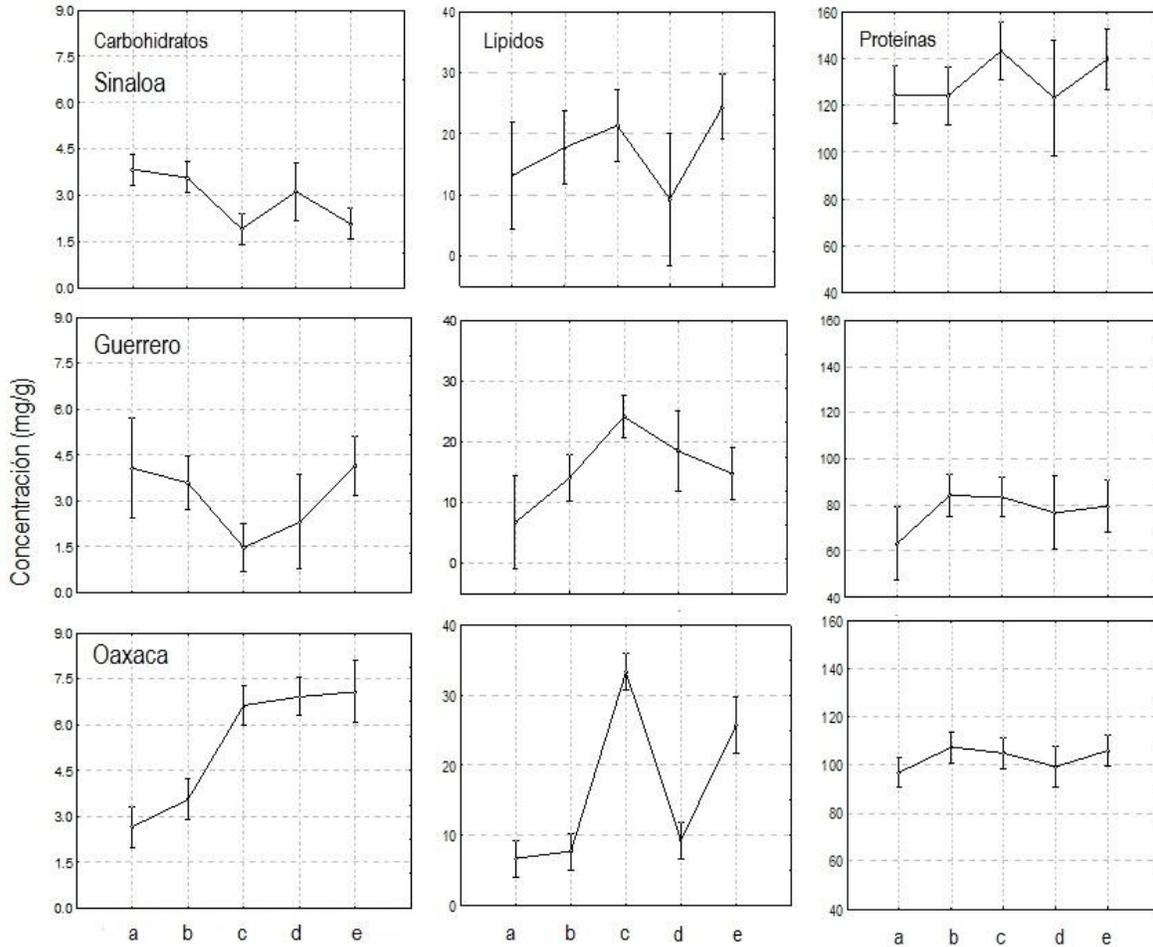


Figura 47. Variación de la bioquímica en el ovario de *Istiophorus platypterus* en diferentes fases de desarrollo gonádico capturado en tres regiones del Pacífico mexicano. a) reposo, b) desarrollo, c) madurez, d) desove y e) posdesove.

b) Músculo

Los carbohidratos estimados en el músculo fueron más abundantes en las hembras de Oaxaca. Por fases de desarrollo gonádico en ninguna de las tres regiones de estudio se presentaron diferencias significativas (ANDEVA una vía, $P < 0.05$).

Los lípidos en el tejido muscular se presentaron en mayor concentración en Oaxaca, sin embargo en las tres regiones existieron diferencias significativas en las concentraciones por fase, especialmente en Sinaloa y Guerrero fue donde se presentó un decremento importante en la madurez. Particularmente en Sinaloa la concentración proteica fue menor con respecto a las otras regiones. Al analizar

las concentraciones por fase, solo en Guerrero fue donde se detectaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo fue evidente que en las tres regiones se dió una disminución, a partir de la madurez , no importando si la concentración en promedio fue alta o baja (Fig. 48).

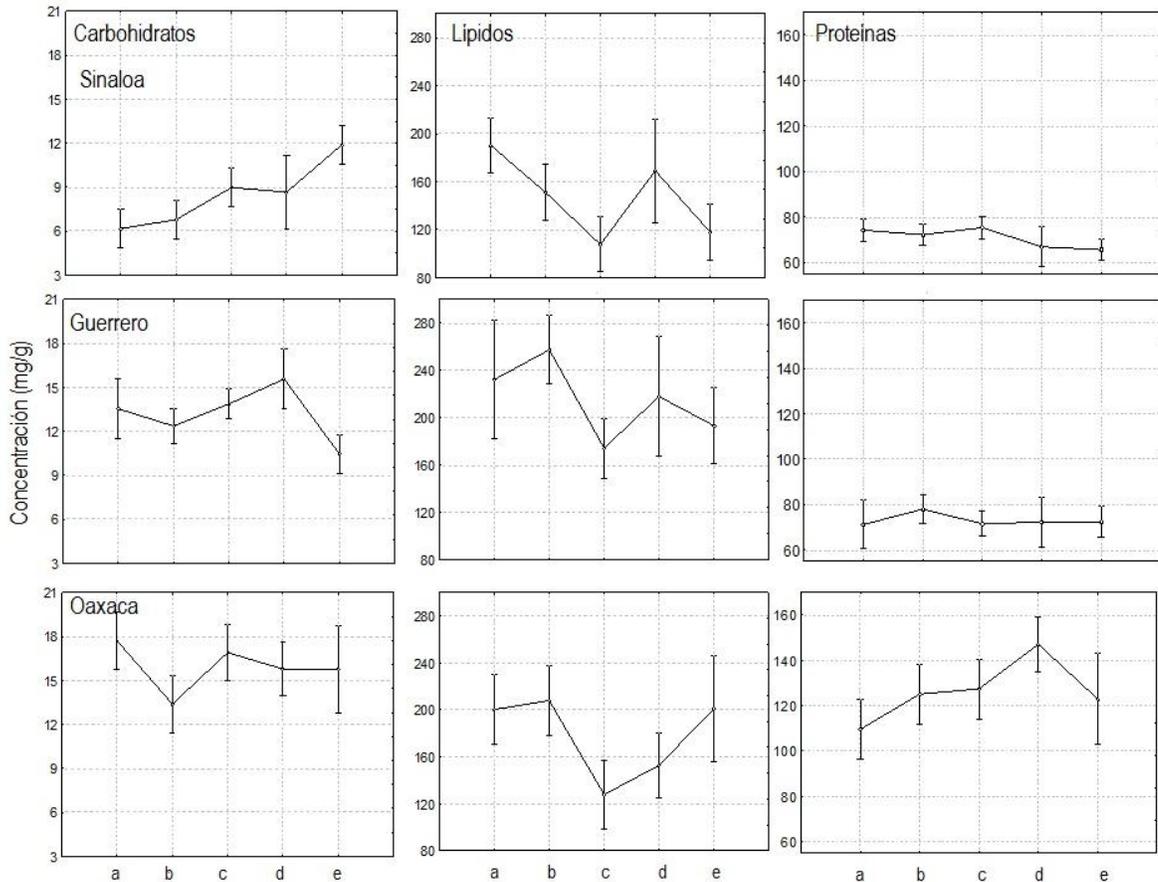


Figura 48. Variación de la bioquímica en el músculo de *Istiophorus platypterus* en diferentes fases de desarrollo gonádico capturado en tres regiones del Pacífico mexicano. a) reposo, b) desarrollo, c) madurez, d) desove y e) posdesove.

c) Hígado

La región que mayor concentración de carbohidratos presentó en el hígado fue la región de Oaxaca, mientras que la región de Sinaloa presentó los valores menores. Las concentraciones por grado de desarrollo fueron diferentes significativamente por regiones y entre ellas. Los lípidos en el hígado fueron muy abundantes, especialmente en la región de Guerrero, las pruebas estadísticas nos determinaron que la concentración lipídica en las tres regiones fue diferente por

fase de desarrollo gonadal y visiblemente en la madurez, fue donde se registró un decremento lipídico importante en las tres regiones analizadas.

La concentración proteica en el tejido hepático se presentó de manera abundante en Oaxaca, mientras que las regiones Sinaloa y Guerrero, fueron significativamente menores y sus concentraciones no cambiaron sustancialmente de acuerdo a la fase de desarrollo gonádico. Mientras tanto en Oaxaca, el desove presentó una concentración proteica promedio muy elevada. En la figura 49 se presentan las variaciones de los diferentes bioquímicos realizados en el tejido muscular de *I. platypterus*.

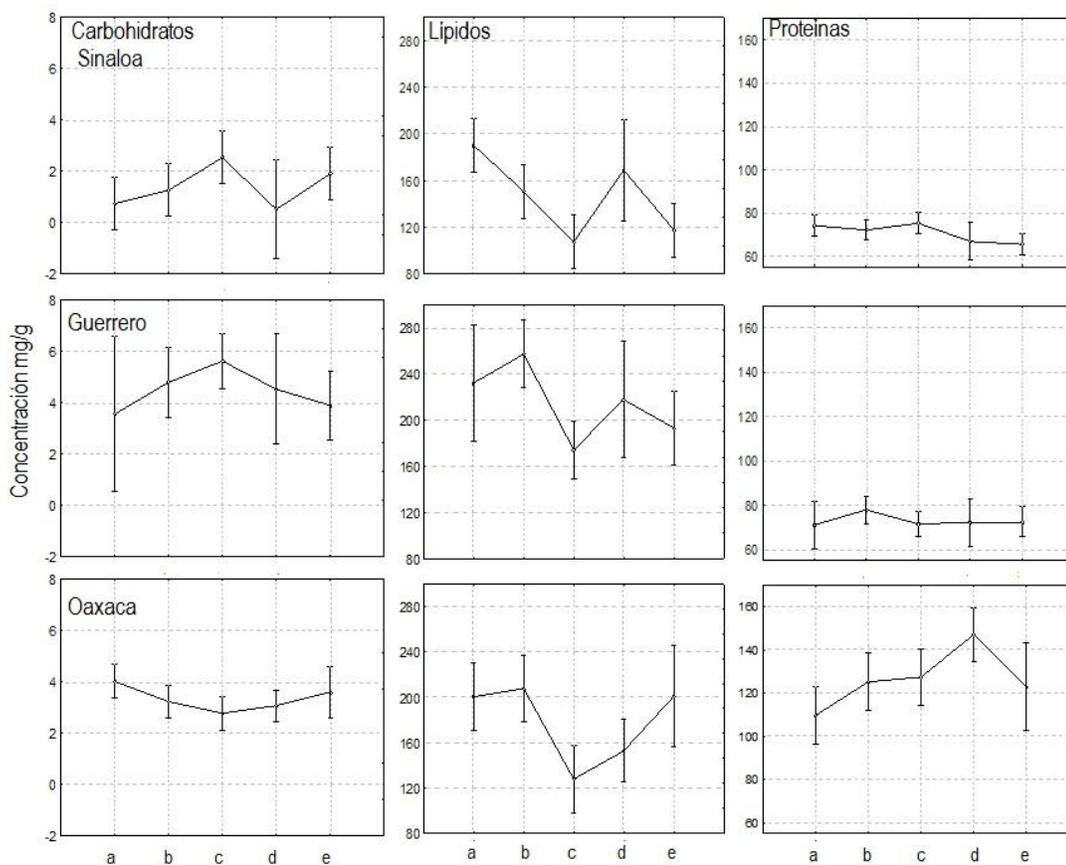


Figura 49. Variación de la bioquímica en el hígado de *Istiophorus platypterus* en diferentes fases de desarrollo gonádico capturado en tres regiones del Pacífico mexicano. a) reposo, b) desarrollo, c) madurez, d) desove y e) posdesove.

6.5 Variables ambientales

6.5.1 Temperatura superficial del mar (TSM)

a) Sinaloa

Dentro de los parámetros ambientales un factor importante a considerar fue la temperatura superficial del mar (TSM), ya que ésta tiene una influencia directa en la fisiología de los peces, especialmente en lo concerniente al evento reproductivo. La temperatura en la región de Sinaloa mostró los valores más altos en los meses con mayor actividad reproductiva y estos fluctuaron entre 20.2 y 31.3 °C (Fig. 50), al aplicar un análisis de varianza se encontró que el año 2009 fue significativamente más cálido con respecto al 2008 ($p < 0.05$).

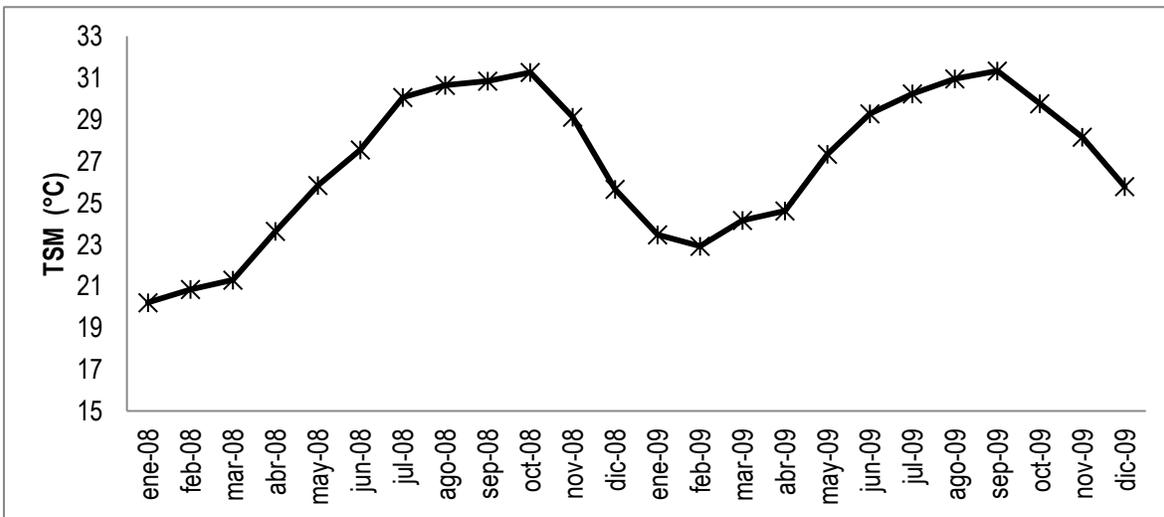


Figura 50. Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) en Sinaloa, México (datos Bahía de Mazatlán) durante los años de 2008 y 2009.

b) Guerrero

Para la región de Guerrero se registraron temperaturas mayores con un patrón de menor variación, sus temperaturas oscilaron entre los 27.7 y los 31.5°C (Fig. 51), a pesar de no presentar una temperatura tan estacional si coincidieron los meses más cálidos con los meses con mayor frecuencia de peces de máximo grado de madurez. Al igual que en Sinaloa el año 2009 fue significativamente más cálido ($p < 0.05$).

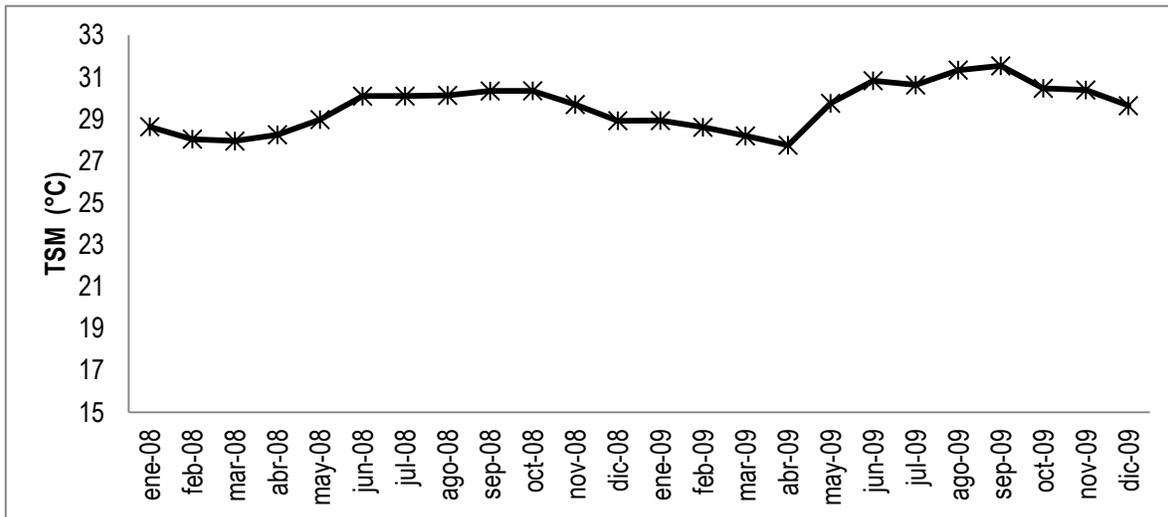


Figura 51. Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) en Guerrero, México (datos de Bahía de Acapulco) durante los años de 2008 y 2009.

c) Oaxaca

Para la región de Oaxaca el patrón de TSM presentó mayor relación con el registrado en Sinaloa, ya que se registró una temporalidad climática más evidente, esto con respecto a la región de Guerrero; los valores fluctuaron entre 26.3 y 31.3 °C. Al revisar las tres regiones de estudio se comprobó que el pez vela tiene una afinidad importante con la TSM al emprender su desarrollo gonádico (Fig. 52), asimismo para Oaxaca el año de 2009 también fue más cálido con respecto al 2008 ($p < 0.05$).

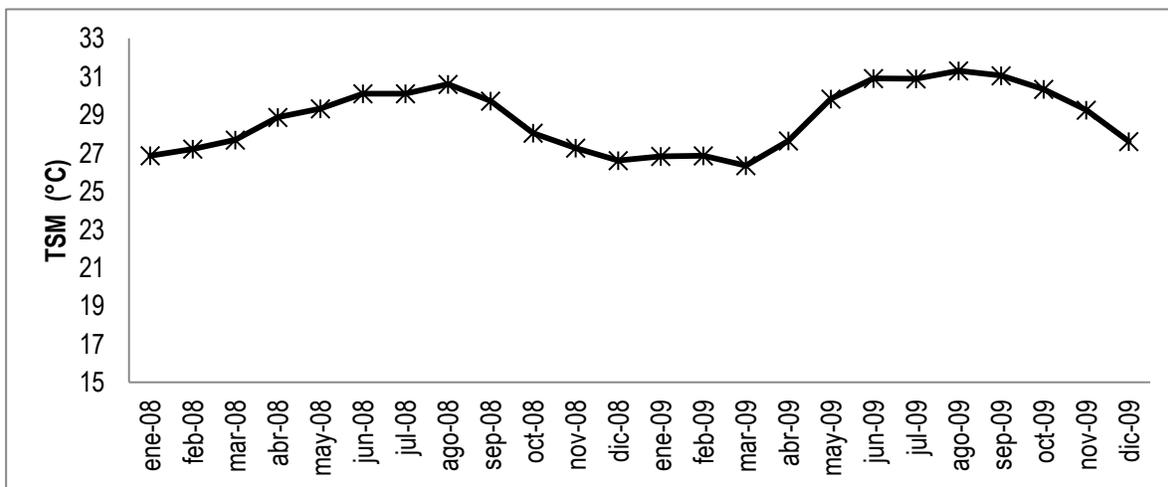


Figura 52. Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) en Oaxaca, México (datos de Puerto Ángel) durante los años de 2008 y 2009.

A partir de los registros de TSM mensuales de cada región de estudio se clasificaron dos periodos climáticos los meses fríos y meses cálidos,, dependiendo esto del valor de TSM de cada mes con respecto a la TSM promedio. Los valores de TSM que se graficaron por debajo del valor promedio se clasificaron como temporada fría y los que se presentaron por arriba de dicho valor se clasificaron como temporada cálida (Fig. 53)

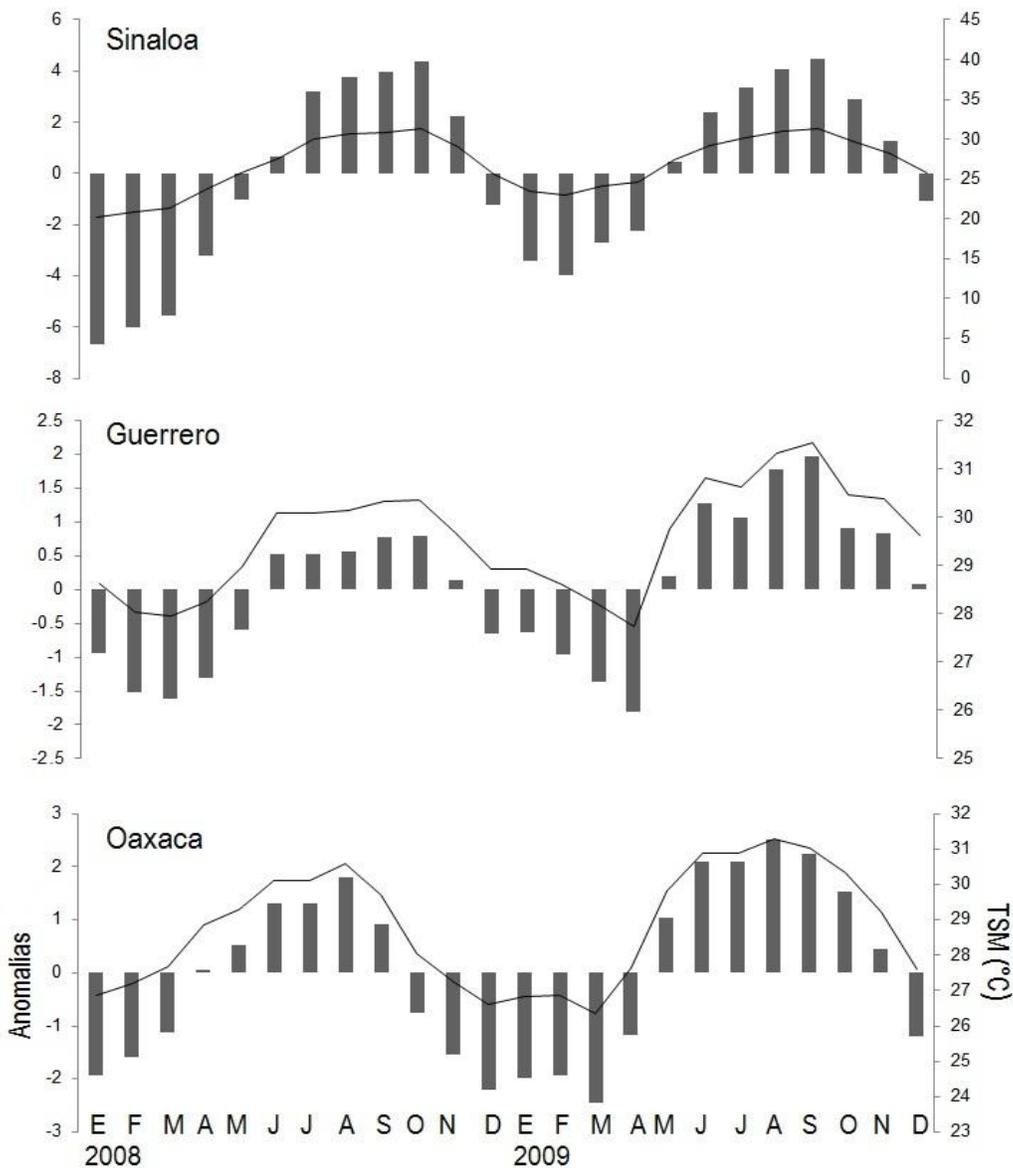


Figura 53. Valores de anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en tres regiones del Pacífico mexicano.

6.5.2 Clorofila a

En la figura 54 se presenta el comportamiento de las concentraciones de clorofila a (mg m^{-3}) en las tres regiones de estudio durante los 24 meses de los años 2008 y 2009. Sinaloa (línea azul) mostró valores más altos a lo largo de los dos años de estudio (2008 y 2009), con respecto a Guerrero (roja) que registró los valores más bajos y a Oaxaca valores intermedios (verde). A pesar de esto no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) por regiones. (Fig. 55).

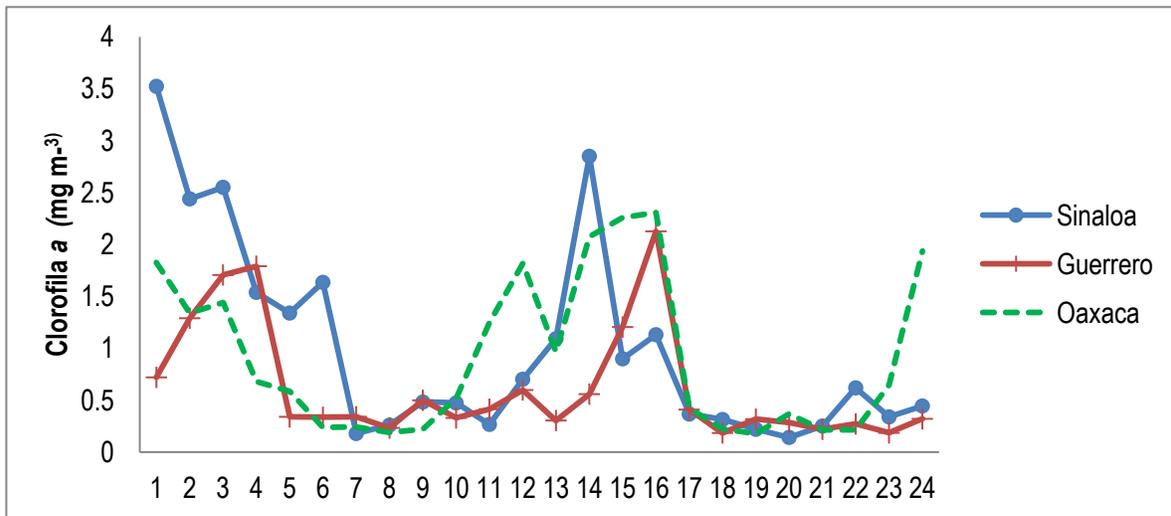


Figura 54. Variación en la concentración de clorofila a (mg m^{-3}) en tres regiones del Pacífico mexicano.

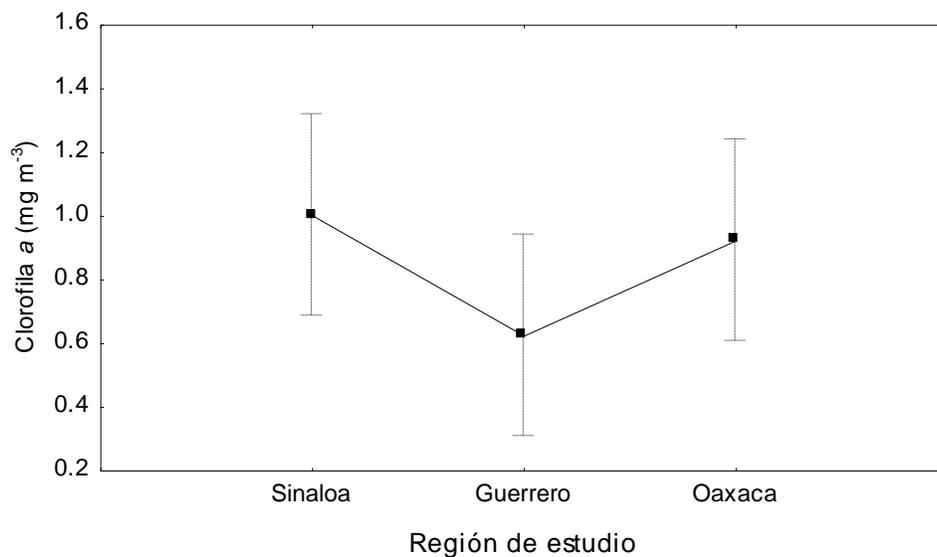


Figura 55. Promedios y desviaciones estándar de los valores de clorofila a (mg m^{-3}) en tres regiones del Pacífico mexicano.

6.5.3 Producción Primaria Neta (PPN)

El comportamiento de la PPN, evidenció que Sinaloa presentó los valores más altos, siendo así la región más productiva con respecto a Guerrero y Oaxaca (Fig. 56). La tabla 12 muestra los valores mínimos, máximos y promedio de la PPN en las tres regiones de estudio.

Tabla 12. Valores de producción primaria neta (PPN) ($\text{mgCm}^2\text{d}^{-1}$) en tres zonas costeras del Pacífico mexicano durante dos años.

