



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Factores ambientales y pesqueros que influyen en la captura  
incidental de peces picudos en el Golfo de México.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A

SERGIO ABURTO CASTAÑEDA



DIRECTOR DE TESIS: BIOL. LUIS VICENTE GONZÁLEZ ANIA

2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE CIENCIAS

División de Estudios Profesionales



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
Jefe de la División de Estudios Profesionales  
Facultad de Ciencias  
P r e s e n t a .

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**"Factores ambientales y pesqueros que influyen en la captura incidental de peces picudos en el Golfo de México"**

realizado por **Aburto Castañeda Sergio**, con número de cuenta **095336952** quien opta por titularse en la opción de **Tests** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario M. en C. Patricia Fuentes Mata

Propietario M. en C. Juan Fernando Márquez Farías

Tutor(a)  
Propietario Biól. Luis Vicente González Ania

Suplente M. en C. José Ignacio Fernández Méndez

Suplente Quím. Alejandro Liedo Galindo

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D. F., a 30 de agosto del 2007  
EL COORDINADOR DE LA UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA

DR. ZENÓN CANO SANTANA

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA  
DE BIOLOGÍA

Señor sindaca: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

ESTE TRABAJO LO DEDICO A MI ABUELO

**SR. EMIGDIO CASTAÑEDA FLORES**

GRACIAS POR TU EJEMPLO DE VIDA  
Y QUE HASTA EN EL ÚLTIMO  
MOMENTO ME ENSEÑASTE ALGO

HASTA LUEGO DONDE QUIERA QUE ESTES...

## AGRADECIMIENTOS

### ACADEMICOS

A MI H. JURADO.

Biól. Luís Vicente González Ania.

Principal responsable de la asesoría del presente trabajo, que sin sus atenciones y consejos no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Quím. Alejandro Liedo Galindo.

M. en C. Patricia Fuentes Mata.

M. en C. José Ignacio Fernández Méndez.

M. en C. Juan Fernando Márquez Farias.

Agradeciéndoles todo el apoyo y atenciones prestada para la realización a este trabajo.

A mis profesores de la Facultad de Ciencias, gracias por mostrarme lo asombroso que es la naturaleza.

A la U.N.A.M. por ser mi alma máter y permitirme desarrollar mi cuerpo mente y alma a través de las experiencias y momentos inolvidables que viví dentro de ella.

## AGRADECIMIENTOS

### PERSONALES

A mi madre, a la que admiro, respeto, y amo; te estoy eternamente agradecido por todo lo que haz hecho por mi y siempre dejarme ser, no me alcanzan las palabras para agradecerte y decirte lo mucho que te quiero... simplemente gracias por todo.

A mi hermana Aideé por ser quién eres.

A mi Abuela Isabel, por ser parte de mi alma.

A mi padre que después de todo esta ahí, gracias viejo.

A la Fam. Aburto,  
Principalmente a mis Abuelos, con quienes compartí cortos pero maravillosos momentos.

A la Fam. Castañeda  
Gracias a todos por permitirme crecer, aprender y compartir grandes momentos con ustedes, quiero agradecer a todos mis tíos especialmente a: Antonio, Javier, Juan, Laura y Claudia por sus invaluable consejos y su cariño, gracias por todo.

A mis amigos

José de Jesús García y Carlos Eduardo Maldonado

Por brindarme su amistad y compartir grandes momentos de la vida conmigo.

A la Fam. Cruz Soto, por sus atenciones y amistad, en especial a Neto y Adriana gracias.

A la Fam. García Estrada, por sus atenciones y amistad.

A todos mis amigos de la Facultad de ciencias, pero principalmente a Aldo, Lucy, Juan, Arturo y Edgardo, gracias por los momentos que vivimos, los demás no se aguiten les agradezco a todos.

A mis amigos y personas que formaron parte de mi vida durante mis estudios en la ENP N°2, especialmente a Guillermo, Adán, Héctor, Elliot, Erikca E., Elena, Erica, Eva, Susana, Claudia, Alicia, gracias a todos por crecer junto conmigo.

A los K-ras Ciudadinas: Salvador, Eduardo, Raúl, Ramón, Moisés, por permitirme vivir cosas que jamás imagine.

A todas las personas que bien o mal contribuyeron en mi vida

Finalmente al pueblo de México por darme el privilegio de realizar mis estudios en la U.N.A.M., esperando algún día retribuirle a la gente que mas lo necesita en este maravilloso país.

“En lo que acción se refiere, el hombre no puede hacer otra cosa que aproximar o separar los cuerpos naturales; lo demás lo realiza la naturaleza”

Sir Francis Bacon”

“El hombre encuentra a Dios detrás de cada puerta que la ciencia logra abrir”

Albert Einstein

“Quien volviendo a hacer el camino viejo aprende el nuevo, puede considerarse un maestro”

Confucio

“El individuo ha luchado siempre para no ser absorbido por la tribu. Si lo intentas, a menudo estarás solo, y a veces asustado. Pero ningún precio es demasiado alto por el privilegio de ser uno mismo”

Friedrich Nietzsche

“Las armas más poderosas han sido siempre las nuevas formas de conciencia... la Inquisición y el poder de la Iglesia en la Edad Media no fueron derribadas por una acción revolucionaria directa. Su fuerza desapareció porque la conciencia humana se desarrolló más allá de ellos”.

William S. Burroughs

<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>12</b>
OBJETIVOS PARTICULARES .....	12
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.-ANTECEDENTES.....</b>	<b>13</b>
2.1.-OCEANOGRAFÍA FÍSICA DEL GOLFO DE MÉXICO.....	13
2.1.1.-Composición del fondo marino.....	14
2.1.2.- Principales ríos y lagunas de aporte al Golfo de México.....	17
2.1.3.- Masas de agua .....	18
2.1.4.-Temperatura .....	24
2.2.-BIOLOGÍA DE LOS PICUDOS .....	25
2.2.1.-Clasificación .....	25
2.2.2.-Características generales .....	27
2.2.3.-Descripción de las especies de estudio .....	27
2.2.3.1.- <i>Xiphias gladius</i> - Linneo, 1758.....	28
2.2.3.2.- <i>Istiophorus albicans</i> - Whitley, 1937 .....	30
2.2.3.3.- <i>Tetrapturus albidus</i> - Poey, 1860.....	33
2.2.3.4.- <i>Tetrapturus pfluegeri</i> - Robinson & da Silva, 1963 .....	35
2.2.3.5.- <i>Makaira nigricans</i> - Lacepède, 1802.....	37
2.3.- PESQUERÍA.....	39
2.3.1.-Arte de pesca.....	41
2.3.2.- Labores de los observadores a bordo de los barcos atuneros.....	42
2.3.3.-Normatividad .....	48
2.4.-ANTECEDENTES ESTADÍSTICOS .....	49
2.4.1.-Estructura del error .....	49
2.4.2.-Predictor lineal .....	50
2.4.3.-Función de enlace.....	52
2.4.4.-Análisis de GLM.....	52
2.4.4.1.-Máxima verosimilitud .....	53
<b>3.- MATERIALES.....</b>	<b>54</b>
3.1.-BASES DE DATOS .....	54
3.2.-MAPAS .....	54
3.3.-IMÁGENES SATELITALES Y DATOS OBTENIDOS POR INTERNET .....	55
3.4.-SOFTWARE .....	56
<b>4.-METODOLOGÍA.....</b>	<b>57</b>
4.1.-PLANTEAMIENTO DE LAS VARIABLES.....	57
4.2.- CONSTRUCCIÓN DE BASE DE DATOS Y CONSULTAS .....	59
4.3.-MAPAS .....	72
4.4.-DESARROLLO DE MODELOS ESTADÍSTICOS .....	76
4.3.1.-Análisis estadístico exploratorio.....	76
4.3.2.-Predictores.....	86
4.4.-PLANTEAMIENTO DEL MODELO LINEAL GENERALIZADO.....	96
4.4.1.-Modelos Máximos .....	97
4.5.-ANÁLISIS DE LOS MODELOS .....	98
4.6.-PRUEBAS DE NIVEL DE ENTROPÍA Y TAMAÑO DE MUESTRA.....	101
<b>5.-RESULTADOS .....</b>	<b>102</b>

5.1.-RESULTADOS DEL MODELO DE PEZ ESPADA.....	102
5.1.1.-Profundidad de anzuelo .....	102
5.1.2.- Tipo de carnada .....	105
5.1.3.-Horario de lance (día / noche) y Porcentaje lunar .....	108
5.1.4.-Batimetría por estación .....	110
5.1.5.-Modelo final del Pez Espada.....	115
5.1.6.-Tamaño de muestra .....	115
5.1.7.-Mapas de lances por estación en el Golfo de México .....	116
5.1.8.- Mapas de lances por estación donde hubo captura de pez espada en el Golfo de México .....	118
5.2.-RESULTADOS DEL MODELO DEL PEZ VELA.....	120
5.2.1.- Horario de lance.....	120
5.2.2.- Tipo de carnada .....	127
5.2.3.-Profundidad de anzuelo .....	134
5.2.4.-Batimetría por estación y zona.....	141
5.2.5.-Temperatura superficial .....	148
5.2.7.-Modelo final del pez vela.....	155
5.2.8.-Tamaño de muestra .....	155
5.2.9.-Mapas de lances por estación en el Golfo de México .....	156
5.2.10.- Mapas de lances por estación donde hubo captura de pez vela en el Golfo de México.....	158
<b>6.- DISCUSIÓN .....</b>	<b>161</b>
6.1.-ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL PEZ ESPADA.....	161
6.2.-ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL PEZ VELA.....	167
6.3.-DE LOS TAMAÑOS DE MUESTRA .....	175
6.4.-MANEJO.....	176
6.4.1.-Consideraciones acerca del manejo del pez espada.....	176
6.4.2.-Consideraciones acerca del manejo del pez vela .....	177
6.5.-PROYECCIONES Y PERSPECTIVAS .....	178
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>179</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>182</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>183</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>185</b>

## RESUMEN

### FACTORES AMBIENTALES Y PESQUEROS QUE INFLUYEN EN LA CAPTURA INCIDENTAL DE PECES PICUDOS EN EL GOLFO DE MÉXICO

El estudio comprende un análisis estadístico sobre las tasas nominales de captura en la pesca incidental de peces picudos [*Tetrapturus albidus* (Marlín Blanco), *Tetrapturus pfluegeri* (Pez Aguja larga), *Makaira nigricans* (Marlín Azul del Atlántico), *Xiphias gladius* (Pez Espada), *Istiophorus albicans* (Pez Vela)] a través de modelos lineales generalizados en función de los factores físicos del ambiente, los derivados del sistema de pesca y los efectos de interacción que modifican la variabilidad de las tasas de captura incidental que se registran por la actividad de palangres, durante los años 1993 a 1997 por barcos de la flota atunera mexicana que opera en el Golfo de México; con el fin de establecer medidas que ayuden a mitigar la captura incidental de picudos.



## 1.- INTRODUCCIÓN

Los peces denominados picudos incluyen 12 especies agrupadas en 4 géneros y dos familias; para el Golfo de México se han identificado 5 especies (*Tetrapturus albidus*.- marlín blanco, *Tetrapturus pfluegeri*.- Pez aguja larga, *Makaira nigricans*.- marlín azul del Atlántico, *Xiphias gladius*.- pez espada, *Istiophorus albicans*.- pez vela) que son capturadas de manera incidental por barcos palangreros de la flota atunera mexicana y forman parte de la captura objetivo en barcos de pesca deportiva; las capturas de barcos comerciales están integradas en más del 50% (con respecto al peso o al número) por el atún aleta amarilla, la captura incidental está constituida por una variedad de peces depredadores pertenecientes a la comunidad pelágica y en proporciones variables. Entre los más representados destacan los picudos, el peto, el dorado y algunos tiburones, durante 1997, la captura de la flota mexicana tuvo la siguiente composición:

Tipo de Peces	% de captura
atún aleta amarilla	56.37%
otros atunes	8.67%
peces picudos	9.59%
tiburones	3.22%
otros peces	22.15%

Tabla 1.- Composición de la captura en el Golfo de México durante 1997 (SEMARNAP).

Una fracción de los peces capturados de manera fortuita, habitualmente se libera en condiciones de sobrevivencia; los picudos, varios tiburones y peces con escaso valor comercial figuran entre las especies con los mayores porcentajes de liberación, la parte de la captura que se descarta muerta está dominada por especies no aprovechables, junto con individuos que carecen de valor por ser inferiores a la talla comercial o estar maltratados.

Los datos de captura pueden ser interpretados por la influencia de los factores físicos del ambiente, los derivados de los sistemas de pesca y las interacciones que inciden sobre los recursos pesqueros, modificando la variabilidad de las tasas de captura.

El presente trabajo propone un análisis estadístico para identificar los factores ambientales y pesqueros que influyen en la captura incidental de peces picudos en el Golfo de México, a través de modelos estadísticos referentes a la variabilidad de las tasas de captura (CPUE) en función de diversos factores físicos y pesqueros, tales como: la temperatura, la profundidad media del fondo oceánico, el porcentaje de iluminación del disco lunar, la profundidad de anzuelo, el tipo de carnada, el horario de lance, la zona de pesca, entre otros. La modelación se realiza a través de una herramienta estadística llamada Modelos Lineales Generalizados o GLM (por sus siglas en inglés), la cual nos permiten discernir como y cuales factores modifican las tasas de captura, haciendo una interpretación sobre la dinámica de

las pesquerías y proponiendo una planeación con un aprovechamiento sustentable del recurso en el Golfo de México.

Sin duda existen trabajos referentes al tema, tal es el caso de: Bigelow.1999, estimación de efectos ambientales sobre los índices de capturas, Kimura, 1981; Punt *et. al* , 2000; Maunder and Punt, 2004, estimación de índices de captura, Ortiz *et. al* , 2000; Ortiz and Arocha, 2004, estimación de parámetros biológicos ambientales asociados al crecimiento. Bromley, 2000; sin embargo, son escasos los trabajos de esta naturaleza para las pesquerías de México.

## **OBJETIVO GENERAL**

Identificar los factores físicos del ambiente, los derivados del sistema de pesca y los efectos de interacción que modifican la variabilidad de las tasas de captura incidental de los peces picudos, para proponer opciones de manejo tendientes a su disminución en la pesquería mexicana de atún con el palangre en el Golfo de México.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- 1.1.-Modelar la tasa de captura nominal del pez espada, en función de los factores ambientales y pesqueros, estadísticamente significativos.
- 1.2.-Modelar la tasa de captura nominal del pez vela, en función de los factores ambientales y pesqueros, estadísticamente significativos.
- 1.3.-Plantear alternativas de manejo que permitan reducir la captura fortuita de ambas especies.

## **HIPÓTESIS**

Existen parámetros ambientales y factores propios del sistema de pesca, que están relacionados con las variaciones observadas en las tasas de captura nominales de los peces picudos.

## 2.-ANTECEDENTES

### 2.1.-OCEANOGRAFÍA FÍSICA DEL GOLFO DE MÉXICO

La Tierra es un sistema dinámico que desde sus orígenes ha sufrido y sigue sufriendo cambios drásticos en su estructura, forma y función, modelándose hasta la forma en que actualmente la conocemos y las cuencas oceánicas no son la excepción, pues su origen y evolución son muy discutidos. Para este estudio nos preocuparemos por las principales características de la cuenca del Golfo de México.

El Golfo de México es una cuenca aislada del Mar Caribe con un umbral de profundidad aproximada de 2,500 m. Comprende un área total de 1, 768,000 km<sup>2</sup> con regiones muy profundas, Mayores a 3,400 m.

En su porción norte, el Golfo de México corresponde a la Zona Económica Exclusiva de Estados Unidos, en esta zona la plataforma continental está muy desarrollada, principalmente en la península de Florida.

Dentro de la Zona Económica Exclusiva de México la plataforma continental es muy angosta con la excepción de la península de Yucatán, donde se extiende profusamente.

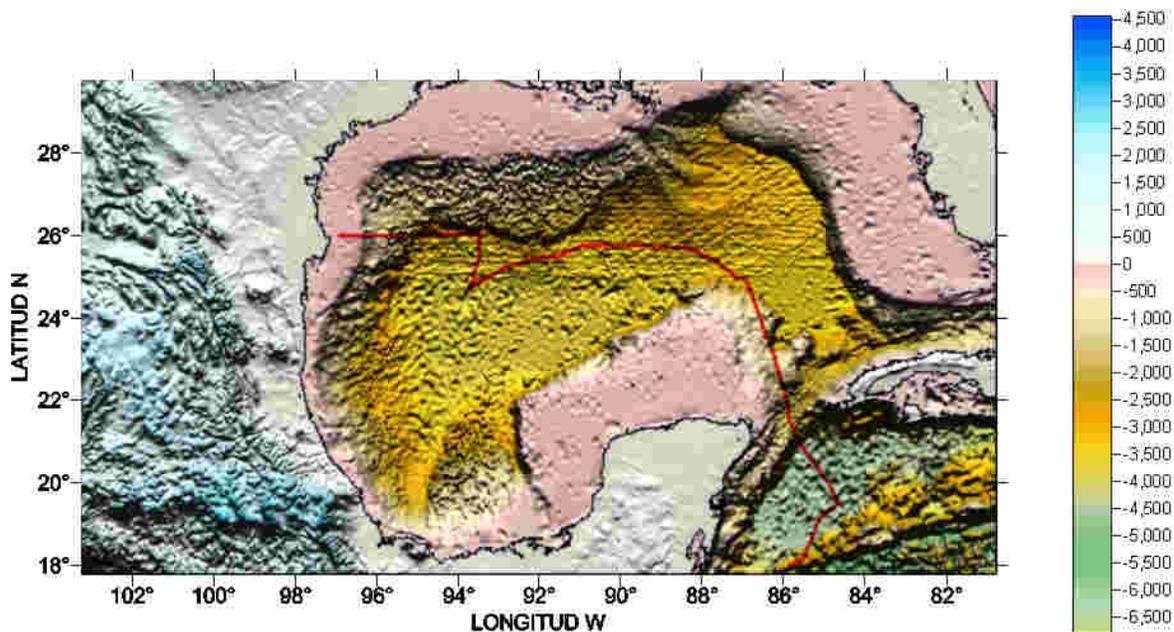


Figura 1.- Mapa de batimetría del Golfo de México.

## 2.1.1.-Composición del fondo marino

### Provincias del Golfo de México

Para la comprensión de los rasgos morfológicos del Golfo de México, Antoine (1972) estableció siete provincias con base en los cambios de dirección de las plataformas continentales que lo componen.

La primer provincia, bordea la costa occidental de Florida hasta los 84° de longitud oeste, es más amplia que la península de Yucatán, excediendo los 260 km hacia el sur de la provincia la inclinación de su pendiente aumenta bruscamente y va de 100 a 1,000 m de profundidad, dicha pendiente forma el escarpe de Florida el cual bordea el estrecho y la plataforma oeste de Florida.

La segunda provincia surge a partir del cambio de dirección de la plataforma suroeste, la cual es angosta menor a los 80 km y se estrecha aún más cuando se acerca al río Mississippi, en los 28° de latitud norte y 88° latitud oeste; el escarpe de Florida y el cono del Mississippi, constituyen una zona de elevaciones y depresiones denominadas Cañón de Soto, el cual se encuentra por debajo de la isobata de los 300 m y alcanza profundidades de hasta 2,000 m. Este cañón tiene su origen en la erosión del fondo por aporte fluvial, además de ser el responsable de importantes corrientes de turbiedad creadas por la acumulación de sedimentos acarreados por el río y depositados en el borde menos profundo, para precipitarse más adelante hacia el fondo por la sinuosidad del relieve.

La tercera provincia surge al cambiar el cono del Mississippi con dirección oeste. Esta provincia es una de las más extensas y comprende la parte Occidental del cono del Mississippi hasta el paralelo 26; la plataforma comprende aproximadamente 100 km de amplitud, se flexiona hacia el suroeste donde se reduce a 82 km y su pendiente es ligera hasta la isobata de 200 m, donde ésta aumenta para alcanzar los 1,000 m de profundidad.

La cuarta provincia se inicia en donde la plataforma se va angostando en su trayectoria hacia el sur hasta alcanzar 33-37 km en el paralelo 23, con una pendiente media entre 1° y 2° y su talud encuentra la base en una profundidad de 3000 m a partir de este punto la plataforma se vuelve a flexionar hasta la zona de san Andrés Tuxtla, Ver. para alcanzar su mínima amplitud que va de 6 a 16 km donde se incrementa su pendiente a 2° y en áreas muy localizadas hasta 15°.

La quinta provincia inicia desde Punta Roca Partida, comprendiendo la plataforma continental del sur de Veracruz y parte de Campeche; ésta se hace amplia en dirección de la península de Yucatán, con una extensión de 110-130 km frente a punta Frontera, para después flexionarse y rodear a la península de Yucatán. Presenta una pendiente entre 1° y 5° y en ella existen principalmente elementos carbonatados de origen biogénico, que convierten esta zona en una terraza acumulativa.

La Sexta provincia inicia con el cañón de Campeche, el cual se limita por el Escarpe de Campeche, este se extiende hasta profundidades de 2,400 a 2,600 m bordeando por el occidente y noroeste a la plataforma de la península, con una pendiente Mayor a 45°; la segunda flexión se da en el paralelo 22, aquí el escarpe se separa gradualmente del borde de la plataforma y queda entre las dos estructuras una planicie llamada planicie de Lomerios (Illán, 1975 y Lugo, 1985, en De la Lanza, 1991), con una inclinación débil de 1.5° a 2.5°.

Se han distinguido dos tipos de talud, uno de inclinación Mayor a 30° que ocupa escasas extensiones entre las isobatas de 200 y 400 m y el segundo en amplias zonas de una profundidad de 1,000 m que se reconoce al noroeste de la península de Yucatán, la plataforma continúa entorno a la península de Yucatán para llegar hasta Cabo Catoche, el cual marca el fin de la sexta provincia.

La séptima provincia corresponde a la parte central del Golfo de México, comprende la llanura abisal de Sigsbee, está limitada por la isóbata de 3,600 m y presenta dos zonas aún más profundas, una de ellas a los 3,735 m y la otra a 3,741 m donde se localizan algunas colinas de hasta 200 y 300 de altura. Esta cuenca sirve como límite al escarpe de Campeche.

#### Mar Caribe

El mar caribe se extiende en un área total de 2, 640,000 km<sup>2</sup> y una profundidad media superior a la del Golfo de México, de 4,000 m La cuenca caribeña es típicamente geosinclinal, la plataforma continental es muy estrecha con solo 20 km frente a Cancún.

## Tipos de sedimentos de las regiones del Golfo de México

Los diferentes tipos de sedimentos que conforman la cuenca del Golfo de México son variables, están en función del aporte de los ríos que desembocan en el Golfo de México y de la actividad biológica de las comunidades arrecifales, estos procesos denotan una gran importancia debido a que la cantidad de lixiviación continental provocada por los grandes ríos contribuye en gran medida al aporte natural de materia orgánica. Actualmente también se presenta un gran problema de contaminación debido a la descarga de drenajes en las cuencas de los grandes ríos y zonas costeras del Golfo de México.

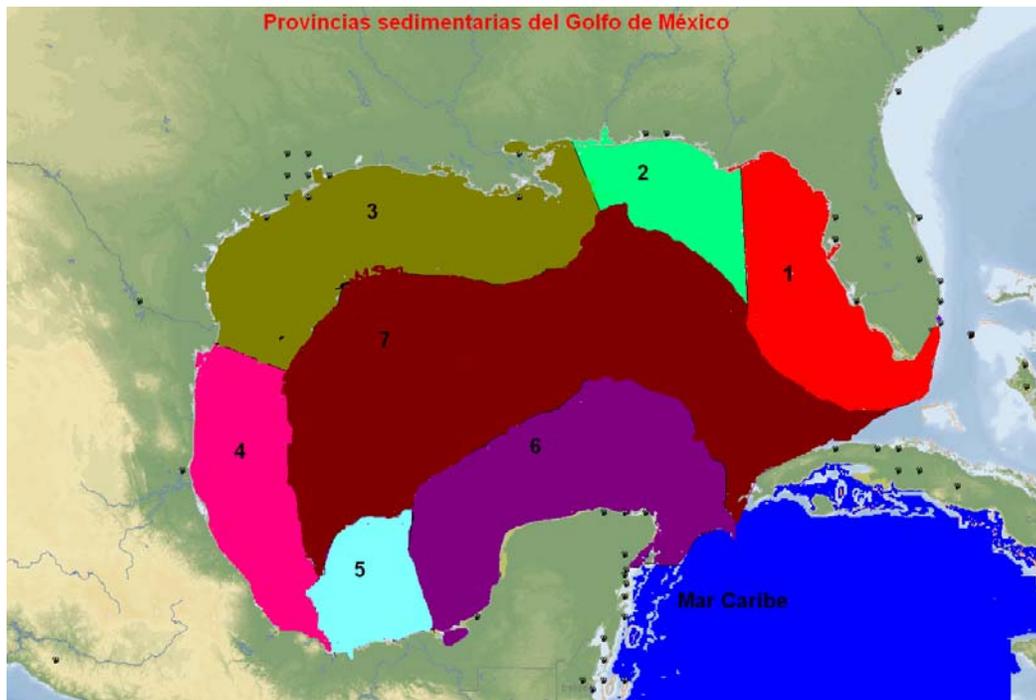


Figura 2.- Provincias sedimentarias del Golfo de México.

Los tipos de sedimentos por región son:

La región 1 Sedimentos de tipo lodos terrígenos

La región 2 Sedimentos continentales y gran cantidad de compuestos biogénicos debido al aporte del río Mississippi.

La región 3 Arenas limosas y arenas terrígenas, cuenta con formaciones arrecifales.

La región 4 Limos terrígenos, limos arenosos terrígenos, compuestos carbonatados de origen biogénico, cuenta con formaciones arrecifales.

La región 5 Arenas limosas terrígenas, arenas gruesas terrígenas y arenas limosas carbonatadas.

La región 6 Arenas carbonatadas de origen biogénico arrecifal, cuenta con formaciones arrecifales.

La región 7 Arenas limosas terrígenas ozes de globigerina.

### 2.1.2.- Principales ríos y lagunas de aporte al Golfo de México

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1.-Laguna Madre           | 16.-Estero el Islote      |
| 2.-Laguna Morales         | 17.-Estero Lagartos       |
| 3.-Laguna de San Andrés   | 18.-Laguna Yalahán        |
| 4.-Laguna de Pueblo Viejo | 19.-Bahía de la Ascensión |
| 5.-Laguna de Tamiahua     | 20.-Bahía Espíritu Santo  |
| 6.-Laguna de Mandinga     | 21.-Bahía Chetumal        |
| 7.-Laguna de Alvarado     | 22.-Río Mississippi       |
| 8.-Laguna del Ostión      | 23.-Río Colorado          |
| 9.-Laguna del Carmen      | 24.-Río Bravo             |
| 10.-Laguna Machona        | 25.-Río Purificación      |
| 11.-Laguna Pom            | 26.-Río Tecolutla         |
| 12.-Laguna de Términos    | 27.-Río Papaloapan        |
| 13.-Estero Yaltún         | 28.-Río Grijalva          |
| 14.-Laguna Celestum       | 29.-Río Coatzacoalcos     |
| 15.-Estero Yacalpetén     | 30.-Río Candelaria        |

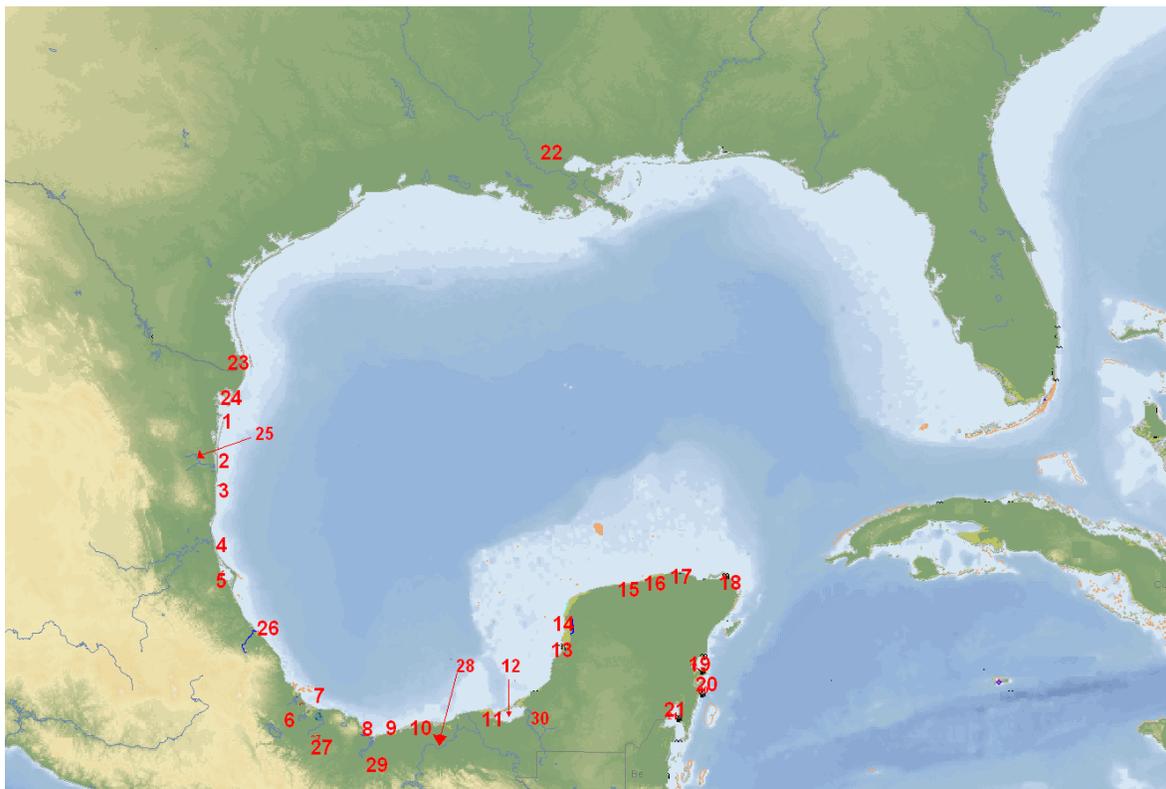


Figura 3.-Depresiones costeras y principales ríos en el Golfo de México.

### 2.1.3.- Masas de agua

Las masas de agua del Golfo de México están influenciadas principalmente por la corriente de Lazo que contribuye con aguas cálidas y salinas que sufraga en gran medida el intercambio de masas de agua que llegan al Golfo de México, aunque también factores de micro y mesoescala están envueltos es los intercambios de masas de agua, un ejemplo de esto, es la capa superficial conocida como capa de mezcla normalmente ocupada por los primeros 100 o 150 m por lo que es afectada en sus características físicas y su circulación por fenómenos climáticos atmosféricos. La fluctuación estacional de los factores anteriores conduce, a que en los meses de invierno se presenten las temperaturas más bajas del ciclo anual que resultan de los frentes polares y los vientos fríos o nortes, por lo cual la influencia cálida de la corriente de Lazo que se da en el canal de Yucatán, puede ser observada mediante isotermas superficiales (Nowlin, 1971, en De la Lanza, 1991).

En el norte del Golfo sobre la plataforma continental de E.U. las temperaturas descienden hasta los 19° ó 20°C contrastando con las temperaturas cálidas caribeñas que son de 26°C.

El patrón de salinidad se comporta como el de temperatura, es decir, en invierno la salinidad es más baja en el norte del Golfo de México, aunado a que es abatida por los aportes de agua dulce dada por los ríos teniendo una salinidad de 32.16 ‰, mientras que en la zona de Campeche llega a ser de 36.4-36.6 ‰, superior a otras regiones del Golfo de México.

Durante el verano los índices de insolación y calentamiento de las aguas del Golfo de México alcanzan su mayor nivel en todo en año, reflejando este aumento en el incremento en la temperatura del agua con gran influencia sobre aguas someras.

Durante el verano se observa una gran intromisión (posiblemente la más notoria) de la corriente de Lazo (Lippe, 1970 y Elliot, 1982, en De la Lanza, 1991).

Por otro lado, por debajo de la capa de mezcla y en una profundidad de 250 m se encuentra una capa característica del Golfo de México, la Masa de Agua Subtropical Subsuperficial, que ocupa de 150 a 250 m de profundidad, la cual puede variar dependiendo de la dinámica en cada zona del Golfo de México. Está caracterizada por su salinidad máxima en el perfil vertical de las aguas del Golfo así como su bajo contenido de oxígeno, la salinidad decrece hacia su recorrido desde la superficie del Atlántico Subtropical donde hay una salinidad de 37.75 ‰, ya que se diluye conforme avanza por el Caribe hacia el Golfo de México, además de que la mezcla vertical es favorecida por el movimiento de las aguas al plegarse sobre el borde de la península de Yucatán, de manera que la salinidad en el canal de Yucatán es de 36.7 ‰ y alcanza 36.4 ‰ en el oeste del Golfo de México.

A una profundidad de 250 a 900 m se ubica una capa de agua con temperaturas que van de 19 a 6.3° C y con salinidades de 35 a 36 ‰, una característica de esta capa es el valor mínimo de oxígeno por lo que puede llamarse Capa mínima de oxígeno, este valor se modifica dependiendo de las características batimétricas de la zona así como la velocidad y el flujo de la corriente de Lazo. Esta capa juega un papel muy importante en la captación y distribución de nutrientes, ya que en ella suelen quedar atrapados, de modo que su ubicación dentro de la columna de agua es limitante para el establecimiento de zonas productivas y por ende, de la riqueza pesquera.

El agua Antártica intermedia se localiza inmediatamente después de los 900 m y se extiende hasta los 1,050 m aproximadamente. Esta agua se origina entre los 45° y 50° de latitud sur en el Atlántico y fluyen hacia el norte hasta alcanzar el Mar Caribe y atravesar la frontera batimétrica del estado de Yucatán introduciéndose finalmente al Golfo de México, se caracteriza por una salinidad de entre 34.86-34.89 ‰ y asociada a temperaturas de 6.2°C.

Por debajo de esta capa a los 1,300 – 1,400 m de profundidad se localiza otra capa de transición denominada Agua Norteamericana Profunda donde la temperatura decrece a 4°C y con una salinidad de 36.96 ‰ a una profundidad de 1500 m (Morrison y Nowlin, 1972, en De la Lanza, 1991).

### Circulación

La circulación del Golfo de México, esta relacionada con la influencia de aguas cálidas y salinas que entran a través del Estrecho de Yucatán y salen por el de Florida, parte de estas corrientes se devuelve por contracorrientes en el Canal de Yucatán (Armstrong y Grady, 1967, en De la Lanza, 1991).

A su paso por la cuenca del Golfo de México, el volumen de las aguas de esta corriente, forman anillos que se desplazan al interior, los cuales tienen una circulación anticiclónica y transmiten momentum a las aguas adyacentes, generando movimientos en sentido opuesto, constituyéndose giros ciclónicos. El resto de las aguas continúan su viaje hacia el Estrecho de Florida formando un meandro. Este comportamiento configura una franja ligeramente plegada hacia el este a manera de cordón o lazo, de donde proviene el nombre de Corriente de Lazo; esta corriente es un flujo de agua alta salinidad de 36.7 ‰ y de temperaturas superficiales durante el verano de 28°C a 29°C, que se reducen en el invierno a 25 y 26°C (Elliot, 1982, en De la Lanza, 1991).

La Corriente de Lazo presenta una intromisión dentro del Golfo que varía estacionalmente. Estos cambios han sido detectados mediante los patrones de temperatura por debajo de la superficie, por mediciones de la profundidad de las isotermas de 20 y 22°C y por medio de diferencias del flujo geostrófico, además de las imágenes satelitales que nos dan un panorama muy notorio de este fenómeno.

Existen diferentes tipos de movimientos en las masas de agua, para su estudio y clasificación aquí los dividiremos en función del alcance de acción que tienen estos procesos en las masas de agua y se dividen en procesos de: microescala, mesoescala, y macroescala. Los procesos de microescala son aquellos que actúan dentro del rango de 0 m a 1,000 m tales como: la difusión molecular y la difusión de turbulencia; estos procesos tienen una gran importancia debido a la incorporación de nutrientes terrígenos al océano. La difusión molecular se lleva a cabo como resultado del movimiento de las moléculas, debido a los gradientes de temperatura, densidad y presión. La difusión de turbulencia es el movimiento de agua por interacción atmósfera-océano.

Los procesos de mesoescala se dan de 1 a 1000 km dentro de estos procesos se encuentran las surgencias, cuyos mecanismos producen volcaduras en las masas de aguas localizadas por debajo de las capas superficiales, llevando a cabo un movimiento positivo en la columna de agua, lo que permite la recirculación de las masas de aguas que se ubican en el fondo. Otro proceso de mesoescala son las mareas interiores, que están en función de las corrientes, la gravedad y orografía de la plataforma continental.

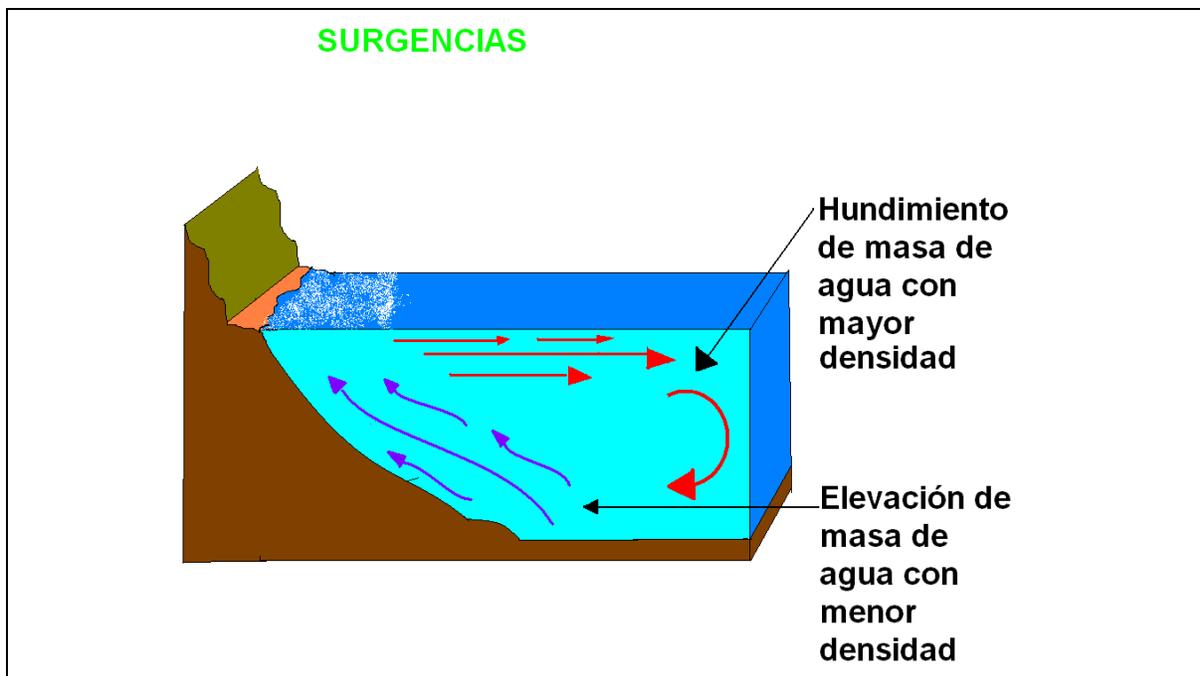


Figura 4.- Esquema de surgencia.

Las mareas que se suscitan en el Golfo de México son de tipo diurno, con algunas regiones de mareas mixtas, como en la zona noreste y noroeste del Golfo de México, la presencia de mareas semidiurnas y mareas mixtas puede deberse a la interacción de la onda mareal y la topografía del terreno.

Los procesos de macroescala, son aquellos que ocurren en una magnitud de miles de kilómetros, en estos procesos podemos encontrar a los nortes y las depresiones tropicales.

Los procesos de mesoescala modifican en gran medida la dinámica de las masas de agua en el Golfo de México, ejemplo de estos son: los giros ciclónicos y anticiclónicos.

Los giros anticiclónicos pueden ser descritos como masas de agua cuyas características isotermas y geopotenciales forman un anillo, sus aguas se mueven a favor de las manecillas del reloj en la hemisferio norte del globo terráqueo y representan zonas de hundimiento (Bogdanov, 1965, en De la Lanza, 1991); por lo que la configuración vertical de su temperatura muestra un aumento de profundidad de las isotermas en la parte central del anillo, lo cual implica encontrar en este punto temperaturas altas a Mayores profundidades, la influencia de estos anillos se ha detectado hasta los 1,200 m de profundidad, el transporte geopotencial del sistema aumenta conforme se acerca a la superficie y al centro del giro, los valores pueden alcanzar  $60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$  (Nowlin y Hubertz 1972, en De la Lanza, 1991); de esta manera hacen una fuerza de succión de las aguas superficiales. Los anticiclones son áreas de temperaturas cálidas y salinas semejantes a la corriente de Lazo, se constituyen como anillos aislados principalmente durante las épocas en el que el flujo principal se reduce, produciendo un estrangulamiento del meandro y provoca la formación de un anticiclón; la intensidad de los anillos depende directamente de la magnitud del decremento en el flujo del Lazo. Después de ser separados de la corriente, inician un movimiento hacia el oeste con una velocidad estimada entre 3.7-5.7 y 2.1 km /día (Cochrane, 1972 y Elliot, 1982, en De la Lanza, 1991).

Se ha observado que existe la formación de tres anticiclones durante el año, todos con dirección hacia el oeste del Golfo de México (Elliot, 1982, en De la Lanza, 1991).

Existe un anticiclón que se ubica frente a las costas de Tamaulipas este es llamado "El Anticiclón Mexicano" (Vázquez de la Cerda, 1975, en De la Lanza, 1991), el cual es un anticiclón semipermanente que recibe una influencia directa de la Corriente de Lazo. Durante su desplazamiento los anticiclones pueden llegar a juntarse y construir uno nuevo hasta llegar a las costas de Tamaulipas dando lugar al Anticiclón Mexicano (Vázquez de la Cerda, 1987, en De la Lanza, 1991).