	Localidad		
	Sinaloa	Guerrero	Oaxaca
2008			
Mínimo	638.92	504.09	360.44
Máximo	10232.23	6150.35	1533.5
Promedio	4039.44	2034.91	828.58
2009			
Mínimo	560.37	435.05	275.06
Máximo	8017.74	5815.46	2505.57
Promedio	2839.57	1433.61	980.74

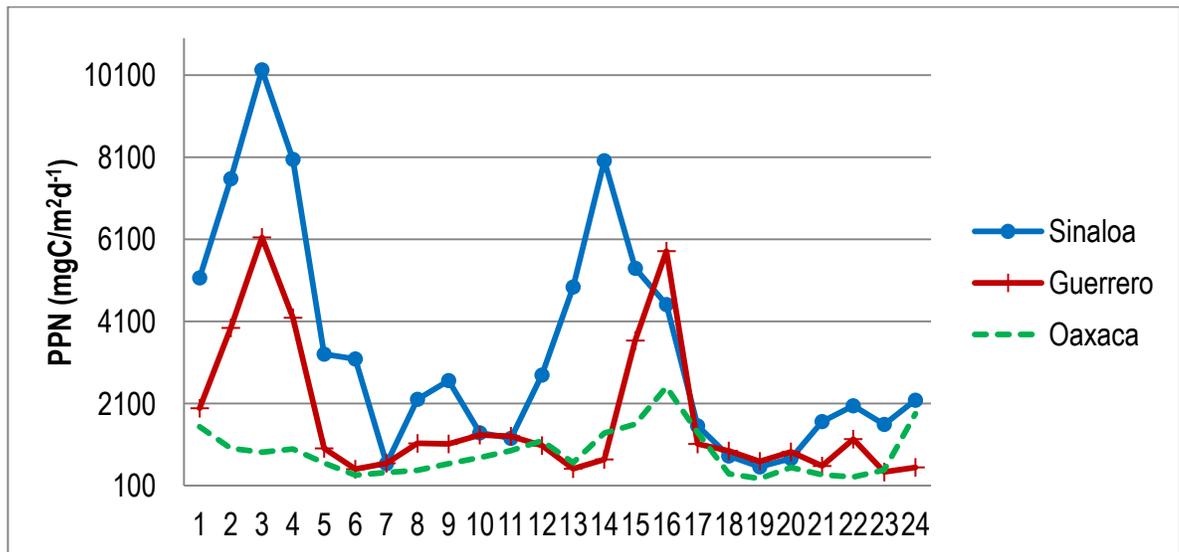


Figura 56. Variación de la producción primaria neta (PPN), en tres regiones del océano Pacífico mexicano durante los años de 2008 y 2009.

Al comparar estadísticamente las tres regiones se evidenció que Sinaloa es la región más productiva, presentando valores mayores a los 10,000 mgC/m² (Fig. 57).

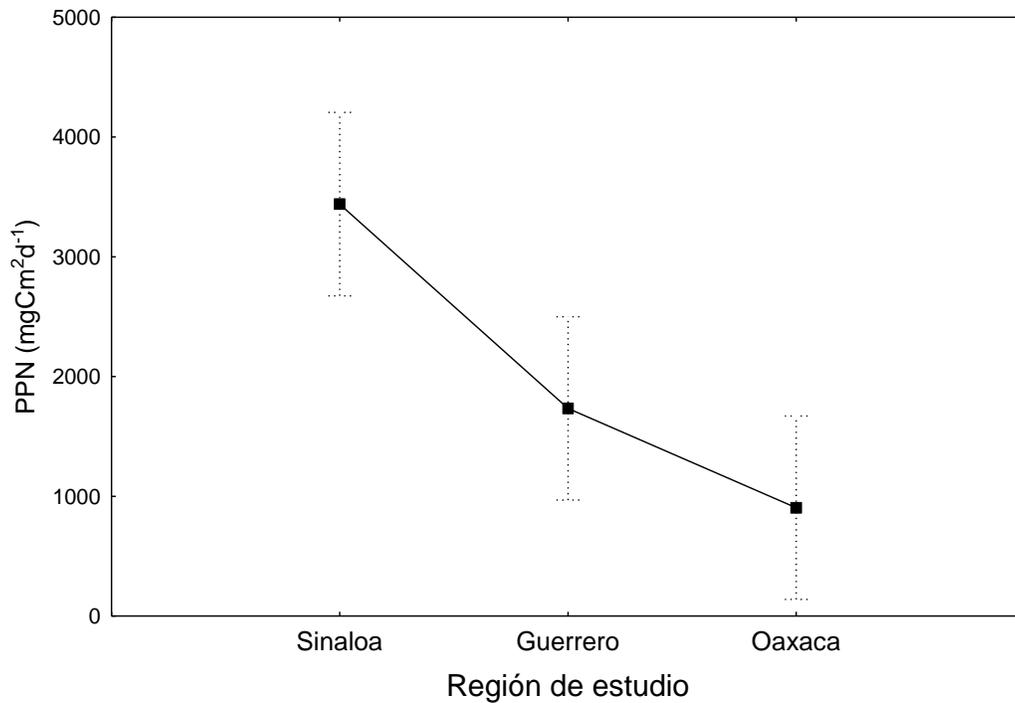


Figura 57. Promedios y desviaciones estándar en valores de producción primaria neta (PPN) (mgC/m²d⁻¹) en tres regiones del Pacífico mexicano.

7. DISCUSIÓN



7.1 Aspectos generales

Se analizaron 1372 peces, la región donde se obtuvo mayor cantidad de peces fue la región de Guerrero con el 41.03%, seguido de Sinaloa (31.5%) y Oaxaca(27.47%), estas diferencias en la recolección de peces se debe principalmente a la actividad turística y de pesca deportiva de cada Puerto, ya que específicamente en el Puerto de Acapulco, Guerrero durante el todo el año se mantiene una mayor afluencia turística (Puerto mexicano más visitado según la revista especializada Protocolo y SECTUR), y se ve reflejado en las actividades colaterales como la pesca, aunado a esto la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) a través de su boletín Billfish newsletter, menciona que esta región de las costas de Guerrero, es una de las seis localidades más importantes en cuanto a los volúmenes de captura de *I. platypterus* en todo el océano Pacífico.

Otra diferencia importante entre las tres regiones; fue el tamaño de los peces, ya que los capturados en la región de Oaxaca presentaron tallas notablemente más grandes con respecto a Sinaloa y Guerrero, diferencias que fueron altamente significativas, tanto en longitud posorbital como en peso total. Los intervalos de tallas para Oaxaca fueron de 136.5 a 215 cm de longitud posorbital y de 18 a 56.6 kg de peso total, aunque se debe de señalar que existen reportes de que en esta localidad se capturan peces aún más grandes que los registrados en el presente trabajo, con pesos totales de alrededor de 70 kg y 240 cm de longitud ojo-furca (Cerdenares-Ladrón de Guevara, *et al.*, 2011).

Situación similar se presentó en el estudio desarrollado por Hernández-Herrera (1994) donde fue evidente la diferencia entre las zonas de estudio. Las diferencias en talla no sólo se presentaron entre zonas sino también entre sexos y temporadas del año. En el presente estudio se encontró que las hembras alcanzaron tamaños superiores con respecto a los machos, asimismo Jolley (1974), Hedgepeth y Jolley (1983) Alvarado-Castillo y Felix-Uraga (1998) y Ramírez-Perez *et al.* (2011) reportaron este comportamiento entre sexos, al igual

que un crecimiento diferencial por temporada siendo la temporada fría en donde se presentaron los ejemplares de mayor talla.

7.2 Biología reproductiva

a) Proporción sexual

La proporción sexual es un punto importante a considerar dentro del evento de la reproducción, pues como lo describe Beardsley *et al.* (1975), esto puede revelar más del comportamiento reproductivo de la especie. De las tres regiones de estudio, en dos de ellas se presentaron diferencias significativas en la proporción sexual general (Guerrero y Oaxaca), mientras que en Sinaloa la proporción entre sexos fue muy similar.

Hernández-Herrera (1994) mencionó que son frecuentes los cambios en la proporción sexual por regiones, debido a que los peces de pico presentan una migración diferencial por sexo, lo cual también ha sido reportado para el pez espada *X. gladius* (Taylor y Murphy, 1992), el marlin blanco *T. albidus* (Arocha y Bárríos, 2009) y para el marlin azul *M. nigricans*. (Shimose *et al.*, 2009), para las variaciones que se presentan en la proporción sexual por temporadas han sido atribuidas por varios autores, a las diferencias que se presentan en los periodos de mayor actividad reproductiva de las especies, así como a sus conductas tróficas (Kume y Joseph, 1969; Hopper, 1990; De Martini *et al.*, 2000).

b) Desarrollo gonadal de *I. platypterus* en el Pacífico mexicano

La asignación de las fases de desarrollo gonádico para hembras se realizó a partir de la modificación de la escala propuesta por Hernández-Herrera (1994) y para machos con la de Brown y Peterson *et al.* (2010). Las fases registradas para las hembras fueron: reposo, desarrollo, madurez, desove y posdesove y para machos: reposo, desarrollo, eyaculando, eyaculado y regresión.

Los peces óseos pueden agruparse bajo escalas generales de observación e interpretación microscópica, sin embargo en tiempos recientes se han diversificado dichas escalas, debido a que se ha puesto de manifiesto las variadas estrategias reproductivas entre especies y aún entre congéneres; sin embargo

esta situación se le considera un problema grave dentro de las clasificaciones microscópicas (Saborido y Junquera, 2000), debido a que la interpretación suele tornarse confusa, esto originado por la diferente terminología utilizada por los autores.

Por lo anterior la asignación de la fase de los ovarios puede determinarse por dos criterios; el primero: por el estado de desarrollo del ovocito más avanzado presente, sin importar su frecuencia y el segundo, basado en su clasificación en los números relativos de cada uno de los tipos de ovocitos. Con base a esto en el presente estudio se optó por el segundo criterio, asignando la fase dependiendo del tipo de ovocito con mayor frecuencia en el corte histológico.

A partir de esta clasificación (cinco fases) de los ovarios se determinó que *I. platypterus* presentó un desarrollo asincrónico o desarrollo sincrónico por grupos, esto debido a que en una misma gónada se presentaron ovocitos en diferentes grados de desarrollo, pues como bien lo definen Wallace y Selman (1981) los ovarios sincrónicos por grupo, son aquellos en los que están presentes al mismo tiempo al menos dos grupos de ovocitos, siendo el grupo mayor usualmente el más homogéneo que el pequeño; esto es una de las principales características de los desovadores múltiples como otros peces de pico y atunes (Zúñiga-Flores, 2009).

Otras clasificaciones para *I. platypterus* fueron asignadas por Cerdén-Ladrón de Guevara (2011), donde se detectaron cuatro fases de desarrollo ovárico, los cuales fueron crecimiento primario o previtelogénesis, crecimiento secundario o vitelogénesis, crecimiento terciario o maduración y desove; mientras que Chiang *et al.* (2006a) diferenciaron siete fases según los criterios de De Martini *et al.* (2010) estas fases son: inmadurez, desarrollo, maduración, madurez, desove, desove reciente y reposo, sin embargo a pesar de las variadas clasificaciones existentes, consideramos que las clasificaciones en las que basaron nuestras modificaciones son las más apropiadas, con base en las características encontradas para el pez vela, ejemplo de esto es la terminología utilizada para nombrar la primer fase de desarrollo gonadal, lo que para este estudio se clasificó como reposo, otros autores lo manejan como fase de

inmadurez, sin embargo, no es fácil demostrar que una hembra en reposo no se ha reproducido con anterioridad y por tanto no se podría establecer si es inmadura o no.

Por otro lado un proceso importante dentro del desarrollo gonádico que se pudo observar en *I. platypterus* y que es muy general en peces marinos es la aparición de estructuras denominadas atresias foliculares, que se pueden definir como el resultado de un proceso degenerativo que al no seguir su desarrollo normal son reabsorbidos por el ovario, la atresia se produce sobre los ovocitos que tras la puesta no han sido ovulados (Guraya, 1986).

Asimismo Hernández-Herrera (1994), Pimenta *et al.* (2005) y Cerdaneres-Ladrón de Guevara, *et al.* (2012) reportaron la aparición de atresias de manera abundante para esta especie y de manera particular Hernández-Herrera (1994) encuentra atresias de diferentes tipos, las cuales han sido definidas por Hunter (1984) como alfas, betas y gamas. Estas estructuras también se han observado en otros peces de pico como *X. gladius* (Claramunt *et al.*, 2009), *T. albidus*, *T. audax*, *M. nigricans* y *M. indica*, (De Sylva y Breder, 1997) y en pelágicos mayores como *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Zúñiga-Flores, 2009). En general se puede mencionar que el proceso de aparición de atresias es un mecanismo importante para regular el número de huevos que van a ser liberados (fecundidad) y la recuperación de la energía acumulada en el ovocito, solo en algunos casos este proceso puede ser masivo y en gran medida depende de la condición física de cada hembra (Saborido y Junquera, 2000).

c) Temporada reproductiva

Se considera que la temporalidad reproductiva es una de las principales bases del éxito reproductivo, pues de esto depende el desarrollo y supervivencia de la descendencia (Saborido y Junquera, 2000). Especialmente un adecuado espacio y/o tiempo en donde eclosionen las larvas, les brindará mejores oportunidades de sobrevivencia ya que con condiciones abióticas favorables se tendrá acceso a un mejor calidad del alimento, lo que les permitirá acumular

reservas energéticas, lo cual les brindará mejores condiciones para protegerse de los depredadores.

Específicamente para *I. platypterus* se ha determinado una temporada reproductiva amplia en el océano Pacífico, y en general en otras localidades, va de los tres a los seis meses (Salcedo-Bojórquez, 2011), asimismo para el caso de los peces de pico se tienen reportes de que pueden presentarse hasta dos temporadas reproductivas por año. En general los datos que se han generado con respecto al pez vela nos señalan que su pico de reproducción se presenta durante los meses de verano y otoño (Voss, 1953; Eldridge y Wares, 1974; Jolley, 1977; Barcelata *et al.*, 1990; De Sylva y Breder, 1997; Hernández-Herrera, 1994; Chiang *et al.*, 2006a; González-Armas *et al.*, 2006), lo cual coincidió con el presente estudio. Particularmente en la región de Sinaloa se presentó un evento reproductivo más estacional, coincidiendo en los meses de ambos años, esto totalmente relacionado con las temporadas climáticas (fría y cálida), sin embargo para las regiones de Oaxaca y especialmente para la de Guerrero la reproducción se extendió hasta los meses de invierno, esto debido a las altas temperaturas superficiales que se presentan en la región y que se mantienen a lo largo del año.

Con respecto a la temporalidad reproductiva de los machos autores como De Silva y Breder (1997) reportaron que estos pueden reproducirse durante todo el año. Hecho que fue corroborado en el presente estudio ya que se encontraron machos en condiciones de eyaculación prácticamente en todo el periodo de estudio (2008 y 2009). En Sinaloa, los machos con estas características, estuvieron presentes en el 89.4% de los meses muestreados, en Guerrero en el 80.9% y en Oaxaca en el 91.4% de los meses.

La frecuencia del desove es parte vital de la temporada reproductiva pues es el culmen del ciclo gonádico; *I. platypterus* es una especie que se ha catalogado como un desovador múltiple, ya que puede desovar más de una vez y hasta cuatro veces en una temporada al igual que el marlín blanco y azul y particularmente entre los meses de abril a octubre en aguas del océano Atlántico (De Sylva y Breder, 1997).

Para aguas mexicanas Hernández-Herrera *et al.* (2000) determinaron que *I. platypterus* desove cada 3.6 días y al menos en cuatro ocasiones por temporada reproductiva, en contraste con lo que sucede con el pez dorado *C. hippurus* que solamente puede desovar de dos a tres ocasiones por temporada (Beardsley, 1967). Cerdanars-Ladrón de Guevara (2012) menciona que durante los meses de julio y septiembre es donde se presentan mayor cantidad de hembras de pez vela en condiciones de desove, aunque como bien lo menciona Zúñiga-Flores (2009) los periodos de desove son muy variables y especialmente pueden presentar variaciones interanuales importantes, por lo que estudios de presencia de ictioplancton en las zonas de estudio pueden corroborar los periodos de desove con más certeza.

En la presente investigación se encontraron hembras en desove para la región de Sinaloa entre los meses de agosto a noviembre, en Guerrero de agosto a diciembre y en Oaxaca de septiembre a noviembre, la proporción de las hembras con estas características fue baja, sin embargo se considera que esto se debe a la dificultad de capturar ejemplares con estas características, pues la evolución del proceso ovárico es acelerada, descartando que la baja proporción esté relacionada con el proceso reproductivo propio de la especie.

d) Talla de primera madurez

Este parámetro tiene un sentido poblacional y es definido por Saborido y Junquera (2000), como la edad o talla a la que el 50% de los individuos están maduros, sin embargo también es bien sabido que la talla o edad puede verse modificada aún en peces de la misma especie, dichas modificaciones pueden tener origen espacial o temporal. Al revisar las tallas estimadas para el pez vela a partir de muestras provenientes de la pesca deportiva encontramos que Eldridge y Wares (1974), determinaron que la talla de primera madurez se da en el intervalo de los 160 y 165 cm de longitud ojo-furca, esta determinación se hizo a partir de mediciones ovocitarias (deberían ser mayores a 3 mm). Hernández-Herrera (1994) estimó una talla de 175 cm longitud ojo-furca para peces de la Boca del Golfo de

California, Mourato *et al.* (2009) determinaron una talla de 180.2 cm y por último Granados-Alcantar (2012) a una longitud de 173.9 cm.

Para peces provenientes de pesca comercial existen estimaciones como las de Chiang *et al.* (2006a) con 146 cm ojo-furca; Arocha y Marcano (2006) de 154.9 cm y más recientemente la de Cerdaneres-Ladrón de Guevara (2012) quien realizó la estimación de 150.2 cm.

Para el presente estudio se encontraron tallas de primera madurez intermedias entre las registradas para organismos capturados por la pesca deportiva y comercial, sin embargo se considera que las variaciones en las tallas tienen origen en la naturaleza de los datos y es recomendable para este tipo de estimaciones, contar con el mayor rango posible de tallas, aunado a esto, se encuentra que el objetivo de la pesca deportiva son los peces de gran tamaño por lo cual se considera las estimaciones están sesgadas a los peces más grandes de la población, por tanto la talla de primera madurez más cercana a la población, está por debajo a las estimadas no solo en la pesca deportiva sino también en la pesca comercial, ya que las artes de pesca utilizadas en ambas pesquerías tienen una alta selectividad, por lo que cierta proporción de la población queda fuera del análisis; prueba de esto es el estudio de Uosaki y Baylif (1999) quienes determinaron un rango de talla 121 a 140 cm ojo-furca a partir de los datos del índice gonadosomático.

e) Fecundidad

La fecundidad de una especie es el resultado de un proceso evolutivo en el que se optimiza el reparto de energía obtenida por la alimentación entre el consumo metabólico, el crecimiento y la reproducción. Es la medición más aproximada para conocer el potencial reproductivo de una especie, se utiliza para estimar la supervivencia, determinar el número de individuos necesarios para mantener un stock a nivel sostenible y como criterio para identificar unidades de stock (Saborido y Junquera, 2000).

Las estimaciones de este parámetro para *I. platypterus* se han dado por Ovchinnikov (1970), Eldridge y Wares (1974), Jolley (1974), Beardsley *et al.* (1975), Jolley (1977), Barcelata *et al.* (1990), Hernández-Herrera (1994;) Hernández-Herrera *et al.* (2000) Hernández-Herrera (2001), Chiang *et al.* (2006a) y Granados-Alcantar (2012). La fecundidad estimada por los anteriores autores es muy variable ya que va desde los 750,000 hasta aproximadamente 20 millones de ovocitos; sin embargo es conocido que la variabilidad puede existir en hembras de una misma talla, inclusive las fecundidades de una misma hembra en una temporada reproductiva pueden verse modificadas considerablemente (Schaefer, 1998), dicha variabilidad entre poblaciones ayuda a identificar unidades de stock (Saborido y Junquera, 2000); se piensa que estas variaciones dependen principalmente de la condición física de las hembras, del alimento, la tasa de crecimiento y densidad poblacional (Tamate y Maekawa, 2000).

Las estimaciones de fecundidad del presente trabajo marcaron diferencias estadísticas entre ellas, pues la región de Oaxaca tuvo valores muy altos (4'018,668.84 ovocitos promedio) con respecto a Sinaloa (1'156,291.94) y Guerrero (1'073,478) se considera que estos valores están en función del mayor tamaño que llegan alcanzar las hembras en esta región, característica que les confiere una condición física mayor. Las determinaciones de calorimetría demuestran que tanto el tejido ovárico como muscular presentaron valores energéticos mayores a lo largo del desarrollo gonadal en esta misma región (Oaxaca).

Hernández-Herrera (2004) observa un patrón similar en las estimaciones de fecundidad del presente estudio pues sus valores no exceden los 2'400,000 ovocitos y como estimación promedio 1'670,000 ovocitos.

Particularmente para la zona de Mazatlán, Sinaloa; Granados-Alcantar (2012) estimó una fecundidad promedio de 3,177,596 ovocitos; dicha estimación es mayor a la del presente estudio (1'156,291.94), se considera que esta variación tan elevada, esta en función en primera instancia de la metodología para seleccionar los pesos de las submuestras de los conteos ovocitarios, pues

Granados-Alcantar (2012) toma un peso muy por debajo al del presente estudio (0.05 g y 0.8 g respectivamente) lo que origina una sobreestimación de los cálculos pues al tomar pesos tan pequeños se disminuye la posibilidad de tomar tejido conjuntivo y al extrapolar los conteos al peso total del ovario los valores se maximizan. En segunda instancia a que las hembras seleccionadas para su estimación de fecundidad tenían mayor peso y talla que las del presente estudio, lo que pudiera traducirse en una menor condición física y un menor potencial reproductivo.

7.3 Biología trófica

El método que ha resultado más efectivo a lo largo del tiempo para conocer el origen de la energía y las relaciones tróficas que tiene un determinado pez en el ecosistema, es el análisis de contenidos estomacales. Entre las bondades que provee este método, es que a partir de la información generada podemos ubicar a la especie de interés en cierto nivel trófico, asimismo nos permite conocer de manera indirecta las condiciones del océano tomando a las especies como “biomuestreadores”. Además se puede inferir horas de alimentación, intensidad de consumo, hábitat del depredador, estimación de abundancias relativas de las presas, etc.

a) Espectro trófico general

Se tiene caracterizado que en general los peces pelágicos mayores, especialmente los peces de pico son depredadores muy voraces y de conducta trófica muy generalista (Olson y Boggs, 1986; Abitia-Cárdenas *et al.*, 2002; Rosas Alayola *et al.*, 2002 y Amezcua-Gómez, 2007). Algunas especies consumen hasta el 25% de su peso por día. La mayoría de estos peces se catalogan como carnívoros oportunistas con espectros tróficos muy variables y sus presas por lo general varían sustancialmente de acuerdo a su etapa de vida, estación y región (Markaida y Sosa-Nishizaki, 1998; Abitia-Cárdenas *et al.*, 1997 y 2002; Alatorre-Ramírez, 2007), así también la variación en sus espectros tróficos obedece a las

fluctuaciones naturales de las abundancias de sus presas (Stillwell y Kohler, 1985; Olson y Boggs, 1986; Rosas-Alayola *et al.*, 2002).

Se analizaron tres regiones dentro del Pacífico mexicano, en total de analizaron 1372 peces de los cuales 700 (51%) contenían alimento, esto se traduce en un alto porcentaje de estómagos que se encontraron vacíos; esta proporción resulta muy alta cuando la comparamos con el 20.4% de Pimenta *et al.* (2005), en las costas brasileñas, con el 13% registrado por Arizmendi-Rodríguez *et al.* (2006) para las aguas del norte del Pacífico mexicano y con el 13.21% reportado por Romero-Ramírez (2009) para el Pacífico sur de México.

En diversos estudios efectuados para el pez vela y otras especies de picudos se han reportado altos porcentajes de estómagos vacíos (Abitia-Cárdenas *et al.*, 1997; Galván-Magaña, 1999; Shimose *et al.* 2009). Especialmente en depredadores cuyas dieta incluyen cefalópodos, los cuales por tener un tejido muy blando es digerido rápidamente y solo se encuentran los aparatos mandibulares como vestigios (Robertson y Chivers, 1997).

Esta variación en cuanto a la incidencia alimentaria es común para los grandes depredadores pelágicos, por ejemplo existen reportes para tiburones en donde se han registrado porcentajes superiores al 60% (Wetherbee *et al.* 1997; Gelsleichter *et al.* 1999), así como para otros peces teleósteos (Olson y Galván, 2002; Moreno-Sánchez *et al.*, 2011).

La variación en los porcentajes de estómagos vacíos, en la mayoría de los casos se asocia al arte de pesca empleado en la captura de los organismos, ya que por ejemplo en el caso de la pesca comercial en donde de manera tradicional se emplean redes agalleras y cimbras y para la pesca deportiva en donde se utilizan anzuelos y curricanes, el periodo de tiempo que transcurre desde el momento de la captura, hasta el momento de su desembarco en el muelle y procesamiento de los ejemplares es muy prolongado, esto asociado a que las enzimas gástricas continúan su actividad de degradación (Abitia-Cárdenas, *et al.*, 1998; Escobar-Sánchez, 2002), aunado a que los grandes depredadores tienden a evertir sus estómagos como un mecanismo de defensa ante una situación de máxima vulnerabilidad (Hernández-Aguilar, 2008).

Existen sesgos inherentes en las investigaciones de contenidos estomacales como el cálculo de la importancia relativa de presas, causada por las diferentes tasas de digestión de la presas (Hyslop, 1980; Robertson y Chivers, 1997), por lo que la única solución sería tomar solo las presas que se presenten con características de mínima degradación, Sin embargo, esto podría limitar en gran medida el tamaño de la muestra, aunado que para peces de pesca deportiva como el pez vela las capturas se hacen desde las primeras horas por la mañana y el análisis ocurre varias horas después.

b) Espectro trófico por regiones

Sinaloa

Para esta región se encontró que a partir del análisis de 290 estómagos que contenían alimento, su espectro trófico se compuso por 82 diferentes ítems que en su mayoría fueron peces (72%), seguido por cefalópodos (12%) y de crustáceos (8%). El 73% de los ítems encontrados fueron identificados al nivel específico. Las presas principales fueron *D. gigas* y *A. thazard* con el 47.1 y el 32.1% respectivamente. Comparando el presente estudio con el desarrollado por Arizmendi Rodríguez *et al.* (2006), se identificaron en este estudio 20 ítems presa más, sin embargo la presa principal fue la misma (*D. gigas*), catalogando a este depredador como un consumidor especialista, que si bien para esta región tiene un alto número de categorías presas, solo una reducida parte de su dieta juega un papel determinante en su conducta trófica. Estos resultados coinciden de igual manera con el estudio de Rosas-Alayola *et al.* (2002) pues a pesar de su alta diversidad de presas (78 ítems) solo cuatro representaron más del 80% del total de su espectro trófico, siendo nuevamente *D. gigas* la presa principal.

Se realizó un análisis trófico por grupos, el primer grupo que analizó fue el de sexos; esta revisión arrojó que tanto para machos como para hembras la presa principal fue el calamar gigante (*D. gigas*) sin embargo esta presa fue más dominante en el espectro trófico de los machos (más del 60%). Arizmendi-Rodríguez *et al.* (2006) también detectó este alto traslapo alimentario entre sexos,

tanto machos como hembras se alimentaron abundantemente de *D. gigas* en más del 60% del total de su dieta según el IIR.

Otra clasificación que se realizó para detectar cambios tróficos fue el agrupamiento de hembras inmaduras y maduras, encontrando que las hembras del primer grupo se alimentaron más de *A. thazard* y las hembras maduras de *D. gigas*, aunque en porcentajes muy similares.

Antecedentes sobre el análisis del espectro trófico por fases de desarrollo ovárico no existen para el pez vela, ya que en la literatura solo se encuentran reportes de los estudios de sus hábitos alimenticios en donde se hacen comparaciones principalmente entre sexos y en algunos casos entre intervalos de tallas como es el caso del estudio de Arizmendi-Rodríguez *et al.* (2006), donde determinan por medio del índice de Morisita-Horn que existe un traslapo moderado entre sexos y alto entre clases de tallas, sin embargo aunque las presas no cambian, si cambia la importancia de cada una, siendo los peces más grandes lo que tienen una intensidad de consumo mayor. La última agrupación a comparar fue el alimento consumido en época fría y época cálida observando que las dos presas principales se mantienen y que los cambios se dan únicamente en las presas secundarias las cuales tienen porcentajes menores al 10%.

Guerrero

Para esta región se analizaron 254 estómagos con alimento, su espectro trófico fue considerablemente más reducido con respecto a Sinaloa (25 ítems) de estos 25 ítems presa un 76% fueron peces y 20% cefalópodos. La resolución taxonómica fue alta pues se pudieron identificar el 68% de presas hasta un nivel específico. Las presas que se determinaron como principales de acuerdo al IIR fueron *A. thazard* y *F. commersonii*, para la región no hay publicaciones con respecto a los hábitos alimenticios por lo que el presente estudio vendría a ser la primera descripción de la biología trófica de la especie (publicación en proceso). En cuanto a la sobreposición trófica entre sexos se encontró que fue muy alta para esta región (mayor que en Sinaloa) pues *A. thazard* fue una presa que presentó más del 90% de importancia para cada sexo. Asimismo este escómbrido fue la

presa más importante para hembras inmaduras y maduras. Los cambios tróficos de este grupo se presentaron en las presas secundarias, pues las hembras inmaduras consumieron *B. polylepis*, *C. vinctus* y *L. lagocephalus*, mientras que las hembras maduras consumieron *F. commersonii* y *Octopus* spp. Por último en la comparación entre los espectros tróficos de época cálida y fría, se presentó un decremento importante de la presa principal (*A. thazard*) y secundaria (*L. lagocephalus*) para la temporada fría y aumentando presas que para la temporada cálida son casi inexistentes como *F. commersonii*, *Octopus* spp. y *C. caballus*.

Oaxaca

Para la región más sureña del área de estudio se analizaron 166 estómagos con alimento, se pudieron identificar 36 diferentes categorías presa, de las cuales casi el 64% fue categorizado a nivel específico, el 88% de los componentes alimenticios fueron peces, seguido de cefalópodos con el 12%, siendo la presa principal nuevamente *A. thazard* con más del 87% del IIR%. Dentro de esta región se realizó el estudio de Romero-Ramírez (2007) sus datos indican que el pez vela se puede categorizar como depredador especialista, debido a que el valor general estimado para la amplitud de la dieta de Levin fue menor a 0.6. En total el espectro trófico se conformó de 32 ítems presa (más bajo que en el presente estudio) de las cuales las más importantes fueron los peces *A. thazard*, *V. lucetia* y *E. lineatus*.

En el análisis trófico por sexo se encontró que las hembras consumieron en mayor porcentaje la presa principal (*A. thazard*), para la misma región existe el reporte de Romero-Ramírez (2009) donde no se encontraron diferencias por sexo encontrando solo algunas variaciones en la cantidad de presas consumidas, ya que las especies de peces *V. lucetia* (13.76%) y *Opisthonema libertate* (Günther, 1867) (12.14%) fueron consumidas con mayor incidencia por las hembras, mientras que los peces *A. thazard* (23.65%) y *E. lineatus* (14.45%) fueron las presas más importantes para los machos.

En cuanto al análisis por temporada, es importante mencionar que al igual que en la región de Guerrero se presentó una disminución en el porcentaje del IIR de la presa principal (*A. thazard*) en la época fría, esta disminución fue un poco

mayor al 10%. Romero-Ramírez (2009) en su estudio consideró dos temporadas para la comparación trófica, las cuales son secas y lluvias, esta comparación determinó que existieron diferencias importantes ya que las presas principales cambiaron; para la temporada de lluvias las presas dominantes fueron *A. thazard* y *E. lineatus* y para la época de secas el pez *L. lagocephalus*.

La comparación trófica para hembras en diferente estado de madurez sexual, demostró que no hay cambios en sus principales presas. Concluyendo así que *I. platypterus* no necesita hacer cambios drásticos en su alimentación para soportar el gasto energético que conlleva emprender el ciclo reproductivo. Para esta región no se han desarrollado comparaciones para evaluar la conducta trófica por desarrollo ovárico, sin embargo Romero-Ramírez (2009) caracterizó la dieta del pez vela por talla encontrando que se presentaron diferencias significativas, ya que los peces más grandes se alimentaron de un mayor número de categorías presa, dicha conducta también fue reportada por Abitia-Cárdenas (1998) para marlín rayado capturado en Cabo San Lucas, México, donde se observó un aumento de la cantidad de alimento y número de especies presa conforme aumenta de tamaño el depredador, asimismo Post *et al.* (1997) observó esta característica para el pez vela donde la conducta ictiófaga conforme avanza su ontogenia se va acentuando notablemente.

En general podríamos mencionar que la dieta de pez vela en el Pacífico sur de México fue dominado por los peces teleósteos y en menor medida por los cefalópodos y para el Pacífico norte por el cefalópodo *D. gigas*. El pez vela se alimenta preferentemente de organismos epipelágicos oceánicos y en menor medida de organismos de aguas costeras. Las presas más frecuentes fueron las oceánicas como *A. thazard* y *D. gigas* y los peces costeros como *F. commersonii* en menor proporción. En la dieta general, por sexos separados, estado de madurez y épocas climática, se puede caracterizar como una dieta dominada (para dos de las tres regiones estudiadas) por *A. thazard*. Por lo cual se deduce como un comportamiento trófico especialista ictiófago en la región más sur y teutofago en la región norte (Sinaloa).

Este comportamiento principalmente ictiófago se reportó también en los primeros estudios publicados sobre la especie por Jolley (1977) donde menciona que aproximadamente el 85% de las presas consumidas por *I. platypterus* eran peces, y más recientemente Pimenta *et al.* (2005) corrobora este comportamiento, reportando que el pez vela de Río de Janeiro, Brasil se alimenta predominantemente de *A. thazard* y *S. crumenophthalmus*. En estudios recientes llevados a cabo en la zona norte y central Pacífico Mexicano, Rosas-Alayola, *et al.* (2002) reportaron que la especie tiene un comportamiento generalista. Arizmendi *et al.* (2006) para la costa de Sinaloa (norte de Mexicana del Pacífico) llegó a la conclusión de que a pesar de la gran diversidad de presas consumidas (62), el pez vela tenían una dieta de baja amplitud ($B_i=0,02$) causado por el predominio de un bajo número de presas, y por lo tanto fueron considerados depredadores especialistas que se alimenta principalmente de cefalópodos *D. gigas* y *Argonauta spp.*

Romero-Ramírez, reportó que el pez vela fuera de la costa de Oaxaca (sur del Pacífico mexicano) se pueden clasificar como especialistas, causados por una dieta baja amplitud según las estimaciones del Levin índice ($B_i= 0.6$). En total el espectro trófico fue compoene de 32 elementos de presa. Es por lo tanto necesario especificar sobre el comportamiento trófico de este pez, porque como se ha mencionado, se puede alimentar en una amplia diversidad de presas. Sin embargo, el dominio de un reducido grupo de alimentos es evidente y por lo tanto pueden ser categorizado como un depredador especialista. Además de aprovechar las presas más abundantes (Gerking, 1994), que como bien lo mencionan Abitia-Cárdenas *et al.* (2002) y Vaske *et al.* (2004), los Istiophoridos muestran un comportamiento trófico de depredar a presas que se congreguen en grandes cardúmenes, esto posibilitado por su grandes músculos, altas tasas metabólicas y una reducida cavidad celómica y estomacal, por lo cual necesitan alimentarse constante y abundantemente y al alimentarse de este tipo de presas aumenta el éxito de captura y minimiza el gasto energético de la alimentación.

7.4 Fisiología energética

7.4.1 Índices morfofisiológicos

Una forma práctica de evaluar la condición física de los peces es la utilización de los índices morfofisiológicos que consisten en un cálculo de la razón longitud-talla ó peso total del pez con respecto al peso de algún órgano como hígado, gónada, corazón, bazo, riñones y cerebro, etc. (Shulman y Love, 1999). El objetivo de estos indicadores es identificar las características que definen el estado de un organismo o de una población así como las desviaciones del mismo (Shulman y Love, 1999). Estos indicadores tienen un fuerte poder para revelar procesos ocultos en los sistemas biológicos. El origen de estos índices se desarrollo por la necesidad de caracterizar las funciones inherentes de los organismos y/o poblaciones; además de la variabilidad de sus procesos también está contemplada, pero sobretodo su amplia utilización se debe a la gran facilidad de su manejo (Shulman y Shatunovsky, 1975; Love, 1970, 1988; Yurovitsky y Sidorov, 1993). Dentro de los indicadores morfofisiológicos más utilizados, se encuentran los que se enlistan a continuación:

a) Índice gonadosomático (IGS)

Este índice es una relación entre el peso de la gónada y el peso del pez expresado en porcentaje, es también denominado coeficiente de madurez, ya que proporciona información sobre la temporada reproductiva en la que se encuentra el organismo, ya que los valores cambian estacionalmente conforme al incremento del tamaño de la gónada; esto puede apreciarse con mayor facilidad en las especies que presentan una temporada reproductiva bien definida (Saborido y Junquera, 2000).

Según De Vlaming *et al.* (1982) la idoneidad de este indicador tiene que ser evaluada para cada especie, tomando en cuenta principalmente la proporción peso corporal-peso gonadal a lo largo de su ontogenia independientemente del sexo, área y estación a evaluar.

El índice gonadosomático se utilizó para evaluar la fisiología reproductiva del pez vela durante dos ciclos anuales (2008 y 2009) y de esta manera poder

identificar el periodo reproductivo de la especie en aguas mexicanas. Los resultados de la aplicación de este índice mostraron que la temporada de reproducción inició en los meses de verano y se prolongó hasta los meses de otoño para la región de Sinaloa y en verano, otoño e invierno para la región de Guerrero y Oaxaca, ya que en estos meses se obtuvieron los valores promedio más altos del índice y por tanto se evidencia una actividad gonádica importante.

Este índice ha sido utilizado con anterioridad para especies de peces de pico, coincidiendo en que las hembras que presentan valores promedio del IGS mayores a 3 se encuentran en condiciones de máxima madurez (Kume y Joseph, 1969; Shingu, *et al.* 1974; Hernández-Herrera, 1994), sin embargo para este estudio se presentaron hembras histológicamente maduras con valores del IGS menores a 3; asimismo Cerdaneres-Ladrón de Guevara (2012) reportó valores mensuales promedio máximos del IGS en la temporada reproductiva entre 1.6 y 2.3; mientras que Granados-Alcantar (2012) menciona que el valor máximo del IGS se presentó durante el mes de octubre de 2002 con 3.86 del IGS, en contraste para la misma área de estudio (Sinaloa) encontramos un valor máximo de casi 7 del IGS, lo cual evidencia lo fluctuante que son las características propias de la reproducción y que varían no solo temporal y espacialmente, sino también fisiológicamente, por factores como la condición física e historia de vida de cada hembra.

b) Índice hepatoesomático (IHS)

Este índice es una relación entre el peso del hígado y el peso total del pez, que permite cuantificar los cambios temporales en este órgano, ya que es un órgano que juega el papel de reservorio de lípidos y sintetizador de vitelogenina (precursora del vitelo almacenado en los ovocitos durante la vitelogénesis). Por lo cual se utiliza como un indicador del nivel de reservas del organismo y presenta un comportamiento contrario al índice gonadosomático, por lo que algunos autores lo consideran un índice indirecto de madurez. Cabe mencionar que este índice es útil en especies donde el hígado juega un papel importante dentro de la acumulación de reservas energéticas (Love, 1970; Bohemen *et al.*, 1981).

Debido a la gran demanda energética que requiere el evento reproductivo, especialmente en hembras, es necesario canalizar dicha energía al órgano productor de gametos de otros órganos de reserva; en peces dicha transferencia por lo regular tiene origen hepático, por lo que para corroborar esta hipótesis, se aplicó el índice hepatosomático, el cual mostró un comportamiento diferente al esperado, ya que los valores más bajos del índice no se presentaron en la temporada reproductiva y sus fluctuaciones resultaron sin un patrón definido, por lo que se considera que el hígado para esta especie, no juega un papel de reservorio de energía, al menos a un nivel de macroescala. Resultados similares se presentaron en el estudio desarrollado por Granados-Alcantar (2012) para la misma especie donde el IHS no mostró cambios singnificativos relacionados con otros índices morfofisiologicos y contenidos calóricos de tejidos involucrado en la bioenergética reproductiva.

Los resultados obtenidos de la aplicación del índice hepatosomático nos conllevan a deducir en primara instancia que para esta especie en particular el hígado no es órgano de reserva con fines a soportar el gasto energético reproductivo, sin embargo sus funciones son vitales como por ejemplo la producción del vitelogenina; y en segunda instancia al no ser éste un reservorio de energía a macroescala se optó por caracterizar el ciclo de consumo, almacenamiento y transferencia de energía en el pez vela a través de una evaluación del contenido bioquímico y calorimétrico de dicho órgano, así como en tejido muscular y gonádico. Pues como lo indican Shulman y Love (1999); si bien los índices morfofisiológicos son de gran utilidad por su practicidad, es necesario también utilizar herramientas con mayor poder resolución como los indicadores fisiológico-bioquímicos, que vendrían a proporcionar otra gran ventaja en cuanto a la cantidad de muestras que se ocupan para cada análisis, con una visión a microescala.

c) Factor de condición

El factor de condición puede variar principalmente con los cambios fisiológicos de los peces, así como cambios ambientales, dichas variaciones se

sabe corresponden a las fluctuaciones naturales de los ciclos reproductivos de los peces, obviamente esto en individuos sexualmente maduros (Bagenal, 1957).

Autores como Rounsefell y Everhard (1962), Almeida *et al.* (1995), Vazzoler (1996) y Anibeze, (2000) consideran que este factor de condición es un indicador relativo del bienestar del pez, así como una medida indirecta de la conveniencia del ambiente, por lo que ha sido ampliamente utilizado para comparar el estado fisiológico de una misma especie en diferentes zonas geográficas. Particularmente Le Cren (1951) estableció que los cambios en la condición fisiológica de los peces obedecen a la temporada, área, alimentación y a características propias de la toma de muestras, como el número de observaciones de los individuos, tipo de muestreo y técnicas de preservación.

Granados-Alcantar (2012), encontró dichos cambios entre épocas, siendo la época cálida la que presentó los valores mínimos, misma época en la que se reproduce el pez vela en el área de Mazatlán, Sinaloa, por lo cual se evidenció que el proceso reproductivo hace reducir la condición física particularmente de las hembras, dichos resultados coinciden con los generados en el presente estudio donde el factor de condición fue más bajo en la temporada reproductiva, así que de esta manera se concluye que la energía canalizada para soportar el evento reproductivo en primera instancia, no viene directamente del alimento consumido, ya que por los cambios que presentó el factor de condición física se deduce que esta energía es transferida de algún órgano de reserva y en segunda instancia se descarta que este órgano sea el hígado, sino que se infiere que al ser *I. platypterus* un pez graso dicha energía es transferida del músculo a su sistema reproductivo.

Es necesario mencionar que los índices morfofisiológicos utilizados vienen a proporcionar información importante sobre la especie; sin embargo los consideramos como una primera aproximación a la fisiología de la especie, ya que mediante su análisis, se puede conocer el porqué del origen de sus fluctuaciones y/o permanencia en los valores obtenidos.

7.4.2 Análisis calorimétricos

a) Calorimetría en tejidos de *I. platypterus*

Estudios de calorimetría para la especie y en general para peces de pico son mínimos podríamos mencionar como estudios pioneros en el tema los desarrollados por Abitia-Cárdenas *et al.* (1997, 2002, 2010 y 2011,) para el marlin rayado. Resaltando que el patrón de acumulación de reservas energéticas del marlin rayado, se distingue en acumular mayor cantidad de energía durante el verano, pues es donde existe evidencia del mayor enriquecimiento del tejido muscular y ovárico, por lo que se concluye que las aguas oceánicas de la región sur de la Península de Baja California constituyen una de las regiones más importantes de alimentación para dicha especie en el Pacífico nororiental y es una región del circuito de migración del marlín rayado, en la cual una fracción importante de la población se encuentra consumiendo y acumulando energía para poder llevar a cabo el evento reproductivo.

Específicamente en cuanto aspectos sobre la dinámica energética del pez vela, solamente se cuenta con el antecedente del estudio de Granados-Alcantar (2012) donde se determinó que el tejido con mayor contenido calórico fue el tejido hepático, seguido del muscular y el gonádico. Este mismo comportamiento se observó en el presente estudio, sin embargo al realizar el análisis por fases de desarrollo ovárico se encontró que estas concentraciones van modificándose, lo cual puede evidenciar un patrón en el ciclo energético ligado al evento reproductivo, (especialmente en el tejido ovárico), ya que la producción de gametos, así como su desarrollo se da en este órgano.

Si bien, en este estudio no se realizó un análisis mensual de la acumulación del contenido calórico en los tejidos, si se desarrolló un análisis por fase de desarrollo ovárico, pues se consideró que era un análisis con un fundamento biológico más concreto dentro del estudio de la fisiología energética del pez vela. En general se observó un incremento notable para las tres regiones de estudio en la acumulación calórica en el ovario de las hembras que se presentaron en la fase de maduración, posteriormente se mostró un decremento en la fase de desove y

nuevamente se registró un aumento del contenido calórico para la fase de posdesove, pues es una fase de recuperación para poder iniciar el siguiente ciclo reproductivo.

El tejido muscular presentó un comportamiento diferente, ya que durante la fase de madurez fue donde se registró una disminución acelerada del contenido calórico, comportamiento detectado para las tres regiones de estudio. Se considera que lo anterior puede obedecer a la disminución en el factor de condición de las hembras, ya que como lo reportaron Saborido y Junquera (2000) el evento reproductivo es una actividad en donde los organismos son extrademandados energéticamente por lo que se da un un gasto energético considerable, el cual es aún mayor en las hembras. Por lo anterior se consideró que el que el tejido muscular en esta especie juega un papel determinante en la bioenergética reproductiva, pues se descarta que la energía utilizada para la reproducción sea canalizada directamente del alimento, ya que el factor de condición evidenció una variación negativa relacionada con el evento reproductivo.

En contraparte el contenido energético del hígado, al igual en el IHS no presentó un patrón definido, pues no se relaciona directamente con el ciclo gonádico, situación que Granados-Alcantar (2012), lo atribuye a que el hígado no es un órgano de acumulación energética con fines reproductivos. Autores como Dawson y Grimm (1980) y Sánchez-Cárdenas (2007), mencionan que si bien el hígado tiene funciones vitales dentro de la reproducción, estos no se ven reflejados en el IHS, contenido calórico y/o contenido lipídico, pues el metabolismo general, puede enmascarar ciertas transferencias energéticas entre diferentes órganos.

b) Calorimetría de las presas principales de *I. platypterus*

El éxito reproductivo sin duda está ligado a la cantidad y calidad del alimento consumido y por ende de las reservas alimenticias y de la capacidad del individuo de acumularlas durante los meses de alimentación. Unas reservas escasas pueden llevar a los organismos y en especial a las hembras al fallo

reproductivo, abortando el proceso de cúmulo de vitelo y por tanto al desove de esa temporada, es por esto, que es importante conocer la alimentación y aporte energético de las presas.

Las determinaciones calóricas para las presas de peces de pico han fluctuado entre 3.42 y 6.14 kcal/g de peso seco para *P. planipes* y *Fistularia* spp. (Abitia-Cárdenas *et al.*, 1997). En general el marlín rayado obtiene un mayor aporte calórico de peces pelágicos y cefalópodos.

Se ha demostrado que existe una variación calórica de las presas de manera temporal; pues se han detectado cambios mensuales en la acumulación calórica de las presas, ya que por ejemplo para el marlín rayado durante los meses más cálidos del verano fue donde se registró un mayor consumo energético (Abitia-Cardenas *et al.*, 1997) mientras que para pez vela fue durante los meses fríos donde se presentó una mayor acumulación energética (Granados-Alcantar, 2012), estas diferencias tan notables pueden obedecer a la preparación fisiológica de los peces para poder soportar el evento reproductivo, ya que para el caso del pez vela es en los meses de verano cuando se lleva a cabo el evento reproductivo. Lo anterior también fue observado en el presente estudio, ya que durante la fase de madurez, fue donde se registró mayor intensidad en el consumo de presas.

En general los peces pico tienden a alimentarse de las presas más abundantes y disponibles durante un mayor periodo de tiempo, pues esto le conlleva una eficiencia energética óptima, aunque se debe de señalar que no siempre la presa más abundante es la que presenta un mayor contenido energético, ejemplo de lo anterior se tiene documentado en el estudio de Granados-Alcantar (2012), registrando valores calóricos bajos como el reportado para *Argonauta* spp. de 1.07 kcal/g de peso fresco, que cabe mencionar fue una de las presas más dominantes junto con *D. gigas*; y ninguna presa estuvo por arriba del 1.57 kcal/g. En el presente estudio también se detectó que las presas más importantes en términos de biomasa, no fueron el alimento de mayor calidad energética, así tenemos que la presa principal para la región de Guerrero y Oaxaca fue *A. thazard*, sin embargo esta presa fue una de las dos presas (de las

ocho más dominantes) con menor contenido calórico, registrando valores de 1.39 kcal/g peso fresco.

Para Sinaloa las presas que mayor contenido calórico presentaron fueron *F. commersonii* con 2.2, y *D. gigas* con 1.57 kcal/g peso fresco, para Guerrero *F. commersonii* con 1.78 y *Octopus* spp. 1.55 y para Oaxaca *C. caballus* y *C. hippurus* ambas con 1.52 kcal/g en peso fresco.

7.4.3 Bioquímica

Las técnicas bioquímicas nos permiten conocer con exactitud la concentración de una determinada biomolécula, siendo los compuestos más útiles para la evaluación de la fisiología energética, los lípidos, proteínas y carbohidratos, ya que éstos, son los compuestos que juegan un papel determinante en el buen funcionamiento de los peces.

Una diferenciación bioquímica importante en peces a gran escala, es la clasificación de los peces magros y los peces grasos ó también llamados blancos y azules (Shulman, 1974). Los peces magros ó blancos son aquellos en los cuales la reserva de lípidos se encuentra en la región hepática, mientras que los peces grasos presentan esta reserva lipídica en diferentes tejidos como el músculo. En este contexto los peces de pisco por su tipo de metabolismo son considerados como especies grasas ó azules. En general las especies azules suelen ser activas, pelágicas, buenas nadadoras y con musculatura desarrollada.

En cuanto a lo que sabe del contenido de carbohidratos en peces, es muy bajo y generalmente es almacenado en forma de glucógeno, sin embargo estos nutrientes son considerados como esenciales ya que a pesar de sus pequeñas cantidades (0.5%) juegan un papel determinante en su fisiología.

En cuanto a lípidos estos se encuentran en los peces como fosfolípidos y triglicéridos, los primeros forman las membranas celulares y los segundos son empleados para el almacenamiento de energía en depósitos de grasas.

Las proteínas contenidas en los peces pueden ser de tres tipos, las estructurales, que son las que conforman el aparato contráctil responsable de los movimientos musculares, las sarcoplasmáticas que son enzimas que participan

en el metabolismo celular y por último las proteínas del tejido conjuntivo, es decir principalmente el colágeno (Love, 1970).

a) Bioquímica del ovario

Este órgano es el principal dentro de la reproducción femenina y está compuesto por oogonias, ovocitos, células foliculares que los rodean, el tejido conjuntivo que los sostiene y tejido vascular y nervioso. Es en este órgano es donde se origina la producción de gametos, nutrición del huevo a fecundar, así como también, actividad de síntesis de hormonas en el folículo, folículos atrésicos y tejido intersticial glandular del ovario. La función de estas hormonas es continuar y/o detener el desarrollo de los ovocitos y sobre todo promover la ovulación de los ovocitos maduros. Se considera que de la energía que es digerida (75%) un 18% es destinada al evento reproductivo y es canalizada principalmente al ovario (Saborido y Junquera, 2000).

Se observó que para las tres regiones de estudio se presentaron diferencias significativas en el contenido lipídico por fases de desarrollo ovárico, los lípidos se presentaron de forma acumulativa al llegar a la fase de madurez y disminuyeron considerablemente al entrar al en la fase de desove, pues como es de esperarse el ovario queda sin sus principales nutrientes. Asimismo Love (1970) reportó que las variaciones bioquímicas en los tejidos de los peces obedecen a diversos procesos y funciones, especialmente el desove, pues requieren mayores niveles de energía; asimismo se ha detectado en otros peces pelágicos (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758 y *Clupea harengus*, Linnaeus, 1758) un decremento importante en los niveles de lípidos, lo cual se relacionó con el periodo de desove de dichas especies.

Con respecto a las proteínas éstas fueron diferentes por regiones, siendo la región de Sinaloa, la que más contenido proteico presentó en el ovario, más no entre fases de desarrollo ovarico, en donde los valores promedio no fueron mayores de 160 mg/g. En general los componentes proteicos son bastante constantes en la mayoría de los peces marinos; a excepción de peces como el salmón (*Oncorhynchus keta* Walbaum, 1792) quien realiza grandes migraciones

con fines de desove y su fracción proteica si es afectada considerablemente (Ando *et al.*, 1985b; Ando y Hatano, 1986).

Como ya se mencionó el contenido de hidratos de carbono fue la biomolécula menos abundante, ya que los valores no superaron el promedio de 7.5 mg/g . Aunque se debe señalar que para la región de Oaxaca estos fueron más abundantes con respecto a Sinaloa y Guerrero.

b) Bioquímica del hígado

Se ha reconocido por mucho tiempo que el hígado es un órgano de reserva energética y regulador metabólico; sin embargo macroscópicamente por medio del IHS no se pudo demostrar para pez vela dicha hipótesis.

Este órgano presentó los valores más altos de carbohidratos con respecto a los otros tejidos analizados (ovario y músculo) y fue en la región de Oaxaca donde se presentaron de forma más abundante.

Los lípidos sufrieron un decremento para la fase de madurez para las tres regiones, lo cual viene a evidenciar que si bien el hígado no cambia sus valores en el IHS, si se ve modificado microscópicamente en sus ácidos grasos, aunque se considera que los lípidos más bien son usados en algunas especies para mantener el metabolismo general y no de manera particular para cubrir el evento reproductivo.

Por lo general se cree que las especies grasas no varían en sus contenidos lipídicos del hígado, sin embargo para este estudio si se evidenció un cambio relacionado con los cambios fisiológico-reproductivos. Para algunas especies como el bacalao cuando el contenido de aceite en el hígado es bajo, se presenta un bajo reclutamiento de nuevos individuos a la población (Saborido y Junquera, 2000). Esto en contraparte con lo reportado con Granados-Alcantar (2012) donde el hígado no muestra variaciones importantes en su contenido calórico, aunado al patrón inexistente en el IHS.

c) Bioquímica del músculo

El contenido de carbohidratos no se vio afectado por las fases de desarrollo ovárico, pero si fue diferente entre regiones, siendo Guerrero la que presentó los valores más altos. Para el caso de los lípidos estos fueron diferentes a través de las fases de desarrollo para las tres regiones, para la región de Sinaloa y Guerrero se presentó un decremento en la fase de madurez, mientras que en Oaxaca aumentaron considerablemente los lípidos, el origen de que no exista una disminución como en las otras regiones puede ser causa de la mejor condición física de las hembras de Oaxaca, por lo que el músculo puede no transferir ácidos grasos al ovario. El contenido proteico fue particularmente bajo en la región de Sinaloa y aunque no hubo diferencias significativas por fase de desarrollo, fue evidente una baja en los niveles proteicos en la fase de madurez, lo que pudiera indicar que si bien es complejo el entendimiento de la dinámica energética de los peces, esto sugiere en gran medida que el tejido muscular juega un papel primordial en la transferencia energética con fines reproductivos, pues en los resultados de calorimetría también se presentó que el músculo sufre importantes variaciones en sus niveles calóricos al presentarse la fase de maduración y desove.

7.5 Variables ambientales

La distribución geográfica de los peces de pico, en general varía según la temporada del año debido principalmente a los cambios en la temperatura y variación de otros indicadores ambientales como la productividad de las zonas de estudio (Abitia-Cárdenas, 1992; Macías-Zamora *et al.*, 1994; Trigueros-Salmerón, 1999; Arias-Olaiz, 2005; Martínez-Rincón, 2005 y Ortega-García *et al.*, 2007).

Autores como Olson y Bogg (1986), Miyabe y Bayliff (1987) y Hoolihan (2003) reportan largas migraciones de estos peces, lo cual refleja la compleja relación con las variables ambientales oceánicas, que cabe mencionar estas son diferentes a lo largo de su ontogenia.

Dentro de las variables ambientales más utilizadas para relacionar la distribución y abundancia de los peces marinos se encuentra la temperatura superficial del mar (TSM). Particularmente (N'goran *et al.*, 2001) determinaron que las mayores abundancias del pez vela se dan cuando la temperatura es más cálida. En el caso del pez vela se conoce que la especie migra con la isoterma de los 28°C (Ovchinnikov, 1966 y Kume y Joseph, 1969) y como barrera de distribución los 21°C (Arias-Olaíz, 2005), sin embargo para el presente estudio se registró que en los años 2008 y 2009, a lo largo del Pacífico mexicano la especie presentó más afinidad con la isoterma de los 32°C.

En particular esta variable se relacionó con el evento reproductivo del pez vela, ya que fue evidente que cuando se presentaron las temperaturas más altas, también se presentó una mayor proporción de peces en condiciones de madurez. Granados-Alcantar (2012) relacionó el consumo energético del pez vela del área de Mazatlán, Sinaloa, con la TSM, sin embargo no documentó ninguna relación estadísticamente positiva, ya que el coeficiente de correlación registrado fue muy bajo (0.03). También este autor realizó un análisis entre la TSM y los índices morfofisiológicos, encontrando que este parámetro solo mostró relación con el IGS, ya que cuando se presentaron las temperaturas más elevadas fue cuando el IGS mostró los valores más altos.

Los peces de la región de Oaxaca mostraron una mejor condición física, por lo que se podría inferir que están habitando una zona más productiva y por tanto tener acceso a mayor disponibilidad de alimento, sin embargo lo anterior quedó descartado, al analizar la concentración de clorofila *a* y la producción primaria neta, la región de Oaxaca no fue la que registró los valores más elevados, siendo la región de Sinaloa en donde se presentaron los valores mayores en estos parámetros. Por lo anterior, definitivamente el grado de bienestar físico de los peces de Oaxaca está directamente relacionado con la eficiencia fisiológica de la especie más que con las condiciones de productividad de la región. Este hecho sin duda nos señala que en la región de Oaxaca, el consumo, almacenamiento, distribución y uso de la energía es óptimo y se reflejó en una mayor esfuerzo

reproductivo del pez vela, medido a través de los valores de fecundidad parcial y relativa registrados para esta región, los cuales fueron más elevados que los obtenidos en las zonas costeras de Sinaloa y Guerrero.

8. CONCLUSIONES



- La temporada reproductiva de las hembras en la región de Sinaloa se mostró constante con respecto a las otras regiones, relacionado directamente con la temperatura; debido a que esta también es más estacional, mientras que en Guerrero y Oaxaca se prolongó con respecto a Sinaloa, ya que las temperaturas idóneas para el evento reproductivo se mantiene por más tiempo a lo largo de los dos años (2008 y 2009). La temporada reproductiva de los machos no presenta una estacionalidad tan marcada como en hembras, atribuyéndolo a que el esfuerzo reproductivo en estos es mucho menor por lo que existen machos en condiciones reproductivas a lo largo de los dos ciclos anuales para las tres regiones de estudio. El pez vela se caracterizó como un desovador múltiple por poseer ovocitos en varios estados a un mismo tiempo, pues es su desarrollo es asincrónico por grupos.
- La dieta en las tres regiones se caracterizó como especialista, debido al uso dominante de un recurso ó dos recursos por región (*D. gigas* ó *A. thazard*) los cambios menores en la dieta en los diferentes grupos analizados permiten inferir que la energía canalizada al esfuerzo reproductivo puede mantenerse sin cambiar sus hábitos alimentarios.
- Los índices morfofisiológicos resultan una herramienta útil como primera aproximación al ciclo energético, determinando que el índice gonadosomático mostró congruencia con los resultados obtenidos de la histología; el índice hepatosomático se correlacionó positivamente con el IGS, a diferencia del factor de condición; infiriendo así que la energía utilizada para el evento reproductivo es transferida del músculo, descartando que el hígado en esta especie juegue un papel de reservorio energético a nivel de a macroescala.
- Por medio de análisis calorimétrico se encontró que existen variaciones importantes a través del desarrollo gonádico, especialmente en el ovario, evidenciando así un ciclo de almacenamiento y transferencia energética con fines reproductivos.