Los anillos ciclónicos son movimientos circulares de masas de agua, que se dan en el hemisferio norte en contra de las manecillas del reloj; estos movimientos dan como resultado un ascenso de aguas con temperaturas más bajas a las del entorno, este fenómeno, es explicado a partir de la deformación ascendente de las isotermas, observándose un perfil vertical. Los giros ciclónicos se han detectado frente a la plataforma este de Florida, donde suelen moverse hacia el oeste sobre la plataforma Texas-Louisiana y en el Banco de Campeche. Al igual que los anticiclones los giros ciclónicos están gobernados por la intromisión de la Corriente de Lazo, que, al penetrar con Mayor fuerza entre los meses de Abril y Mayo ocurre una mayor intromisión y posteriormente al retirarse se lleva a cabo un estrangulamiento acompañándose de giros ciclónicos, la estimación del diámetro

de estos giros es de 80 a 120 km con un límite de la isoterma de 20° C a una profundidad de 60 m la velocidad geostrofica alcanzó 120 cm/seg (Cochrane, 1972, Monreal, 1984, Salas y Monreal, 1986, en De la Lanza, 1991).

La mayor parte de los ciclones suelen dirigirse hacia el oeste del Golfo de México donde eventualmente son disipados. El banco de Campeche, es también una zona donde los giros ciclónicos se han detectado, esto es debido a que existen dos lenguas de agua fría a los costados de la corriente de Lazo y estas son las responsables de formar los giros ciclónicos, uno hacía Florida y otro hacia Campeche (De la Lanza et al. 1991).

En el Golfo de México y el Mar Caribe, se presenta una circulación de vientos formada por masas de aire polar llamados nortes, que se desplazan hacia el sur a través de los Estados Unidos con vientos de dirección boreal, cuya intensidad alcanzan frecuentemente rachas fuertes, violentas o huracanadas.

Los ciclones tropicales más conocidos como huracanes se forman en el hemisferio norte en las regiones oceánicas ecuatoriales al norte a los 5° de latitud, desde Mayo hasta principios de Noviembre.

El Golfo México presenta cuatro zonas matrices de formación de huracanes, estos se caracterizan por fuertes vientos que sobrepasan los 120 km / hr y con lluvias que registran 1,000 mm tres de las cuales, se ubican en el Caribe y Golfo de México, la primera de ellas aparece en el suroeste del Golfo de México en la sonda de Campeche e inicia su actividad en Junio, formando sistemas lluviosos de modo que en Julio se configuran verdaderas tormentas y ciclones que se dirigen al noroeste del Caribe oriental es la segunda zona matriz que se configura cuando el calentamiento de la zona es elevado, se originan los huracanes, la tercera zona es la porción Atlántica y es aquí donde se originan la tormentas más fuertes (Cochrane, 1972, Monreal, 1984, Salas y Monreal, 1986, en De la Lanza, 1991).

Los huracanes de la región del Caribe se forman durante los meses en Junio y Julio y se repiten a finales de Septiembre, Octubre y Noviembre, y generalmente viajan al noroeste del Golfo de México y desaparecen en las costas de Estados Unidos. La región del Atlántico origina huracanes durante los meses de Agosto y Septiembre y se mueven hacia el Caribe, estos fenómenos son capaces de cambiar el patrón de circulación, modificándolo de modo importante (De la Lanza etal. 1991).

### TOPEX/ERS-1 Analysis Jan 9 1995

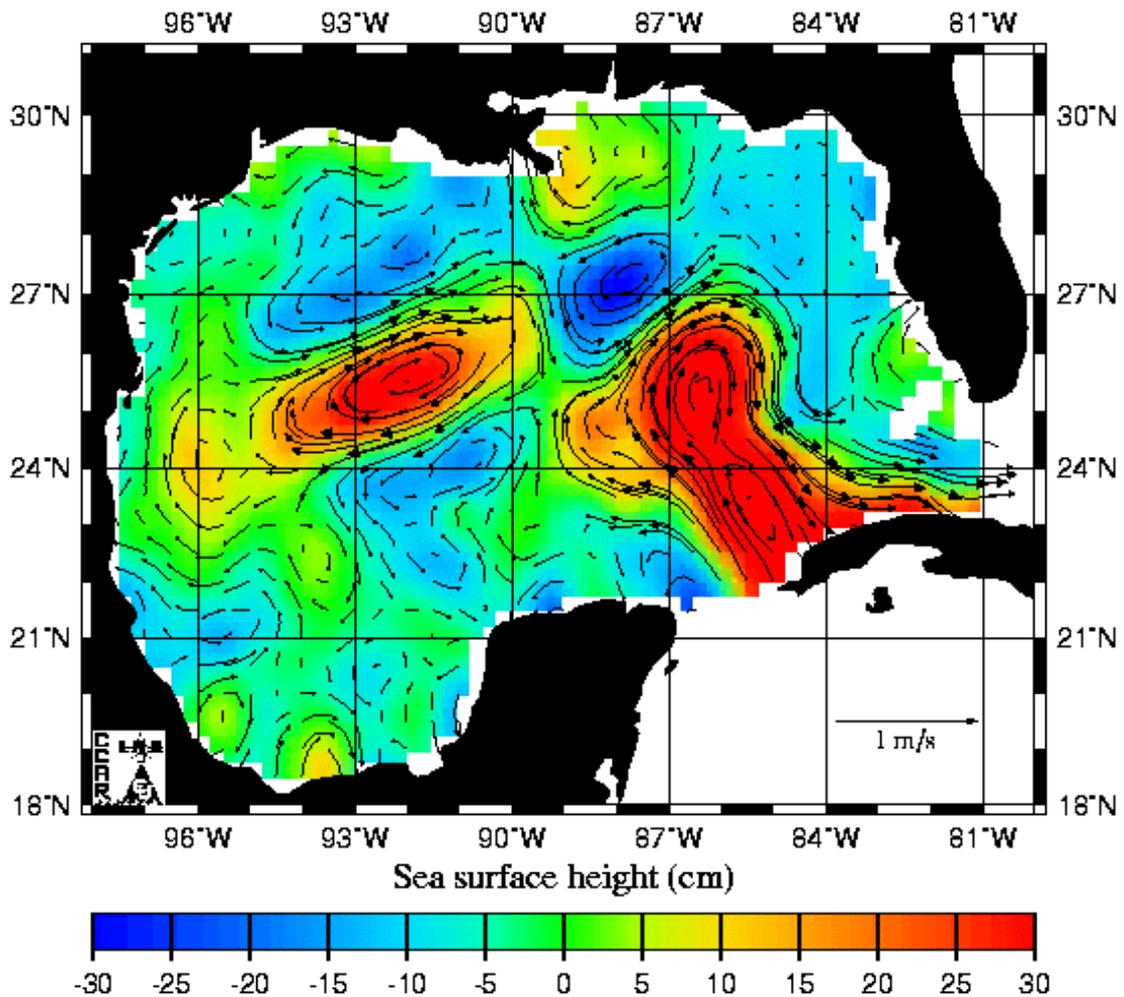


Figura 5.- El movimiento circular rojo denota a un giro anticiclónico y el azul un movimiento ciclónico, el patrón de circulación entre Yucatán, Cuba, Florida, es la corriente de Lazo.

#### 2.1.4.-Temperatura

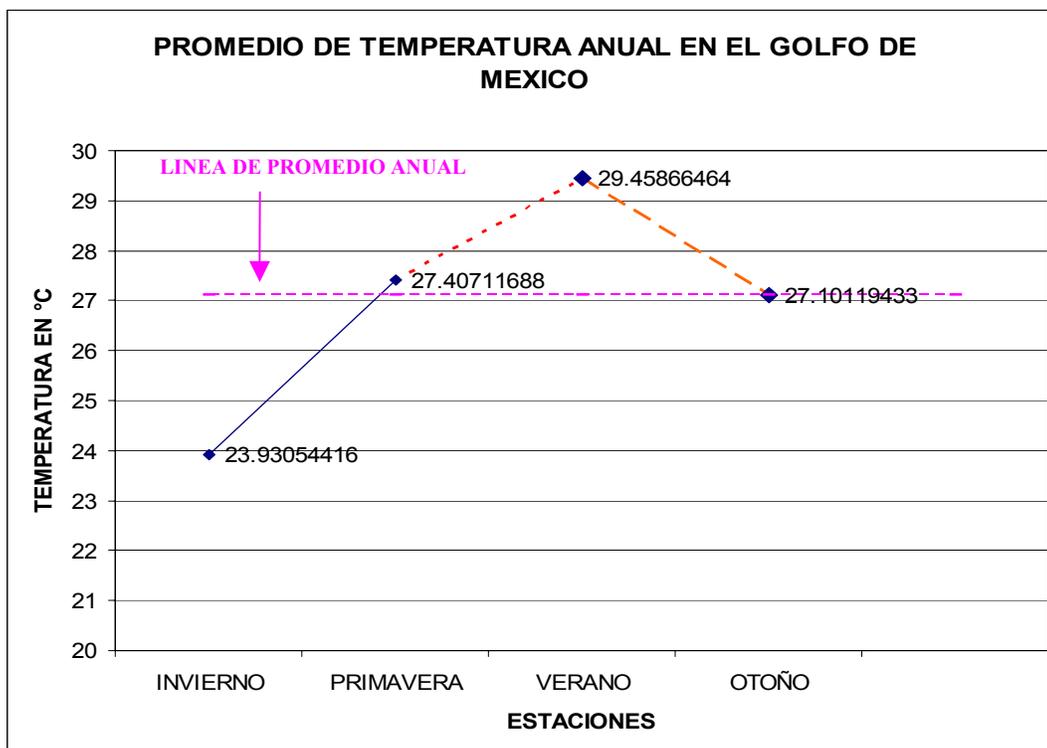
La variación de temperatura a lo largo del año es un factor muy importante, ya que junto a esta variación también se modifican diversos aspectos como la concentración de productores primario, la salinidad, la disponibilidad de oxígeno, entre otras.

En la tabla 2 se muestra, la variación del promedio de temperatura que hubo por estación durante el período de 1993 a 1997.

Los datos de la temperatura fueron obtenidos *insitu* por los observadores.

ESTACIONES	TEMPERATURA EN °C.
INVIERNO	23.9305442
PRIMAVERA	27.4071169
VERANO	29.4586646
OTOÑO	27.1011943
PROMEDIO ANUAL	27.1024111

Tabla 2.- Promedio de temperatura por estación.



Gráfica.1.- Promedio de temperatura por estación.

## 2.2.-BIOLOGÍA DE LOS PICUDOS

### 2.2.1.-Clasificación

El término de peces picudos ha sido ampliamente aceptado por científicos, pescadores comerciales y deportivos, dicho término aplica a los peces de las familias **Xiphiidae** e **Istiophoridae**, caracterizados por la prolongación de la mandíbula superior tomando una forma de espada o una lanza.

Existen diferentes clasificaciones taxonómicas acerca de los peces picudos, sin embargo, en el presente trabajo consideramos que son tres las principales clasificaciones: la de Nakamura (1985) la de Nelson (1994), la de Collette (2006).

Nakamura en su clasificación propone 2 familias con cuatro géneros y 12 especies, comenzando con el suborden Xiphioidae, con dos familias: **Xhipiidae** e **Istiophoridae**; la primera con el género Xhipias con solo una especie (*Xhipias gladius*) y la segunda con tres géneros: Istiophorus, Tetrapturus, y Makaira; mientras que Nelson (1994), propone solo una familia denominada **Xiphiidae**, con dos subfamilias: **Xiphinae** e **Istiphorinae**, la primera con una especie (*Xhipias gladius*) y la segunda con 3 géneros y 11 especies, Isthiophoridae, Tetrapturus y Makaira, mientras que Collette en base en una clasificación realizada por medio de análisis molecular de DNA mitocondrial y nuclear de los peces picudos, propone cinco géneros: Makaira (marlín azul), Istiphorus (pez vela), Istiompax (marlín negro), Kajikia (marlín blanco), Tetrapturus (4 peces aguja), además de no reconocer evidencia molecular significativa como para considerar la separación entre especies del pez vela del Atlántico y Pacífico, así como las del marlín azul del Atlántico y Pacífico.

No obstante que la clasificación de Nakamura (1985) es anterior a la de Nelson (1994) y a la de Collette, en la presente investigación se optó por mantener la clasificación de Nakamura puesto que es reconocida y manejada por la FAO y tiene mayor semejanza con la de propuesta por Collette esta última en base a caracteres moleculares, lo cual nos permite tener un punto de referencia más amplio y homogéneo con diversos trabajos, en los cuales se hace referencia a estos organismos

Los peces picudos incluyen 12 especies agrupadas en cuatro géneros y dos familias (Nakamura, 1985):

Phylum Chordata

Superclase Gnathostomata

Clase Osteichthyes

Subclase Aptinopterygii

Infraclase Teleostei

División Euteleostei

Superorden Acanthopterygii

Orden Perciformes

Suborden Xiphioidei

**Familia Xiphiidae**

**Género Xhiphias**

*Xiphias gladius*-Pez espada (cosmopolita)

**Familia Istiophoridae**

**Género Istiphorus**

*Istiophorus albicans*- Pez Vela del Atlántico

*Istiophorus platypterus*- Pez Vela Indo-Pacífico

**Género Tetrapturus**

*Tetrapturus albidus*- Marlin blanco (Atlántico)

*Tetrapturus angustirostris*- Pez aguja corta (Océanos Índico y Pacífico)

*Tetrapturus audax*- Marlin Rayado (Océanos Índico y Pacífico)

*Tetrapturus belone*- Pez lanza del Mediterráneo (Atlántico)

*Tetrapturus georgei*- Pez lanza redonda (Atlántico)

*Tetrapturus pfluegeri* Pez aguja larga (Atlántico)

**Género Makaira**

*Makaira indica*- Marlin negro (Océanos Índico y Pacífico)

*Makaira mazara*- Marlin azul Indo pacífico

*Makaira nigricans* Marlin azul del Atlántico

## 2.2.2.-Características generales

Para el presente estudio, solo se describirán a las especies que habitan o de alguna manera interaccionan dentro de las aguas del Golfo de México.

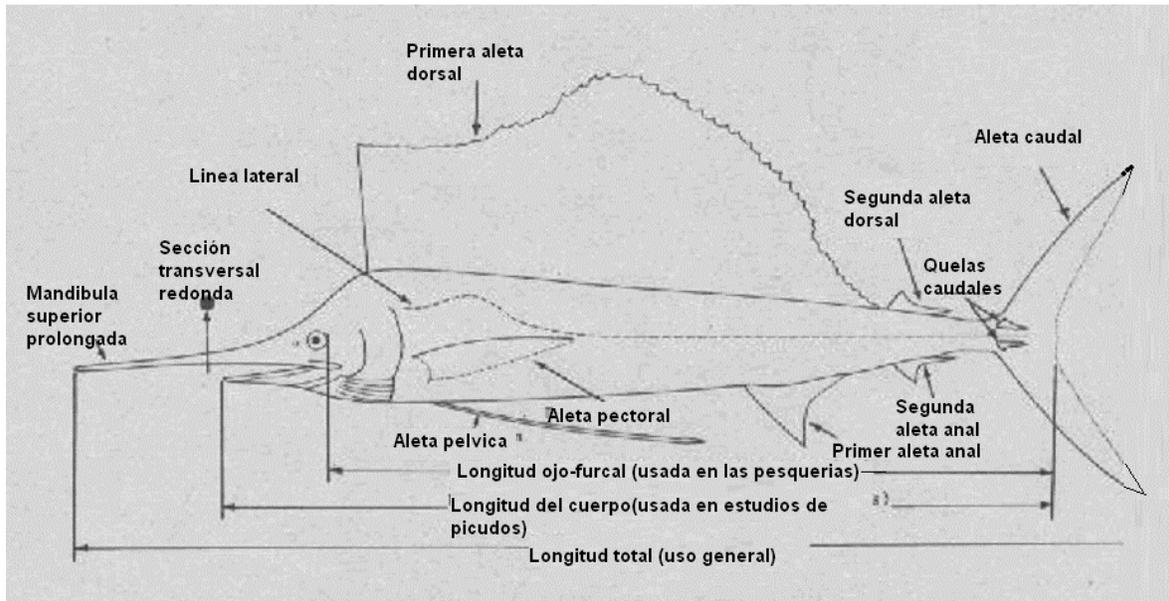


Figura 6.-Esquema general de la Familia **Istiophoridae**.

## 2.2.3.-Descripción de las especies de estudio

Las especies que son objeto de estudio son las siguientes:

*Xiphias gladius*- Pez espada

*Istiophorus albicans*- Pez vela del Atlántico

*Tetrapturus albidus*- Marlin blanco

*Tetrapturus pfluegeri*- Pez aguja larga

*Makaira nigricans*- Marlin azul del Atlántico

A continuación se detallan por separado.

### 2.2.3.1.-*Xiphias gladius*- Linneo, 1758

#### **Pez Espada**



Figura 7.- *Xiphias gladius*.

#### Características distintivas

Es un pez grande con cuerpo redondo y muy robusto, la parte superior de la boca presenta una “espada” o pico largo y delgado cuya sección transversal es aplanada, no presentan branquiespinas.

Las aletas dorsal y anal, están estructuradas en dos porciones, en adultos se encuentran muy separadas, mientras que en estado juvenil no existe esta separación; no presenta aletas pélvicas. En adultos, la aleta caudal denota una forma lunada y posee 2 quillas laterales en el pedúnculo caudal.

La ausencia de escamas en adultos así como los dientes o picos en la espada o lanza es distintiva de esta especie, sólo se presentan escamas típicas en el cuerpo durante el estado juvenil, aunque desaparecen con el crecimiento.

La madurez sexual se alcanza entre los 5 y 7 años.

Su color es de café a negro en el dorso, con un café degradado hacia la línea lateral media y se disipa en el pectoral. Los costados son azul metálico.

Talla Máxima: 450 cm  
Peso Máximo: 540 kg

Talla común: 120 a 190 cm  
Peso común: 140 kg

## Distribución geográfica

La distribución de este pez se considera cosmopolita, no obstante muestra preferencia por aguas tropicales y subtropicales oceánicas de todo el mundo, el rango de temperaturas superficiales donde se encuentra oscila entre 5° a 27° C.

La distribución en la columna de agua es superficial hasta 550 m de profundidad, ocasionalmente se encuentra a temperaturas entre 5° y 10° C, a profundidades de 650 m, eventualmente se encuentra en áreas templadas como Nueva Escocia y las costas de Argentina; es altamente migratorio buscando aguas frías para comer y reproducirse, es depredador y generalmente no tiene asociaciones con otro pez o peces; este pez se puede encontrar en aguas costeras, no hay dimorfismo sexual, sin embargo, comúnmente los peces con tallas por arriba de 140 cm son hembras.

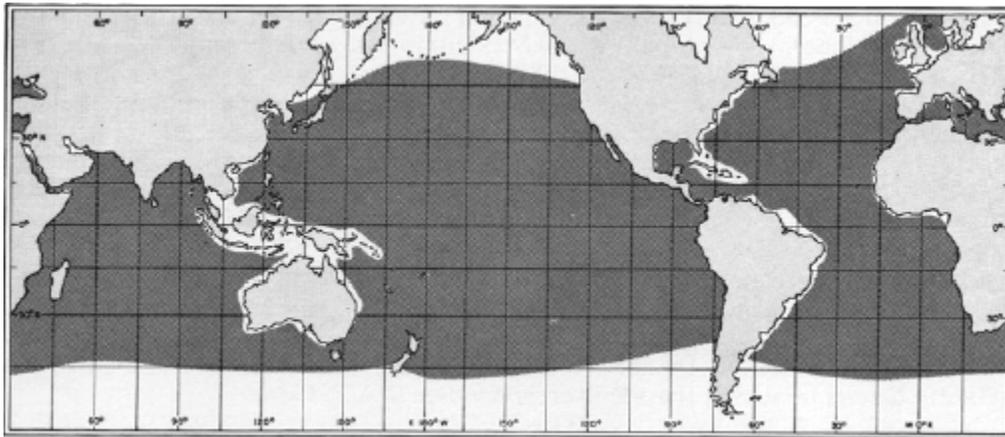


Figura 8.- Distribución del pez espada.

## Alimentación

Se alimenta con un rango de peces muy grande, generalmente busca concentraciones de peces o cuerpos flotantes en la superficie, en especial ataca a especies gregarias, aunque también se alimenta de crustáceos pelágicos, y calamares, se ha reportado que utiliza su espada para capturar o matar a sus presas (FAO, 1985).

## Captura

Su principal captura en México se relaciona con la pesca deportiva y artesanal; en esta última su captura es reportada como incidental, debido a la legislación que rige a esta especie. Actualmente la pesca comercial (fuera de la franja de 50 millas reservada para la pesca deportiva), está permitida sólo para una pequeña flota, con base en Ensenada, B. C.

### 2.2.3.2.-*Istiophorus albicans*- Whitley, 1937

#### **Pez Vela del Atlántico**



Figura 9.- *Istiophorus albicans*.

#### Características distintivas

El cuerpo es largo y muy comprimido, la mandíbula superior se prolonga en una lanza considerablemente delgada a través de una sección completa y redonda, presenta 24 (12+12) vértebras.

Tiene dos aletas dorsales, la primera muy grande, llamada comúnmente vela grande, característica de este pez, cubriendo el dorso en tres cuartas partes; esta aleta dorsal consta de 42 a 47 radios; la segunda aleta dorsal es pequeña, constituida por 6 a 7 radios. Presenta dos aletas anales separadas, la primera con 11 a 15 radios y la segunda más pequeña de 6 a 7 radios. Las aletas pectorales tienen de 17 a 20 radios, mientras que las pélvicas son muy largas alcanzando por lo menos hasta el ano y están constituidas por una espina y dos radios ligeros, el ano se sitúa cerca del origen de la primera aleta anal.