- La bioquímica de los tejidos demostró que son los lípidos, seguido por las proteínas los componentes que más peso tienen en la evolución del proceso reproductivo, sus niveles varían considerablemente con respecto al avance del desarrollo ovarico.
- La producción primaria neta (PPN) y clorofila a (CLa) presentan los valores más altos en los meses donde predomina la inactividad reproductiva y es en Sinaloa donde se presentan los valores más altos de la PPN, por lo tanto no se puede aceptar la hipótesis de que los peces de Oaxaca tengan una mayor talla y peso por habitar una región más productiva pues Oaxaca presentó los valores más bajos de la PPN. La TSM presentó una relación directa con el evento reproductivo pues al dispararse la temperatura inicia la aparición de peces en condiciones reproductivas.

9. BIBLIOGRAFIA



Abitia-Cárdenas, A., F. Galván-Magaña, & J. Rodríguez-Romero. 1997. Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico. *Fish. Bull.* (95): 360–368.

Abitia-Cárdenas, L.A., F. Galván & A. Muhlia. 1998. Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) en el área de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 33(2): 277-290.

Abitia-Cárdenas, A., A. Muhlia-Melo, V. H. Cruz-Escalona & F. Galván-Magaña. 2002. Trophic dynamic and seasonal energetics of striped marlin *Tetrapturus audax* in the southern Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* (57): 287-295.

Abitia-Cárdenas, A., F. Galván-Magaña, V. H. Cruz-Escalona, M. Peterson & J. Rodríguez-Romero. 2011. Daily food intake of *Kajikia audax* (Philippi, 1887) off Cabo San Lucas, Gulf of California, Mexico. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 39(3): 449-460

Amezcuca-Gómez, C.A. Relaciones tróficas entre el pez vela (*Istiophorus platypterus*) y el dorado (*Coryphaena hippurus*) en la costa de los estados de Jalisco y Colima, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). 93 p.

Alatorre-Ramírez V. 2007. Hábitos alimenticios del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y barrilete *Katsuwonus pelamis* en cardúmenes mixtos del Océano Pacífico Oriental Tropical. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). 86 p.

Almeida, F., D. Lhartley y J. Burnett. 1995. Length-weight relationships and sexual maturity of goosfish of the Northeast coast of the United States. *J. Fish. Manage.* (15): 14-25.

Alvarado-Castillo, R. & R. Félix-Uraga. 1998. Crecimiento de *Istiophorus platypterus* en la boca del Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.* 46 (1): 115-118 p.

Allen, G. R. y Robertson, D. R. 1994. Peces del Pacífico Oriental Tropical. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Agrupación Sierra Madre y CEMEX. México. 327pp.

Ando, S., M. Hatano & K. Zama (1985b). A consumption of muscle lipid during spawning migration of chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* (51): 1817-1824.

Ando, S. & M. Hatano (1986). Deterioration of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) muscle during spawning migration - I. Changes in proximate composition of chum salmon muscle during spawning migration. *Comp. Biochem. Physiol.* (80): 303-307.

Anibeze, P. 2000. Length-weight relationship and relative condition of *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes) from Idodo River, Nigeria. *Naga, ICLARM*, 23 (2) 34-35.

Arias-Olaiz, F. 2007. Distribución espacio-temporal de la CPUEe del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico mexicano. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). 69 p.

Arizmendi-Rodríguez, D., A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña, & I. Trejo-Escamilla. 2006. Food habits of sailfish *Istiophorus platypterus* of Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 79(3): 777–791.

Arocha F. & L. Marcano. 2008. Life history characteristics of blue marlin, white marlin and sailfish from the eastern Caribbean Sea and adjacent waters. *Amer. Fish. Soc. Symp.*, 49: 1481-1491.

Arocha, F. & A. Bárríos. 2009. Sex ratios, spawning seasonality, sexual maturity, and fecundity of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic. *Fish. Res.*, 95: 98-111.

Bagenal, T. 1957. The breeding and fecundity of the long rough DOB, *Hippoglossoides platessa* and the associated cycle in condition. *J. Mar. Biol. Ass.* (36): 339-375.

Barcelata-Ortiz, M., De la O-Girón J. & González- Márquez L. 1990. Aspectos reproductivos de las especies: pez vela *Istiophorus platypterus* y dorado *Coryphaena hippurus* capturados en costas de Mazatlán Sinaloa en 1988. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa. 85 p.

Barnes, H. & J. Blackstock. 1973. Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovainillin method for 'total' lipids. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* (12): 103-118.

Beardsley, G., N.R. Merrett, y W. Richards. 1975. Synopsis of the biology of the sailfish. *Istiophorus platypterus*. (Shaw y Nodder, 1971). En: R. S. Shomura y F. Williams (Ed) Proceedings of the International Billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 3. Species synopses. 95120 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Bioch.* (72): 248-253.

Behrenfeld, MJ, & P. G. Falkowski, 1997a. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limn. and Ocean.* (42): 1-20.

Bohemen, Ch. G, J. G. Lambert & J. Peute. 1981. Annual changes in plasma and liver in relation to vitelogenesis in the female rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *General and comparative Endocrinology.* (44): 94 – 107.

Brill R., E. Lowe & Cousins K. 1999. How water temperature really limits the vertical movements of tunas and billfishes- It's the heart stupid? Pelagic Fisheries Research Program, JIMAR, SOEST, University of Hawaii. 6 p.

Brown-Peterson, N.J., D.M. Wyanski, S.K. Lowerre-Barbieri, F. Saborido-Rey, J. Tomkiewicz & B.J. Macewicz. 2010. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. Pages 224-229 in N.J. Brown-Peterson and D.M. Wyanski, editors. Proceedings of the 4th Workshop on Gonadal Histology of Fishes. El Puerto de Santa Maria, Spain.

Brusca, R., 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press. (2nd. Ed). 513 p.

Cerdenares-Ladrón de Guevara, G. 2005. Caracterización biológica del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1792) capturado en la costa de Oaxaca. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de México, 42 p.

Cerdenares-Ladrón de Guevara, G. E. Morales Bojórquez & R. Rodríguez Sánchez. 2011. Age and growth of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Istiophoridae) in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Marin. Biol. Research*, 7(5): 488-499.

Cerdenares-Ladrón De Guevara, G. E. Morales Bojórquez, C. Rodríguez-Jaramillo, A. Hernández-Herrera & Abitia-Cárdenas L.A. 2012. Seasonal

reproduction of sailfish *Istiophorus platypterus* from the southeast Mexican Pacific. *Marin. Biol. Research*. 2012: (00): 1-14.

Claramunt, G., Herrera, G., Donoso M & E. Acuña. 2009. Spawning period and fecundity of swordfish (*Xiphias gladius*) caught in the southeastern Pacific. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* (37): 29-41.

Clarke, M. R., 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press. Oxford. 273 p.

Clothier, C., 1950. A key to some southern California Fishes based on vertebral characters. Calif. Dep. Fish. Game. *Fish. Bull.* (79): 1-83 p.

Chiang, W., C. Sun & W. Su. 2004. Age and growth of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in waters off eastern Taiwan. *Fish. Bull.* (102): 251-263 p.

Chiang, W. S. Chi-Lu, Y. Su-Zan, S. Wei-Cheng & L. Don-Chung. 2006a. Spawning Frequency and Batch Fecundity of the Sailfish (*Istiophorus platypterus*) (Istiophoridae) in Waters off Eastern Taiwan. *Zool. St.* 45 (4): 483-490 p.

Chiang, W., S. Yeh, W. Su & D. Chung. 2006b. Spawning Frequency and Batch Fecundity of the Sailfish (*Istiophorus platypterus*) (Istiophoridae) in Waters off Eastern Taiwan. *Zool. St.* (45): 483-490 p.

Cortés. E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to Elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fish. and Aquatic Sci.*, (54): 726-738.

Davenport, H.A. 1960. Histological Saunder Company. Philadelphia and Histochemical Technics. W.B. 401 p.

Dawson A. S. & Grimm A. S., 1980. Quantitative seasonal changes in the protein, lipid and energy contents of carass, ovaries and liver of adult female Plaice (*Pleuronectes platena* L). *J. Fish Biol.*, 16, 493-495.

De Sylva, D. 1957. Studies on the age and growth of the Atlantic sailfish *Istiophorus americianus* (Cuvier), using length frequency curves. *Bul. Mar. Sci.* (7): 1-20.

De Sylva, D. & Breder P. 1997. Reproduction, gonad histology and spawning cycles of north Atlantic billfishes. *Bul. Mar. Sci.* (60): 668-697.

De Martini, E. E., J. H. Uchiyama, & H. A. Williams. 2000. Sexual maturity, sex ratio, and size composition of swordfish, *Xiphias gladius*, caught by the Hawaii-based pelagic longline fishery. *Fish. Bull.* (98): 489–506.

De Vlaming, V., G. Grossman & F. Chapman. 1982. On the use of the gonosomatic index. *Comparative biochemistry and physiology.* (73A): 31 –39.

Eldridge, M.B., Wares, P.G., 1974. Some biological observations of billfish taken in the eastern Pacific Ocean 1967–1970. In: Shomura, R.S., Williams, F. (Eds.), Proceedings of the International Billfish Symposium. Part 2. Review and Contributed Papers, Kaliua-Kona, Hawaii, August 9–12, 1972. US Department of Com. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675, pp. 89–101.

Escobar-Sánchez, O. 2002. Hábitos alimentarios del tiburón ángel *Squatina californica* (Ayres, 1859) en el suroeste del Golfo de California, México. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) 99 p.

Evans, D.H., & Wares, P.G., 1972. Foods habits of the striped marlin and sailfish off Mexico and southern California. *Fish. Wildl.Serv. Res. Rep.* (76): 1-10.

Farber, M. 1981. Analysis of Atlantic billfish tagging data: 1954–1980 Unpubl.manuscr. ICCAT workshop on billfish, June 1981. Southeast Fisheries Center Miami Laboratory, National Marine Fisheries Service, NOAA, 75 Virginia Beach Drive, Miami, FL 33149.

Galván-Magaña, F. 1999. Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacífico Oriental. Tesis doctoral en Ecología Marina., CICESE. 212 p.

Garth, J. y W. Stephenson. 1966. Brachyura of the Pacific coast of America. Brachyrhyncha: Portunidade. *Mar. Biol.* 1-54.

Gelsleichter J., Musick J.A. & Nichols S. (1999) Food habits of the smooth dogfish, *Mustelus canis*, dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, and the sand tiger, *Carcharias taurus*, from the northwest Atlantic Ocean. *Environ. Biol. Fish.* (54): 205–217.

Granados-Alcantar, S. 2012. Bioenergética de la reproducción del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) del área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 139 p.

Grant, A. y P. A. Tyler. 1983. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. II. The analysis of oocyte size/frequency data, and comparison of different types of data. *Int. J. Invert. Reprod.* (6): 259-269.

Gray, P. 1958. Handbook of basic microtechnique. McGraw-Hill book Company, Inc. 2nd ed. Nueva York. 252 p.

González-Armas, R., K. Traulsen y A Hernández. 2006. Evidence of billfish reproduction in the southern Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* (79): 705-717.

Guraya, S. S. 1986. The cell and molecular biology of fish oogenesis. Karger, Basel.

Hansen, M. J., D. Boisclair, S. B. Brandt, S. W. Hewett, J. F. Kitchell, M. C. Lucas, & J. J. Ney. 1993. Applications of bioenergetics models to fish ecology and management: Where do we go from here? *Trans. Amer. Fish. Soc.* (122): 1019-1030.

Hedgepeth, M. & W. Jolley Jr. 1983. Age and growth of sailfish *Istiophorus platypterus*, using cross sections from the fourth dorsal fin spine. In: E.D. Prince and L.M. Pulos (editors). Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: Tunas, billfishes and sharks. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-8. 131-136 p.

Hempel, G. 1979. Early life history of marine fish: the egg stage. Washington Sea Grant Publication. Seattle. 70 p.

Hernández-Aguilar, S.B. 2008. Espectro trófico del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). 79 p.

Hernández-Herrera, A. 1994. Patrón reproductivo del pez vela (*Istiophorus platypterus*; Shaw y Nodder, 1791) al Sur del Golfo de California. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). 53 p.

Hernández-Herrera, A. & M. Ramírez Rodríguez. 1998. Spawning seasonality and length maturity of sailfish (*Istiophorus platypterus*) off the Pacific coast of Mexico. *Bul. Mar. Sci.* (63): 459-467.

Hernández-Herrera, A., M. Ramírez-Rodríguez & A. Muhlia-Melo. 2000. Batch fecundity and spawning frequency of sailfish *Istiophorus platypterus* off the Pacific coast of Mexico. *Pac. Sci.* 54: 189-194 p.

Hernández-Herrera, A. 2001. Biología del Pez Vela (*Istiophorus platypterus*, Shaw y Nodder, 1791) al Sur del Golfo de California, México. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). 67 p.

Hoolihan, J. 2003. Sailfish movement in the Arabian Gulf: a summary of tagging efforts. *Mar. Freshw. Res* (54): 509-513.

Hoolihan, J. 2006. Age and growth of Indo-Pacific sailfish *Istiophorus platypterus*, from the Arabian Gulf. *Fish. Res.* (78): 218-226.

Hopper CN (1990) Patterns of Pacific blue marlin reproduction in Hawaiian waters. In Proceedings of the second international billfish symposium; 1-5 August 1988 (R. H. Stroud, ed.), p. 29-39. Kailua-Kona, HI.

Hunter, J., N. Lo & R. Leong. 1984. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: Lasker R. (Ed.). An egg producing method for estimate Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy *Engraulis mordax*. NMFS SWFC Administrative Report 84-37.67-77 p.

Hunter, J.R., N. Lo & R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the Northern anchovy. Reuben Lasker (Editor) *NOAA tech. rep.*,36:67-77.

Jiménez-Quiroz M., R. Macías-Zamora & Vidaurri-Sotelo A. 2006. Relación entre la TSM y la pesca de pez vela en barcos palangreros en la ZEEM (1985-1989). XIV congreso Nacional de Oceanografía.

Jolley, J. 1974. On the biology of Florida east coast Atlantic sailfish (*Istiophorus platypterus*). En: R. S. Shomura y F. Williams (Ed) Proceedings of the International Billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers. 81-88 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675 p.

Jolley, Jr. J. 1977. The biology and fishery of Atlantic Sailfish *Istiophorus platypterus*, from southeast Florida. *Mar. Res. Pub.* (28): 1–31.

Koto, T. & K. Kodama. 1962. Some considerations on the growth of marlins, using size-frequencies in commercial catches. I. Attempts to estimate the growth of sailfish. *Rep. Nankai. Reg. Fish. Res. Lab.* (15): 97-108.

Kume, S. & J. Joseph. 1969. The Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern Pacific Ocean, East of 130°W, 1964-1966. *Inter-Am. Trop. TunaComm. Bull.*, 13(2):277-418.

Le Cren, E. 1951. The length-weight relation and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch, *Perca fluviatilis*. *J. Anim. Ecol.* 20 (2): 201-219.

Love, R.M. (1970). *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press. London. 547 p.

Macías-Zamora, R., A.L. Vidaurri-Sotelo & H. Santana-Hernández. 1994. Analysis of the tendency of catch per unit effort in the Mexican Pacific sail fishery. *Ciencias Marinas* 20(3): 393-408.

Manual Parr Instrument Co., 1980. Instructions for the 1241 Automatic Adiabatic Calorimeter. Manual, 39 p.

Markaida, U. & O. Sosa-Nishizaki, 1998. Food and feeding habits of swordfish, *Xiphias gladius* L., off western Baja California. NOAA Tech. Rep. NMFS 142:245-259.

Martínez-Rincón, R.O. 2005. Distribución espacio-temporal de la captura por unidad de esfuerzo del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Golfo de Tehuantepec y su relación con la temperatura superficial del mar y la concentración de pigmentos fotosintéticos. Tesis de Licenciatura. UNICACH. México. 70 p.

Miller, D. & Jorgensen S., 1973 Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. *Fish. Bull.* 71(1): 301-312.

Miyabe, N. y W. H. Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980. *Bull. Inter.Amer. Trop. Tuna Comm.* 19: (1) 1-163.

Monod, T. 1968. Le complexe urophore des poissons teleosteens. *Memories de L'Intitute Fundamental D' Affrique Noire*. 81:705 p.

Moreno X.G., Quiñonez C., Abitia L.A. & Rodriguez J. (2011) Diet of the Pacific sierra *Scomberomorus sierra* (Perciformes:Scombridae) in two areas of north-west Mexico coast. *Aqua*. 185-192.

Mourato, B.L., P. Pinheiro, F.V.H. Hasin, V. Basante, A.F. Amorim, E. Pimenta & C. Guimarães. 2009. Preliminary analisys of gonad development, spawning period, sex ratio and length at first sexual maturity of sailfish *Istiophorus platypterus* in Brazilian coast. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 64(6): 1927-1940

Nakamura, I. 1985. FAO, Species catalogue Vol. 5 Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfish, spearfish and swordfish know to date. *FAO Fish Synop*. 125(5): 65.

Nakano, N. & W.H. Baylif. 1992. A review of the japane longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific ocean, 1981-1987. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.*, 20: 187-355.

Nelson, E. & M. Fitchett. 2006. On the seasonal dynamic characteristics of *Istiophorus platypterus*, in the eastern Pacific off Central America. *Bull. Mar. Sci.* (79): 589-606.

Olson, R.J. & C.H. Boggs. 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*); independent estimates from gastric evaluation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* (43): 1760-1775.

Ovchinnikov, V. 1966. The effect oceanographic conditions on distribution of sailfish *Istiophorus platypterus* off the west African coast. *Ocean*. (6): 566-567.

Ovchinnikov, V. 1970. Swordfishes and billfishes in the Atlantic Ocean: ecology and functional morphology. English translation by H. Mills, 1971, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. 77 p.

Phillipson, J., 1964. A miniature bomb calorimeter for small biological samples. *Oikos* 15, 130–139.

Pimenta E., Lima G., Cordeiro C., Tardelli M. & Amorim A. 2005. Reproduction and stomach content analysis of sailfish, *Istiophorus platypterus*, off Rio de Janeiro state, Brazil. *Col. Vol. Sci. Pap.* (58): 1589-1596.

Post, J. T., J. E. Serafy, J. S. Aula, T. R. Capo & D. P. De Sylva. 1997. Field and laboratory observations on larval Atlantic sailfish (*Istiophorus platypterus*) and swordfish (*Xiphias gladius*). *Bull. Mar. Sci.* 60(3): 1026-1034.

Prince, E., Holts D., Snodgrass D., Orbesen E., Luo J., Domeier M. & Serafy J. 2006. Transboundary movements of sailfish *Istiophorus platypterus* off the Pacific Coast of Central America. *Bull. Mar. Sci.* 79: 827-838 p.

Radkte, R., & M. Dean. 1981. Morphological features of the otoliths of the Sailfish, *Istiophorus platypterus*, useful in age determination. *Fish. Bull.* 79 (2): 360-366 p.

Radtko, R. L. y P.C.F. Hurley. 1983. Age estimation and growth of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the northwest Atlantic based on external features of otoliths. In: E.D. Prince and L.M. Pulos (editors), Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks, p 123-129. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-8.

Ramírez-Pérez, J. S., C. Quiñonez-Velázquez, L.A.. Abitia-Cardenas & F. N. Melo-Barrera. 2011. Age and growth of sailfish *Istiophorus platypterus* (Shaw in Shaw and Nodder, 1792) from Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Environ Biol Fish.* (10): 187-196.

Roe, J. H. 1955. The determination of sugar in blood and spinal fluid with antrone reagent. *J. Biol. Chem.* (212): 335-343.

Romero-Ramírez, J. G. Hábitos alimentarios del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1792) en la costa de Oaxaca. Tesis licenciatura. Universidad del mar campus Puerto Ángel. 88 p.

Rosas-Alayola, J., A. Hernández-Herrera., F. Galván-Magaña., L. A. Abitia-Cárdenas, & A. F. Muhlia-Melo. 2002. Diet composition of Sailfish (*Istiophorus platypterus*) from the southern Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* (57): 185–195.

Saborido, F. & Junquera S. 2000. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso doutoramento do bienio 2001-2003. Universidad de Vigo 72 p.

Rounsefell, G. & W. Everhard. 1962. Fishery Science, its methods and applications. John Wiley and sons, New York, 444 p.

Salcedo-Bojórquez, S. 2011. Patrones de historias de vida de pelágicos mayores. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) 201 p.

Sánchez-Cárdenas, R. 2007. Estrategia reproductiva de *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontidae) en la costa de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) 82 p.

Santana-Hernández, H. 1988. Informe de avance del Proyecto de Investigación del Recurso Picudos y Especies Afines. Informe interno. CRIP-Manzanillo, Col. INP; SEPESCA. México.

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 de Doctorado. Universidad de Colima, México. 123 p.

Schaefer, K.M., 1998. Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean. *Int. Am. Trop. Tuna Commun. Bull.* (21): 201-272.

Shimose, T., M. Fujita, K. Yokawa, H. Saito & K. Tachihara. 2009. Reproductive biology of blue marlin *Makaira nigricans* around Yonaguni Island, southwestern Japan. *Fish Sci.*, 75:109–119.

Shulman, G.E. & Love, R.M. 1999. The Biochemical Ecology of Marine Fishes, *Advances in Marine Biology*, San Diego: Acad. Press, vol. 36, 351 p.

Shulman, G.E. & Shatunovsky, M.I. 1975. The basic principles of physiologobiochemical studies of species (In Russian). *In* "Study of Species Productivity within the Distribution Range". S.R. Volski's, ed.) 23-25.

Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1979. Biometry H. Blume Editores. Barcelona.

Stillwell, C.E. & N.E. Kohler. 1985. Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*,(22): 239-247.

Strasburg DW. 1970. A report on the billfishes of the central Pacific Ocean. *Bull. Mar. Sci.* 20: 575–604.

Tamate, T. & K. Maekawa, 2000. Interpopulation variation in reproductive traits of female masu salmon, *Oncorhynchus masou*. *Oikos*. (90): 209-218.

Taylor, R. & M. Murphy. 1992. Reproductive biology of the Swordfish *Xiphias gladius* in the Straits of Florida and adjacent waters. *Fish. Bull.* (90): 809-816.

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 Press. USA.

Trigeros-Salmerón, J. A. 1999. Variación espacio-temporal de la abundancia relativa del barrilete *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) en el Océano Pacífico Oriental, durante 1970-1995. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). 122 p.

Uosaki, K. & W.Bayliff. 1999. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 21 (6): 273-488.

Vazzoler, A. 1996. Biología da reprodução da peixes teleosteos: Teoria e prática. Maringa: EDUEM. Sao Paulo: SBI. 169 p.

Voss, 1953. A contributions to the life history and biology of the sailfish. *Bull. Mar. Sci.* (3): 206-240.

Wallace, R. & K. Selman. 1981. Celular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleost. *Amer. Zool.* (21): 325-343.

Wetherbee B.M., Lowe C.G., Crow G.L. (1997) Distribution, reproduction and diet of the gray reef shark *Carcharhinus amblyrhynchos* in Hawaii. *Marine Ecology Progress. Series.* (151): 181–189.

Williams, F. 1963. Longline fishing for tuna off the coast of east Africa 1958–1960. *Indian J. Fish.* (10) : 233-390.

Wolff, G., 1982. A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopods species, with relationship between their beak dimensions and size. *Fish. Bull.* 80(2): 357-370.

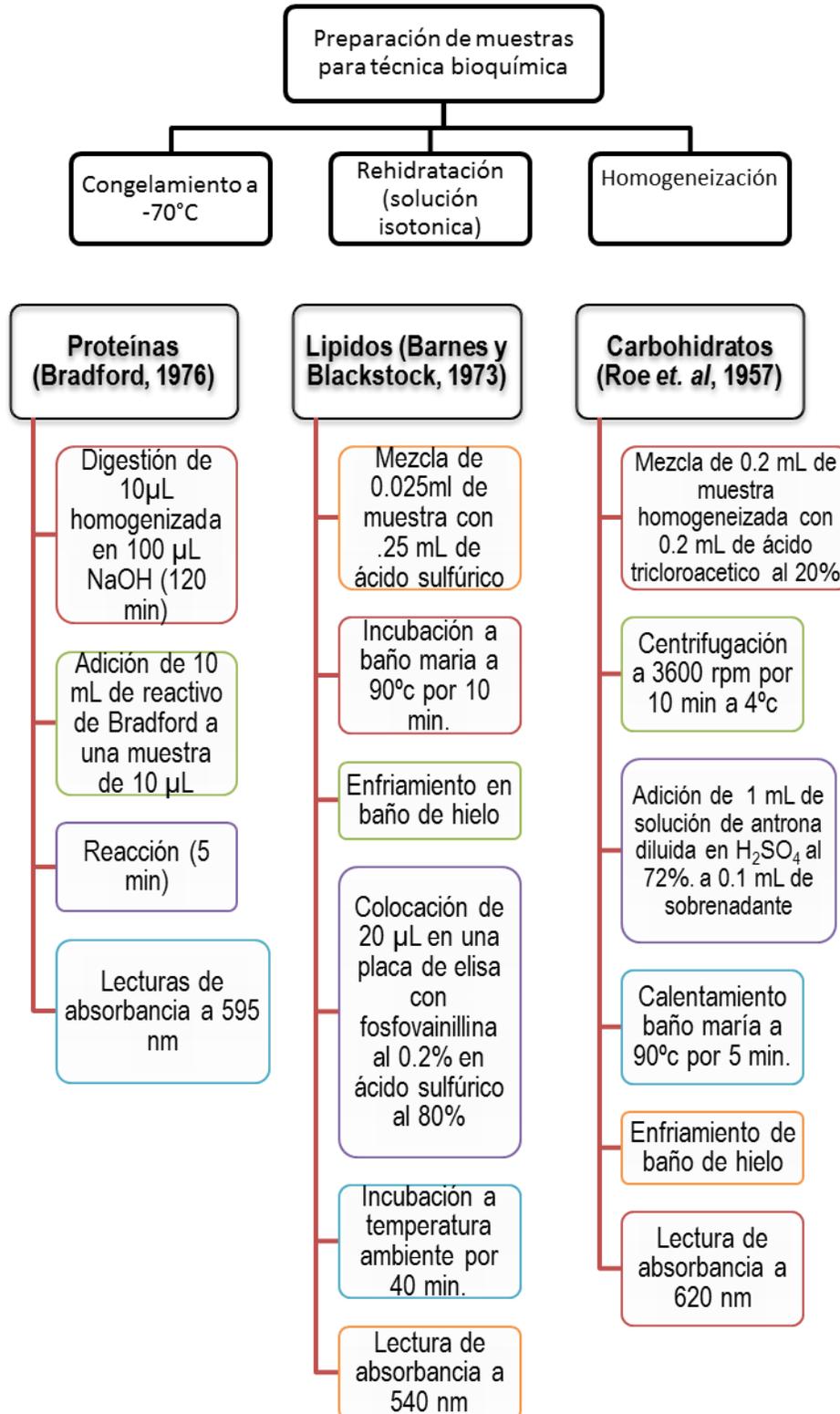
Wolff, G., 1984. Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Technical Report NMFS. 17: 50 p.

Yurovitsky, Yu.G. & Sidorov, V.S. 1993. Ecologo-biochemical monitoring and ecologo-biochemical testing of the threatened environmental areas (In Russian). *Izvestia Akademii Nauk SSSR Seriya Biologiya.* (1): 74-82.

Zúñiga-Flores, M. 2009. Dinámica poblacional del dorado (*Coryphaena hippurus*) en Baja California Sur, México: implicaciones para su manejo. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) 203 p.



ANEXO I. Resumen de las técnicas bioquímicas aplicadas a tejidos de *Istiophorus platypterus*.



ANEXO II. Frecuencia de machos y hembras, proporción sexual y valor de χ^2 , de *Istiophorus platypterus* por mes y región de estudio. El asterisco (*) indica diferencia significativa ($P < 0.05$) de la proporción sexual esperada de 1 a 1. El guión (-) indica que no hay dato.

MES	SINALOA				GUERRERO				OAXACA			
	H	M	χ^2	H/M	H	M	χ^2	H/M	H	M	χ^2	H/M
Marzo-08	0	1	1.00		4	5	0.11	0.80:1	-	-	-	-
Abril	1	3	1.00	0.33:1	9	4	1.92	2.25:1	5	3	0.50	0.6:1
Mayo	4	3	0.14	1.33:1	8	8	0	1.00:1	58	34	6.26*	0.58:1
Junio	22	7	7.76*	3.14:1	39	21	5.4	1.85:1	13	11	0.17	0.84:1
Julio	18	12	1.20	1.50:1	17	10	1.81	1.70:1	18	2	12.80*	0.11:1
Agosto	11	16	0.93	0.68:1	16	7	3.52	2.28:1	3	2	0.20	0.66:1
Septiembre	1	8	5.44*	0.12:1	2	7	2.78	0.28:1	4	11	3.27	2.75:1
Octubre	6	6	0.00	1.00:1	9	26	8.26*	0.34:1	7	8	0.07	1.14:1
Noviembre	47	43	0.18	1.09:1	13	20	1.48	0.65:1	27	8	10.31	0.29:1
Diciembre	10	5	1.67	2.00:1	21	41	6.45*	0.51:1	-	-	-	-
Enero-09	0	1	1.00	-	11	18	1.69	0.61:1	-	-	-	-
Febrero	-	-	-	-	-	-	-	-	4	8	1.33	2.0:1
Marzo	2	0	2.00		7	6	0.08	1.16:1	-	-	-	-
Abril	1	4	1.80	0.25:1	10	21	3.90*	0.47:1	-	-	-	-
Mayo	0	1	1.00	-	0	9	9	-	30	11	8.80*	0.36:1
Junio	4	7	0.82	0.57:1	0	2	2	-	11	1	8.33*	0.09:1
Julio	25	14	3.10	1.78:1	4	15	6.36*	0.26:1	2	8	3.60	4.0:1
Agosto	13	24	3.27	0.54:1	5	10	1.67	0.50:1	4	5	0.11	1.25:1
Septiembre	5	11	2.25	0.45:1	6	12	2	0.50:1	3	7	1.60	2.33:1
Octubre	15	13	0.14	1.15:1	5	21	9.85*	0.23:1	2	1	0.33	0.5:1
Noviembre	5	18	7.35*	0.27:1	26	26	0	1.00:1	36	30	0.55	0.83:1
Diciembre	6	0	6.00*	-	36	24	2.4	1.5:1	-	-	-	-
total	196	197	0.003	1.0:1	248	313	7.53*	0.79:1	227	150	15.72*	1.51:1

ANEXO III. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por *Istiophorus platypterus* en la región de Sinaloa.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Ancistrocheiridae								
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	1	0.02	50	0.09	1	0.34	0.05	0.00
Enoplateuthidae								
<i>Abrialopsis affinis</i>	5	0.12	0.05	0.00	3	1.03	0.12	0.00
Loliginidae								
<i>Lolliguncula diomedae</i>	97	2.27	221.5	0.39	17	5.86	4.53	0.17
Mastigoteuthidae								
<i>Mastigoteuthis</i> spp.	11	0.26	1.11	0.00	3	1.03	0.26	0.01
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	998	23.33	16667	29.02	124	42.76	1264.08	47.19
<i>Sthenoteuthis</i> spp.	3	0.07	297	0.52	1	0.34	0.25	0.01
Onychoteuthidae								
<i>Onychoteuthis banksii</i>	38	0.89	428.5	0.75	1	0.34	1.15	0.04
OCTOPODA								
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	854	19.96	885.5	1.54	100	34.48	73.13	2.73
Octopodidae								
<i>Octopus alecto</i>	6	0.14	32.2	0.06	2	0.69	0.18	0.01
<i>Octopus</i> spp.	35	0.82	1520	2.65	5	1.72	5.38	0.20
Cefalópodos no identificados	4	0.09	473.5	0.82	35	12.07	10.04	0.37
AULOPIFORMES								
Synodontidae								
<i>Synodus scituliceps</i>	11	0.26	5.68	0.01	5	1.72	0.27	0.01
ATHERINIFORMES								
Atherinopsidae								
<i>Atherinella</i> spp.	1	0.02	94.2	0.16	1	0.34	0.08	0.00
BELONIFORMES								
Belonidae								
<i>Ablennes hians</i>	1	0.02	0.88	0.00	1	0.34	0.02	0.00
<i>Strongylura exilis</i>	5	0.12	125.7	0.22	2	0.69	0.27	0.01
<i>Strongylura</i> spp.	1	0.02	425.5	0.74	1	0.34	0.28	0.01
<i>Tylosurus acus pacificus</i>	1	0.02	96.76	0.17	1	0.34	0.08	0.00
<i>Tylosurus crocodilus fodiator</i>	2	0.05	10.5	0.02	2	0.69	0.06	0.00
Exocoetidae								
<i>Cheilopogon papilio</i>	2	0.05	25.26	0.04	2	0.69	0.08	0.00
<i>Cheilopogon pinabarbatus</i>	2	0.05	117.4	0.20	1	0.34	0.12	0.00
Exocoetidae	1	0.02	83.8	0.15	1	0.34	0.07	0.00
Hemiramphidae								
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	63	1.47	1359	2.37	6	2.07	6.37	0.24
<i>Oxiporhamphus micropterus</i>	1	0.02	75.3	0.13	1	0.34	0.07	0.00

ANEXO III. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
BERYCIFORMES								
Holocentridae								
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	69	1.61	41.83	0.07	8	2.76	1.81	0.07
CLUPEIFORMES								
Clupeidae								
<i>Etrumeus teres</i>	3	0.07	105.5	0.18	2	0.69	0.20	0.01
<i>Opisthonema libertate</i>	4	0.09	318.8	0.56	3	1.03	0.67	0.02
<i>Sardinops sagax</i>	4	0.09	151	0.26	4	1.38	0.46	0.02
Engraulidae								
<i>Anchoa compressa</i>	1	0.02	1.8	0.00	1	0.34	0.02	0.00
<i>Anchoa</i> spp.	3	0.07	56.8	0.10	1	0.34	0.10	0.00
LAMPRIFORMES								
Trachipteridae								
<i>Desmodema polysticum</i>	1	0.02	0.16	0.00	1	0.34	0.02	0.00
MUGILIFORMES								
Mugilidae								
<i>Mugil cephalus</i>	2	0.05	140.8	0.25	2	0.69	0.22	0.01
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	6	0.14	83.28	0.14	6	2.07	0.44	0.09
<i>Caranx caballus</i>	15	0.35	860	1.50	9	3.10	5.00	0.02
<i>Caranx orthogramus</i>	1	0.02	2.79	0.00	1	0.34	0.03	0.00
<i>Caranx speciosus</i>	5	0.12	3.83	0.01	2	0.69	0.12	0.00
<i>Caranx</i> spp.	26	0.61	983.9	1.71	9	3.10	5.92	0.19
<i>Caranx vinctus</i>	17	0.40	368.3	0.64	9	3.10	2.39	0.22
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	28	0.65	17.97	0.03	8	2.76	0.74	0.03
<i>Decapterus hipodus</i>	21	0.49	69.01	0.12	9	3.10	0.86	0.03
<i>Decapterus macrosoma</i>	15	0.35	26.78	0.05	10	3.45	0.51	0.02
<i>Decapterus</i> spp.	1	0.02	29	0.05	1	0.34	0.04	0.00
<i>Naucrates ductor</i>	19	0.44	8.43	0.01	3	1.03	0.46	0.02
<i>Oligoplites altus</i>	9	0.21	144.3	0.25	3	1.03	0.47	0.02
<i>Selar crumenoptalmus</i>	7	0.16	238.6	0.42	3	1.03	0.59	0.02
<i>Selene peruviana</i>	45	1.05	105.6	0.18	11	3.79	1.75	0.07
<i>Uraspis helvola</i>	3	0.07	9.5	0.02	3	1.03	0.09	0.00
Chaetodontidae								
<i>Jonrandia nigrirostris</i>	61	1.43	93.56	0.16	16	5.52	2.32	0.09
Ephippidae								
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	1	0.02	1.5	0.00	1	0.34	0.02	0.00
Gerreidae								
<i>Eucinostomus</i> spp.	7	0.16	28.1	0.05	3	1.03	0.21	0.01
Labridae								
<i>Oxyjulis californica</i>	3	0.07	25.5	0.04	1	0.34	0.09	0.00
Lutjanidae								
Lutjanidae	1	0.02	0.4	0.00	1	0.34	0.02	0.00

ANEXO III. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Nematistiidae								
<i>Nematistius pectoralis</i>	3	0.07	17.55	0.03	2	0.69	0.09	0.00
Priacanthidae								
Priacanthidae	1	0.02	12.44	0.02	1	0.34	0.03	0.00
Sciaenidae								
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	21	0.49	217.7	0.38	8	2.76	1.54	0.06
<i>Cynoscion xanthulus</i>	3	0.07	2	0.00	1	0.34	0.07	0.00
<i>Meinticirrhus undulatus</i>	1	0.02	21.4	0.04	1	0.34	0.04	0.00
<i>Umbrina roncador</i>	10	0.23	19.94	0.03	6	2.07	0.31	0.01
Scombridae								
<i>Acanthocybium solandri</i>	1	0.02	0.36	0.00	1	0.34	0.02	0.00
<i>Auxis thazard</i>	199	4.65	20088	34.97	71	24.48	860.92	32.14
<i>Euthynnus lineatus</i>	1	0.02	0.3	0.00	1	0.34	0.02	0.00
<i>Scomber japonicus</i>	21	0.49	49.82	0.09	4	1.38	0.61	0.02
<i>Scomberomorus sierra</i>	8	0.19	37.1	0.06	4	1.38	0.28	0.01
Scombridae	4	0.09	30.38	0.05	3	1.03	0.15	0.01
Serranidae								
<i>Epinephelus analogus</i>	1	0.02	12.15	0.02	1	0.34	0.03	0.00
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	230	5.38	59.16	0.10	12	4.14	5.80	0.22
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	128	2.99	2257	3.93	8	2.76	13.83	0.52
<i>Fistularia corneta</i>	123	2.88	152.9	0.27	20	6.90	4.71	0.18
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	81	1.89	667.8	1.16	7	2.41	4.70	0.18
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	852	19.92	2668	4.64	128	44.14	224.91	8.40
Diodontidae								
<i>Diodon spp.</i>	3	0.07	67.5	0.12	1	0.34	0.11	0.00
Ostraciidae								
<i>Lactoria diaphana</i>	1	0.02	16.2	0.03	1	0.34	0.03	0.00
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	30	0.70	931.4	1.62	24	8.28	14.12	0.53
<i>Sphoeroides annulatus</i>	8	0.19	8.38	0.01	4	1.38	0.21	0.01
<i>Sphoeroides lobatus</i>	1	0.02	1.71	0.00	1	0.34	0.02	0.00
Peces no identificados	18	0.42	2507	4.36	97	33.45	146.41	5.47
MALACOSTRACA								
DECAPODA								
Cancridae								
<i>Cancer spp.</i>	1	0.02	0.5	0.00	1	0.34	0.02	0.00
Penaeidae								
<i>Litopenaeus spp.</i>	1	0.02	6.1	0.01	1	0.34	0.03	0.00

ANEXO III. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Portunidae								
<i>Euphyllax dovii</i>	3	0.07	3	0.01	1	0.34	0.07	0.00
GASTROPODA								
restos de gasterópodos	1	0.02	126.6	0.22	2	0.69	0.18	0.01
ISOPODA								
Isopoda	2	0.05	0.79	0.00	1	0.34	0.05	0.00
Crustáceos no identificados			79.65	0.14	4	1.38	0.19	0.01
MONI			461	0.80	24	8.28	6.64	0.25
TOTALES	4278	100.00	57436	100.00	290		2678.68	100.00

ANEXO IV. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por *Istiophorus platypterus* en la región de Guerrero.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Gonatidae								
<i>Gonatus onyx</i>	12	0.96	853.70	0.82	6	2.36	83.16	0.82
OCTOPODA								
Octopodidae								
<i>Octopus alecto</i>	26	2.09	510.60	0.49	9	3.54	51.25	0.51
<i>Octopus spp.</i>	99	7.95	4718.00	4.54	14	5.51	462.19	4.58
Argonautidae								
<i>Argonauta spp.</i>	33	2.65	134.97	0.13	6	2.36	15.64	0.15
Cefalópodos no identificados			1931.49	1.86	49	19.29	185.96	1.84
BELONIFORMES								
Belonidae								
<i>Strongylura exilis</i>	4	0.32	187.80	0.18	3	1.18	18.40	0.18
CUPLEIFORME								
Engraulidae								
<i>Anchoa spp.</i>	6	0.48	158.30	0.15	3	1.18	15.72	0.16
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	8	0.64	111.56	0.11	6	2.36	11.38	0.11
<i>Caranx caballus</i>	20	1.61	4041.30	3.89	36	14.17	390.70	3.87
<i>Caranx spp.</i>	24	1.93	1911.60	1.84	11	4.33	185.97	1.84
<i>Caranx vinctus</i>	53	4.25	1606.00	1.55	10	3.94	158.88	1.57
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	24	1.93	1393.70	1.34	5	1.97	136.11	1.35
<i>Selar crumenoptalmus</i>	3	0.24	243.40	0.23	2	0.79	23.67	0.23
<i>Selene brevoortii</i>	6	0.48	89.30	0.09	4	1.57	9.08	0.09
<i>Selene peruviana</i>	7	0.56	83.30	0.08	6	2.36	8.58	0.08
<i>Uraspis helvola</i>	16	1.28	75.00	0.07	13	5.12	8.50	0.08
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	342	27.45	65850.2	63.40	125	49.21	6367.41	63.04
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	201	16.13	2212.40	2.13	22	8.66	229.14	2.27
Monacanthidae								
<i>Aluterus monoceros</i>	2	0.16	42.20	0.04	2	0.79	4.22	0.04
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	100	8.03	3029.14	2.92	29	11.42	299.67	2.97
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerra lucetia</i>	3	0.24	2.81	0.00	3	1.18	0.51	0.01

ANEXO IV. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	241	19.34	6749.10	6.50	19	7.48	669.13	6.63
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	16	1.28	99.90	0.10	5	1.97	10.90	0.11
Peces no identificados			1633.50	1.57	28	11.02	157.27	1.56
MONI			6196.10	5.97	50	19.69	596.55	5.91
TOTALES	1246	100	103865	100	254		10100	100

ANEXO V. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por *Istiophorus platypterus* en la región de Oaxaca.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	2	0.55	72.00	0.26	2	1.72	1.00	0.03
Onychoteutidae								
<i>Onychoteuthis</i> spp.	1	0.27	3.70	0.01	1	0.86	0.28	0.01
OCTOPODA								
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	15	4.10	89.10	0.32	6	5.17	5.77	0.17
Cefalópodos no identificados	14	3.83	156.72	0.57	7	6.03	7.25	0.22
OSTEICHTHYES								
BELONIFORMES								
Hemiramphidae								
<i>Hemiramphus saltator</i>	9	2.46	710.70	2.58	6	5.17	15.78	0.47
CLUPEIFORMES								
Clupeidae								
Clupeidae	1	0.27	2.00	0.01	1	0.86	0.28	0.01
Engraulidae								
<i>Anchoa</i> spp.	2	0.55	0.20	0.00	2	1.72	0.55	0.02
GADIFORMES								
Bregmacerotidae								
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	10	2.73	7.50	0.03	5	4.31	2.85	0.09
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	10	2.73	184.68	0.67	7	6.03	6.77	0.20
<i>Caranx caballus</i>	17	4.64	2540.70	9.21	11	9.48	91.98	2.76
<i>Caranx caninus</i>	6	1.64	881.40	3.20	5	4.31	15.41	0.46
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	4	1.09	311.30	1.13	4	3.45	4.98	0.15
<i>Decapterus macarellus</i>	19	5.19	1501.74	5.44	10	8.62	52.12	1.57
<i>Hemicaranx leucurus</i>	1	0.27	19.30	0.07	1	0.86	0.33	0.01
<i>Hemicaranx</i> spp.	1	0.27	35.10	0.13	1	0.86	0.38	0.01
<i>Selar crumenophthalmus</i>	20	5.46	478.40	1.73	13	11.21	24.90	0.75
<i>Selene peruviana</i>	5	1.37	112.40	0.41	4	3.45	2.77	0.08
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	0.27	940.00	3.41	1	0.86	3.21	0.10
Polynemidae								
<i>Polydactylus opercularis</i>	12	3.28	722.40	2.62	3	2.59	10.05	0.30

ANEXO V. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	94	25.68	15973.50	57.90	58	50.00	2920.91	87.76
<i>Euthynnus lineatus</i>	1	0.27	279.10	1.01	1	0.86	1.15	0.03
Scombridae	1	0.27	196.10	0.71	1	0.86	0.89	0.03
Stromateidae								
<i>Peprilus similimus</i>	1	0.27	34.00	0.12	1	0.86	0.38	0.01
<i>Peprilus snyderi</i>	3	0.82	340.20	1.23	2	1.72	2.95	0.09
<i>Peprilus spp.</i>	1	0.27	0.20	0.00	1	0.86	0.27	0.01
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	7	1.91	5.10	0.02	2	1.72	1.94	0.06
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia corneta</i>	5	1.37	39.20	0.14	4	3.45	1.86	0.06
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	1	0.27	8.40	0.03	1	0.86	0.30	0.01
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	9	2.46	13.94	0.05	4	3.45	2.63	0.08
Balistidae	4	1.09	2.00	0.01	3	2.59	1.11	0.03
<i>Sufflamen verres</i>	2	0.55	1.80	0.01	1	0.86	0.55	0.02
Monacanthidae								
<i>Aluterus scriptus</i>	1	0.27	16.00	0.06	1	0.86	0.32	0.01
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	40	10.93	1550.30	5.62	19	16.38	102.98	3.09
<i>Sphoeroides spp.</i>	1	0.27	46.00	0.17	1	0.86	0.42	0.01
Tetraodontidae	2	0.55	14.00	0.05	1.	0.86	0.59	0.02
Peces no identificados	43	11.75	296.70	1.08	33	28.45	42.35	1.27
TOTALES	366	100	27585.88	100.00	116		3328	100.0

ANEXO VI. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por machos de *Istiophorus platypterus* en la región de Sinaloa.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Ancistrocheiridae								
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	1	0.06	50	0.20	1	0.76	0.21	0.01
Enoplateuthidae								
<i>Abrialopsis affinis</i>	2	0.11	0.02	0.00	2	1.53	0.11	0.00
Loliginidae								
<i>Lolliguncula diomedae</i>	35	1.99	183.6	0.72	10	7.63	7.50	0.26
Mastigoteuthidae								
<i>Mastigoteuthis</i> spp.	8	0.45	1	0.00	1	0.76	0.46	0.02
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	391	22.19	9308	36.61	65	49.62	1838.87	62.66
Onychoteuthidae								
<i>Onychoteuthis banksii</i>	38	2.16	428.5	1.69	1	0.76	3.44	0.12
OCTOPODA								
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	307	17.42	344.1	1.35	44	33.59	62.89	2.14
Octopodidae								
<i>Octopus alecto</i>	5	0.28	32	0.13	1	0.76	0.38	0.01
<i>Octopus</i> spp.	3	0.17	13.8	0.05	1	0.76	0.21	0.01
Cefalópodos no identificados	1	0.06	286.2	1.13	21	16.03	18.10	0.62
OSTEICHTHYES								
AULOPIFORMES								
Synodontidae								
<i>Synodus scituliceps</i>	8	0.45	4.14	0.02	2	1.53	0.48	0.02
BELONIFORMES								
Belonidae								
<i>Strongylura exilis</i>	4	0.23	36	0.14	1	0.76	0.34	0.01
<i>Strongylura</i> spp.	2	0.11	425.5	1.67	1	0.76	1.39	0.05
<i>Tylosurus acus pacificus</i>	1	0.06	96.76	0.38	1	0.76	0.35	0.01
Exocoetidae								
<i>Cheilopogon papilio</i>	2	0.11	25.26	0.10	2	1.53	0.27	0.01
<i>Cheilopogon pinabarbatus</i>								
Exocoetidae	1	0.06	83.6	0.33	1	0.76	0.31	0.01

ANEXO VI. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Hemiramphidae								
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	30	1.70	639.5	2.52	4	3.05	9.38	0.32
<i>Oxiporhamphus micropterus</i>	1	0.06	75.3	0.30	1	0.76	0.28	0.01
BERYCIFORMES								
Holocentridae								
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	52	2.95	17.35	0.07	2	1.53	3.06	0.10
CLUPEIFORME								
Clupeidae								
<i>Etrumeus teres</i>	2	0.11	60.3	0.24	1	0.76	0.29	0.01
<i>Opisthonema libertate</i>								
<i>Sardinops sagax</i>	3	0.17	121	0.48	3	2.29	1.26	0.04
Engraulidae								
<i>Anchoa</i> spp.								
<i>Anchoa compressa</i>	1	0.06	1.8	0.01	1	0.76	0.06	0.00
LAMPRIFORMES								
Trachipteridae								
<i>Desmodema polysticum</i>								
MUGILIFORMES								
Mugilidae								
<i>Mugil cephalus</i>	2	0.11	140.8	0.55	2	1.53	0.96	0.03
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	2	0.11	1	0.00	2	1.53	0.12	0.00
<i>Caranx caballus</i>	11	0.62	802	3.15	5	3.82	12.66	0.43
<i>Caranx orthogramus</i>	1	0.06	2.9	0.01	1	0.76	0.07	0.00
<i>Caranx speciosus</i>	1	0.06	1.02	0.00	1	0.76	0.06	0.00
<i>Caranx</i> spp.	4	0.23	16	0.06	1	0.76	0.28	0.01
<i>Caranx vinctus</i>	3	0.17	85.12	0.33	3	2.29	0.94	0.03
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	3	0.17	2.45	0.01	2	1.53	0.18	0.01
<i>Decapterus hipodus</i>	13	0.74	59.17	0.23	3	2.29	1.27	0.04
<i>Decapterus macrosoma</i>	10	0.57	17.26	0.07	6	4.58	0.88	0.03
<i>Naucrates ductor</i>	9	0.51	7.2	0.03	1	0.76	0.53	0.02
<i>Oligoplites altus</i>	3	0.17	45.2	0.18	1	0.76	0.31	0.01
<i>Selar crumenoptalmus</i>	4	0.23	204.7	0.81	2	1.53	1.46	0.05
<i>Selene peruviana</i>	37	2.10	66.62	0.26	5	3.82	3.10	0.11
Chaetodontidae								
<i>Jonrandia nigrirostris</i>	19	1.08	47.85	0.19	6	4.58	1.94	0.07
Ephippidae								
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	1	0.06	1.5	0.01	1	0.76	0.06	0.00
Gerreidae								
<i>Eucinostomus</i> spp.	6	0.34	16.5	0.06	2	1.53	0.44	0.01
Nematistiidae								
<i>Nematistius pectoralis</i>	2	0.11	16.4	0.06	1	0.76	0.16	0.01

ANEXO VI. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Sciaenidae								
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	17	0.96	204.9	0.81	5	3.82	4.04	0.14
<i>Cynoscion xanthulus</i>	3	0.17	2	0.01	1	0.76	0.18	0.01
<i>Meinticirrhus undulatus</i>	1	0.06	21.4	0.08	1	0.76	0.12	0.00
<i>Umbrina roncador</i>	7	0.40	14.36	0.06	3	2.29	0.53	0.02
Scombridae								
<i>Acanthocybium solandri</i>	1	0.06	0.36	0.00	1	0.76	0.06	0.00
<i>Auxis thazard</i>	77	4.37	7051	27.74	26	19.85	554.87	18.91
<i>Scomber japonicus</i>	3	0.17	0.43	0.00	2	1.53	0.17	0.01
<i>Scomberomorus sierra</i>	5	0.28	29.24	0.12	3	2.29	0.55	0.02
Scombridae	2	0.11	4	0.02	1	0.76	0.13	0.00
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	200	11.35	51.37	0.20	7	5.34	12.43	0.42
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	23	1.31	669.5	2.63	3	2.29	7.34	0.25
<i>Fistularia corneta</i>	19	1.08	51.21	0.20	7	5.34	2.15	0.07
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	57	3.23	435.4	1.71	5	3.82	9.77	0.33
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	286	16.23	756.2	2.97	57	43.51	145.66	4.96
Ostraciidae								
<i>Lactoria diaphana</i>	1	0.06	16.2	0.06	1	0.76	0.11	0.00
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	13	0.74	381.4	1.50	11	8.40	13.33	0.45
<i>Sphoeroides annulatus</i>	5	0.28	4.71	0.02	2	1.53	0.31	0.01
Peces no identificados	7	0.40	1454	5.72	43	32.82	188.08	6.41
MALACOSTRACA								
DECAPODA								
Cancridae								
<i>Cancer spp.</i>	1	0.06	0.5	0.00	1	0.76	0.06	0.00
Portunidae								
<i>Euphylax dovii</i>	3	0.17	3	0.01	1	0.76	0.18	0.01
ISOPODA								
Isopoda	2	0.11	0.79	0.00	1	0.76	0.12	0.00
Crustáceos no identificados		78.55	0.309	2.00	1.527	0.47	0.02	
MONI			424.8	1.67	15	11.45	19.13	0.65
TOTALES	1762	100	25423	100	131		2934.82	100

ANEXO VII. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por hembras de *Istiophorus platypterus* en la región de Sinaloa.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
<i>Enoploteuthidae</i>								
<i>Abrialiopsis affinis</i>	1	0.05	0.03	0.00	1	0.74	0.05	0.00
<i>Loliginidae</i>								
<i>Lolliguncula diomedae</i>	56	2.66	35.6	0.13	6	4.41	3.23	0.12
<i>Mastigoteuthidae</i>								
<i>Mastigoteuthis</i> spp.	3	0.14	0.11	0.00	2	1.47	0.14	0.01
<i>Ommastrephidae</i>								
<i>Dosidicus gigas</i>	572	27.17	7119	25.92	55	40.44	1075.27	40.71
OCTOPODA								
<i>Argonautidae</i>								
<i>Argonauta</i> spp.	459	21.81	177.7	0.65	46	33.82	43.68	1.65
<i>Octopodidae</i>								
<i>Octopus alecto</i>	1	0.05	0.2	0.00	1	0.74	0.05	0.00
<i>Octopus</i> spp.	32	1.52	1506	5.48	4	2.94	17.64	0.67
Cefalópodos no identificados	1	0.05	172.9	0.63	11	8.09	5.14	0.19
OSTEICHTHYES								
AULOPIFORMES								
<i>Synodontidae</i>								
<i>Synodus scituliceps</i>	3	0.14	1.54	0.01	3	2.21	0.15	0.01
ATHERINIFORMES								
<i>Atherinopsidae</i>								
<i>Atherinella</i> spp.	1	0.05	94.2	0.34	1	0.74	0.30	0.01
BELONIFORMES								
<i>Belonidae</i>								
<i>Ablennes hians</i>	1	0.05	0.88	0.00	1	0.74	0.05	0.00
<i>Tylosurus crocodilus fodiator</i>	2	0.10	10.5	0.04	2	1.47	0.15	0.01
<i>Exocoetidae</i>								
<i>Cheilopogon papilio</i>	2	0.10	117.4	0.43	1	0.74	0.41	0.02
<i>Hemiramphidae</i>								
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	33	1.57	719.3	2.62	2	1.47	5.42	0.21
BERYCIFORMES								
<i>Holocentridae</i>								
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	17	0.81	24.48	0.09	6	4.41	1.20	0.05
CLUPEIFORME								
<i>Clupeidae</i>								
<i>Etrumeus teres</i>	1	0.05	45.15	0.16	1	0.74	0.17	0.01
<i>Opisthonema libertate</i>	4	0.19	318.8	1.16	3	2.21	2.75	0.10
<i>Engraulidae</i>								
<i>Anchoa</i> spp.	3	0.14	56.8	0.21	1	0.74	0.29	0.01
LAMPRIFORMES								
<i>Trachipteridae</i>								
<i>Desmodema polysticum</i>	1	0.05	0.16	0.00	1	0.74	0.05	0.00

ANEXO VII. Continuación.