La línea lateral es visible, curvándose sobre la aleta pectoral, el cuerpo está cubierto con algunas escamas esparcidas. En los organismos juveniles, las aletas: pélvicas y caudal, son muy grandes en comparación con los peces vela de los océanos Índico y-Pacífico. El color del cuerpo va de negro a azul en el dorso, café y azul en la zona lateral y plateada centralmente. La membrana de la primera aleta dorsal es azul y negra cubierta con numerosos puntos negros, mientras que otras aletas presentan colores azul y café; exhiben cerca de 20 barras verticales a lo largo del cuerpo con pequeños puntos azules en el cuerpo.

Este pez no tiene dimorfismo sexual aunque se sabe que las tallas más grandes las presentan las hembras (FAO, 1985).

Talla Máxima: 315 cm  
Peso Máximo: 55.8 kg

Talla común: 150 a 195 cm

### Distribución geográfica

Se distribuye en aguas tropicales y subtropicales del Océano Atlántico (40° N y 32° S). Tienen una migración estacional en primavera hacia el norte y en otoño hacia el sur. Están densamente distribuidos en aguas cerradas, aguas costeras e islas, con amplia presencia cerca de la costa y en zonas pelágicas. Usualmente se encuentra arriba de la termoclina (entre 21° y 28° C). Se han registrado recorridos migratorios de hasta 3070 km (Mather *et. al* ,1947) y ocasionalmente forman pequeños grupos de 3 a 30 individuos.

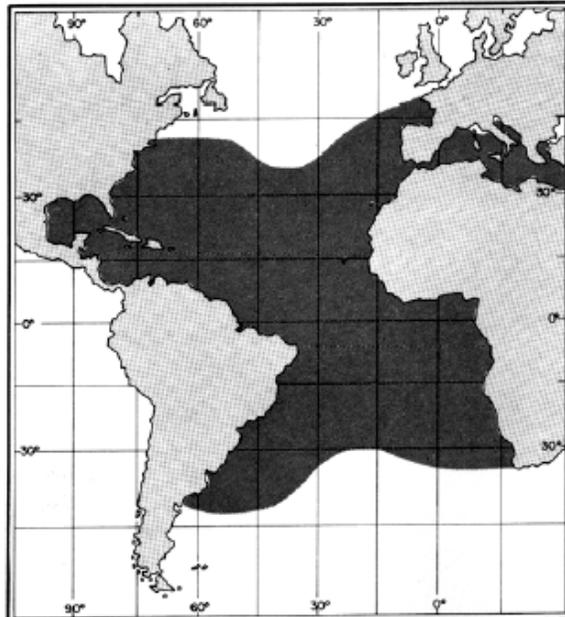


Figura 10.- Distribución de pez vela del Atlántico.

## Alimentación

En su estado larval comúnmente se alimentan de copépodos, apenas superando esta etapa se alimenta de peces, cefalópodos, gasterópodos, dejando ver que el pez vela no sólo se alimenta en la superficie.

## Captura

Su principal captura en México se relaciona con la pesca deportiva y artesanal, la pesca comercial no es permitida, su captura es reportada como incidental debido a la legislación que rige a esta especie.

### 2.2.3.3.-*Tetrapturus albidus*- Poey, 1860

#### Marlín Blanco

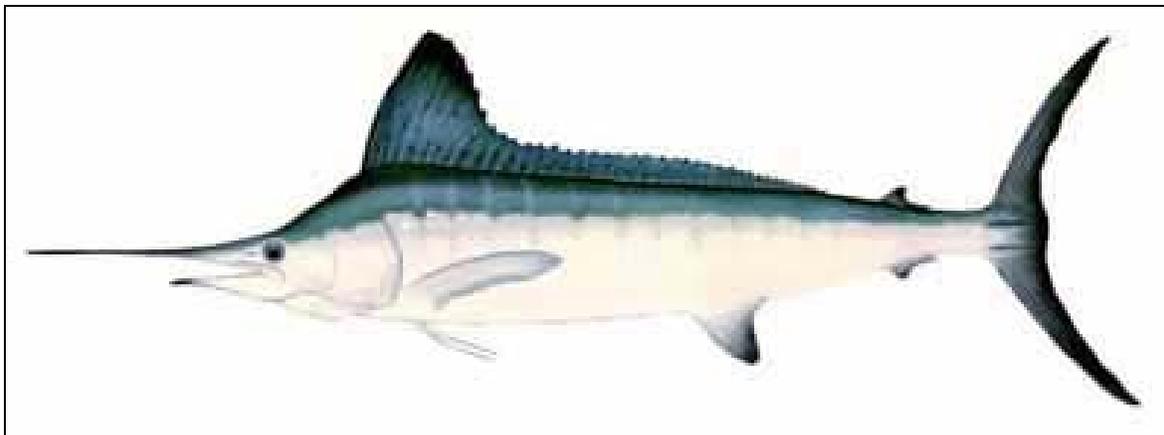


Figura 11.- *Tetrapturus albidus*.

#### Características distintivas

El cuerpo es alargado y comprimido, la mandíbula superior se prolonga en una lanza o pico<sup>1</sup> delgado y largo de una sola sección redonda teniendo una longitud menor a al 18% de la longitud del cuerpo, presenta 24 (12 +12) vértebras.

Tiene dos aletas dorsales: la primera muy larga con 38 a 46 radios, la segunda situada en la parte posterior cuyo tamaño es menor compuesta por 5 o 6 radios, ambas aletas son un poco redondeadas y la parte alta de la primera aleta dorsal es casi igual a la altura del cuerpo.

Las aletas anales están separadas, la primera esta compuesta por 12 a 17 radios y la segunda por 5 a 6 radios, las pectorales contienen de 18 a 21 radios; mientras que las pélvicas tienen casi el mismo tamaño que las pectorales y constan de una espina y dos radios ligeros. La línea lateral es visible y se encuentra cubierto densamente por pequeñas escamas.

El color del cuerpo es azul oscuro en el dorso, café, plata y blanco lateralmente, blanco y plateado ventralmente, la membrana de la primera dorsal es azul oscuro no presenta puntos o manchas, las aletas restantes son castaño oscuro; las bases de las aletas anales presentan comúnmente colores plateado y blanco. (FAO, 1985).

Talla Máxima: 300 cm  
Peso Máximo: 80 kg

Talla común: 250 cm

<sup>1</sup> La longitud del pico solo es diagnostica a nivel de especie

## Distribución geográfica

Se distribuye en aguas tropicales y subtropicales de 45°N a 48°S en el Océano Atlántico, se encuentra generalmente en altas latitudes y sólo hace migraciones desde aguas templadas en invierno, hacia aguas tropicales. En la columna de agua se encuentra a profundidades de 100 m y temperaturas superficiales de 22°C y salinidades de 35 a 37 ‰, una característica de esta especie es la preferencia de aguas azuladas y verdosas. Está densamente distribuido en el Golfo de México y en el mar Caribe, alcanzando las costas de Brasil y Argentina (FAO, 1985).

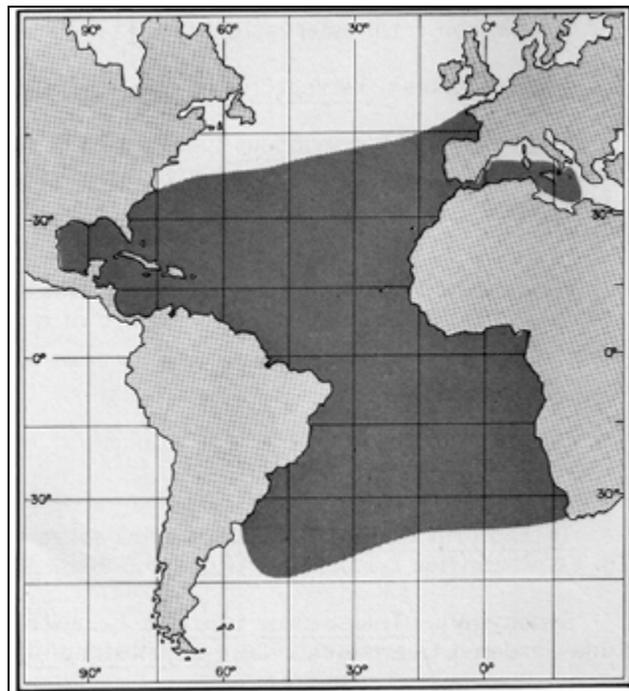


Figura 12.- Distribución del marlín blanco.

## Alimentación

Se alimenta de una variedad de peces muy grande, como el pez delfín (dorado), pez volador, macarelas, bonitos, barracudas, pez luna y crustáceos.

Los carángidos son su principal dieta a través de la costa (FAO, 1985).

## Captura

Su principal captura en México se relaciona con la pesca deportiva y artesanal, la pesca comercial no es permitida, su captura es reportada como incidental debido a la legislación que rige a esta especie.

#### 2.2.3.4.-*Tetrapturus pfluegeri*- Robinson & da Silva, 1963

### Pez Aguja Larga

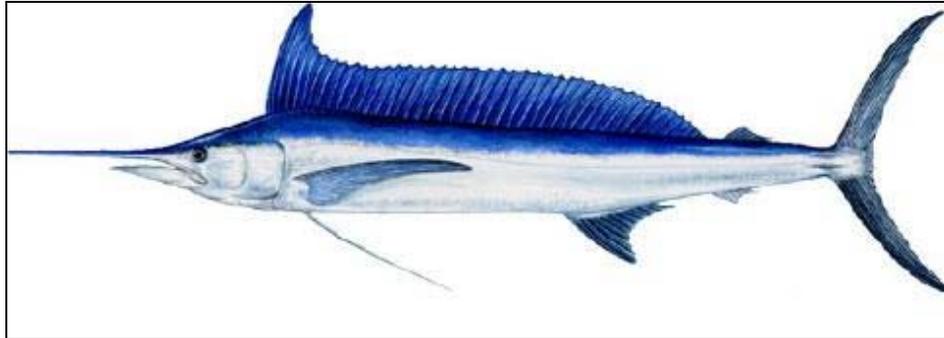


Figura 13.- *Tetrapturus pfluegeri*.

#### Características distintivas

El cuerpo es largo y comprimido, la mandíbula superior se prolonga en una lanza o pico<sup>2</sup> delgado a través de una sección completa redonda teniendo una longitud mayor a al 18% de la longitud del cuerpo, consta de 24 (12+12) vértebras.

Tiene dos aletas dorsales, la primera muy grande, constituida por radios que varían su número entre 44 y 50, mientras que la parte alta es casi igual al espesor del cuerpo; la segunda aleta dorsal es pequeña, ya que sólo consta de entre 6 y 7 radios; las aletas anales están separadas, la primera con 13 a 17 radios, la segunda, más pequeña con 6 a 7 radios, las pectorales tienen de 17 a 21 radios, mientras que las aletas pélvicas son muy largas y tienen casi el mismo tamaño que las pectorales y están constituidas por una espina y dos radios ligeros.

La línea lateral es visible curvándose sobre la aleta pectoral; el ano se sitúa cerca del origen de la primera aleta anal; el cuerpo está cubierto densamente por pequeñas escamas; el color del cuerpo es azul oscuro en el dorso, azul y plateado en la zona lateral, plateado en la zona ventral, la membrana de la primera aleta dorsal es azul y negra, otras aletas presentan colores negro azul y café.

Talla Máxima Machos: 160 cm  
Peso Máximo Machos: 21.5 kg

Talla Máxima Hembras: 157 cm  
Peso Máximo Hembras: 20 kg

<sup>2</sup> La longitud del pico solo es diagnóstica a nivel de especie

## Distribución geográfica

Se distribuyen en aguas tropicales y subtropicales del Océano Atlántico (40° N a 35° S), se han encontrado organismos en aguas ligeramente templadas. Son migratorios y usualmente encontrados arriba de una termoclina.

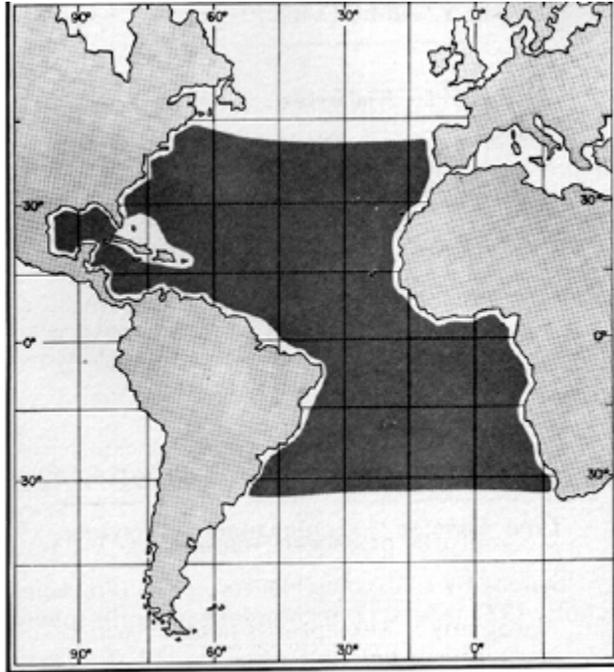


Figura 14.- Distribución del Pez Aguja Larga.

## Alimentación

No se tiene información con certeza, aunque se cree que se alimentan de una variedad de peces, crustáceos y cefalópodos.

## Captura

Su principal captura en México se relaciona con la pesca deportiva y artesanal, la pesca comercial no es permitida, su captura es reportada como incidental debido a la legislación que rige a esta especie.

### 2.2.3.5.-*Makaira nigricans*- Lacepède, 1802

#### Marlín Azul del Atlántico

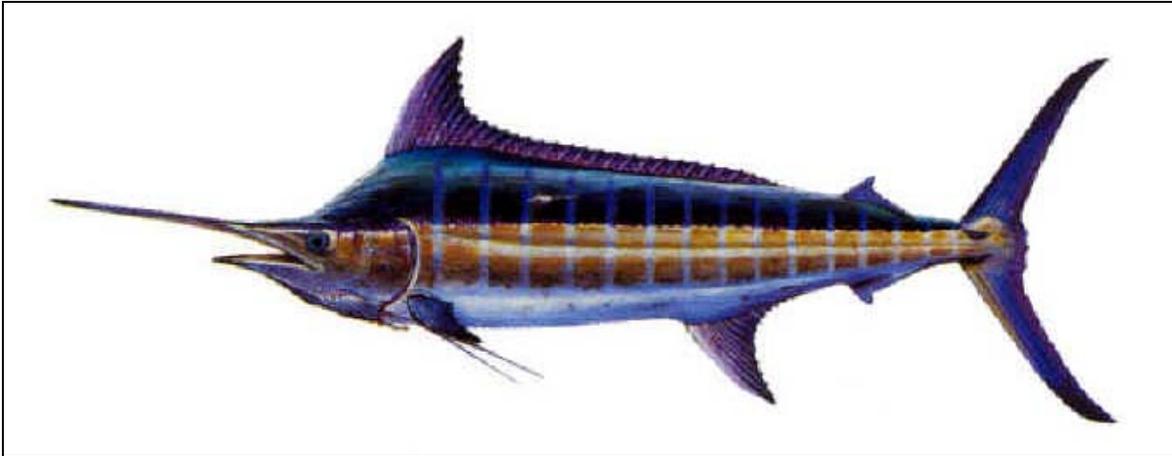


Figura 15.- *Makaira nigricans*.

#### Características distintivas

El cuerpo es alargado y no es muy comprimido, la mandíbula superior se prolonga en forma de una lanza robusta de una sola sección y consta de 24 (11+13) vértebras.

El perfil de la cabeza se encuentra entre la región preorbital, el cual es muy pronunciado y origina la primera aleta dorsal; tiene dos aletas dorsales, la primera muy larga de 41 a 43 radios y la segunda, que en la parte posterior es de menor tamaño compuesta por 6 o 7 radios, la parte alta de la primera aleta dorsal es menor, al espesor del cuerpo. Presenta dos aletas anales separadas, la primera tiene de 13 a 15 radios, y la segunda de 6 a 7 radios, las aletas pectorales tienen de 18 a 21 radios, mientras que las pélvicas son más cortas que las pectorales y constan de una espina y dos radios ligeros.

La línea lateral tiene un sistema reticulado muy visible en organismos grandes, el cuerpo está cubierto densamente por pequeñas escamas con una o dos espinas en las puntas. El color del cuerpo es azul oscuro y café chocolate en el dorso, café, plata y blanco lateralmente, blanco y plateado ventralmente; la membrana en la primera dorsal presenta color azul oscuro sin puntos, en las demás aletas café y negro; cuenta con 15 rayas verticales azules y cafés con pequeños puntos azules (FAO, 1985).

Talla Máxima: 400 cm  
Peso Máximo: 680 kg

Talla común: 230 a 345 cm  
Peso común: 140 kg

## Distribución geográfica

Su distribución comprende aguas tropicales y subtropicales en latitudes 40° N a 45° S , muestra una preferencia por aguas con temperatura superficial de 22° a 31° C, este efecto de temperatura es más notorio al norte del Golfo de México; se ha observado que muestra una preferencia por aguas azules. Esta densamente distribuido en el Golfo de México y en el mar Caribe, alcanzando las costas de Brasil, son altamente migratorios y usualmente se encuentran arriba de una termoclina (FAO,1985).

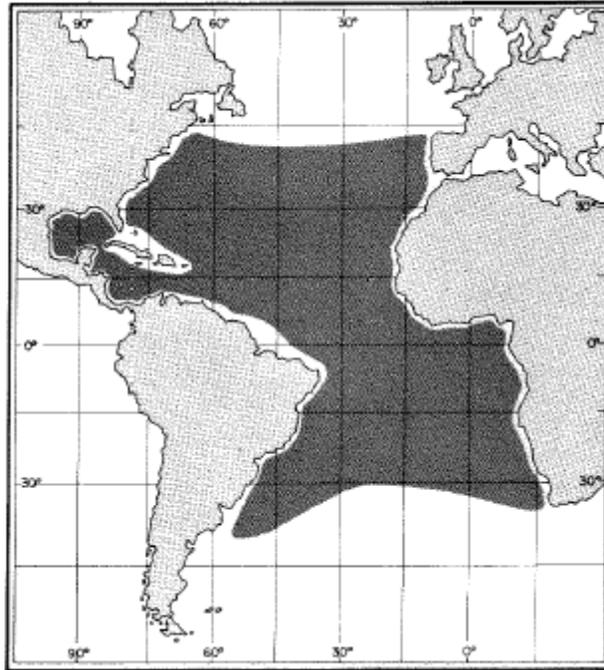


Figura 16.- Distribución del marlín azul.

## Alimentación

Consume una variedad de peces, principalmente atunes, además de crustáceos y cefalópodos.

## Captura

Su principal captura en México se relaciona con la pesca deportiva y artesanal, la pesca comercial no es permitida, su captura es reportada como incidental debido a la legislación que rige a esta especie.

### 2.3.- PESQUERÍA

La pesca de atún con palangre en el Golfo de México se realiza en aguas oceánicas, sin embargo, también es realizada con frecuencia en áreas cercanas a la plataforma y talud continentales.

La actividad se ha limitado a la Z.E.E.M. del Golfo de México, con incursiones esporádicas en la Z.E.E. del Mar Caribe a fines de los años ochenta y principios de los noventa.

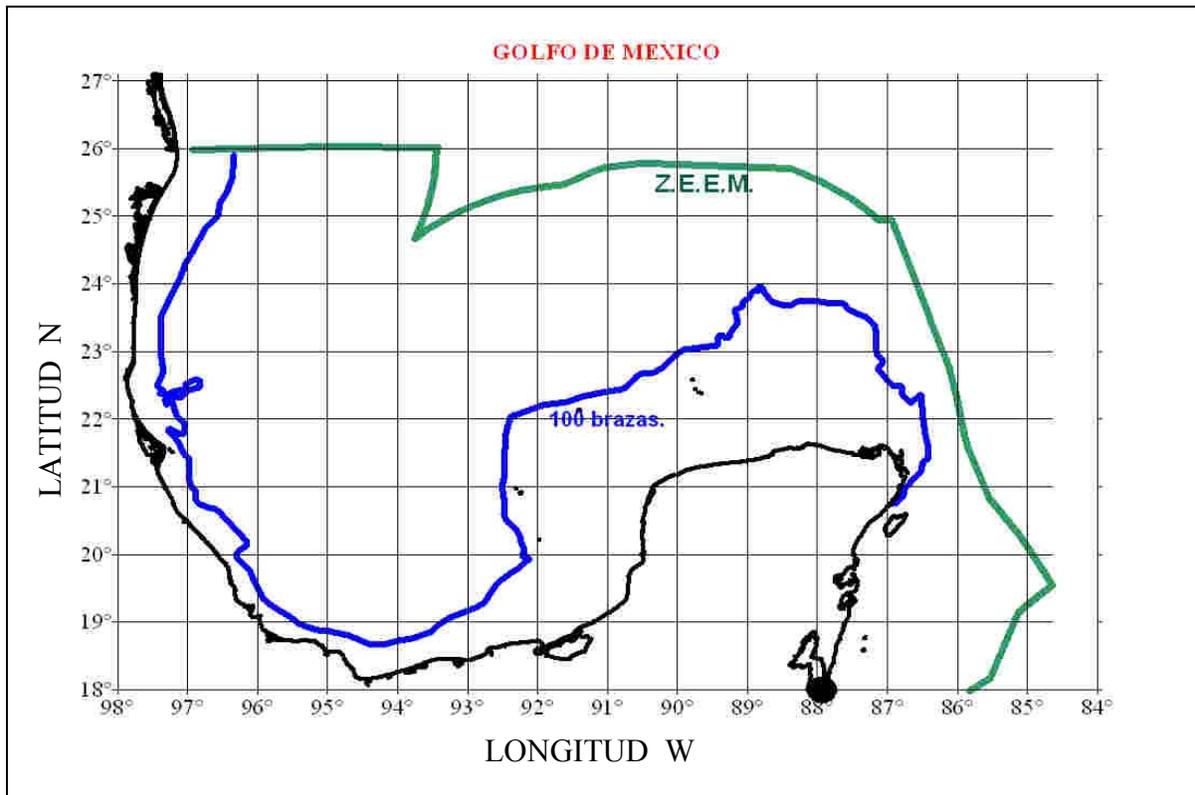


Figura 17.- Límite de la Zona Económica Exclusiva de México e isobata de las 100 brazas.