PRESAS		N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
PERCIFORMES									
Carangidae									
	Carangidae	4	0.19	17.68	0.06	4	2.94	0.38	0.01
	<i>Caranx caballus</i>	3	0.14	50.62	0.18	3	2.21	0.55	0.02
	<i>Caranx speciosus</i>	4	0.19	2.81	0.01	1	0.74	0.20	0.01
	<i>Caranx</i> spp.	11	0.52	948.9	3.45	7	5.15	18.30	0.69
	<i>Caranx vinctus</i>	14	0.67	283.2	1.03	6	4.41	5.21	0.20
	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	5	0.24	5.82	0.02	4	2.94	0.30	0.01
	<i>Decapterus hipodus</i>	7	0.33	8.88	0.03	5	3.68	0.45	0.02
	<i>Decapterus macrosoma</i>	5	0.24	9.52	0.03	4	2.94	0.34	0.01
	<i>Naucrates ductor</i>	10	0.48	1.23	0.00	1	0.74	0.48	0.02
	<i>Oligoplites altus</i>	6	0.29	99.1	0.36	2	1.47	0.82	0.03
	<i>Selar crumenophthalmus</i>	3	0.14	33.94	0.12	3	2.21	0.42	0.02
	<i>Selene peruviana</i>	8	0.38	38.96	0.14	5	3.68	0.90	0.03
	<i>Uraspis helvola</i>	2	0.10	4.5	0.02	2	1.47	0.12	0.00
Chaetodontidae									
	<i>Jonrandia nigrirostris</i>	34	1.62	79.91	0.29	9	6.62	3.54	0.13
Labridae									
	<i>Oxyjulis californica</i>	3	0.14	25.5	0.09	1	0.74	0.21	0.01
Lutjanidae									
	Lutjanidae	1	0.05	0.4	0.00	1	0.74	0.05	0.00
Nematistiidae									
	<i>Nematistius pectoralis</i>	1	0.05	1.15	0.00	1	0.74	0.05	0.00
Priacanthidae									
	Priacanthidae	1	0.05	12.44	0.05	1	0.74	0.08	0.00
Sciaenidae									
	<i>Cynoscion parvipinnis</i>	4	0.19	12.8	0.05	3	2.21	0.29	0.01
	<i>Umbrina roncador</i>	3	0.14	5.58	0.02	3	2.21	0.19	0.01
Scombridae									
	<i>Auxis thazard</i>	113	5.37	10756	39.16	37	27.21	1070.69	40.54
	<i>Euthynnus lineatus</i>	1	0.05	0.3	0.00	1	0.74	0.05	0.00
	<i>Scomber japonicus</i>	18	0.86	49.39	0.18	2	1.47	1.12	0.04
	<i>Scomberomorus sierra</i>	3	0.14	7.86	0.03	1	0.74	0.16	0.01
	Scombridae	2	0.10	26.38	0.10	2	1.47	0.24	0.01
Serranidae									
	<i>Epinephelus analogus</i>	1	0.05	12.15	0.04	1	0.74	0.08	0.00
STOMIIFORMES									
Phosichthyidae									
	<i>Vinciguerria lucetia</i>	21	1.00	2.09	0.01	4	2.94	1.02	0.04
SYNGNATHIFORMES									
Fistulariidae									
	<i>Fistularia commersonii</i>	94	4.47	1266	4.61	4	2.94	18.02	0.68
	<i>Fistularia corneta</i>	88	4.18	78.93	0.29	10	7.35	6.29	0.24
Syngnathidae									
	<i>Hippocampus ingens</i>	24	1.14	232.4	0.85	2	1.47	2.38	0.09

ANEXO VII. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	385	18.29	1401	5.10	59	43.38	239.48	9.07
Diodontidae								
<i>Diodon</i> spp.	3	0.14	67.5	0.25	1	0.74	0.32	0.01
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	15	0.71	540.8	1.97	11	8.09	16.64	0.63
<i>Sphoeroides annulatus</i>	3	0.14	3.67	0.01	2	1.47	0.16	0.01
<i>Sphoeroides lobatus</i>	1	0.05	1.71	0.01	1	0.74	0.05	0.00
Peces no identificados	9	0.43	812.3	2.96	43	31.62	93.92	3.56
MALACOSTRACA								
DECAPODA								
Penaeidae								
<i>Litopenaeus</i> spp.	1	0.05	6.1	0.02	1	0.74	0.06	0.00
GASTROPODA								
restos de gasterópodos	1	0.05	126.6	0.46	2	1.47	0.73	0.03
Crustáceos no identificados			0.2	0.00	1	0.74	0.00	0.00
MONI			34.2	0.12	8	5.88	0.73	0.03
TOTALES	2105	100	27469	100	136		2641.18	100.00

ANEXO VIII. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por hembras inmaduras de *Istiophorus platypterus* en la región de Sinaloa.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
<i>Enoploteuthidae</i>								
<i>Abraliopsis affinis</i>	3	0.33	0.03	0.00	1	1.41	0.33	0.01
<i>Loliginidae</i>								
<i>Lolliguncula diomedae</i>	54	5.86	35.58	0.19	4	5.63	6.93	0.25
<i>Mastigoteuthidae</i>								
<i>Mastigoteuthis</i> spp.	1	0.11	0.03	0.00	1	1.41	0.11	0.00
<i>Ommastrephidae</i>								
<i>Dosidicus gigas</i>	277	30.08	4789	25.55	25	35.21	929.80	34.01
OCTOPODA								
<i>Argonautidae</i>								
<i>Argonauta</i> spp.	109	11.83	49.6	0.26	21	29.58	19.66	0.72
<i>Octopodidae</i>								
<i>Octopus</i> spp.	24	2.61	1038	5.54	4	5.63	33.82	1.24
Cefalópodos no identificados		128.6	0.69	7	9.86	6.76	0.25	
OSTEICHTHYES								
AULOPIFORMES								
<i>Synodontidae</i>								
<i>Synodus scituliceps</i>	2	0.22	1.44	0.01	2	2.82	0.24	0.01
BELONIFORMES								
<i>Belonidae</i>								
<i>Tylosurus crocodilus fodiator</i>	2	0.22	10.5	0.06	2	2.82	0.37	0.01
<i>Hemiramphidae</i>								
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	33	3.58	719.3	3.84	2	2.82	14.39	0.53
BERYCIFORMES								
<i>Holocentridae</i>								
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	2	0.22	2.26	0.01	2	2.82	0.25	0.01
CLUPEIFORME								
<i>Clupeidae</i>								
<i>Etrumeus teres</i>								
<i>Opisthonema libertate</i>	1	0.11	23.3	0.12	1	1.41	0.28	0.01
<i>Sardinops sagax</i>								
<i>Engraulidae</i>								
<i>Anchoa</i> spp.	3	0.33	56.8	0.30	1	1.41	0.75	0.03
PERCIFORMES								
<i>Carangidae</i>								
<i>Carangidae</i>	1	0.11	17	0.09	1	1.41	0.24	0.01
<i>Caranx caballus</i>	1	0.11	50	0.27	1	1.41	0.48	0.02
<i>Caranx</i> spp.	9	0.98	925.9	4.94	5	7.04	35.76	1.31
<i>Caranx vinctus</i>	7	0.76	193.3	1.03	2	2.82	3.67	0.13
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	2	0.22	3.71	0.02	2	2.82	0.27	0.01
<i>Decapterus macrosoma</i>	2	0.22	0.54	0.00	1	1.41	0.22	0.01
<i>Naucrates ductor</i>	3	0.33	0.12	0.00	1	1.41	0.33	0.01

ANEXO VIII. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
<i>Oligoplites altus</i>	1	0.11	11.5	0.06	1	1.41	0.19	0.01
<i>Selene peruviana</i>	6	0.65	37.05	0.20	4	5.63	1.77	0.06
<i>Uraspis helvola</i>	1	0.11	2.8	0.01	1	1.41	0.13	0.00
Chaetodontidae								
<i>Jonrandalia nigrirostris</i>	15	1.63	36.29	0.19	5	7.04	2.99	0.11
Labridae								
<i>Oxyjulis californica</i>	3	0.33	25.5	0.14	1	1.41	0.52	0.02
Priacanthidae								
Priacanthidae	1	0.11	12.44	0.07	1	1.41	0.20	0.01
Sciaenidae								
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	3	0.33	12	0.06	2	2.82	0.51	0.02
<i>Umbrina roncador</i>	2	0.22	3.93	0.02	2	2.82	0.28	0.01
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	39	4.23	7750	41.35	22	30.99	1285.36	47.01
Scombridae	1	0.11	25.86	0.14	1	1.41	0.30	0.01
Serranidae								
<i>Epinephelus analogus</i>	1	0.11	12.15	0.06	1	1.41	0.20	0.01
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	1	0.11	0.5	0.00	1	1.41	0.11	0.00
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	33	3.58	615	3.28	2	2.82	12.83	0.47
<i>Fistularia corneta</i>	42	4.56	63.01	0.34	6	8.45	7.40	0.27
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	11	1.19	133.5	0.71	1	1.41	2.20	0.08
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	206	22.37	921.8	4.92	29	40.85	223.25	8.17
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	11	1.19	369.2	1.97	8	11.27	23.39	0.86
<i>Sphoeroides annulatus</i>	3	0.33	3.67	0.02	2	2.82	0.38	0.01
<i>Sphoeroides lobatus</i>	1	0.11	1.71	0.01	1	1.41	0.12	0.00
Peces no identificados	4	0.43	644.7	3.44	24	33.80	116.70	4.27
MALACOSTRACA								
DECAPODA								
Crustáceos no identificados		0.1	0.00	1	1.41	0.00	0.00	
MONI			15.3	0.08	4	5.63	0.46	0.02
TOTALES	921	100	18743	100	71		2733.97	100

ANEXO IX. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por hembras maduras de *Istiophorus platypterus* en la región de Sinaloa durante 2008 y 2009.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
<i>Loliginidae</i>								
<i>Lolliguncula diomedae</i>	2	0.18	0.02	0.00	2	3.51	0.18	0.01
<i>Mastigoteuthidae</i>								
<i>Mastigoteuthis</i> spp.	2	0.18	0.08	0.00	2	3.51	0.18	0.01
<i>Ommastrephidae</i>								
<i>Dosidicus gigas</i>	289	25.40	2318	32.39	28	49.12	1616.58	54.11
OCTOPODA								
<i>Argonautidae</i>								
<i>Argonauta</i> spp.	349	30.67	127.2	1.78	24	42.11	105.52	3.53
<i>Octopodidae</i>								
<i>Octopus alecto</i>	1	0.09	0.2	0.00	1	1.75	0.09	0.00
<i>Octopus</i> spp.	1	0.09	1.7	0.02	1	1.75	0.13	0.00
Cefalópodos no identificados			43.6	0.61	3	5.26	3.21	0.11
OSTEICHTHYES								
AULOPIFORMES								
<i>Synodontidae</i>								
<i>Synodus scituliceps</i>	1	0.09	0.1	0.00	1	1.75	0.09	0.00
ATHERINIFORMES								
<i>Atherinopsidae</i>								
<i>Atherinella</i> spp.	1	0.09	94.2	1.32	1	1.75	2.40	0.08
BELONIFORMES								
<i>Belonidae</i>								
<i>Ablennes hians</i>	1	0.09	0.88	0.01	1	1.75	0.11	0.00
<i>Exocoetidae</i>								
<i>Cheilopogon pinabarbatus</i>	2	0.18	117.4	1.64	1	1.75	3.05	0.10
BERYCIFORMES								
<i>Holocentridae</i>								
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	15	1.32	22.22	0.31	4	7.02	3.50	0.12
CLUPEIFORME								
<i>Clupeidae</i>								
<i>Etrumeus teres</i>	1	0.09	45.15	0.63	1	1.75	1.19	0.04
<i>Opisthonema libertate</i>	2	0.18	204.7	2.86	1	1.75	5.19	0.17
LAMPRIFORMES								
<i>Trachipteridae</i>								
<i>Desmodema polysticum</i>	1	0.09	0.16	0.00	1	1.75	0.09	0.00
PERCIFORMES								
<i>Carangidae</i>								
<i>Carangidae</i>	2	0.18	0.24	0.00	2	3.51	0.19	0.01
<i>Caranx caballus</i>	2	0.18	0.62	0.01	2	3.51	0.21	0.01
<i>Caranx speciosus</i>	4	0.35	2.81	0.04	1	1.75	0.42	0.01
<i>Caranx</i> spp.	2	0.18	23	0.32	2	3.51	1.30	0.04
<i>Caranx vinctus</i>	5	0.44	88.88	1.24	3	5.26	6.98	0.23

ANEXO IX. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	3	0.26	2.11	0.03	2	3.51	0.37	0.01
<i>Decapterus hipodus</i>	7	0.62	8.88	0.12	5	8.77	1.70	0.06
<i>Decapterus macrosoma</i>	2	0.18	2.42	0.03	2	3.51	0.29	0.01
<i>Naucrates ductor</i>	7	0.62	1.11	0.02	1	1.75	0.64	0.02
<i>Oligoplites altus</i>	5	0.44	87.6	1.22	1	1.75	2.59	0.09
<i>Selene peruviana</i>	2	0.18	1.91	0.03	2	3.51	0.27	0.01
<i>Uraspis helvola</i>	1	0.09	1.7	0.02	1	1.75	0.13	0.00
Chaetodontidae								
<i>Jonrandia nigrirostris</i>	19	1.67	43.62	0.61	4	7.02	5.95	0.20
Lutjanidae								
Lutjanidae	1	0.09	0.4	0.01	1	1.75	0.10	0.00
Nematistiidae								
<i>Nematistius pectoralis</i>	1	0.09	1.15	0.02	1	1.75	0.12	0.00
Sciaenidae								
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	1	0.09	0.8	0.01	1	1.75	0.11	0.00
<i>Umbrina roncador</i>	1	0.09	1.65	0.02	1	1.75	0.13	0.00
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	72	6.33	2306	32.22	13	22.81	741.21	24.81
<i>Euthynnus lineatus</i>	1	0.09	0.3	0.00	1	1.75	0.10	0.00
<i>Scomber japonicus</i>	18	1.58	49.39	0.69	2	3.51	4.00	0.13
Scombridae	1	0.09	0.52	0.01	1	1.75	0.10	0.00
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	20	1.76	1.59	0.02	3	5.26	1.87	0.06
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	61	5.36	651.2	9.10	2	3.51	37.29	1.25
<i>Fistularia corneta</i>	46	4.04	15.92	0.22	4	7.02	5.60	0.19
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	178	15.64	473	6.61	29	50.88	351.99	11.78
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	3	0.26	96.6	1.35	2	3.51	5.00	0.17
Peces no identificados	2	0.18	164.3	2.30	17	29.82	68.67	2.30
MALACOSTRACA								
DECAPODA								
Penaeidae								
<i>Litopenaeus spp.</i>	1	0.09	6.1	0.09	1	1.75	0.24	0.01
GASTROPODA								
restos de gasterópodos	2	0.18	126.6	1.77	2	3.51	6.38	0.21
Crustáceos no identificados			1	0.01	1	1.75	0.02	0.00
MONI			18.9	0.26	4	7.02	1.85	0.06
TOTALES	1138	100	7155	100	57		2987.35	100

ANEXO X. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por de *Istiophorus platypterus* en época fría en la región de Sinaloa.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
<i>Loliginidae</i>								
<i>Lolliguncula diomedae</i>	7	1.36	1	0.01	1	3.03	1.38	0.05
<i>Ommastrephidae</i>								
<i>Dosidicus gigas</i>	137	26.60	2977	22.03	17	51.52	1161.62	43.24
<i>Onychoteuthidae</i>								
<i>Onychoteuthis banksii</i>	38	7.38	428.5	3.17	1	3.03	16.99	0.63
OCTOPODA								
<i>Argonautidae</i>								
<i>Argonauta</i> spp.	22	4.27	18.08	0.13	8	24.24	7.52	0.28
<i>Octopodidae</i>								
<i>Octopus</i> spp.	7	1.36	465.8	3.45	1	3.03	11.81	0.44
Cefalópodos no identificados	3	0.58	94.51	0.70	4	12.12	9.06	0.34
OSTEICHTHYES								
BELONIFORMES								
<i>Belonidae</i>								
<i>Strongylura exilis</i>	2	0.39	425.5	3.15	1	3.03	9.93	0.37
CLUPEIFORMES								
<i>Clupeidae</i>								
<i>Opisthonema libertate</i>	1	0.19	23.3	0.17	1	3.03	0.72	0.03
<i>Engraulidae</i>								
<i>Anchoa</i> spp.	3	0.58	56.8	0.42	3	9.09	4.40	0.16
MUGILIFORMES								
<i>Mugilidae</i>								
<i>Mugil cephalus</i>	1	0.19	132.5	0.98	1	3.03	3.17	0.12
PERCIFORMES								
<i>Carangidae</i>								
<i>Caranx caballus</i>	7	1.36	799.7	5.92	3	9.09	55.16	2.05
<i>Caranx</i> spp.	7	1.36	912.9	6.76	3	9.09	62.78	2.34
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	1	0.19	2.18	0.02	1	3.03	0.24	0.01
<i>Oligoplites altus</i>	5	0.97	87.5	0.65	1	3.03	2.93	0.11
<i>Selar crumenophtalmus</i>	3	0.58	157.9	1.17	1	3.03	4.12	0.15
<i>Chaetodontidae</i>								
<i>Jonrandia nigrirostris</i>	6	1.17	12.76	0.09	2	6.06	1.74	0.06
<i>Gerreidae</i>								
<i>Eucinostomus</i> spp.	5	0.97	15	0.11	1	3.03	1.31	0.05

ANEXO X. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Sciaenidae								
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	6	1.17	96.9	0.72	3	9.09	7.68	0.29
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	20	3.88	4888	36.17	9	27.27	990.44	36.87
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	18	3.50	34.7	0.26	2	6.06	5.05	0.19
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	30	5.83	390.2	2.89	3	9.09	32.08	1.19
<i>Fistularia corneta</i>	26	5.05	10.21	0.08	4	12.12	5.96	0.22
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	78	15.15	644.1	4.77	6	18.18	101.81	3.79
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	72	13.98	267.5	1.98	11	33.33	79.98	2.98
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	5	0.97	55.08	0.41	3	9.09	4.68	0.17
<i>Sphoeroides annulatus</i>	2	0.39	3.64	0.03	1	3.03	0.47	0.02
<i>Sphoeroides lobatus</i>								
Peces no identificados	1	0.19	509.4	3.77	9	27.27	103.00	3.83
MALACOSTRACA								
DECAPODA								
ISOPODA								
Isopoda	2	0.39	0.79	0.01	1	3.03	0.41	0.02
MONI			1	0.01	1	3.03	0.02	0
TOTALES	515	100	13513	100	33		2686.44	100

ANEXO XI. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por de *Istiophorus platypterus* en época cálida en la región de Sinaloa.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
<i>Ancistrocheiridae</i>								
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	1	0.03	50	0.13	1	0.39	0.08	0.00
<i>Enoploteuthidae</i>								
<i>Abraliopsis affinis</i>	5	0.17	0.05	0.00	3	1.17	0.17	0.01
<i>Loliginidae</i>								
<i>Lolliguncula diomedae</i>	78	2.62	151.1	0.40	10	3.89	4.16	0.18
<i>Mastigoteuthidae</i>								
<i>Mastigoteuthis</i> spp.	8	0.27	1	0.00	1	0.39	0.27	0.01
<i>Ommastrephidae</i>								
<i>Dosidicus gigas</i>	775	26.02	11436	29.91	84	32.68	1003.58	43.06
OCTOPODA								
<i>Argonautidae</i>								
<i>Argonauta</i> spp.	480	16.11	798.4	2.09	67	26.07	70.55	3.03
<i>Octopodidae</i>								
<i>Octopus alecto</i>	6	0.20	32.2	0.08	2	0.78	0.27	0.01
<i>Octopus</i> spp.	28	0.94	1054	2.76	4	1.56	5.23	0.22
Cefalópodos no identificados	1	0.03	290.2	0.76	22	8.56	6.53	0.28
OSTEICHTHYES								
AULOPIFORMES								
<i>Synodontidae</i>								
<i>Synodus scituliceps</i>	2	0.07	1.71	0.00	2	0.78	0.07	0.00
ATHERINIFORMES								
<i>Atherinopsidae</i>								
<i>Atherinella</i> spp.	1	0.03	94.2	0.25	1	0.39	0.13	0.01
BELONIFORMES								
<i>Belonidae</i>								
<i>Ablennes hians</i>	1	0.03	0.01	0.00	1	0.39	0.03	0.00
<i>Strongylura exilis</i>	5	0.17	125.7	0.33	2	0.78	0.42	0.02
<i>Tylosurus crocodilus fodiator</i>	2	0.07	10.5	0.03	2	0.78	0.09	0.00
<i>Tylosurus acus pacificus</i>	1	0.03	96.76	0.25	1	0.39	0.13	0.01
<i>Exocoetidae</i>								
<i>Cheilopogon papilio</i>	1	0.03	24.5	0.06	1	0.39	0.06	0.00
<i>Cheilopogon pinabarbatus</i>	2	0.07	117.4	0.31	1	0.39	0.19	0.01
<i>Exocoetidae</i>	1	0.03	83.8	0.22	1	0.39	0.12	0.01
<i>Hemiramphidae</i>								
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	63	2.11	1359	3.55	6	2.33	10.41	0.45
<i>Oxiporhamphus micropterus</i>	3	0.10	25.5	0.07	1	0.39	0.13	0.01
BERYCIFORMES								
<i>Holocentridae</i>								
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	5	0.17	7.42	0.02	2	0.78	0.18	0.01

ANEXO XI. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CLUPEIFORME								
Clupeidae								
<i>Etrumeus teres</i>	1	0.03	45.15	0.12	1	0.39	0.08	0.00
<i>Opisthonema libertate</i>	1	0.03	90.8	0.24	1	0.39	0.13	0.01
<i>Sardinops sagax</i>	4	0.13	151	0.39	4	1.56	0.75	0.03
Engraulidae								
<i>Anchoa compressa</i>	1	0.03	1.8	0.00	1	0.39	0.04	0.00
LAMPRIFORMES								
Trachipteridae								
<i>Desmodema polysticum</i>	1	0.03	0.16	0.00	1	0.39	0.03	0.00
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	6	0.20	83.28	0.22	6	2.33	0.71	0.03
<i>Caranx caballus</i>	8	0.27	60.34	0.16	6	2.33	0.64	0.03
<i>Caranx orthogramus</i>	1	0.03	2.79	0.01	1	0.39	0.04	0.00
<i>Caranx speciosus</i>	5	0.17	3.83	0.01	2	0.78	0.18	0.01
<i>Caranx</i> spp.	19	0.64	71	0.19	6	2.33	1.07	0.05
<i>Caranx vinctus</i>	17	0.57	368.3	0.96	9	3.50	3.94	0.17
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	21	0.70	10.4	0.03	3	1.17	0.74	0.03
<i>Decapterus hipodus</i>	17	0.57	13.68	0.04	7	2.72	0.67	0.03
<i>Decapterus macrosoma</i>	15	0.50	36.98	0.10	10	3.89	0.88	0.04
<i>Decapterus</i> spp.	1	0.03	29	0.08	1	0.39	0.06	0.00
<i>Naucrates ductor</i>	12	0.40	7.32	0.02	2	0.78	0.42	0.02
<i>Oligoplites altus</i>	4	0.13	56.7	0.15	2	0.78	0.25	0.01
<i>Selar crumenophtalmus</i>	4	0.13	80.74	0.21	2	0.78	0.30	0.01
<i>Selene peruviana</i>	28	0.94	85.98	0.22	9	3.50	1.73	0.07
<i>Uraspis helvola</i>	3	0.10	9.5	0.02	3	1.17	0.13	0.01
Chaetodontidae								
<i>Jonrandia nigrirostris</i>	53	1.78	127.4	0.33	13	5.06	3.46	0.15
Ephippidae								
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	1	0.03	1.5	0.00	1	0.39	0.04	0.00
Gerreidae								
<i>Eucinostomus</i> spp.	2	0.07	13.1	0.03	2	0.78	0.09	0.00
Labridae								
<i>Oxyjulis californica</i>	1	0.03	75.3	0.20	1	0.39	0.11	0.00
Lutjanidae								
Lutjanidae	1	0.03	0.4	0.00	1	0.39	0.03	0.00
Nematistiidae								
<i>Nematistius pectoralis</i>	3	0.10	17.55	0.05	2	0.78	0.14	0.14
Priacanthidae								
Priacanthidae	1	0.03	12.44	0.03	1	0.39	0.05	0.00
Sciaenidae								
<i>Cynoscion parvipinnis</i>	4	0.13	115.4	0.30	4	1.56	0.60	0.03
<i>Cynoscion xanthalmus</i>	3	0.10	2	0.01	1	0.39	0.10	0.00
<i>Meinticirrhus undulatus</i>	1	0.03	24.1	0.06	1	0.39	0.06	0.00
<i>Umbrina roncadior</i>	3	0.10	12.68	0.03	2	0.78	0.13	0.01

ANEXO XI. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Scombridae								
<i>Acanthocybium solandri</i>	1	0.03	0.36	0.00	1	0.39	0.03	0.00
<i>Auxis thazard</i>	179	6.01	14025	36.68	55	21.40	791.01	33.94
<i>Euthynnus lineatus</i>	1	0.03	0.3	0.00	1	0.39	0.03	0.00
<i>Scomber japonicus</i>	20	0.67	49.63	0.13	3	1.17	0.82	0.04
<i>Scomberomorus sierra</i>	5	0.17	35.12	0.09	3	1.17	0.28	0.01
Scombridae	4	0.13	30.38	0.08	3	1.17	0.23	0.01
Serranidae								
<i>Epinephelus analogus</i>	1	0.03	12.15	0.03	1	0.39	0.05	0.00
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	165	5.54	15.62	0.04	9	3.50	5.68	0.24
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	98	3.29	1867	4.88	5	1.95	12.79	0.55
<i>Fistularia corneta</i>	34	1.14	56.66	0.15	9	3.50	1.66	0.07
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	3	0.10	27.3	0.07	1	0.39	0.13	0.01
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	713	23.93	2101	5.50	103	40.08	244.16	10.48
Diodontidae								
<i>Diodon spp.</i>	3	0.10	67.5	0.18	1	0.39	0.17	0.01
Ostraciidae								
<i>Lactoria diaphana</i>	1	0.03	16.2	0.04	1	0.39	0.05	0.00
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	17	0.57	364.7	0.95	14	5.45	5.77	0.25
<i>Sphoeroides annulatus</i>	5	0.17	4.71	0.01	2	0.78	0.18	0.01
Peces no identificados	14	0.47	1852	4.84	76	29.57	143.73	6.17
MALACOSTRACA								
DECAPODA								
Portunidae								
<i>Euphylax dovii</i>	3	0.10	3	0.01	1	0.39	0.10	0.00
GASTROPODA								
restos de gasterópodos	1	0.03	126.6	0.33	1	0.39	0.16	0.01
Crustáceos no identificados			0.1	0.00	1	0.39	0.00	0.00
MONI			209.9	0.55	16	6.23	3.42	0.15
TOTALES	2979	100	38235	100	257		2330.83	100

ANEXO XII. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por machos de *Istiophorus platypterus* en la región de Guerrero.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
OCTOPODA								
Octopodidae								
<i>Octopus alecto</i>	21	3.10	494.80	0.95	2.00	1.45	4.47	0.41
<i>Octopus spp.</i>	38	5.61	2370.10	4.53	2.00	1.45	12.18	1.13
Argonautidae								
<i>Argonauta spp.</i>	31	4.58	133.70	0.26	3.00	2.17	5.14	0.48
OSTEICHTHYES								
BELONIFORMES								
Belonidae								
<i>Strongylura exilis</i>	4	0.59	187.80	0.36	2.00	1.45	1.11	0.10
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	1	0.15	9.26	0.02	1.00	0.72	0.16	0.01
<i>Caranx caballus</i>	17	2.51	2190.40	4.19	2.00	1.45	8.58	0.80
<i>Caranx spp.</i>	15	2.22	990.40	1.89	1.00	0.72	3.59	0.33
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	10	1.48	689.50	1.32	1.00	0.72	2.43	0.23
<i>Selene brevoortii</i>	5	0.74	83.30	0.16	1.00	0.72	0.85	0.08
<i>Selene peruviana</i>	4	0.59	67.90	0.13	1.00	0.72	0.68	0.06
<i>Uraspis helvola</i>	8	1.18	42.20	0.08	2.00	1.45	1.30	0.12
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	193	28.51	35945.30	68.76	18.00	13.04	925.37	85.79
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	2	0.3	2.2	0.0	2.0	1.4	0.3	0.0
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	152	22.5	3459.4	6.6	3.0	2.2	36.8	3.4
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	16	2.4	99.9	0.2	1.0	0.7	2.5	0.2
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	117	17.28	1118.90	2.14	2.00	1.45	20.38	1.89

ANEXO XII. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Monacanthidae								
<i>Aluterus monoceros</i>	2	0.30	42.20	0.08	2	2.76	8.37	0.52
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	41	6.1	142.0	0.3	4.0	2.9	6.8	0.6
Peces no identificados			903.8	1.7	7.0	5.1	8.8	0.8
MONI			3346.3	6.4	8.0	5.8	37.1	3.4
TOTALES	677	100	52277.14	100	138		1078.62	100

ANEXO XIII. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por hembras de *Istiophorus platypterus* en la región de Guerrero.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Gonatidae								
<i>Gonatus onyx</i>	6	1.11	296.00	0.64	3.00	2.63	2.79	0.08
OCTOPODA								
Octopodidae								
<i>Octopus alecto</i>	4	0.74	15.80	0.03	3.00	2.63	0.83	0.02
<i>Octopus</i> spp.	61	11.30	2347.90	5.06	8.00	7.02	46.79	1.31
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	2	0.37	1.27	0.00	1.00	0.88	0.37	0.01
Cefalópodos no identificados		916.10	1.97	23.00	20.18	39.81	1.12	
OSTEICHTHYES								
CUPLEIFORME								
Engraulidae								
<i>Anchoa</i> spp.	1	0.19	3.40	0.01	1.00	0.88	0.19	0.01
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	5	0.93	54.90	0.12	4.00	3.51	1.34	0.04
<i>Caranx caballus</i>	19	3.52	1850.90	3.99	10.00	8.77	38.49	1.08
<i>Caranx</i> spp.	9	1.67	921.20	1.98	4.00	3.51	8.63	0.24
<i>Caranx vinctus</i>	31	5.74	1225.00	2.64	5.00	4.39	17.31	0.49
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	14	2.59	704.20	1.52	3.00	2.63	6.58	0.18
<i>Selene brevoortii</i>	1	0.19	6.00	0.01	1.00	0.88	0.20	0.01
<i>Selene peruviana</i>	3	0.56	15.40	0.03	2.00	1.75	0.61	0.02
<i>Uraspis helvola</i>	8	1.48	32.80	0.07	6.00	5.26	1.85	0.05
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	145	26.85	28914.10	62.28	57.00	50.00	3141.08	87.99
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	1	0.185	0.58	0.00	1.00	0.88	0.19	0.01

ANEXO XIII. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	89	16.48	3289.30	7.09	8.00	7.02	66.20	1.85
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	84	15.56	1093.50	2.36	8.00	7.02	32.09	0.90
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	57	10.56	1479.74	3.19	13.00	11.40	46.90	1.31
Peces no identificados			729.70	1.57	9.00	7.89	12.41	0.35
MONI			2524.8	5.439	22	19.3	104.95798	2.94
TOTALES	540	100	46422.59	100	114		3569.6401	100

ANEXO XIV. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por hembras inmaduras de *Istiophorus platypterus* en la región de Guerrero.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
OCTOPODA								
Octopodidae								
<i>Octopus alecto</i>	1	1.35	0.20	0.00	1.00	5.56	1.38	0.05
<i>Octopus spp.</i>	1	1.35	1.70	0.04	1.00	5.56	1.57	0.06
Argonautidae								
<i>Argonauta spp.</i>	2	2.70	1.27	0.03	1.00	5.56	2.87	0.11
Cefalópodos no identificados			2.39	3.00	16.67	39.78	1.54	0.06
OSTEICHTHYES								
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	2	2.70	22.00	0.52	2	11.11	8.43	0.33
<i>Caranx caballus</i>	4	5.41	80.80	1.89	1	5.56	15.92	0.62
<i>Caranx spp.</i>	3	4.05	27.40	0.64	2	11.11	11.19	0.43
<i>Caranx vinctus</i>	9	12.16	120.00	2.81	2	11.11	43.41	1.68
<i>Uraspis helvola</i>	1	1.35	1.70	0.04	1	5.56	1.57	0.06
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	17	22.97	3329.40	78.02	5	27.78	2190.22	85.01

ANEXO XIV. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	32	43.24	484	11.34	3	16.67	232.28	9.01
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	2	2.703	97	2.27	2	11.11	27.96	1.09
TOTALES	74	100	4267.31	100	18		2576.58	100

ANEXO XV. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por hembras maduras de *Istiophorus platypterus* en la región de Guerrero.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Gonatidae								
<i>Gonatus onyx</i>	6	1.25	296	0.69	3	3.125	3.39	0.09
OCTOPODA								
Octopodidae								
<i>Octopus alecto</i>	14	2.91	85	0.20	4	4.167	3.73	0.10
<i>Octopus spp.</i>	60	12.47	2346.2	5.44	7	7.292	52.16	1.34
Cefalópodos no identificados		814.25	1.89	20.00	20.83	39.35	1.01	
OSTEICHTHYES								
CUPLEIFORME								
Engraulidae								
<i>Anchoa spp.</i>	1	0.21	3.4	0.01	1	1.042	0.22	0.01
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	3	0.62	37.9	0.09	2	2.083	0.81	0.02
<i>Caranx caballus</i>	15	3.12	1770.1	4.11	9	9.375	41.61	1.07
<i>Caranx spp.</i>	6	1.25	893.8	2.07	2	2.083	5.57	0.14
<i>Caranx vinctus</i>	22	4.57	1105	2.56	3	3.125	12.58	0.32
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	14	2.91	704.2	1.63	3	3.125	8.02	0.21
<i>Selene brevoortii</i>	1	0.21	6	0.01	1	1.042	0.22	0.01
<i>Selene peruviana</i>	3	0.62	15.4	0.04	2	2.083	0.70	0.02
<i>Uraspis helvola</i>	7	1.46	31.1	0.07	5	5.208	1.83	0.05
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	133	27.65	26337.9	61.09	53	55.21	3400.54	87.55
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	89	18.50	3289.3	7.63	8	8.333	82.09	2.11
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	52	10.81	609.5	1.41	5	5.208	18.17	0.47

ANEXO XV. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	55	11.43	1382.74	3.21	11	11.46	48.19	1.24
Peces no identificados			737.4	1.71	10	10.42	17.82	0.46
MONI			2645.4	6.14	23	23.96	147.02	3.79
TOTALES	481	100	43110.59	100	96		3884.001	100

ANEXO XVI. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por de *Istiophrous platypterus* en época fría en la región de Guerrero.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Gonatidae								
<i>Gonatus onyx</i>	3	0.63	338.7	0.82	2.00	2.99	3.07	0.07
OCTOPODA								
Octopodidae								
<i>Octopus alecto</i>	20	4.20	476.8	1.15	7.00	10.45	16.20	0.35
<i>Octopus</i> spp.	78	16.39	3814.6	9.19	10.00	14.93	153.57	3.34
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	30	6.30	132.9	0.32	12.00	17.91	12.04	0.26
Cefalópodos no identificados			232	0.56	10.00	14.93	8.34	0.18
OSTEICHTHYES								
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	6	1.26	97.30	0.23	2	2.99	1.96	0.04
<i>Caranx caballus</i>	15	3.15	1758.20	4.24	6	8.96	41.09	0.89
<i>Caranx</i> spp.	15	3.15	1745.60	4.21	5	7.46	34.54	0.75
<i>Caranx vinctus</i>	2	0.42	35.00	0.08	1	1.49	0.55	0.01
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	2	0.42	110.50	0.27	1	1.49	0.82	0.02
<i>Selar crumenophthalmus</i>	3	0.63	243.40	0.59	2	2.99	2.38	0.05
<i>Uraspis helvola</i>	9	1.89	32.40	0.08	8	11.94	2.82	0.06
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	113	23.74	21967.80	52.93	44	65.67	3499.91	76.18

ANEXO XVI. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	172	36.13	3808.10	9.18	9	13.43	159.39	3.47
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	1	0.21	3.00	0.01	1	1.49	0.22	0.00
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	7	1.47	401.50	0.97	6	8.96	10.13	0.22
Peces no identificados			1147.30	2.76	13	19.40	53.64	1.17
MONI			5156.30	12.42	32	47.76	593.40	12.92
TOTALES	476.0	100	41501.4	100	67	255.22	4594.09	100

ANEXO XVII. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por de *Istiophorus platypterus* en época cálida en la región de Guerrero.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Gonatidae								
<i>Gonatus onyx</i>	9	1.161	515	0.84	4	2.14	2.95	0.086
OCTOPODA								
Octopodidae								
<i>Octopus alecto</i>	6	0.774	33.8	0.06	2	1.07	0.83	0.024
<i>Octopus spp.</i>	11	1.419	26.8	0.04	3	1.60	1.49	0.043
Argonautidae								
<i>Argonauta spp.</i>	3	0.387	2.07	0.00	3	1.60	0.39	0.011
Cefalópodos no identificados			1699.54	2.77	39	20.86	57.68	1.676
OSTEICHTHYES								
BELONIFORMES								
Belonidae								
<i>Strongylura exilis</i>	4	0.516	187.8	0.31	3	1.60	1.01	0.029
CUPLEIFORME								
Engraulidae								
<i>Anchoa spp.</i>	6	0.774	158.3	0.26	3	1.60	1.19	0.035
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	2	0.26	14.30	0.02	2.00	1.07	0.28	0.01
<i>Caranx caballus</i>	21	2.71	2283.10	3.72	14.00	7.49	30.52	0.89
<i>Caranx spp.</i>	9	1.16	166.00	0.27	6.00	3.21	2.03	0.06
<i>Caranx vinctus</i>	51	6.58	1571.00	2.56	9.00	4.81	18.88	0.55
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	22	2.84	1283.20	2.09	4.00	2.14	7.31	0.21
<i>Selene brevoortii</i>	6	0.77	89.30	0.15	4.00	2.14	1.09	0.03

ANEXO XVII. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
<i>Selene peruviana</i>	7	0.90	83.30	0.14	6.00	3.21	1.34	0.04
<i>Uraspis helvola</i>	7	0.90	42.60	0.07	5.00	2.67	1.09	0.03
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	229	29.55	43882.8	71.41	81	43.32	3122.63	90.75
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	3	0.387	2.81	0.00	3	1.60	0.39	0.011
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia commersonii</i>	69	8.903	2941	4.79	10	5.35	34.50	1.003
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	16	2.065	99.9	0.16	5	2.67	2.50	0.073
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	200	25.81	2209.4	3.60	21	11.23	66.18	1.92
Monacanthidae								
<i>Aluterus monoceros</i>	1	0.129	35.2	0.06	1	0.53	0.16	0.00
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	93	12	2627.64	4.28	23	12.30	64.59	1.88
Peces no identificados			458.8	0.75	14	7.49	5.59	0.16
MONI			1039.8	1.69	18	9.63	16.29	0.47
TOTALES	775	100	61453.46	100	187		3440.90	100

ANEXO XVIII. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por machos de *Istiophorus platypterus* en la región de Oaxaca.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	1	0.76	24.00	0.35	1	2.86	1.75	0.06
Onychoteutidae								
<i>Onychoteuthis</i> spp.	1	0.76	3.70	0.05	1	2.86	0.91	0.03
OCTOPODA								
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	1	0.76	9.50	0.14	1	2.86	1.15	0.04
Cefalópodos no identificados	13	9.85	110.72	1.60	6	17.14	37.34	1.21
OSTEICHTHYES								
BELONIFORMES								
Hemiramphidae								
<i>Hemiramphus saltator</i>	4	3.03	321.20	4.65	3	8.57	42.91	1.39
GADIFORMES								
Bregmacerotidae								
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	3	2.27	3.50	0.05	1	2.86	2.42	0.08
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	2	1.52	25.68	0.37	2	5.71	3.64	0.12
<i>Caranx caballus</i>	7	5.30	1090.00	15.79	4	11.43	185.73	6.03
<i>Caranx caninus</i>	1	0.76	53.40	0.77	1	2.86	2.97	0.10
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	1	0.76	55.00	0.80	1	2.86	3.03	0.10
<i>Decapterus macarellus</i>	9	6.82	601.74	8.72	6	17.14	156.23	5.08
<i>Hemicaranx leucurus</i>	1	0.76	19.30	0.28	1	2.86	1.56	0.05
<i>Selar crumenophthalmus</i>	1	0.76	116.00	1.68	1	2.86	5.56	0.18
<i>Selene peruviana</i>	4	3.03	106.40	1.54	3	8.57	16.24	0.53
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	21	15.91	4006.40	58.03	15	42.86	2502.85	81.32
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	6	4.55	4.10	0.06	1	2.86	4.72	0.15
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia corneta</i>	3	2.27	7.00	0.10	2	5.71	2.85	0.09
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	1	0.76	8.40	0.12	1	2.86	1.11	0.04

ANEXO XVIII. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	6	4.55	8.94	0.13	2	5.71	5.29	0.17
Balistidae	4	3.03	2.00	0.03	3	8.57	3.28	0.11
<i>Sufflamen verres</i>	2	1.52	2.80	0.04	1	2.86	1.63	0.05
Tetraodontidae	2	1.52	14.00	0.20	1	2.86	2.09	0.07
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	5	3.79	202.20	2.93	4	11.43	37.26	1.21
<i>Sphoeroides</i> spp.	1	0.76	46.00	0.67	1	2.86	2.66	0.09
Peces no identificados	32	24.24	62.20	0.90	11	31.43	52.56	1.71
TOTALES	132	100	6904.18	100	35		3077.72	100

ANEXO XIX. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por hembras de *Istiophorus platypterus* en la región de Oaxaca.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
OCTOPODA								
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	14	6.48	79.60	0.40	5.00	6.85	9.20	0.28
Cefalópodos no identificados	1	0.46	46.00	0.23	1.00	1.37	0.78	0.02
OSTEICHTHYES								
BELONIFORMES								
Hemiramphidae								
<i>Hemiramphus saltator</i>	5	2.31	389.50	1.94	3.00	4.11	10.29	0.32
CLUPEIFORMES								
Engraulidae								
<i>Anchoa</i> spp.	2	0.93	0.20	0.00	2.00	2.74	0.93	0.03
GADIFORMES								
Bregmacerotidae								
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	7	3.24	4.00	0.02	4.00	5.48	3.35	0.10
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	8	3.70	159.00	0.79	5.00	6.85	9.13	0.28
<i>Caranx caballus</i>	10	4.63	1450.70	7.23	7.00	9.59	73.92	2.28
<i>Caranx caninus</i>	5	2.31	828.00	4.12	4.00	5.48	24.91	0.77
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	3	1.39	256.30	1.28	3.00	4.11	6.64	0.20
<i>Decapterus macarellus</i>	10	4.63	900.00	4.48	4.00	5.48	29.19	0.90
<i>Hemicaranx</i> spp.	1	0.46	35.10	0.17	1.00	1.37	0.70	0.02
<i>Selar crumenophthalmus</i>	18	8.33	968.70	4.82	11.00	15.07	81.04	2.50
<i>Selene peruviana</i>	1	0.46	6.00	0.03	1.00	1.37	0.50	0.02
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	0.46	940.00	4.68	1.00	1.37	6.88	0.21

ANEXO XIX. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
Polynemidae								
<i>Polydactylus opercularis</i>	12	5.56	772.40	3.85	3.00	4.11	21.37	0.66
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	62	28.70	10902.00	54.30	37.00	50.68	2780.89	85.63
<i>Euthynnus lineatus</i>	1	0.46	279.10	1.39	1.00	1.37	2.37	0.07
Scombridae	1	0.46	196.10	0.98	1.00	1.37	1.80	0.06
Stromateidae								
<i>Peprilus snyderi</i>	3	1.39	340.20	1.69	3.00	4.11	8.35	0.26
<i>Peprilus spp.</i>	1	0.46	0.20	0.00	1.00	1.37	0.46	0.01
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	1	0.46	1.00	0.00	1.00	1.37	0.47	0.01
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia corneta</i>	2	0.93	32.20	0.16	2.00	2.74	1.37	0.04
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	3	1.39	5.00	0.02	2.00	2.74	1.46	0.04
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	33	15.28	1258.10	6.27	14.00	19.18	135.45	4.17
Peces no identificados	11	5.09	228.00	1.14	20.00	27.40	36.21	1.11
TOTALES	216	100	20077.4	100	73		3247.63	100

ANEXO XX. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por hembras inmaduras de *Istiophros platypterus* en la región de Oaxaca.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
OSTEICHTHYES								
BELONIFORMES								
Hemiramphidae								
<i>Hemiramphus saltator</i>	3	5.36	364	5.31	1	3.70	25.04	0.74
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	4	7.14	14	0.20	2	7.41	8.66	0.26
<i>Caranx caballus</i>	2	3.57	278	4.06	2	7.41	33.64	0.99
<i>Caranx caninus</i>	3	5.36	476	6.95	2	7.41	56.86	1.68
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	1	1.79	170	2.47	1	3.70	10.95	0.32
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	1.79	940	13.72	1	3.7	52.62	1.55
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	23	41.07	3894	56.85	14	51.85	2988.77	88.15
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	3	5.36	5	0.07	2	7.41	5.90	0.17
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	16	28.57	546	7.97	4	14.81	146.63	4.32
Peces no identificados			162.9	2.38	7	25.93	61.66	1.82
TOTALES	56	100	6848.9	100	27		3390.74	100

ANEXO XXI. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por hembras maduras de *Istiophorus platypterus* en la región de Oaxaca.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
OCTOPODA								
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	10	8.77	53.10	0.53	4	10.00	14.11	0.53
BELONIFORMES								
Hemiramphidae								
<i>Hemiramphus saltator</i>	2	1.75	25.5	0.26	2	5.00	3.04	0.11
CLUPEIFORMES								
Clupeidae								
Clupeidae			2.0	0.02	1	2.50	0.05	0.00
Engraulidae								
<i>Anchoa</i> spp.	2	1.75	0	0.00	2	5.00	1.76	0.07
GADIFORMES								
Bregmacerotidae								
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	7	6.14	4.0	0.04	4	10.00	6.54	0.25
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	2	1.75	41.00	0.41	2	5.00	3.82	0.14
<i>Caranx caballus</i>	7	6.14	1047	10.53	4	10.00	111.41	4.20
<i>Caranx caninus</i>	2	1.75	351.8	3.54	2	5.00	19.44	0.73
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	2	1.75	87	0.87	2	5.00	6.12	0.23
<i>Decapterus macarellus</i>	10	8.77	900.0	9.05	4	10.00	99.29	3.74
<i>Selar crumenoptalmus</i>	5	4.39	353.9	3.56	5	12.50	48.88	1.84
<i>Selene peruviana</i>	1	0.88	6.0	0.06	1	2.50	1.03	0.04
Polynemidae								
<i>Polydactylus opercularis</i>	12	10.53	722.40	7.27	3	7.50	65.02	2.45
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	28	24.56	4902.5	49.31	17	42.50	2120.03	79.96
<i>Euthynnus lineatus</i>	1	0.88	279.1	2.81	1	2.50	7.89	0.30
Scombridae	1	0.88	196.1	1.97	1	2.50	5.81	0.22
Stromateidae								
<i>Peprilus snyderi</i>	3	2.63	340.2	3.42	2	5.00	19.74	0.74
<i>Peprilus</i> spp.	1	0.88	0.2	0.00	1	2.50	0.88	0.03
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	1	0.88	1.0	0.01	1	2.50	0.90	0.03
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia corneta</i>	2	1.75	32.2	0.32	2	5.00	3.37	0.13
TETRAODONTIFORMES								
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	14	12.28	522.3	5.25	7	17.50	104.21	3.93
Peces no identificados			41.10	0.41	6	15.00	6.20	0.23
TOTALES	114	100	9943.2	100	40		2651.2913	100

ANEXO XXII. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por *Istiophorus platypterus* en la región en época fría en la región de Oaxaca.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	1	1.19	24.00	0.47	1.00	5.00	3.55	0.07
Cefalópodos no identificados	6	7.14	105.50	2.07	2.00	10.00	27.85	0.54
OSTEICHTHYES								
BELONIFORMES								
Hemiramphidae								
<i>Hemiramphus saltator</i>	1	1.19	60.00	1.18	1.00	5.00	7.08	0.14
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	2	2.38	104.00	2.04	1.00	5.00	12.59	0.24
<i>Caranx caballus</i>	2	2.38	224.00	4.40	2.00	10.00	46.35	0.90
<i>Selar crumenophthalmus</i>	3	3.57	124.00	2.43	1.00	5.00	15.74	0.30
<i>Selene peruviana</i>	2	2.38	12.40	0.24	1.00	5.00	3.60	0.07
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	21	25.00	4034.00	79.18	12.00	60.00	4775.56	92.24
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia corneta</i>	2	2.38	5.00	0.10	1.00	5.00	2.87	0.06
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	1	1.19	1.50	0.03	1.00	5.00	1.34	0.03
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	5	5.95	330.20	6.48	5.00	25.00	167.97	3.24
Tetraodontidae	2	2.38	14.00	0.27	1.00	5.00	3.75	0.07
Peces no identificados	36	42.86	56.38	1.11	12.00	60.00	109.25	2.11
TOTALES	84	100	5094.98	100	20		5177.49	100

ANEXO XXIII. Valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de aparición e índice de importancia relativa de las presas consumidas por *Istiophorus platypterus* en la región en época cálida en la región de Oaxaca.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
CEPHALOPODA								
TEUTHIDA								
Onychoteutidae								
<i>Onychoteuthis</i> spp.	1	0.38	3.7	0.02	1	1.064	0.39	0.02
OCTOPODA								
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	15	5.64	89.1	0.41	6	6.383	8.25	0.32
Cefalópodos no identificados	8	3.01	55.222	0.25	5	5.319	4.36	0.17
OSTEICHTHYES								
BELONIFORMES								
Hemiramphidae								
<i>Hemiramphus saltator</i>	8	3.01	650.7	2.99	5	5.319	18.91	0.72
CLUPEIFORMES								
Clupeidae								
Clupeidae	2	0.75	4	0.02	1	1.064	0.77	0.03
Engraulidae								
<i>Anchoa</i> spp.	2	0.75	0.2	0.00	2	2.128	0.75	0.03
GADIFORMES								
Bregmacerotidae								
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	10	3.76	7.5	0.03	5	5.319	3.94	0.15
PERCIFORMES								
Carangidae								
Carangidae	8	3.01	6	0.03	6	6.383	3.18	0.12
<i>Caranx caballus</i>	15	5.64	2316.7	10.64	9	9.574	107.53	4.11
<i>Caranx caninus</i>	6	2.26	881.4	4.05	5	5.319	23.79	0.91
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	4	1.50	311.3	1.43	4	4.255	7.59	0.29
<i>Decapterus macarellus</i>	19	7.14	1501.74	6.90	10	10.64	80.53	3.08
<i>Hemicaranx</i> spp.	1	0.38	19.3	0.09	1	1.064	0.47	0.02
<i>Selar crumenophthalmus</i>	16	6.02	960.7	4.41	11	11.7	57.66	2.20
<i>Selene peruviana</i>	3	1.13	100	0.46	3	3.191	2.59	0.10
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	0.38	940	4.32	1	1.064	4.97	0.19
Polynemidae								
<i>Polydactylus opercularis</i>	12	4.51	722.4	3.32	3	3.191	15.10	0.58
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	62	23.31	10874.4	49.95	40	42.55	2149.03	82.10
<i>Euthynnus lineatus</i>	1	0.38	279.1	1.28	1	1.064	1.74	0.07
Scombridae	1	0.38	196.2	0.90	1	1.064	1.33	0.05
Stromateidae								
<i>Peprilus similimus</i>	3	1.13	340.2	1.56	2	2.128	4.45	0.17
<i>Peprilus</i> spp.	1	0.38	0.2	0.00	1	1.064	0.38	0.01

ANEXO XXIII. Continuación.

PRESAS	N	%N	G	%G	FA	%FA	IIR	%IIR
STOMIIFORMES								
Phosichthyidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	7	2.63	5.1	0.02	2	2.128	2.68	0.10
SYNGNATHIFORMES								
Fistulariidae								
<i>Fistularia corneta</i>	3	1.13	34.2	0.16	3	3.191	1.63	0.06
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	1	0.38	8.4	0.04	1	1.064	0.42	0.02
TETRAODONTIFORMES								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	8	3.01	12.44	0.06	3	3.191	3.19	0.12
Balistidae	4	1.50	2	0.01	3	3.191	1.53	0.06
<i>Sufflamen verres</i>	2	0.75	1.8	0.01	1	1.064	0.76	0.03
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	33	12.41	1130.1	5.19	13	13.83	84.20	3.22
<i>Sphoeroides</i> spp.	1	0.38	46	0.21	1	1.064	0.60	0.02
Peces no identificados	7	2.63	233.4	1.07	19	20.21	24.30	0.93
TOTALES	266	100	21768.6	100	94		2617.61	100

ANEXO XXIV. Productos de la tesis.

a) Congresos



**II CONGRESO DE CIENCIAS DEL MAR
DEL PERU**

Piura, 24 - 28 Mayo 2010



“Año de la consolidación Económica y Social del Perú”

CONSTANCIA

El abajo suscrito, Presidente del II CONCIMAR-Perú hace CONSTAR que los señores:

Berenice Hernández, Leonardo Abitia, Xohel Moreno,

Rosario Torres, Humberto Manjares y Julián Mendoza

han presentado en panel el trabajo titulado “Composición del espectro trófico del pez vela *Istiophorus platypterus* en el área de Mazatlán, México”.

Piura, 28 de Mayo del 2010




Blgo. Ronald Marcial Ramos Msc.
PRESIDENTE
II Concimar 2010

cc.arch

V Conferencia Internacional de Manejo Integrado de Zonas Costeras
CARICOSTAS' 2011



Se otorga el presente:

Certificado

A: Leonardo Andrés Abitia - Cárdenas, Salvador Granados Albentó,
Xelil G. Moreno Sánchez, Sandra B. Hernández Aguilera.

Por su participación como ponente con el trabajo titulado:

Bioenergética reproductiva del pez vela *Etoliphorus platyp-*
terus de la zona de Mazatlan, Sinaloa, México.

Dado en Santiago de Cuba a los 13 días del mes de mayo del 2011

Dra. Ofelia Pérez Montero
Directora del CEMZOC



Universidad de Oriente

Dr. Hipólito Carvajal Fals
Vicerrector VRIP

Certificado



1748

Certificamos que o trabalho **ANÁLISIS TRÓFICO Y REPRODUCTIVO DEL PEZ VELA ISTIOPHORUS PLATYPTERUS DEL ÁREA DE ACAPULCO GUERRERO, MÉXICO**, de autoria de **Leonardo Andres Abitia Cardenas, Sandra Berenice Hernández-Aguilar, Marcial Arellano Martinez, Xchel Gabriel Moreno-Sanchez, Eduardo Gonzalez-Rodriguez**, foi apresentado oralmente durante o XIV Congresso Latino-americano de Ciências do Mar, realizado no Infinity Blue Resort & Spa, Balneário Camboriú - SC, entre 30 de outubro e 04 de novembro de 2011.

Balneário Camboriú (SC), 30 de outubro de 2011.



Associação Brasileira
de Oceanografia


Fernando Luiz Diehl
Presidente do XIV Congresso
Latino-Americano de Ciências do Mar

Certificado



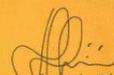
1752

Certificamos que o trabalho **ESPECTRO TRÓFICO DEL PEZ VELA ISTIOPHORUS PLATYPTERUS EN EL ÁREA DE MAZATLÁN, SINALOA, MÉXICO**, de autoria de **Leonardo Andres Abitia Cardenas, Sandra Berenice Hernández-Aguilar, Xchel Gabriel Moreno-Sanchez, Cumberto Manjarrez-Acosta, María del Rosario Torres-Esparza** foi apresentado na modalidade pôster, durante o XIV Congresso Latino-americano de Ciências do Mar, realizado no Infinity Blue Resort & Spa, Balneário Camboriú - SC, entre 30 de outubro e 04 de novembro de 2011.

Balneário Camboriú (SC), 30 de outubro de 2011.



Associação Brasileira
de Oceanografia


Fernando Luiz Diehl
Presidente do XIV Congresso
Latino-Americano de Ciências do Mar



IX Congreso de Ciencias del Mar
MarCuba
 Ciencias Marinas y Costeras
 al Servicio de la Sociedad **2012**



CERTIFICADO

A: *Leonardo Abitia-Cárdenas*

Por su participación en calidad de: Ponente

Título del trabajo: BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL PEZ VELA ISTIOPHORUS PLATYPTERUS EN EL
 ÁREA DE ACAPULCO, GUERRERO, MÉXICO. Abitia-Cárdenas Leonardo, Hernández-Aguilar
 Sandra, Arellano-Martínez Marcial, Ceballos-Vázquez Patricia, Moreno-Sánchez Xchel y
 Marina Irigoyen-Arredondo.


Guillermo García Montero
 Presidente Comité Organizador

29 de Octubre al 2 de Noviembre, 2012
 Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba



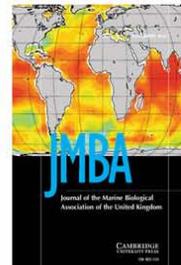
a) Publicación
26-sep-2012

Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom

<http://journals.cambridge.org/MBJ>

Additional services for *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*:

Email alerts: [Click here](#)
Subscriptions: [Click here](#)
Commercial reprints: [Click here](#)
Terms of use : [Click here](#)



Trophic spectrum of the sailfish *Istiophorus platypterus* caught off Acapulco in the southern Mexican Pacific

Sandra Berenice Hernández-Aguilar, Leonardo Andrés Abitia-Cárdenas, Xchel Gabriel Moreno-Sánchez, Marcial Arellano-Martínez and Eduardo González-Rodríguez

Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom / *FirstView* Article / November 2012, pp 1 - 8
DOI: 10.1017/S0025315412001622, Published online:

Link to this article: http://journals.cambridge.org/abstract_S0025315412001622

How to cite this article:

Sandra Berenice Hernández-Aguilar, Leonardo Andrés Abitia-Cárdenas, Xchel Gabriel Moreno-Sánchez, Marcial Arellano-Martínez and Eduardo González-Rodríguez Trophic spectrum of the sailfish *Istiophorus platypterus* caught off Acapulco in the southern Mexican Pacific. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, Available on CJO
doi:10.1017/S0025315412001622

Request Permissions : [Click here](#)

Trophic spectrum of the sailfish *Istiophorus platypterus* caught off Acapulco in the southern Mexican Pacific

SANDRA BERENICE HERNÁNDEZ-AGUILAR¹, LEONARDO ANDRÉS ABITIA-CÁRDENAS¹,
XCHEL GABRIEL MORENO-SÁNCHEZ¹, MARCIAL ARELLANO-MARTÍNEZ¹
AND EDUARDO GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ²

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, Avenida Instituto Politécnico Nacional s/n, Apartado Postal 592, La Paz, Baja California Sur, México, C.P. 23096, ²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Unidad La Paz, Miraflores No. 334 e/ Mulege y La Paz, La Paz Baja California Sur, México, C.P. 23050

The sailfish Istiophorus platypterus is one of the most common billfish species in the Mexican Pacific. Information about its feeding habits in the coastal region of Acapulco, Guerrero is extremely limited. In the present study we quantified the diet of sailfish, based on captures made from March 2008 to December 2009 by the sport fishing fleet of Acapulco. We analysed a total of 561 stomachs, of which 254 contained food (45%). The size interval of examined specimens was between 101 and 212 cm postorbital length and between 15 and 47 kg total weight. In general, teleosts were the most important prey, followed by cephalopods. According to index of relative importance, the most important species in the diet were the fish Auxis thazard (63.04%) and Fistularia commersonii (6.62%), followed by the cephalopod Octopus spp. (4.58%). There were no significant differences in the diet by sex (males and females), sexual maturity (immature and mature), or by season (warm and cold seasons). In all cases the most important prey species was A. thazard. We conclude that the sailfish I. platypterus off Acapulco behaves as a specialist predator because, despite the consumption of a high number of prey items, it feeds preferentially on a reduced number of prey species that form schools, and are available and abundant in the ocean.

Keywords: *Istiophorus platypterus*, trophic spectrum, sport fishing, Mexican Pacific

Submitted 20 September 2012; accepted 26 September 2012

INTRODUCTION

Studying the feeding habits of fish allows us to understand aspects of their biology, ecology, physiology, and to better understand their functional role in the trophic web of aquatic ecosystems (Hyslop, 1980; Valente, 1992; Blaber, 1997; Wootton, 1998; Hajisamae *et al.*, 2003). These studies are fundamental for the description of trophic spectra and allow us to make inferences on trophic ecology, highlighting aspects of niche overlap, and therefore of intraspecific and interspecific interactions (Graham & Vrijenhoek, 1988).

In pelagic ecosystems one of the most representative species (because of its abundance and wide distribution) is the sailfish *Istiophorus platypterus* (Shaw, 1792), which forms part of what are called billfish. This term has been widely accepted to designate large fish from the families Xiphiidae and Istiophoridae, which are characterized by an extremely elongated upper mandible (Nakamura, 1985). For sailfish, its main anatomic characteristic is its enormous dorsal fin, which gives it its common name.

Currently in Mexico, billfish are reserved for sport fishing, with sailfish in particular representing the most important resource in this group, constituting up to 90% of the sport-

fishing catch (Arias, 2007; Santana, unpublished data). Sailfish generate a large direct and indirect economic spillover from the collateral services (transportation, accommodation, feeding and taxidermy).

In the research on sailfish in the Mexican Pacific waters, the work on feeding habits has been made mainly along the northern coast of Mexico (Evans & Wares, 1972; Eldridge & Wares, 1974; Galvan, 1999; Rosas *et al.*, 2002; Arizmendi *et al.*, 2006), and only sparsely in the southern region (Romero, unpublished data). Despite its status as one of the most important pelagic species from ecological and economic viewpoints, to date there are no studies on the trophic biology of the sailfish, specifically for the waters off Acapulco in southern Mexico.

Our present study analysed the trophic spectrum of sailfish in the Acapulco region to generate information that could be compared with other areas in the Pacific to determine whether the trophic behaviour has variations in the Mexican waters.

MATERIALS AND METHODS

From March 2008 to December 2009, weekly sampling of the landings of sailfish from the sport fishing fleet that operates in the Bahía de Acapulco, Guerrero, Mexico (16°48'54" to 16°51'55"N, 99°51'03" to 99°54'16"W; Figure 1) were made. The postorbital length (PL, cm) (eye-fork length) and total weight (kg) were determined for each organism, and the

Corresponding author:
L.A. Abitia-Cárdenas
Email: laabitia@gmail.com

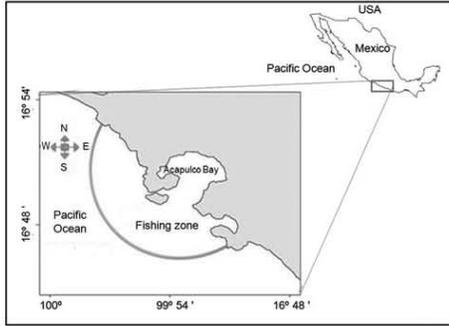


Fig. 1. Location of the study area. Semicirde around Bahía de Acapulco, Mexico, denotes the fishing area.

stomach was then extracted. The determination of sex was made by macroscopic observation of gonads, which were also collected and weighed.