La flota palangrera del Golfo de México está integrada por embarcaciones escameras y algunas camaroneras, adaptadas para la captura de atún con el arte de pesca llamado “palangre pelágico a la deriva”. Estos barcos tienen un promedio de eslora de 21 m y una capacidad de acarreo de 15 t, con autonomía de mar hasta de 35 días (SEMARNAP, 2000).

Durante el período que comprende el estudio (1993-1997) la cantidad de barcos que operó, varió dependiendo del año, por ejemplo: en 1993 operaron 15 barcos, 1994, 20, 1995, 22, 1996, 22. Entre 1997-2004 el número de embarcaciones de la flota atunera registrada en el Golfo de México estuvo integrada por 23 barcos palangreros, de los cuales: 12 tuvieron su puerto base en el estado de Veracruz,

nueve en Yucatán y dos en Tamaulipas (SEMARNAP, 2000). Sin embargo en 2004 se registraron 32 embarcaciones con actividad pesquera con puertos base en: Yucalpetén, Yucatán; Tuxpan, Veracruz, y Tampico, Tamaulipas, aunque en algunas estaciones del año, se registro que las embarcaciones tomaban como puerto alterno Alvarado, Veracruz; el 91.4% de viajes tuvieron su base en ambos puertos de Veracruz (Tuxpan, Alvarado) y el 8.6% en Yucatán. El número de viajes de pesca registrados fue de 408, registrándose un total de 3,393 lances y un número de anzuelos calados de 2, 095,606 (Solana y Ramírez, 2006).

### 2.3.1.-Arte de pesca

#### Palangre

Arte de pesca compuesto por una línea madre la cual pende de boyas por medio de orinques, mientras que de la línea madre cuelgan los reinales en cuyo extremo se encuentran los anzuelos con carnada viva o muerta.

La configuración del equipo es variado, algunos son equipados con boyas especializadas en la localización del equipo, tal es el caso de las radiobollas, bollas con luz y bollas reflectoras de radar. En cuanto a la configuración de anzuelos el número oscila entre 300 y 1,000, sin embargo la cantidad puede variar en función de la longitud de la línea madre. Se considera un arte de pesca pasivo y su selectividad es debida a diversos factores, como las condiciones intrínsecas de los organismos (tipo de asociaciones, gregario, solitario, carroñero, alimentación), o las condiciones físicas del océano (profundidad, temperatura, salinidad, etc.).

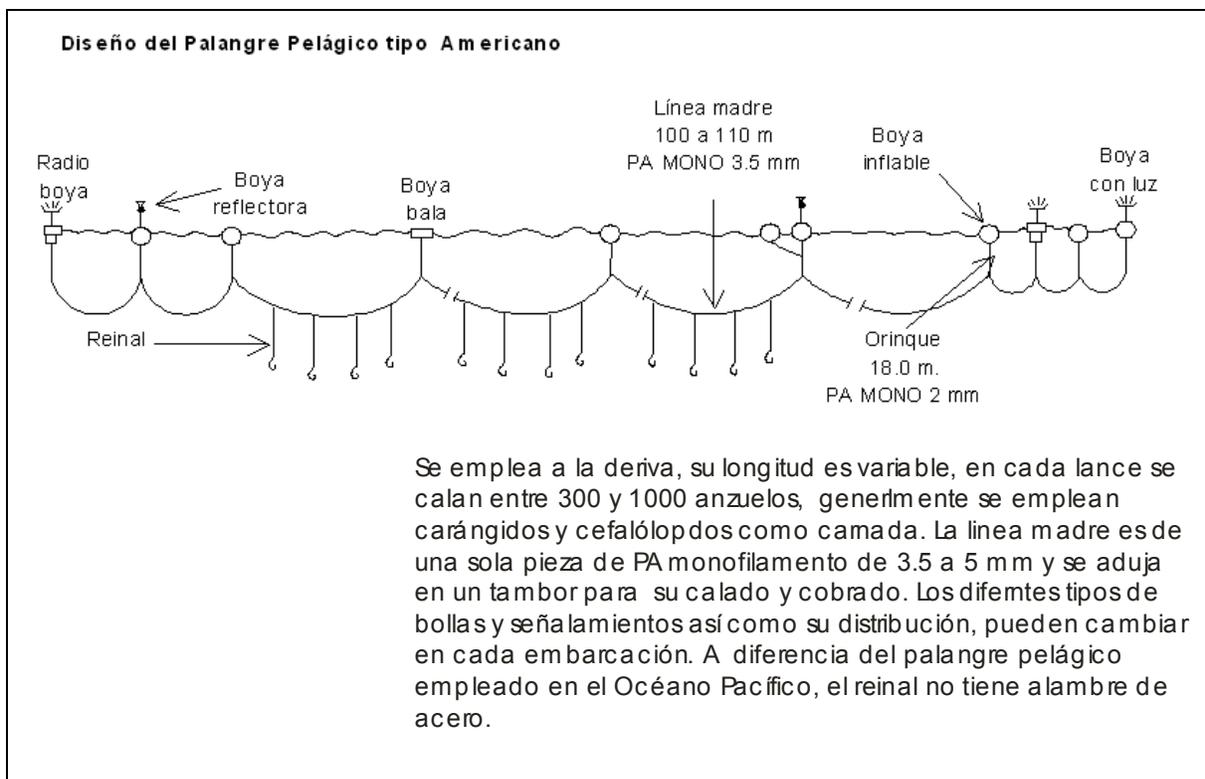


Figura -18 Configuración del palangre (Carta Nacional Pesquera, 2000).

### 2.3.2.- Labores de los observadores a bordo de los barcos atuneros

Las bases de datos del Instituto Nacional de la Pesca (INP), son elaboradas en base a los registros que se obtienen por medio de los observadores científicos del INP, que viajan junto con la tripulación a bordo de los barcos pesqueros; ellos llevan varios tipos de formato de campo para registrar los datos relacionados con el crucero, tales como: la hora de salida y llegada de la embarcación, la hora de inicio y ubicación del los lances (calado), la hora de la recuperación (cobrado), el listado de las especies capturadas, número y peso, etc.

A continuación se muestran algunos de los formatos de estos informes:

PROGRAMA NACIONAL PARA EL APROVECHAMIENTO DEL ATUN Y PROTECCION AL DELFTN  
INFORME DEL BARCO

INFORMACION DEL CRUCERO		IDENTIFICACION DE AVARONOS		
No. DE CRUCERO	TECNICO CIENTIFICO			
P257	JIMENEZ BASTIDA GUILLERMO			
		(Apellido patrono)	(Apellido Materno)	(Nombres)
CAPITAN DE PESCA NO. 1				
FOX	EDWARD	THOMAS		
		(Apellido patrono)	(Apellido Materno)	(Nombres)
CAPITAN DE PESCA NO. 2				
		(Apellido patrono)	(Apellido Materno)	(Nombres)
CAMBIO DE CAPITANES	BARCO			
AA MM OD	B/M	"MAGURO"		
CODIGO DE TECNICO CIENTIFICO	CODIGO DE CAPITAN 1	CODIGO DE CAPITAN 2	CODIGO DE BARCO	No. DE VIAJE
BANDERA	CAPACIDAD	CRUCEROS RELACIONADOS	VIAJE TERMINADO	(S/N)
SALIDA : FECHA :	95/01/25	PUERTO :	PROGRESO, YUCATAN	
AA MM OD				
LLEGADA : FECHA :	95/02/15	PUERTO :	PROGRESO, YUCATAN	
AA MM OD				
ARTES DE PESCA				
PALANGRE				
LONGITUD TOTAL (Millas)	LONGITUD DE RENAL (Brazos)	LONGITUD DEL CRINQUE (Brazos)	DIAMETRO DE LINEA MADRE (mm)	
30	25	15	3.5	
TIPO : AMERICANO				
DIAMETRO DEL HILO DE RENAL (mm)	TIPO GARA DE AGUILA Y No. DE ANZUELO	* CARNADA : "OJON DUJO" OTRA CARNADA 2 CALAMAR		
1.8	16 / 0			
EQUIPO DEL BARCO				
DIAM. DEL CARRETE PRINCIPAL	COBRALINEAS	ECCSONDA	SONAR	RADIO GONIOMETRO
1.0 (Mts)	N (s/m)	S (s/m)	S (s/m)	S (s/m)
No. DE GANCHOS	No. DE ARPONES	No. DE RADIO BOYAS	No. DE BANDERINES	No. DE BOYAS LUMINOSAS
2	1	5	7	0
DESCRIBA CUALQUIER EQUIPO EXPERIMENTAL CON QUE EL BARCO ESTE EQUIPADO				
NINGUNO				
* NOTA : CARNADA 1 - OJON : (Creangino: <i>Selar crumenophthalmus</i> ).				

Figura 19.- Formato de informe de barco (anverso).



Figura 19.1.- Formato de informe de barco (reverso).

Asimismo detalla todo movimiento del barco

PROGRAMA NACIONAL PARA EL APROVECHAMIENTO DEL ATUN Y PROTECCION AL DELFIN

No. Pag. 1

INFORME DIARIO

NUMERO DE CRUCERO: P257

FECHA	BUCESO	DE TURNO	HORA DEL BUCESO	POSICION DURANTE EL EVENTO		OBSERVADO POR	DISTANCIA	NUMERO DE OBSERVACION	VELOCIDAD DEL BARCO	TEMPERATURA DEL AGUA	TIEMPO			NO. DE LANCE
				LATITUD	LONGITUD						NUBOSIDAD	NO. BEAUFORT	VISIBILIDAD	
950125	SALIDA		2345	PROGRESO	YUCATAN									
	NAV	N	2346	2116 N	8942 W			3.5	75.0	9				
950126	NAV	S	0908	2139 N	9049 W			7.8	75.4	2	2	10		
	* MAMIF		0931	2140 N	9051 W	OTR	0.00	01	75.4					
	NAV	S	1129	2140 N	9110 W			7.7		2	2	10		
	NAV	N	1325	2141 N	9122 W			7.6	76.0	1	2	10		
	NAV	S	1730	2135 N	9148 W			7.8		1	2	10		
	NAV	N	1937	2126 N	9215 W			7.9	77.0	9				
	** MAMIF		2007	2126 N	9215 W	OTR	0.00	02	76.9					
	CAENADA		2135	2122 N	9220 W				77.1					
950127	DERIVA		1200	2125 N	9224 W									
	CAENADA		1930	2126 N	9217 W				77.0					
950128	NAV	S	0945	2204 N	9209 W			7.7	76.1	3	2	10		
	NAV	N	1200	2205 N	9207 W			7.6	76.2	5	2	10		
950129	INICAL	S	0512	2313 N	9138 W			6.1	75.7	9				1

NOTAS: \* MAMIF (950126) 0931 hrs. OTR - OBSERVADOR SITUADO EN EL PUENTE (OBSERVACION 01) - ROMMDL 001  
 \*\* MAMIF (950126) 2007 hrs. OTR - TRIPULANTE AVISTA A LOS DELFINES (OBSERVACION 02) - ROMMDL 002

DATOS REVISADOS

Figura 20.- Formato de informe diario (bitácora principal)

PROGRAMA NACIONAL PARA EL APROVECHAMIENTO DEL ATUN Y PROTECCION AL DELFIN  
HOJA DE MUESTREO ( FLOTA PALANGRERA )

No. DE CRUCERO

P 6 6 9

No. DE LANCE:

0 7

No. Ej.	TALLA EN CMS	PESO EN KGS.	SEXO	MADUREZ SEXUAL	PESO EVISCERADO		CODIGO DE ESPECIE	
26	1 4 3	4 0	H	V			AA	
27	1 1 4	1 0	ND				PESP	
28	1 6 3	1 5	H				VELA	
29	1 6 4	1 5	H				VELA	
30	1 6 2	1 5	H				VELA	
31	1 3 8	3 5	M	IV.1			AA	
32	1 3 7	3 5	H	IV.1			AA	
33	1 3 4	3 0	H	V			AA	
34	1 3 1	2 5	ND				PESP	
35	1 5 2	5 0	M	IV.1			AA	
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								

OBSERVACIONES:

Figura 21.- Formato de muestreo biológico.

PROGRAMA NACIONAL PARA EL APROVECHAMIENTO DEL ATUN Y PROTECCION AL DELFIN

		NUMERO DE CRUCERO: P257		CAPTURA EMBARCADA										INFORME DE CAPTURAS												
No DE LANCE	DIFERENCIALES																									
	A T U N						P E Z V E L A				P E Z E S P A D A				M A R L I N				A G U J A C O R T A		A G U J A L A R G A					
	ALETA AMARILLA		ALETA AZUL		PATUDO		No		Kg		No		Kg		RAYADO		NEGRO		AZUL		BLANCO		No	Kg	No	Kg
	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg	No	Kg
01	07	280																								
02	05	260								01	90															
03																										
04	08	310																								
05																										
06	28	1225			02	140				01	50															
07	41	1785	01	±350	02	130				01	30															
08																										
09																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										

DATOS REVISADOS

Figura 22.- Formato de informe de captura.

Con esta información acerca de los cruceros, se construyen las bases de datos en el Instituto Nacional de la Pesca, las cuales se emplearon para realizar la presente investigación.

### 2.3.3.-Normatividad

Reglamento de la Ley de Pesca

Capítulo V

#### DE LA PESCA DEPORTIVO-RECREATIVA

Artículo 83.- Pesca deportivo-recreativa es la que se practica con fines de esparcimiento, con las artes de pesca y características autorizadas por la Secretaría.

Artículo 84.- Las especies denominadas marlín, pez vela, pez espada, sábalo o chiro, pez gallo y dorado, quedan destinadas de manera exclusiva para este tipo de pesca, dentro de una franja de 50 millas náuticas, contadas a partir de la línea de base desde la cual se mide el mar territorial.

#### NORMAS OFICIALES MEXICANAS

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-017-PESC-1994, para regular las actividades de pesca deportivo-recreativas en las aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos

La NOM-023-PESC-1996 Publicada en 1997, que regula el Aprovechamiento de las Especies de Túnidos con Embarcaciones Palangreras en Aguas de Jurisdicción Federal del Golfo de México y Mar Caribe estipula que:

Sólo se permite realizar la pesca comercial de atún con palangre a embarcaciones con eslora total máxima de 37 m, con un palangre atunero de superficie a la deriva por embarcación.

Establece regulaciones específicas para las siguientes especies capturadas de manera incidental:

Atún aleta azul o rojo (*Thunnus thynnus*).

Pez espada (*Xiphias gladius*).

Pez vela (*Istiophorus albicans*).

Marlín (Géneros *Makaira* y *Tetrapturus*).

Tiburones

Para cada embarcación, la tasa anual de captura incidental de estas especies en su conjunto no debe ser mayor del 20% de su captura nominal (total) obtenida durante un año calendario; los peces liberados en condiciones de sobrevivencia no se consideran parte de la captura incidental de la embarcación para efecto del cálculo.

## 2.4.-ANTECEDENTES ESTADÍSTICOS

Dentro del estudio de pesquerías, es común utilizar herramientas estadísticas para comprender los fenómenos que influyen o interaccionan con la captura de diversas especies, ya sea de importancia pesquera o ecológica.

En el presente trabajo se empleó el Modelo Lineal Generalizado o GLM (por sus siglas en inglés), introducido formalmente por Nelder y Wedderburn (1972), y McCullagh y Nelder (1989). En esencia, el GLM es una extensión de la regresión lineal simple, es decir, el GLM provee una estimación de una variable de respuesta,  $y$ , condicionada sobre una función lineal de valores de  $x$ , para uno o varios predictores que pueden ser continuos o discretos, teniendo tres importantes propiedades:

- Estructura del error
- El predictor lineal
- La función de enlace

### 2.4.1.-Estructura del error

Existen diversos tipos de distribuciones de error que puede manejar el GLM

<b>Tipo de Error</b>	<b>Uso</b>
Normal	Análisis de datos paramétricos
Poisson	Conteo de datos
Binomial	Datos sobre proporciones
Gama	En datos positivos que muestran un coeficiente de variación constante
Exponencial	Análisis de supervivencia
Inversa normal	Análisis de datos donde existe mayor número de valores grandes.
Cuasi	Datos con correlaciones probabilísticas.

Tabla 3.- Tipos de distribución de error que maneja el GLM.

### 2.4.2.-Predictor lineal

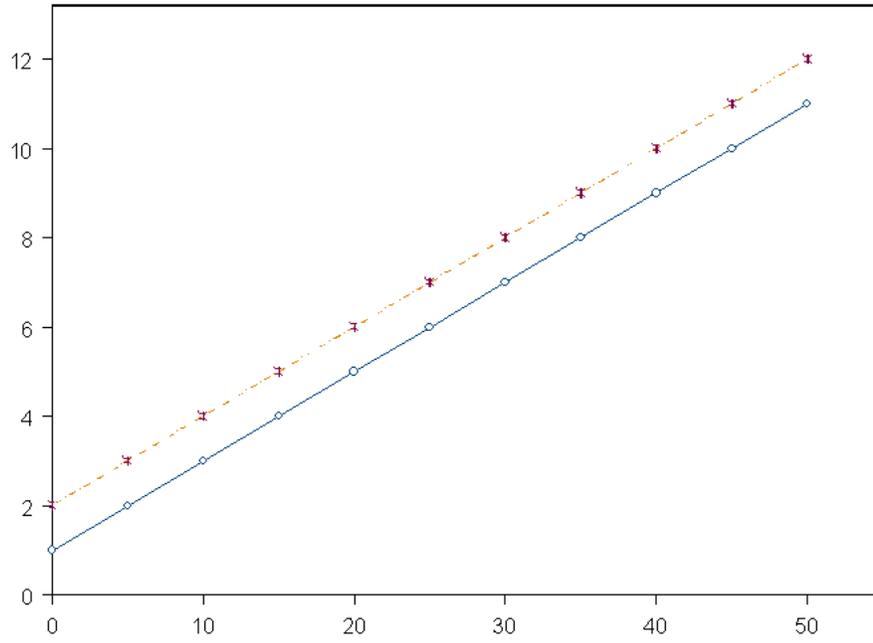
La estructura del modelo relaciona cada valor observado  $y$ , con un valor predicho, el valor predicho es obtenido por la transformación del valor emergido del predictor lineal. El predictor lineal,  $\eta$  (eta), es una suma lineal de los efectos de una o más variables explicatorias  $x_j$ .

$$\eta_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^P \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i$$

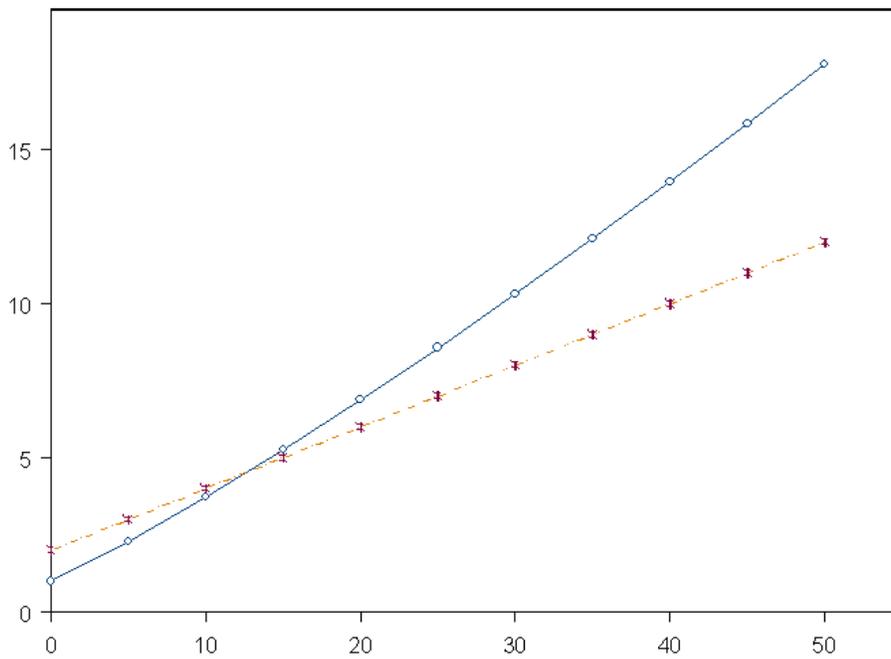
Donde la  $x$  toma  $i$  valores de diferentes variables explicatorias o predictores  $P$ ,  $\beta_0$  ....  $\beta_j$  son usualmente parámetros a estimar por el modelo y  $\varepsilon$  representa el término de error aleatorio. El lado derecho de la ecuación es llamada la estructura lineal donde cada sumando representa un término.