During stomach-contents analysis diet items (food components) were separated and identified to the lowest taxonomic level possible, depending on the state of digestion. For fish that showed a minimal digestion we used the keys by Allen & Robertson (1994), Fischer *et al.* (1995) and Thomson *et al.* (2000). For fish in an advanced digestion state, vertebral characteristics were used following the identification keys of Clothier (1950), Monod (1968) and Miller & Jorgensen (1973). For cephalopods, the mandibular apparatus was used for identification using the keys of Wolff (1982, 1984) and Clarke (1986).

To determine if the number of stomachs analysed was representative of the sailfish diet, we drew the curve of accumulated diversity (Estimate Swin820). For this, we considered the index of relative importance (IRI) of each prey in the stomachs, estimating the value of the Shannon - Wiener (H')

diversity index for each stomach. The coefficient of variation (CV) was calculated to obtain a quantitative estimation of the number of stomachs that would be adequate and representative of the diet. When this CV is low or equal to 5% (0.05), the number of stomachs examined is adequate to represent the diet (Jimenez & Hortal, 2003; Rodriguez *et al.*, 2009).

Diet analysis was made by means of the frequency of occurrence (%FO = number of stomachs containing prey *i*/total number of full stomachs \times 100), percentage of numerical abundance (%N = number of prey *i*/total number of prey \times 100), and percentage of weight (%W = weight of prey *i*/total weight of prey \times 100) (Hyslop, 1980). Once these values were obtained, we calculated the IRI ($IRI = \%N + \%W \cdot \%FO$) (Pinkas *et al.*, 1971), which incorporates the previous methods to evaluate the importance of each item in the trophic spectrum of the species (Liao *et al.*, 2001). This index was expressed as percentages according to the method described by Cortes (1997).

In addition to the general trophic spectrum, we integrated and compared diets by sex (males and females), and by sexual maturity (immature and mature) using the size at first maturity of 150.2 cm PL, estimated by Cerdaneres (2011) for *Istiophorus platypterus* close to the study area. For the seasonal climate analysis, diet data were grouped into warm and cold seasons, according to anomaly values of the sea surface temperatures, taking as warm months those that were above average and cold months those that were below average (Figure 2). The sea surface temperature records were obtained from monthly satellite images of the MODIS-AQUA sensor (level 3) at a resolution of 4×4 km (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). The data processing was done using Matlab v.7.1., December to April were the cold months, and May to November were the warm months. The water temperature during the study was between 27.7 and 31.5°C.

To determine whether there were differences in diet by sex, season, and sexual maturity, we used a randomized permutation method of the similarity matrix (ANOSIM, PRIMER 6 v. 6.1.6). The global similarity range R ($0 \leq R \leq 1$) was used as a measure to compare degrees of separation. When

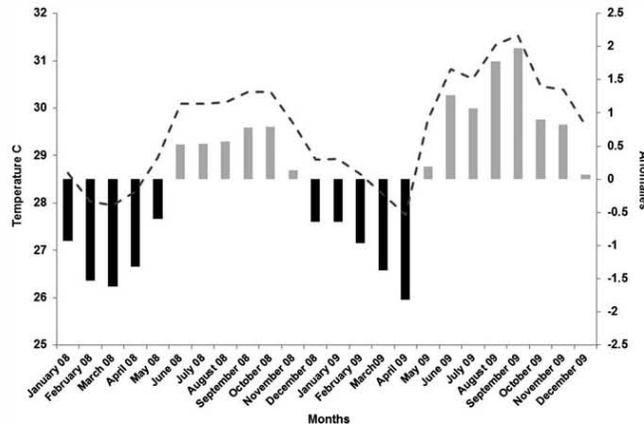


Fig. 2. Values of surface temperature by month (dashed lines) in Bahía de Acapulco during the years 2008 and 2009. Cold season (black bars) and warm season (grey bars). The primary y-axis shows temperature (Celsius) and the secondary y-axis shows anomalies with respect to the general average.

R is close to zero, H_0 is true, and there are no separations among the analysed groups (Clarke & Warwick, 2001).

The diet breadth was calculated using the Levin standardized index (B_i) according to the method described by Hurlbert (1978). For this analysis, we used the absolute values of the numerical method. This index has values from 0 to 0.59 when the species uses few prey resources and prefers certain prey. It is then characterized as a specialist predator, whereas B_i values over 0.6 indicate that the predator uses all resources without selection and is therefore a generalist.

The Costello plot modified by Amundsen *et al.* (1996) was used to confirm the feeding strategy of *I. platypterus*.

RESULTS

A total of 561 sailfish were examined. Of these 254 had food contents (45%) and 307 (55%) were empty. The 254 organisms containing food were 101 to 201 cm postorbital length and 16 to 40 kg total weight. The CV in the cumulative trophic-diversity curve indicated that the curve reached an asymptote at about 91 stomachs, which were sufficient to represent the diet of sailfish (Figure 3).

A total of 25 food components were identified, comprising five cephalopods, 19 fish, and unidentified organic matter (UOM). The total weight of stomach contents was 103865 g, of which fish was 86.18% (89520.27 g), followed by cephalopods at 7.84% (8148.77 g), and the UOM at 5.97% (6196.1 g). The most important prey by weight was the scombrid fish *Axax thazard* (Lacépède, 1800) at 63.4% (65,850 g), followed by the cornetfish *Fistularia commersonii* (Rüppell, 1838) at 6.5% (6749), and the UOM at 5.97% (6196.1 g) (Table 1).

A total of 1246 prey organisms were quantified, corresponding to 170 cephalopods (13.64%) and 1076 fish (86.36%). By number, *A. thazard* was 27.44% (342 organisms), followed by the fish *F. commersonii* at 19.34% (241 organisms), the oceanic puffer *Lagocephalus lagocephalus* (Linnaeus, 1758) at 8.03% (100 organisms), and the cephalopod *Octopus* spp. at 7.95% (99 organisms) (Table 1).

By frequency of occurrence, fish were the most important, occurring in 92.1% of stomachs, followed by cephalopods (31.5%), and the UOM (19.69%). The most important items were the fish *A. thazard* (49.21%), the UOM (19.69%), and the fish *Caranx caballus* (Günter, 1868) (14.17%) and *L. lagocephalus* (11.42%) (Table 1).

According to the IRI, fish were the most relevant prey at 86.19%, followed by cephalopods at 7.9%. The most important prey items were the fish *A. thazard* at 63.04% and *F. commersonii* at 6.64%, followed by the UOM at 5.91%, and the cephalopod *Octopus* spp. at 4.58% (Table 1).

Of the 254 stomachs, 114 were female (44.8%), 138 were male (54.41%), and two were unidentified (0.79%). In the female stomachs 21 items were identified, belonging to 10 families, 13 genera and 13 species. The IRI showed that the most important prey was the fish *A. thazard* (87.99%), followed by the UOM (2.94%), the fish *F. commersonii* (1.85%) and the cephalopod *Octopus* spp. (1.31%) (Figure 4A). In male stomachs 25 prey items were identified, belonging to 13 families, 17 genera and 17 species. The IRI showed that the fish *A. thazard* was the most important prey (85.79%), followed by the UOM (3.44%) and the fish *F. commersonii* (3.41%) (Figure 4B).

The ontogenetic analysis, using 150.2 cm PL as the size at first maturity for females, yielded stomachs from 18 immature and 96 mature organisms. The low number of immature female stomachs is because the fishing fleet focuses their efforts on catching larger fish.

In the immature organisms 20 items were identified corresponding to 9 families, 13 genera and 13 species. The IRI showed that the most important prey was the scombrid fish *A. thazard* (85%), followed by the triggerfish *Balistes polylepis* (Steindachner, 1876) (9%) and the jack *Caranx vinctus* (Jordan & Gilbert, 1882) (1.68%) (Figure 4C).

In the mature organisms 25 items were identified, corresponding to 13 families, 17 genera, and 17 species. The IRI showed that *A. thazard* was the most important prey (90.21%), followed by the UOM (3.42%) and the fish *F. commersonii* (1.42%) (Figure 4D).

For the cold season, 67 stomachs with food were analysed and 18 items were identified, belonging to 8 families, 11 genera, and 11 species. The IRI showed that the most important

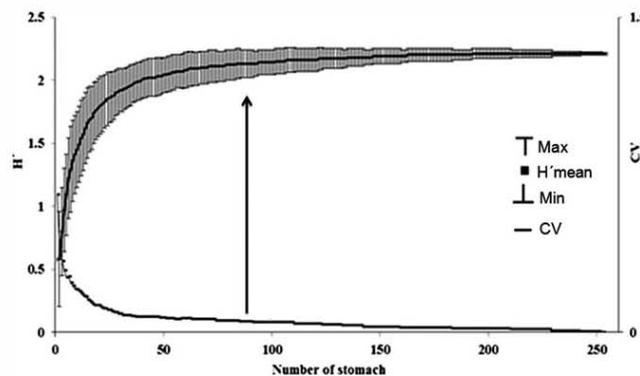


Fig. 3. Randomized cumulative prey curve for sailfish. H' , Shannon-Wiener diversity (H'); Max, maximum diversity; Min, minimum diversity; CV, coefficient of variation.

Table 1. Absolutes and percentages of numerical (N), gravimetric (W), frequency of occurrence (FO) and index of relative importance (IRI) of the prey of sailfish (*Istiophorus platypterus*) caught in 2008 and 2009 off the coast of Acapulco, Guerrero, Mexico.

Item prey	N	%N	W	%W	FO	%FO	IRI	%IRI
MOLLUSCA								
CEPHALOPODA								
GONATIDAE								
<i>Gonatus onyx</i>	12	0.96	853.7	0.82	6	2.36	83.16	0.82
OCTOPODA								
OCTOPODIDAE								
<i>Octopus alecto</i>	26	2.09	510.6	0.49	9	3.54	51.25	0.51
<i>Octopus</i> spp.	99	7.95	471.8	4.54	14	5.51	462.19	4.58
ARGONAUTIDAE								
<i>Argonauta</i> spp.	33	2.65	134.97	0.13	6	2.36	15.64	0.15
Remains of cephalopods			1931.49	1.86	49	19.29	185.96	1.84
VERTEBRATA								
PISCES								
CARANGIDAE								
<i>Caranx caballus</i>	20	1.61	4041.30	3.89	36	14.17	390.7	3.87
<i>Caranx</i> spp.	24	1.93	1911.6	1.84	11	4.33	185.97	1.84
<i>Caranx vinctus</i>	53	4.25	1606	1.55	10	3.94	158.88	1.57
Carangidae	8	0.64	111.56	0.11	6	2.36	11.38	0.11
<i>Uraspis helvola</i>	16	1.28	75	0.07	13	5.12	8.50	0.08
<i>Selar crumenophthalmus</i>	3	0.24	243.4	0.23	2	0.79	23.67	0.23
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	24	1.93	1393.70	1.34	5	1.97	136.11	1.35
<i>Selene brevoortii</i>	6	0.48	89.3	0.09	4	1.57	9.08	0.09
<i>Selene peruviana</i>	7	0.56	83.3	0.08	6	2.36	8.58	0.08
SCOMBRIDAE								
<i>Auxis thazard</i>	342	27.45	65850.2	63.4	125	49.21	6367.41	63.04
TETRAODONTIDAE								
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	100	8.03	3029.14	2.92	29	11.42	299.67	2.97
PHOSICHTHYIDAE								
<i>Vinciguerria lucetia</i>	3	0.24	2.81	0	3	1.18	0.51	0.01
Monacanthidae								
<i>Aluterus monoceros</i>	2	0.16	42.2	0.04	2	0.79	4.22	0.04
BELONIDAE								
<i>Strongylura exilis</i>	4	0.32	187.8	0.18	3	1.18	18.4	0.18
FISTULARIIDAE								
<i>Fistularia commersonii</i>	241	19.34	6749.1	6.50	19	7.48	669.13	6.63
SYNGNATHIDAE								
<i>Hippocampus ingens</i>	16	1.28	99.9	0.1	5	1.97	10.9	0.11
BALISTIDAE								
<i>Balistes polylepis</i>	201	16.13	2212.4	2.13	22	8.66	229.14	2.27
CLUPEIDAE								
<i>Anchoa</i> spp.	6	0.48	158.3	0.15	3	1.18	15.72	0.16
Remains of fish			1633.5	1.57	28	11.02	157.27	1.56
Unidentified organic matter			6196.1	5.97	50	19.69	596.55	5.91
Total	1246	100	103865	100	254		10100	100

prey was the fish *A. thazard* (76.18%), followed by the UOM (12.91%), the fish *F. commersonii* (3.46%) and the cephalopod *Octopus* spp. (3.34%) (Figure 4E).

For the warm season, 187 stomachs with food were analysed and 24 items were identified belonging to 13 families, 16 genera and 16 species. According to the IRI, the most important prey was *A. thazard* (90.75%), followed by the fish *B. polylepis* (1.92%) and the fish *L. lagocephalus* (1.87%) (Figure 4F). The difference between the numbers of stomachs analysed between seasons is because the species has an affinity for warmer water; its abundance was therefore highest during the warm season.

The analysis of similarity of diet composition by sex (ANOSIM, PRIMER 6 v. 6.1.6) showed no differences by gender ($R = 0.006$, $P = 0.001$), by sexual maturity ($R = 0.035$, $P = 0.001$), or by season ($R = 0.044$, $P = 0.001$).

In general, sailfish can be characterized as specialist predators, given that the estimated diet-breadth value was low ($Bi = 0.22$). This same pattern was consistent for males and females ($Bi = 0.23$ and $Bi = 0.26$), immature and mature organisms ($Bi = 0.26$ and $Bi = 0.22$) and for the warm and cold seasons ($Bi = 0.19$ and $Bi = 0.18$). The Costello plots based on the number of prey (%N) showed that the most frequent and abundant prey was the fish *A. thazard*, which confirms that sailfish are specialist predators (Figure 5).

DISCUSSION

In studies of the stomach contents of fish and of other marine organisms (e.g. dolphins and whales), biases caused by the different retention times and degradation of consumed food

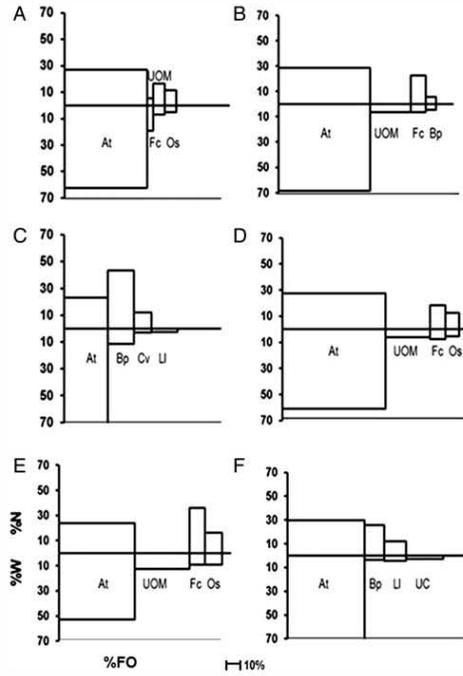


Fig. 4. Variation of prey species consumed by sailfish, determined with the index of relative importance: (A) females; (B) males; (C) immature; (D) mature; (E) cold season; (F) warm season. *Auxis thazard* (At); *Fistularia commersonii* (Fc); unidentified organic matter (UOM); *Octopus* spp. (Os); *Balistes polylepis* (Bp); *Caranx vinchus* (Cv); *Lagocephalus lagocephalus* (Ll); unidentified cephalopods (UC).

can occur. These biases are common when contents include prey species such as cephalopods, for which the mandibular apparatus (beak) is usually the only vestige found in the stomachs, because cephalopod soft muscles are digested and evacuated rapidly (Robertson & Chivers, 1997).

In our study the occurrence of squid beaks and fish in an advanced state of digestion were recorded frequently. This could be because the sailfish captures occur habitually between 0800 and 1400, and landings occur between 1400 and 1800. Evidently the time-period from capture to sample

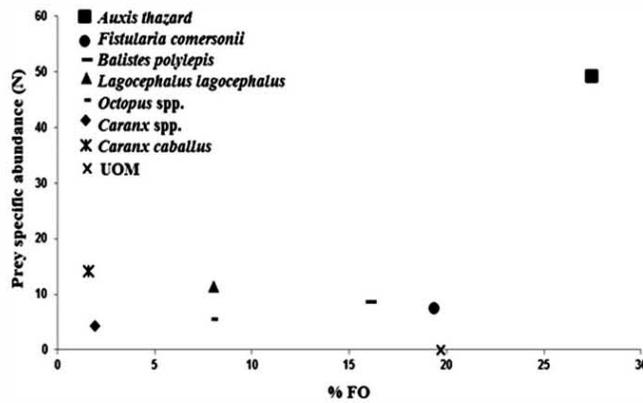


Fig. 5. Prey specific abundance (N) as plotted by numerical values against frequency of occurrence (FO%) of prey species in the diet of the sailfish.

processing allows the digestion processes to continue, also allowing the degradation of organic matter, because gastric enzymes have already been excreted by the predator (Abitia *et al.*, 1998).

According to this, the only apparent way to avoid this time bias would be to analyse organisms that have just been captured, to obtain only fresh prey. However, this could limit greatly the sample size, and for predators such as the sailfish that are sampled from the catch made by sport fishermen, this could not be done because of problems inherent to biological sampling and because the fishermen want to take their catch back and weight them. Most studies on fish-feeding habits have biases in the calculation of the prey relative importance, caused by different digestion rates (Hyslop, 1980; Robertson & Chivers, 1997).

The sailfish diet in the southern Mexican Pacific was dominated by teleost fish and to a lesser extent by cephalopods. Sailfish fed preferentially on epipelagic organisms from the oceanic area and to a lesser extent on organisms from the coastal waters. The most common preys were the oceanic species *Auxis thazard* (which comprised over 60% of the diet) and the coastal fish *Fistularia commersonii* in a lower proportion (%).

In the general diet, separated by sex, maturity stage, and climatic season, *A. thazard* made up >60% of the biomass. This ichthyophagous trophic behaviour was corroborated by the Levin's amplitude index, which gave low values ($Bi < 0.3$). The sailfish in the Acapulco region can therefore be categorized as specialist predators.

This mostly ichthyophagous behaviour was also reported in the first published studies for the species. For example, Jolley (1977) mentions that about 85% of items consumed by *Istiophorus platypterus* were fish, and most recently Pimenta *et al.* (2005) corroborated this behaviour, reporting that sailfish off Rio de Janeiro, Brazil fed predominantly on *A. thazard* and *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793).

In recent studies conducted in the north and central Mexican Pacific, Rosas *et al.* (2002) reported that the species has a generalist behaviour because it feeds on 78 prey items, although according to the IRI only four of them comprised over 80% of the diet: *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (37.3%); *Auxis* spp. (19.7%); *Argonauta* spp. (16.9%); and *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) (7%).

Arizmendi *et al.* (2006) for the Sinaloa coast (northern Mexican Pacific) concluded that despite the high diversity of prey items consumed (62), the sailfish had a low diet breadth ($Bi = 0.02$) caused by the dominance of a low number of prey, and were therefore considered specialist predators that fed mainly on the cephalopods *D. gigas* and *Argonauta* spp.

Romero (unpublished data) reported that sailfish off the coast of Oaxaca (southern Mexican Pacific) can be categorized as specialists, caused by a low diet breadth as estimated by the Levin index ($Bi < 0.6$). In total the trophic spectrum was made up of 32 prey items, of which the most important were the fish *A. thazard*, *Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899) and *Euthynnus lineatus* (Kishinouye, 1920). It is therefore necessary to specify the trophic behaviour of this fish, because, as has been mentioned, it can feed on a wide diversity of prey. However, the dominance of a reduced group of food components is evident and it can therefore be categorized as a specialist predator because it feeds on *A. thazard* and related species but takes advantage of the most abundant prey (Gerking, 1994).

According to the information generated for the Mexican Pacific, one difference for the feeding habits of sailfish was detected. Off the coasts of the States of Guerrero and Oaxaca (southern Mexican Pacific), an ichthyophagous trophic behaviour was characterized, with the scombrid fish *A. thazard* making up the largest prey biomass, whereas off the coasts of the States of Jalisco, Colima, Sinaloa and Baja California Sur (north and central Mexican Pacific) a teutophagous behaviour has been reported, with the cephalopod *D. gigas* as the most important prey (Figure 6).

This implies that independently of the prey items consumed by sailfish, they show the characteristic behaviour of preying on school-forming prey. This strategy occurs in fish from the Istiophoridae family, which possess large muscular mass, high metabolic rates and a reduced coelomic cavity and stomach, and therefore need to feed constantly. The consumption of this type of prey increases the possibility of prey capture, reducing the energy spent feeding, and maximizing the consumption and storage of energy (Abitia *et al.*, 2002; Vaske *et al.*, 2004).

The ANOSIM test showed that there were no significant differences in the diet between sex, maturity stage, or seasonal climate. Because the analysis was made with data for which most prey were identified to the lowest taxonomic level and with a representative sample size, we consider that the analysis was optimal and reflects clearly the fact that only one prey, the scombrid fish *A. thazard*, contributed to over 80% of the dietary relative importance for males and females, mature and immature organisms. The same trophic coincidences occur among males, females, and different-sized organisms in the study by Arizmendi *et al.* (2006), who reported a high trophic overlap of up to 0.96 calculated with the Morisita-Horn index.

There were no significant differences in the stomach contents of the sailfish between the warm and cold periods of 2008–2009, and the higher consumption of fish over cephalopods was maintained. Though the sailfish capture data in the Acapulco region revealed that the species is always present in the area, and is more abundant during the warm period (spring–summer), there were no differences in prey preference

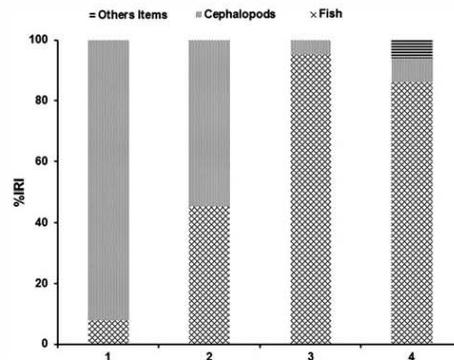


Fig. 6. Comparison of trophic spectrum (index of relative importance (IRI)) of main prey found in different studies of sailfish in the Mexican Pacific (MP) area. North and central MP: (1) Arizmendi *et al.* (2006); (2) Rosas *et al.* (2002) and south MP; (3) present study; (4) Romero (unpublished data).

between the warm and cold seasons. We can infer that in the southern Mexican Pacific region there is stability in prey abundance caused by the oceanographic characteristics of the area.

Finally, we conclude that because of the dominance of a reduced number of prey and despite the consumption of a high diversity of prey items, the trophic behaviour of the sailfish *I. platypterus* in the Mexican Pacific can be characterized as specialist.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología and Instituto Politécnico Nacional for funding this work (SEP-CONACYT 60376). S.B.H.A. thanks the Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI-IPN) for funding. L.A.A.C. and M.A.M. thank the COFAA-IPN and EDI-IPN for fellowships granted, and X.G.M.S. thanks the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) through its Programa Apoyos Complementarios para la Consolidación Institucional de Grupos de Trabajo (Modalidad, Retención). We thank Dr Ellis Glazier for editing this English-language text.

REFERENCES

- Abitia C.L.A., Galvan M.F. and Muhlia M.A. (1998) Trophic spectrum of striped marlin *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) off the coast of cape San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 33, 277–290.
- Abitia C.L.A., Muhlia M.A., Cruz E.V.H. and Galvan M.F. (2002) Trophic dynamics and seasonal energetics of striped marlin *Tetrapturus audax* in the southern Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 57, 287–295.
- Allen G.R. and Robertson D.R. (1994) *Fishes of the tropical eastern Pacific*. 1st edition. Honolulu: University of Hawaii Press.
- Amundsen P.A., Gabler H.M. and Staldivik F.J. (1996) A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology* 48, 607–614.
- Arias O.F. (2007) *Distribución espacio-temporal de la CPUE del pez vela (Istiophorus platypterus) en el Pacífico mexicano*. Master's thesis. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Baja California Sur, México.
- Arizmendi R.D.I., Abitia C.L.A., Galvan M.F. and Trejo E.I. (2006) Food habits of sailfish *Istiophorus platypterus* off Mazatlán, Sinaloa, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 79, 777–791.
- Blaber J.M. (1997) *Fish and fisheries of tropical estuaries*. 1st edition. London: Chapman & Hall.
- Cerdenares L.G. (2011) *Biología del pez vela Istiophorus platypterus (Shaw y Nooder, 1792) en el Golfo de Tehuantepec*. PhD thesis. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Baja California Sur, México.
- Clarke M.R. (1986) *A handbook for the identification of cephalopod beaks*. 1st edition. Oxford: Clarendon Press.
- Clarke K.R. and Warwick R.M. (2001) *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd edition. Plymouth: PRIMER-E.
- Clothier C.R. (1950) A key to some southern California fishes based on vertebral characters. *California Department of Fish and Game, Fish Bulletin* 79, 1–83.
- Cortes E. (1997) A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54, 726–738.
- Eldridge M.B. and Wares P.G. (1974) Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean. In Shomura R.S. and Williams F. (eds) *Species synopsis: Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona Hawaii, August 9–12, 1972*. United States, Department Commerce, NOAA Technical Report, NMFS-SSRF-675, pp. 89–101.
- Evans D.H. and Wares P.G. (1972) *Food habits of the striped marlin and sailfish off Mexico and southern California*. United States Fish and Wildlife Service Research Reports, 10 pp.
- Fischer W., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K. and Niem V.H. (1995) *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Volumen II Vertebrados, Parte 1*. FAO Regional Guides, Western-Central Pacific, pp. 647–1200.
- Galvan M.F. (1999) *Interspecific trophic relationships of the epipelagic predators community of the eastern Pacific Ocean*. PhD thesis. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior, Ensenada, Baja California Norte, México.
- Gerking S.D. (1994) *Feeding ecology of fish*. 1st edition. San Diego, CA: Academic Press.
- Graham J.H. and Vrijenhoek R.C. (1988) Detrended correspondence analysis of dietary data. *Transactions of the American Fisheries Society* 117, 29–36.
- Hajisamae S., Chou L.M. and Ibrahim S. (2003) Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat. *Estuaries, Coastal and Shelf Science* 58, 89–98.
- Hurlbert S.H. (1978) The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology* 59, 67–77.
- Hyslop E.J. (1980) Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17, 411–429.
- Jimenez A. and Hortal J. (2003) Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8, 151–161.
- Jolley J. (1977) The biology and fishery of Atlantic sailfish *Istiophorus platypterus*, from southeast Florida. *Florida Marine Research Publications* 28, 1–31.
- Liao C.H., Pierce C.L. and Larscheid J.G. (2001) Empirical assessment of indices of prey importance in the diets of predacious fish. *Transactions of the American Fisheries Society* 130, 583–591.
- Miller D.J. and Jorgensen S.C. (1973) Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. *United States Fish and Wildlife Service, Fish Bulletin* 7, 301–312.
- Monod T. (1968) Le complexe urophore des poissons téléostéens. *Mémoires de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire* 81, 1–705.
- Nakamura I. (1985) *FAO species catalogue. Volume 5. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfish, spearfish and swordfish known to date*. FAO Fisheries Synopsis, 60 pp.
- Pimenta E.G., Lima G., Cordeiro C.J., Tardelli M. and de Amorim A.F. (2005) Reproduction and stomach content analysis of sailfish, *Istiophorus platypterus*, off Rio de Janeiro state, RJ, Brazil. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT* 58, 1589–1596.

- Pinkas L., Oliphant M.S. and Iverson L.K.** (1971) Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bulletin* 152, 1–105.
- Robertson K.M. and Chivers S.J.** (1997) Prey occurrence in pantropical spotted dolphin *Stenella attenuata*, from the eastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin* 95, 334–348
- Rodriguez R.J., Moreno S.X.G., Abitia C.L.A. and Palacios S.D.S.** (2009) General characteristics of diet of the raucous grunt, *Haemulopsis leuciscus* (Perciformes: Haemulidae), in Bahía Almejas, Baja California Sur, Mexico. *Marine Biodiversity Records* e141. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S1755267209990595>
- Rosas A.J., Hernandez H.A., Galvan M.F., Abitia C.L.A. and Muhlia M.A.F.** (2002) Diet composition of sailfish (*Istiophorus platyterus*) from the southern Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 57, 185–195.
- Thomson D.A., Findley L.T. and Kerstitch A.N.** (2000) *Reef fishes of the Sea of Cortez: the rocky-shore fishes of the Gulf of California*. 1st edition. Austin, TX: University of Texas Press.
- Valente C.N.** (1992) *A alimentacao natural dos peixes (métodos de estudo)*. Instituto de Zoologia Dr Augusto Nobre, Universidade do Porto. Série Monografias, 4 pp.
- Vaske T. Jr, Vooren C.M. and Lessa R.P.** (2004) Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 70, 293–304.
- Wolff C.A.** (1982) A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopods species, with relationships between their beak dimensions and size. *Fishery Bulletin* 80, 357–370.
- Wolff C.A.** (1984) *Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean*. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Technical Report, No 17, 50 pp.
- and
- Wootton R.J.** (1998) *Ecology of teleost fishes*. 2nd edition. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 392 pp.

Correspondence should be addressed to:

L.A. Abitia-Cárdenas
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional
Avenida Instituto Politécnico Nacional s/n
Apartado Postal 592, La Paz, Baja California Sur, México,
C.P. 23096
email: laabitia@gmail.com