Existen tres tipos de términos fundamentales en el GLM,

- El Intercepto.-denotado en el modelo por  $\beta_0$
- Efectos Directos.-Son los términos de los predictores individuales relacionados con diferencia de intercepto. En el ejemplo de la gráfica 2, la línea de cada predictor puede tener diferente intercepto manteniendo una pendiente idéntica.
- Interacciones.-Son condicionamientos sobre la variable de respuesta entre dos o mas variables individuales. Los términos de interacción se asocian con diferencias de pendiente (coeficiente), como se ilustra en el ejemplo de la gráfica 2.1.



Gráfica 2.- Efectos directos sin interacción.



Gráfica 2.1.- Efectos directos con interacción.

### 2.4.3.-Función de enlace

La función de enlace o link es una función que relaciona los valores de la media de  $y$  con el predictor lineal, es decir, articula componentes estocásticos del modelo.

Dependiendo del tipo de error de la variable de respuesta, se ocupa una función de enlace distinta, en la siguiente tabla se muestra el tipo de link dependiendo el tipo de familia a la que pertenezca la distribución de error.

Distribución	Familia	Link	Varianza
Normal/Gausiana	<i>Gausiana</i>	$\mu$	1
Binomial	<i>Binomial</i>	$\ln\left(\frac{\mu}{1-\mu}\right)$	$\frac{\mu(1-\mu)}{n}$
Poisson	<i>Poisson</i>	$\ln(\mu)$	$\mu$
Gama	<i>Gama</i>	$1/\mu$	$\mu^2$
Normal Inversa/Gausiana	<i>Inversa</i>	$1/\mu^2$	$\mu^3$
Cuasi	<i>Cuasi</i>	$G(\mu)$	$V(\mu)$

Tabla 4.- Tipos de función de enlace (link) ocupados según la naturaleza de la distribución.

Para determinar el ajuste que toma un modelo GLM (predicción), se evalúa el predictor lineal para cada valor de las variables explicatorias y se aplica el recíproco de la función de enlace, con el objetivo de regresar a la escala original de las mediciones de la variable de respuesta.

### 2.4.4.-Análisis de GLM

El método que se ha empleado tradicionalmente para la regresión lineal es el de los mínimos cuadrados, el cual produce estimaciones de máxima verosimilitud de los parámetros, pero solamente en el caso de respuestas que tienen un tipo de error normal, asumiendo como link la identidad. Sin embargo para otros tipos de estructura de error y diferente tipo de link, la regresión de mínimos cuadrados resulta inadecuada, por lo que la estimación por máxima verosimilitud se toma como mejor procedimiento para los Modelos Lineales Generalizados.

#### 2.4.4.1.-Máxima verosimilitud

El concepto de máxima verosimilitud no es familiar para personas fuera del ámbito estadístico y es utilizada como un procedimiento para estimar los coeficientes de un modelo de regresión, o para estimar los parámetros de una distribución de probabilidad. El método de máxima verosimilitud permite elegir como valor estimado del parámetro, aquél que tiene mayor “probabilidad” de ocurrir según los datos observados, siempre suponiendo que es correcto el modelo matemático postulado (Hastié, 1990).

El análisis y simplificación de los GLM es una extensión de estos métodos, es decir, a través de un Análisis de Devianza (la devianza esta definida por el negativo del doble del logaritmo de la función de verosimilitud y es equivalente a la suma de cuadrados del error en regresión (Crawley, 2003)), es como se comparan un modelo saturado, en el cual hay tantos parámetros como observaciones, contra un modelo teórico. El tamaño de la discrepancia entre el modelo y los datos, es una medida de inadecuación del modelo, una pequeña discrepancia puede ser tolerable pero una grande no lo es, porque el modelo saturado no es dependiente de los parámetros del modelo teórico, y la medida de su discrepancia es estimada por una  $\chi^2$  con grados de libertad igual a la diferencia de parámetros entre modelos, con el propósito de entender cómo es la respuesta en función de los efectos principales y sus interacciones.

La decisión de discriminar o aceptar algún término esta en función del nivel de significancia de la hipótesis nula, es decir un valor de probabilidad mayor a 0.05, dará como valida la hipótesis nula, y menor o igual a 0.05 aceptará la hipótesis alterna, esto se estará estimando para un estudio al 95% ( $\alpha=0.05$ ) de confianza.

### 3.- MATERIALES

#### 3.1.-BASES DE DATOS

Se construyeron cinco bases de datos anuales de 1993 a 1997, a partir de bases elaboradas por investigadores y personal del Instituto Nacional de la Pesca (INP); los años 1993, 1996 y 1997 muestran faltantes de información en algunos meses, por lo que se trabajó con los datos existentes. Las bases de datos elaboradas constan de 3754 lances, de los cuales se utilizaron 3451 lances, mientras que 303 quedaron fuera del estudio por presentar inconsistencias en la información.

Dentro de las bases del INP, algunos datos que se ocuparon para el estudio son: la posición de lance, la fecha, el número de anzuelos, el número y tipo de especies capturadas y otros datos que se mencionan a lo largo del trabajo según sea el caso.

Dentro de estas bases, las especies se manejan bajo un código, el cual permite un manejo eficiente de los registros. Con la finalidad de mantener la consistencia, se mantuvo el código diseñado para los registros de observadores, establecido por el INP, a continuación se menciona el código para peces picudos según la especie:

Código De Especie	Nombre Científico	Nombre Común
MARLIA	<i>Makaira nigricans</i>	marlín azul
MARLIB	<i>Tetrapturus albidus</i>	marlín blanco
MARLAL	<i>Tetrapturus pfluegeri</i>	marlín aguja larga
VELA	<i>Istiophorus albicans</i>	pez vela
PESP	<i>Xiphias gladius</i>	pez espada
MANI	Marlín No Identificado.	Código utilizado cuando no se puede identificar la especie de Marlín

Tabla 5.- Nomenclatura usada en las bases de datos según la especie.

#### 3.2.-MAPAS

Uso de mapas base de perfil de costa y mapas con el promedio de temperatura superficial por semana del Golfo de México, facilitados por el INP

### 3.3.-IMÁGENES SATELITALES Y DATOS OBTENIDOS POR INTERNET

Los datos sobre los porcentajes de iluminación del disco lunar, fueron obtenidos por medio de la página de internet: <http://aa.usno.navy.mil>; del Departamento de Aplicaciones Astronómicas de la Naval de Estados Unidos (USNO), mientras que, los datos de profundidad del fondo oceánico se obtuvieron a través de la dirección <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/seltopo.html> de la Base ETOPO2 del Centro Nacional de Datos Geofísicos (NGDC por sus siglas en inglés) con una precisión de 2 minutos de arco.

Las imágenes satelitales con vectores de circulación marina, fueron obtenidas de una base de monitoreo por vía Internet de la pagina [http://www-ccar.colorado.edu/~realtime/gom-historical\\_vel/](http://www-ccar.colorado.edu/~realtime/gom-historical_vel/) mientras que los datos para conformar los mapas de temperatura se obtuvieron de la pagina de internet <http://www.podaac-www.jpl.nasa.gov> del Programa Pathfinder NOAA/NASA.

Las imágenes de temperatura en conjunto con las de circulación marina (estas últimas con un radio de suavizamiento de 100 km), se utilizaron para construir películas en el programa Flash; el programa forma secuencias de imágenes transponiéndolas en un tiempo determinado, esto según sea la velocidad a que se desee mostrar movimiento. Con esta función se logró generar una animación de cómo circulan las masas de agua y los cambios de temperatura superficial que se suscitan a lo largo del año en el Golfo de México.

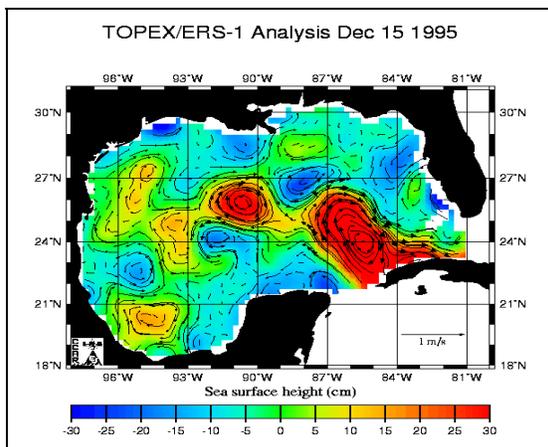


Figura 23.- Imagen de patrones de circulación.

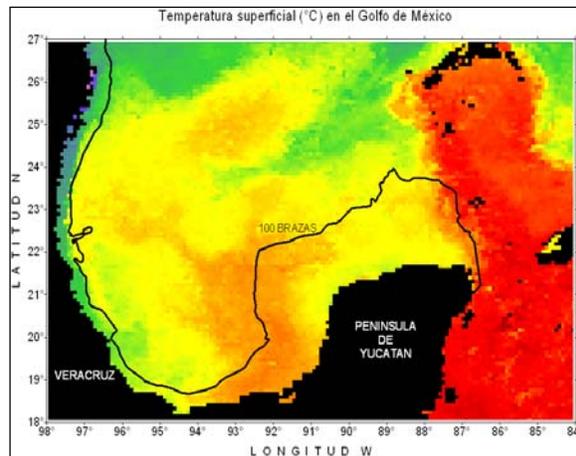


Figura 24.- Imagen de temperatura superficial.

### 3.4.-SOFTWARE

El software utilizado fue el siguiente:

Adobe Photoshop: Procesador de imágenes

Macromedia Flash: Procesador de imágenes y animaciones

Microsoft Access: Procesador de bases de datos

Microsoft Excel: Procesador de hojas de cálculo

Microsoft Word: Procesador de textos

Microsoft Internet Explorer: Navegador de internet

Microsoft Internet Visio: Diseñador de esquemas

Surfer 8: Programa Modelador de superficies

S-plus 2000: Programa de análisis estadístico

## **4.-METODOLOGÍA**

Los pasos para analizar los datos fueron de la siguiente manera:

- **Planteamiento de las variables**
- **Construcción de bases de datos y consultas**
- **Elaboración de los Mapas de Lances**
- **Determinación de Zonas**
- **Análisis estadístico exploratorio**
- **Desarrollo de modelos estadísticos**

### **4.1.-PLANTEAMIENTO DE LAS VARIABLES**

El primer paso fue el planteamiento de las variables, las cuales se agruparon en tres grandes grupos:

#### **Variables ambientales**

Son aquellas que están determinadas por los factores del medio ambiente tales como la temperatura superficial del mar, la profundidad y el porcentaje de iluminación lunar.

#### **Variables tecnológicas**

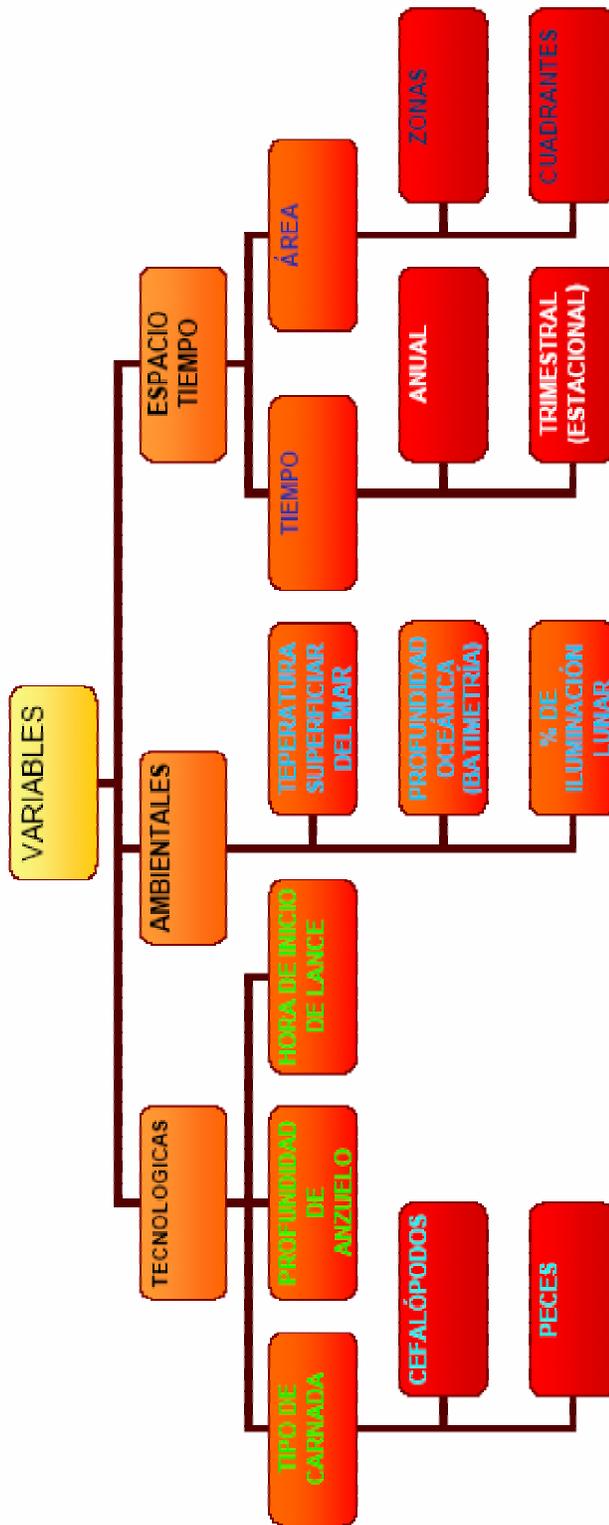
Estas variables son ejercidas directamente en el arte de pesca por el hombre, tal es el caso de la profundidad de anzuelo, el tiempo de duración de lance y el tipo de carnada y inicio de lance.

#### **Variables de espacio tiempo**

Y por último, pero no menos importante, es la ubicación espacio-tiempo de las operaciones de pesca, tales como las zonas y cuadrantes. El estudio se dividió por año y trimestres, estos últimos con corresponden aproximadamente a las estaciones del año.

Para poder analizar las variables fue necesario organizar debidamente los datos en bases para tener un manejo ergonómico y ágil; la herramienta con la cual se llevo a cabo, fue el programa Microsoft Access, cuyo proceso se detallará a continuación.

## VARIABLES ANALIZADAS



## 4.2.- CONSTRUCCIÓN DE BASE DE DATOS Y CONSULTAS

Para tener una idea clara del proceso, es necesario definir el concepto de base de datos: Una base de datos es una colección organizada de datos y objetos como tablas, consultas o formularios, que están relacionadas entre si y tienen que ver con un tema o propósito en concreto.

Una Tabla esta conformada por registros (renglones) y campos (columnas) que representan los tipos de información de cada registro.

En el manejo de las bases de datos fue necesario hacer uso de consultas; para este estudio las consultas de selección fueron las más habituales, las cuales recuperan datos de una o más tablas con los criterios<sup>3</sup> especificados y después muestran los datos en el orden que se desee, por ejemplo:

- Agrupar registros por medio de cálculos.
- Reunir datos de varias tablas y ordenarlos de una forma concreta.

La construcción comienza depurando los datos obtenidos de la Tabla “PMUE” (Palngre-Muestreo) y “PLAN” (Palangre-Lances) por medio de consultas en Microsoft Access, el trabajo se realizó en los registros de los años 1993 a 1997.

En la Tabla “PLAN” se encuentran el número de ejemplares y el peso estimado (kg) de las especies que se capturaron en cada crucero y lance. La tabla “PLAN” cuenta con 54 campos y un número de registros variable dependiendo del número de lances por año, en 1993 solo se cuenta con los últimos tres mese del año, 1994 y 1995 se encuentran completos, 1996 cuenta con los meses de enero a julio, y 1997 de marzo a diciembre

Dentro de la Tabla “PMUE” se encuentran los datos de posición geográfica, número de crucero, número de lance, número de anzuelos, y la fecha.

Usando consultas de selección se creó la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN” la cual reúne datos de las tablas anteriores.

---

<sup>3</sup> Entiéndase como criterios a las condiciones que se especifican para limitar los registros que se incluyen en el conjunto de resultados de una consulta o un filtro.

## Tabla PLAN

Los campos que se utilizaron para la creación de la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN” son aquellos que contienen la información de captura de los picudos, los cuales se describen en la tabla 6:

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCION
NO_CRUCERO	Número de crucero
NO_LANCE	Número consecutivo del lance del crucero
NMARLIA	Número de marlín azul
KMARLIA	Kilos de marlín azul
NMARLIB	Número de marlín blanco
KMARLIB	Kilos de marlín blanco
NMARLAL	Número de marlín aguja larga
KMARLAL	Kilos de marlín aguja larga
NVELA	Número de pez vela
KVELA	Kilos de pez vela
NPESP	Número de pez espada
KPESP	Kilos de pez espada
NMARLIN*	Número de Marlín Negro
KMARLIN*	Kilos de Marlín Negro
NMARLIR*	Número de Marlín Rayado
KMARLIR*	Kilos de Marlín Rayado
NMARLAC*	Número de Marlín Aguja Corta
KMARLAC*	Kilos de Marlín Aguja Corta
CODOTRO (DEL 1 AL 6)	Otras Especies Capturadas. Incluye el código MANI (Marlín No Identificado)

\*En caso de existir valores en estos campos, se contabilizaron como Marlins No Identificados (MANI), debido a que son especies que no se presentan en el Golfo de México.

Tabla 6.- Campos de la Tabla “PLAN” que se utilizaron para la creación de la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”.

De estos campos se utilizaron los números de picudos capturados para calcular las tasas de captura en la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN” (que se explicarán en la sección referente a esta Tabla). Antes de ser utilizados, los datos se sometieron a una depuración. Se corrió sobre la Tabla “PLAN”, una consulta de selección en Microsoft Access, la cual revisa que no haya códigos repetidos de “MANI” dentro del mismo registro de CODTRO, esto con el fin de no contabilizar un dato de forma doble.

## Tablas PLAN 1996 Y 1997

Las Tablas 1996 y 1997 como se menciono anteriormente no presentan los registros de todo el año, además, fueron estructuradas de forma diferente, donde las Tablas “EMBA” (Picudos Embarcados), “MUER” (Picudos Descartados Muertos), “VIVO” (Picudos Liberados Vivos), contienen la misma información que las Tablas “PLAN” de años anteriores, sólo que en estos años están desglosadas de esta manera para mejorar el detalle de la información.

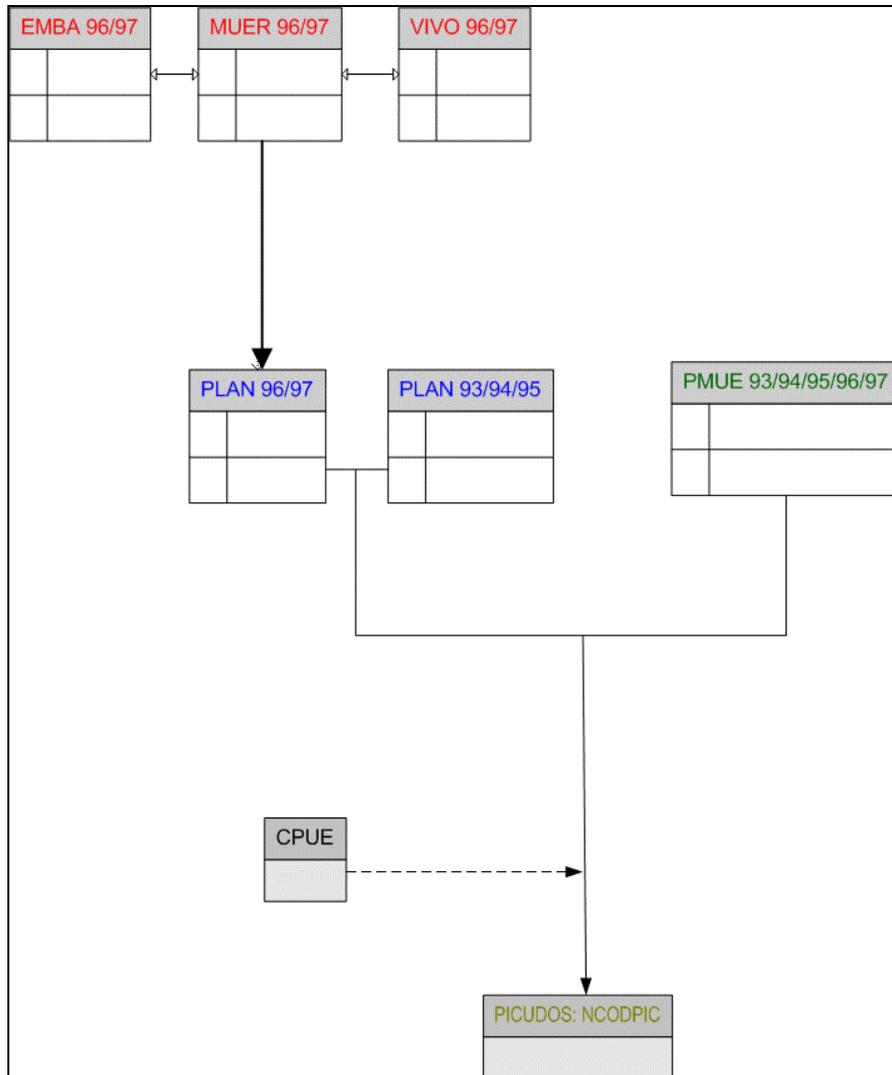


Figura 25.- Esquema de la construcción de la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”.

## Tabla PMUE

Existe una Tabla PMUE por año y están compuestas por 15 campos y un número de registros variable, los campos que contiene se muestran en la tabla 7.

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCION
NO_CRUCERO	Número del crucero
NO_LANCE	Número consecutivo del lance del crucero
LATITUD_G	Latitud en grados
LATITUD_M	Latitud minutos
NORTE_SUR	Latitud norte o sur
LONGITUD_G	Longitud en grados
LONGITUD_M	Longitud minutos
NO_ANZ	Número de anzuelos calados por lance
FECHA	Fecha del lance
TALLA	Talla del ejemplar en cm
PESO	Peso estimado del ejemplar en kg
SEXO	Sexo del ejemplar
MAD_SEX	Estado de madurez sexual
P_E	Estimación de Peso Eviscerado en kg
COD_ESP	Código de especie

Tabla 7.- Registros de la Tabla PMUE.

Los campos: **NO\_CRUCERO**, **NO\_LANCE**, **LATITUD\_G**, **LONGITUD\_G**, **NO\_ANZ** y **FECHA**, se utilizaron para la creación de la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN” por medio de una consulta de selección en Microsoft Access, los demás registros de la Tabla como: TALLA, PESO, SEXO, MAD\_SEX, P-E, COD\_ESP, no forman parte del presente estudio, por lo que no se utilizaron.

Los campos que se utilizaron recibieron un tratamiento que se mencionará en la sección de la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”.

Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”

Esta Tabla es de cierto modo, la Tabla principal en cada año, pues reúne los datos de los que parte el análisis de los picudos.

Diseño de la Tabla

La tabla contiene 28 campos con un número de registros variable dependiendo del número de lances por año, cada registro contiene datos que fueron obtenidos mediante consultas de selección aplicando filtros y cálculos dependiendo el caso, los campos que contiene se muestran en la tabla 8 y posteriormente se describe el mecanismo por medio del cual se obtuvieron.

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCION
NO_CRUCERO	Número de crucero
NO_LANCE	Número del lance del barco
NPIC	Número Total de Picudos Capturados
KPIC	Kilos Totales de Picudos Capturados
NMARLIA	Número de marlín azul
KMARLIA	Kilos de marlín azul
NMARLIB	Número de marlín blanco s
KMARLIB	Kilos de marlín blanco
NMARLAL	Número de marlín aguja larga
KMARLAL	Kilos de marlín aguja larga
NVELA	Número de pez vela
KVELA	Kilos de pez vela
NPESP	Número de pez espada
KPESP	Kilos de pez espada
NMANI	Número de Marlins No Identificados
KMANI	Kilos de Marlins No Identificados
NO_ANZ	Número de Anzuelos por Lance
CPUE_NPIC	Captura por Unidad de Esfuerzo del Total de Picudos
CPUE_NMARLIA	Captura por Unidad de Esfuerzo de marlín azul
CPUE_NMARLIB	Captura por Unidad de Esfuerzo de marlín blanco
CPUE_MARLAL	Captura por Unidad de Esfuerzo de Marlín Largo
CPUE_NVELA	Captura por Unidad de Esfuerzo de pez vela
CPUE_NPESP	Captura por Unidad de Esfuerzo de pez espada
FECHA	Fecha de la Captura
LONGITUD	Longitud del Lance
LATITUD	Latitud del Lance

Tabla 8.- Campos que contiene la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”.

Datos con origen de la Tabla “PMUE”

Los campos NO\_LANCE, NO\_CRUCERO, FECHA, LONGITUD, LATITUD, y NO\_ANZ se trasladaron de manera directa.

Datos con origen de la Tabla “PLAN”

Los campos NMARLIA, KMARLIA, NMARLIB, KMARLIB, NMARLAL, KMARLAL, NVELA, KVELA, NPESP, KPESP. Se anexaron directamente por medio de una de una consulta de selección.

A continuación se explican los demás campos individualmente.

NMANI y KMANI

Como se mencionó anteriormente los registros MANI hacen referencia a Marlins no identificados, dentro de este campo se incluyeron los registros donde por error había Marlins cuya especie no está reportada para el Golfo de México.

El método para obtener estos datos fue, formular un algoritmo que contara el número de NMANI y a su vez el número de NMARLIN (Marlín Negro), NMARLAC (Marlín Aguja Corta), MARLIR (Marlín Rayado), este procedimiento se realizó también con los datos de captura en peso. (Detalles ver anexo)

NPIC y KPIC

El campo NPIC contiene la suma del número total de picudos incluyendo los MANI.

El campo KPIC contiene la suma del número total de kilos incluyendo los KMANI

## CPUE

La CPUE o Captura Por Unidad de Esfuerzo, es un índice de abundancia relativa que nos dice cuantos peces se capturaron con relación al esfuerzo ejercido (número de anzuelos calados), este índice se multiplicó por 100 para tener un mejor manejo de los datos.

$$CPUE = \frac{NP}{NA} \times 100$$

<sup>NP</sup> =Número de peces capturados

<sup>NA</sup> =Número de anzuelos utilizados (esfuerzo pesquero)

En este estudio se presentaron cuatro casos en la estimación de la CPUE, que se muestran en tabla 9.

CASO	CPUE
Lance con captura y número de anzuelos	Mayor que cero
Lance sin captura y número de anzuelos conocido	Es cero
Lance sin captura y número de anzuelos desconocidos	Es cero
Lance con captura y número de anzuelos desconocidos	Es Indefinida <sup>4</sup> (valor nulo)

Tabla 9.- Casos que se presentaron en la estimación de la CPUE donde en los tres primeros se obtiene un valor, y en el último se vuelve indefinido el valor al desconocer el número de anzuelos.

---

<sup>4</sup> Al no poder calcular la CPUE debido a que no se conoce el número de anzuelos se indefine el calculo, causa por la cual 303 lances del total de 3754 fueron descartados del estudio.

El índice de captura se realizó con una consulta por separado, llamada CPUE, en la que una vez obtenidos los resultados se incorporaron a la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”.

La consulta CPUE ocupó los siguientes campos:

NOMBRE DEL CAMPO
NO_LANCE
NO_CRUCERO
NO_ANZ
NPIC
NMARLIA
NMARLIB
NMARLAL
NVELA
NPESP

Tabla 10.- Campos de la consulta CPUE.

Con los datos de la tabla anterior se crearon los campos de CPUE para cada especie de picudos, completándose los campos de la Tabla “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”.

## Tabla “PARÁMETROS Y COVARIABLES”

Se construyó una Tabla “PARAMETROS Y COVARIABLES” por año y están compuestas por 24 campos (columnas) y un número de registros ( renglones) variables, como se muestran en la tabla 11.

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCION
NO_CRUCERO	Número del crucero
NO_LANCE	Número del lance del viaje
MES	Mes de la captura
TRIMESTRE	Trimestre de la captura
YEAR	Año de la captura
H_INICIAL	Hora inicial del calado
INICAL_D(1)/N(0)	Si el calado fue diurno (1) o Nocturno (0)
tPROM_OPER	Tiempo promedio de operación
ESFUERZO	Esfuerzo pesquero (anzuelos)
T°C_PROMEDIO	Temperatura promedio de la superficie del mar.
PROF_m	Profundidad en metros
BUOYHOOK	Profundidad estimada del anzuelo (en brazas)
CARND_1	Código por especie para el tipo de carnada expresado en texto.
COD_CARNADA	Código numérico por especie para el tipo de carnada.
BAICAT	Categoría de carnada (pez vivo, pez muerto, cefalópodos)
PORLUN	Porcentaje de iluminación del disco lunar
FECHA	Fecha de la captura
ZONA	Zona donde se realizó la captura

Tabla 11.- Campos de la Tabla “PARAMETROS Y COVARIABLES”.

La mayoría de los datos de esta Tabla, fueron obtenidos de la base de datos de observadores del INP, mientras que los campos PORLUN y PROF\_m fueron construidos por medio de otras fuentes, a continuación se detallarán casos específicos de la Tabla “PARAMETROS Y COVARIABLES” donde se cree prudente realizar una mayor aclaración para mejorar la comprensión de la estructura de esta Tabla.

## Campo T°C\_PROMEDIO

Este campo contiene el promedio de temperatura superficial del mar de las medidas registradas a través de los periodos de calado y cobrado

## PROF\_m

Este campo contiene la información de la profundidad del mar donde se realizó el lance dada en metros, esta información fue obtenida a través de internet.

## BUOYHOOK

Este campo contiene una estimación aproximada de la profundidad mínima de operación de los anzuelos, la longitud esta medida en brazas y representa la suma de las longitudes del orinque y el reinal.

## PORLUN

Este campo fue incorporado desde la Tabla “PORCENTAJE DE ILUMINACIÓN LUNAR” que fue creada a partir de información recabada por medio de Internet.

## ZONA

Este campo fue incorporado por medio de una consulta de selección, que, a través de un algoritmo agrupa los lances en zonas definidas por medio de la posición geográfica donde se realizo cada lance.

El proceso para establecer las zonas, tomó en cuenta varios factores como: la distribución geográfica de los lances, las características batimétricas y oceánicas, así como el tipo de sedimentos y el ancho de la plataforma continental, dando como resultado el planteamiento de tres zonas.

La zona 1 comprende aproximadamente las costas de los estados de Veracruz y sur de Tamaulipas en donde la plataforma continental es muy angosta y existe gran aporte de material de origen continental por los ríos y lagunas costeras que desembocan en esta zona por lo que es muy rica en materia orgánica y sedimentos terrígenos.

La zona 2 comprende aproximadamente las costas de los estados del Tabasco y sur de Veracruz en donde la plataforma continental se amplifica extensamente con aporte de material de origen continental por los ríos y lagunas costeras que desembocan en esta zona, y la presencia de gran cantidad de material calcáreo por los arrecifes que se extienden desde la península de Yucatán.

La zona 3 comprende aproximadamente del centro hacia el norte del Golfo de México, donde las profundidades llegan a ser menores a 4,000 metros en su porción centro y disminuye hacia el continente, estas aguas son completamente oceánicas y

tiene grandes influencias por los sistemas de mesoescala que operan en el Golfo de México como son los giros anticiclónicos que se desprenden de la corriente de lazo.

La tabla 12 muestra como están constituidos los vectores que conforman las zonas.

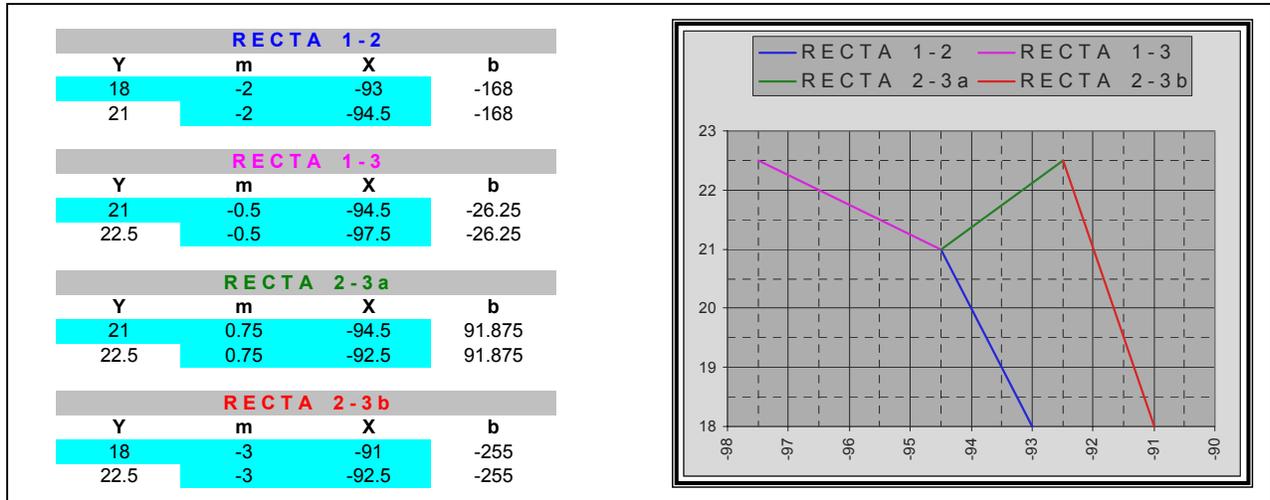


Tabla 12.- Vectores para la construcción de las zonas.

Finalmente el mapa de lances por zona quedó determinado de la siguiente manera:

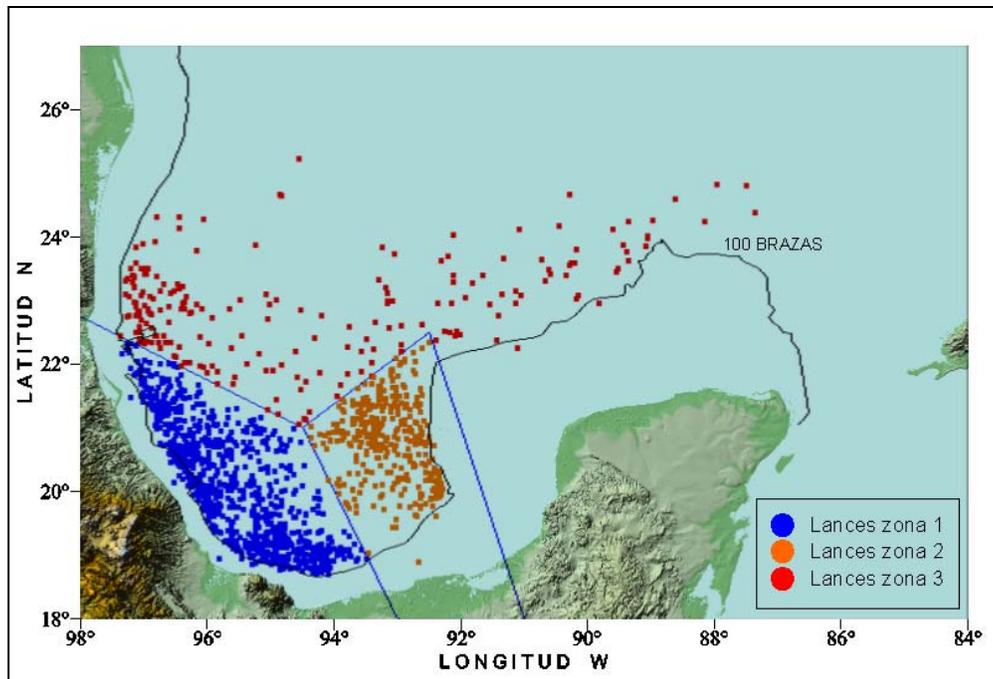


Figura 26.- Mapa de lances por zona.

## Base “INTERANUALES”

La base “INTERANUALES” se constituyo por la conjunción de las Tablas:

- “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”
- “PARÁMETROS Y COVARIABLES”

Dentro de la base de datos “INTERANUALES” se encuentran dos tablas

- “Picudos: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”
- “CPUE POR CUADRANTE”

### “Picudos: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”

La Tabla “Picudos: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN”, al igual que la Tablas “PICUDOS: NCODPIC, F, FECHA, \_LO\_LA/LAN” por año, contiene los mismos campos y registros que estas, la diferencia radica, en que la primera agrupa todos los años. Esta Tabla se utilizo para el análisis y desarrollo estadístico de la presente investigación.

### “CPUE POR CUADRANTE”

La tabla fue creada a partir de los registros de la base de datos “INTERANUALES” y contiene la CPUE promedio mensual de todos los años, así como el número de picudos que se obtuvieron por lance, además de su posición geográfica, fecha, trimestre, y la zona. Esta Tabla, sirvió de base para crear los mapas de distribución en el programa Surfer.

El siguiente esquema muestra el proceso general por medio del cual fueron construidas las consultas.

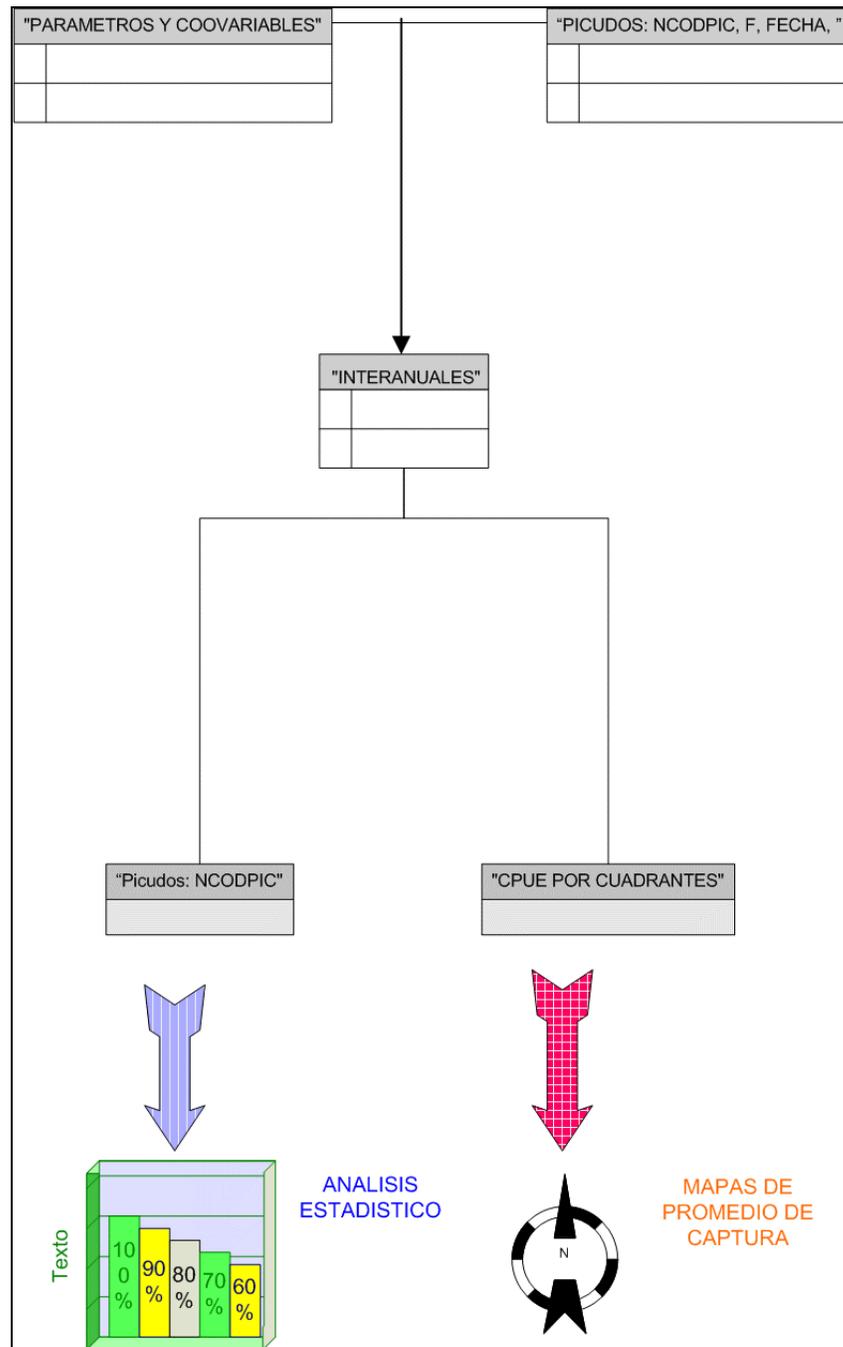


Figura 27.- Esquema de la construcción de las consultas en Access.

### 4.3.-MAPAS

Para poder realizar cualquier tipo de mapa en el programa Surfer, fue necesario contar con las coordenadas geográficas en una Tabla, los mapas se crearon a partir de la información de la posición de los lances, además del promedio de CPUE calculada y el número de picudos, los promedios se refieren a áreas de 1° cuadrado.

Los mapas están estructurados de la siguiente forma:

- Promedio de CPUE por estación y especie
- Promedio de CPUE por estación, zona y especies

Además de los mapas en los que se incluyen promedio de temperatura mensual junto a las tasas de captura mensual.

La depuración de los datos se realizó, en el programa Access y posteriormente se trasladaron al programa Surfer, donde se crearon los mapas.

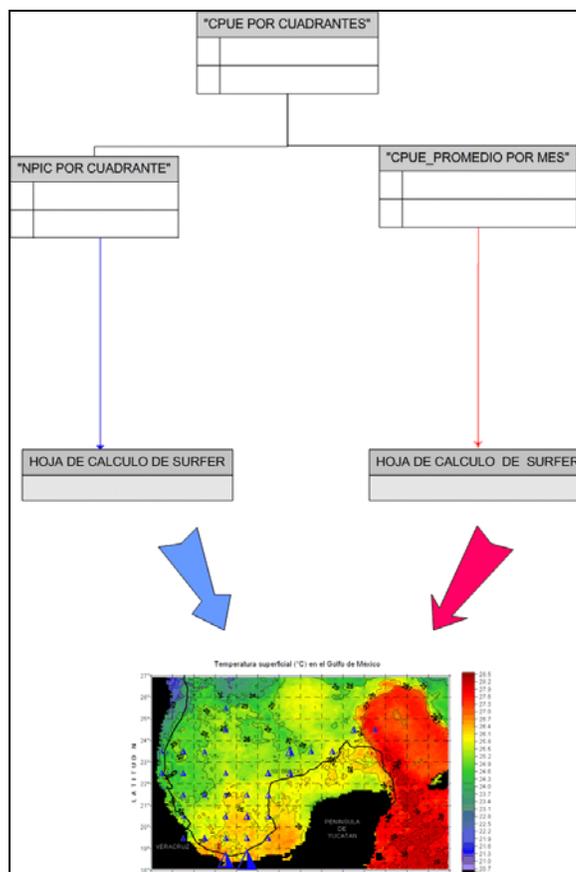


Figura.28.- Esquema de construcción de mapas en Surfer.

## Tratamiento de datos en Access

### Datos Para Mapas de CPUE

La elaboración de los datos necesarios, para realizar los mapas se dio a partir de la construcción de una consulta de selección llamada: “CPUE\_PROMEDIO POR MES” la cual calcula el promedio de la CPUE a partir de la Tabla “Picudos: NCODPIC,F,FECHA,\_LO\_LA/LAN”.

En la tabla 13 se muestran más detalles acerca de cómo está constituida la consulta “CPUE\_PROMEDIO POR MES”

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCION
LON	Longitud menos 0.5
LAT	Latitud mas 0.5
CPUE_NPIC promedio	Promedio de la Captura por Unidad de Esfuerzo del Total de Picudos
CPUE_NMARLIA promedio	Promedio de la Captura por Unidad de Esfuerzo de marlín azul
CPUE_NMARLIB promedio	Promedio de la Captura por Unidad de Esfuerzo de marlín blanco
CPUE_MARLAL promedio	Promedio de la Captura por Unidad de Esfuerzo de marlín aguja larga
CPUE_NVELA promedio	Promedio de la Captura por Unidad de Esfuerzo de pez vela
CPUE_NPESP promedio	Promedio de la Captura por Unidad de Esfuerzo de pez espada
MES	Mes en que se realizó la captura
AÑO	Año en que se realizó la captura

Tabla 13.- Campos de la consulta CPUE\_PROMEDIO POR MES

### Campos LON y LAT

Estos campos contienen la longitud y latitud, a los cuales se les aplicó un proceso de ajuste de -0.5 para la Longitud y + 0.5 para la Latitud con el fin de centrar el promedio dentro de una cuadrícula de 1° x 1°. (Detalles ver anexo1)

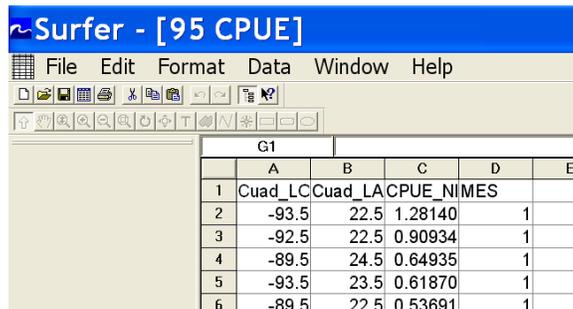
### CPUE promedio

Es el promedio de la CPUE (Detalles ver anexo1)

Una vez obtenidos los datos de todos los años en Access, se trasladaron a una hoja de cálculo de Surfer.

Para que los datos puedan ser trasladados y utilizados, se tienen que exportar como archivo con formato CSV (Variables separadas por comas por sus siglas en ingles). Las hojas de cálculo en Surfer tienen un diseño similar a las del programa Excel, sólo que se guardan bajo un formato diferente llamado "dat" (ascii) en donde están organizados por filas y columnas.

Los datos se encuentran agrupados de la siguiente forma



The screenshot shows the Surfer software window titled "Surfer - [95 CPUE]". The menu bar includes File, Edit, Format, Data, Window, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons. The main area displays a spreadsheet with the following data:

	G1				
	A	B	C	D	E
1	Cuad_LC	Cuad_LA	CPUE	NIMES	
2	-93.5	22.5	1.28140		1
3	-92.5	22.5	0.90934		1
4	-89.5	24.5	0.64935		1
5	-93.5	23.5	0.61870		1
6	-89.5	22.5	0.53691		1

Figura 29.- Imagen de una hoja de cálculo del programa Surfer.

En la primera columna esta la Longitud, En la segunda columna la Latitud, en la tercera el promedio de CPUE por especie, y en la ultima el mes.

Para poder plasmar los datos, se utilizó un mapa base del Golfo de México, que va de los 18° a 26° Latitud norte y de los 98° a los 84° Longitud Oeste, con una cuadrícula de 1° x 1°, donde se le insertaron los datos de la tasa promedio, representando con puntos o símbolos dentro de los cuadrantes donde el tamaño es proporcional a la tasa de captura, dando así una idea de como varía geográficamente dicha tasa lo largo del año.

Un ejemplo, es el siguiente mapa de Promedio de Captura de 1995.

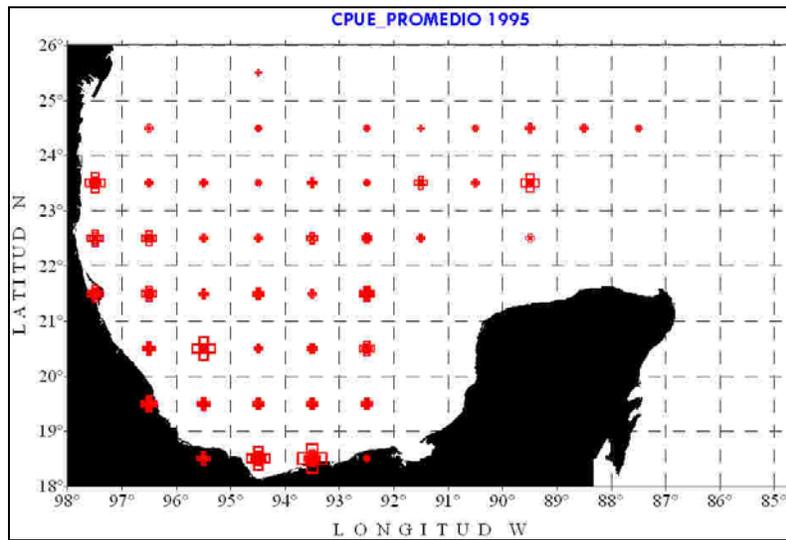


Figura .- Mapa de Promedio de Captura de 1995.

#### 4.4.-DESARROLLO DE MODELOS ESTADÍSTICOS

##### Modelación del GLM

Con el objetivo de conocer, los factores ambientales y pesqueros que influyen en la captura incidental de picudos en el Golfo de México, en el presente trabajo se emplea la herramienta estadística GLM. El planteamiento y análisis de los modelos estadísticos propuestos constó de tres pasos:

- Análisis Estadístico Exploratorio
- Planteamiento del Modelo Lineal Generalizado
- Análisis del Modelo Lineal Generalizado

##### 4.3.1.-Análisis estadístico exploratorio

Para realizar el análisis estadístico, fue necesario trasladar los registros que se encuentran en la Tabla “INTERANUALES” bajo el programa Access, a una nueva tabla en el programa S-plus, donde se analizó gráficamente y por especie, la respuesta de la CPUE en función de los diferentes predictores con ayuda de los suavizadores cúbicos (cubic smoothing splines).

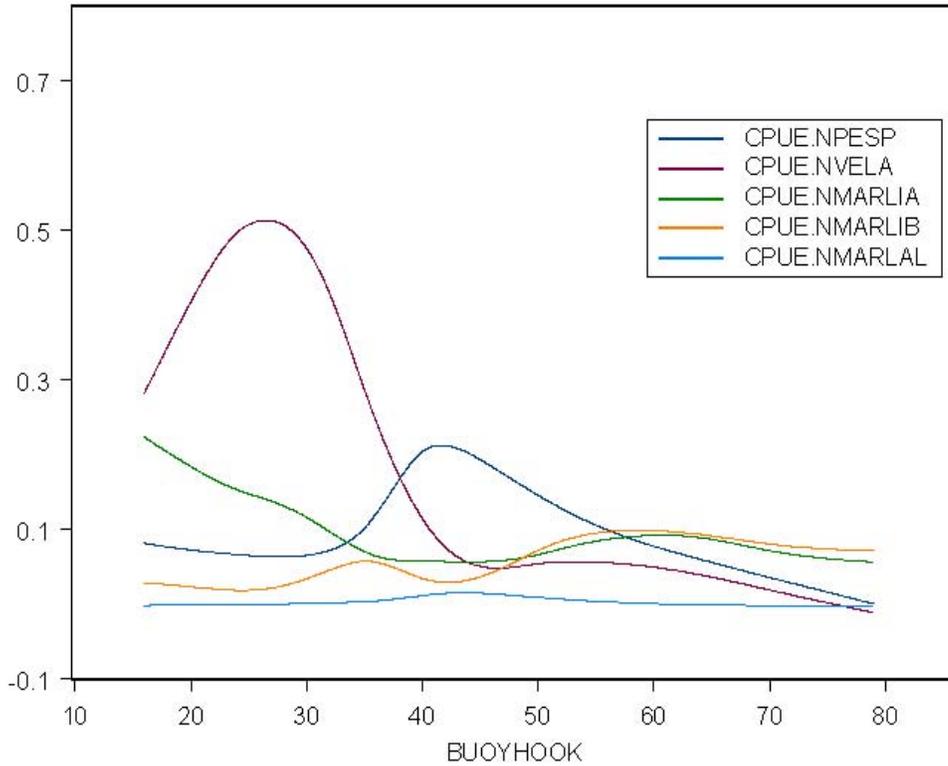
Para el caso de los predictores “ZONA”, “TRIMESTRE”, y “CARNADA” se analizaron a través de un suavizador de Kernel debido a que por su naturaleza son factores.

Un suavizador es una herramienta estadística, que sirve para resumir o predecir la tendencia de una respuesta medida en función de uno o más predictores (Hastie y Tibshirani, 1990).

- Ayuda a la apariencia y entendimiento visual para conocer la tendencia de los datos.
- Estima la dependencia de la respuesta en función de los predictores

A continuación se describirá el análisis estadístico exploratorio sobre la respuesta de la CPUE a los diferentes predictores

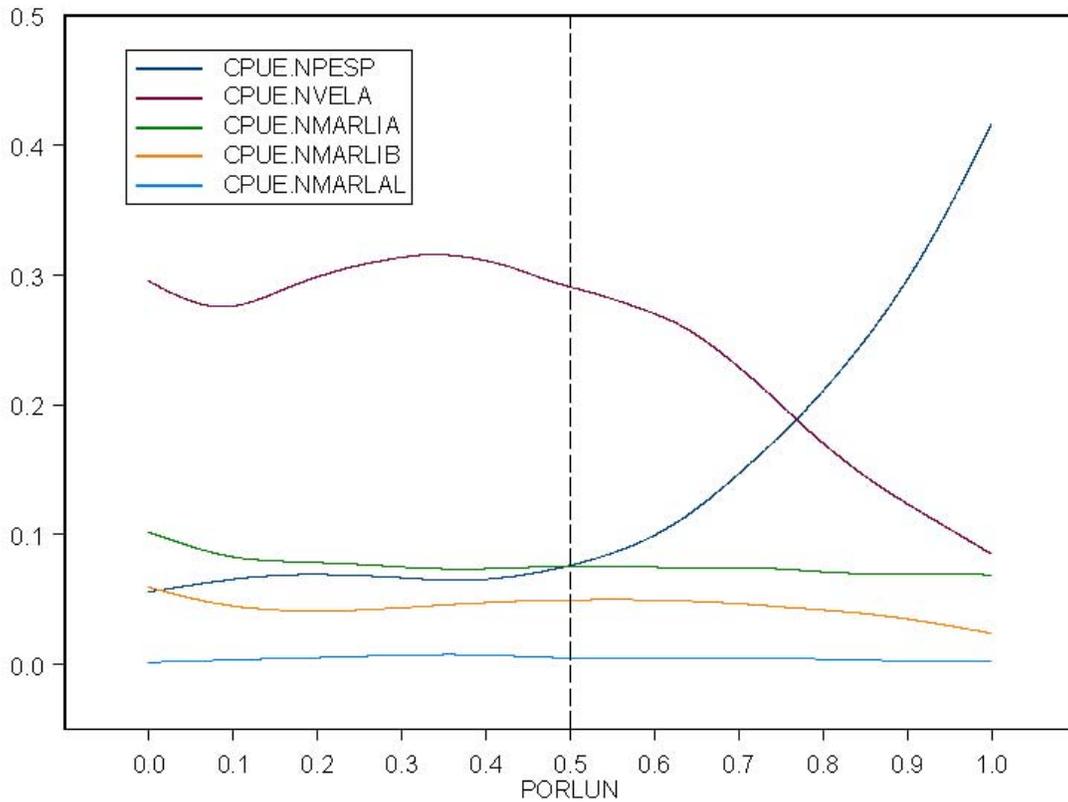
## Profundidad de anzuelo



Gráfica 4.- Prueba de CPUE contra profundidad de anzuelo (Buoyhook) de las diferentes especies con suavizadores

La gráfica muestra el comportamiento de la CPUE a las distintas profundidades de anzuelo medida en brazas, en donde se observa que la tasa de captura del pez vela se eleva con una profundidad de anzuelo más somera, mientras que en el pez espada aumenta, aunque en menor escala, a una profundidad mayor.

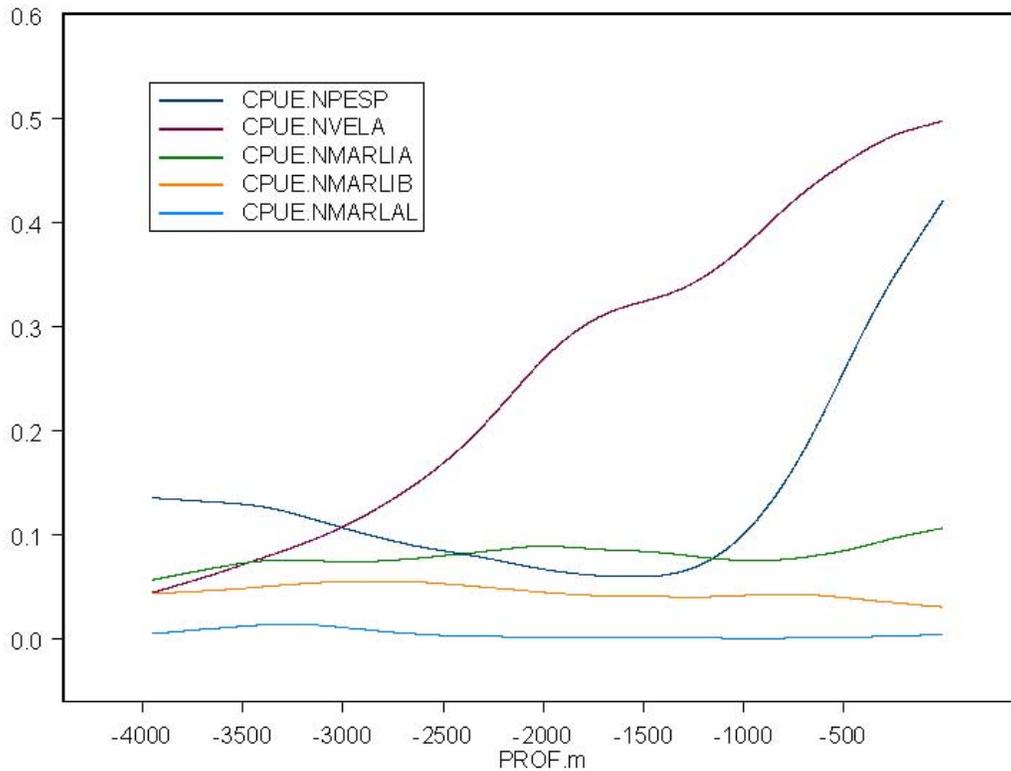
## Porcentaje de iluminación lunar



Gráfica 5.- Prueba con suavizadores del efecto del porcentaje de iluminación del disco lunar sobre la CPUE en las diferentes especies

La respuesta de la CPUE al porcentaje de iluminación del disco lunar es sumamente marcada para el pez espada a partir del 50% de iluminación del disco lunar, mientras que la respuesta del pez vela, muestra un antagonismo con la del pez espada, y para los marlins parece no afectarla.

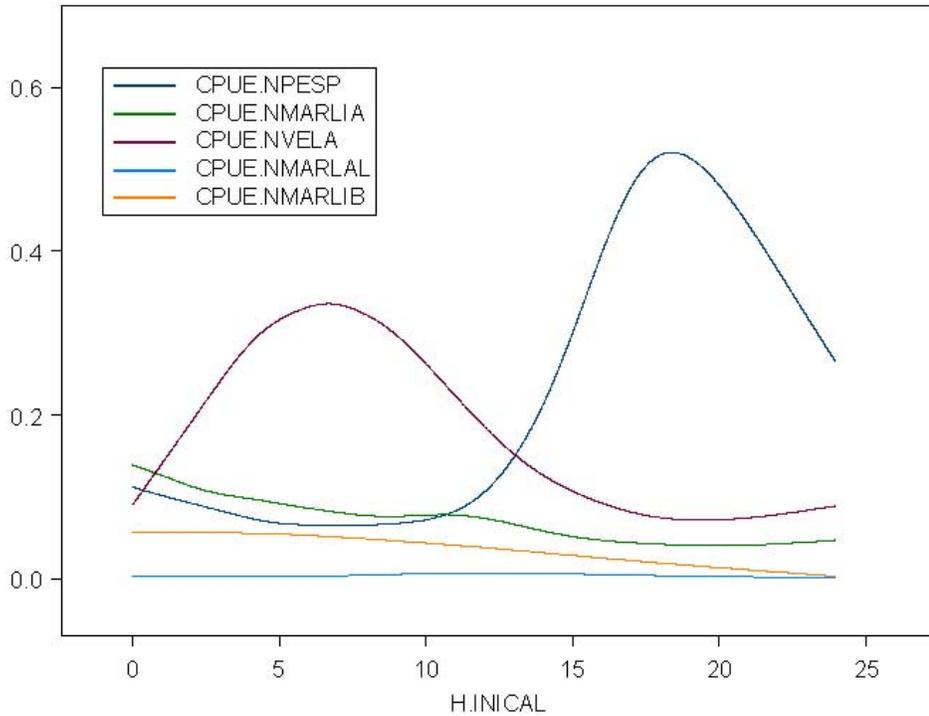
## Batimetría



Gráfica 6.- Prueba de CPUE contra profundidad del océano de las diferentes especies con suavizadores.

Esta gráfica muestra como se comporta la CPUE de cada especie en función de la profundidad oceánica, donde la CPUE del pez espada y del pez vela sufre un incremento al acercarse al borde de la plataforma continental, siendo muy marcado el incremento para el pez espada a partir de los 1000 m.

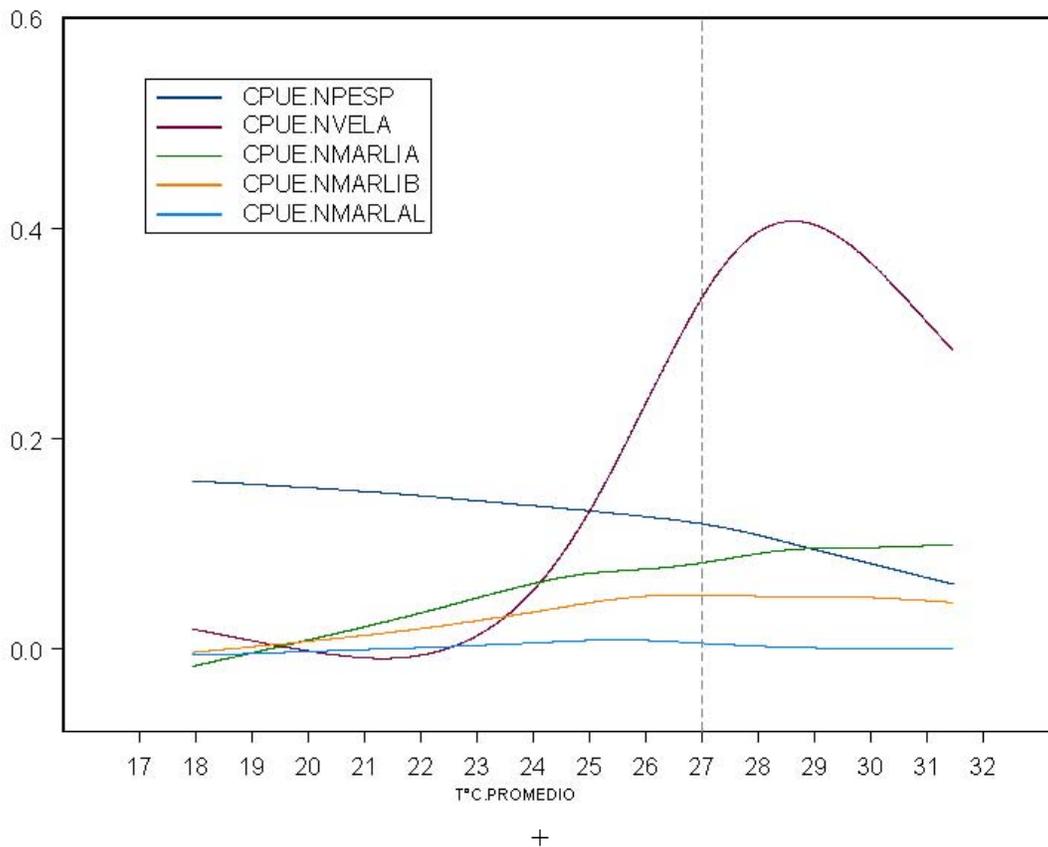
## Hora de inicio de lance



Gráfica 7.- Prueba con suavizadores del efecto del horario de inicio de lance sobre la CPUE en las diferentes especies.

Esta gráfica muestra las variaciones de la CPUE dependiendo de la hora de inicio de lance, tomando en cuenta que el calado de un palangre tiene una duración aproximada de 4 hrs, donde se aprecia que para el pez vela, las mayores capturas se obtiene durante la madrugada hasta el amanecer, mientras que para el pez espada se obtienen durante el crepúsculo hasta la media noche

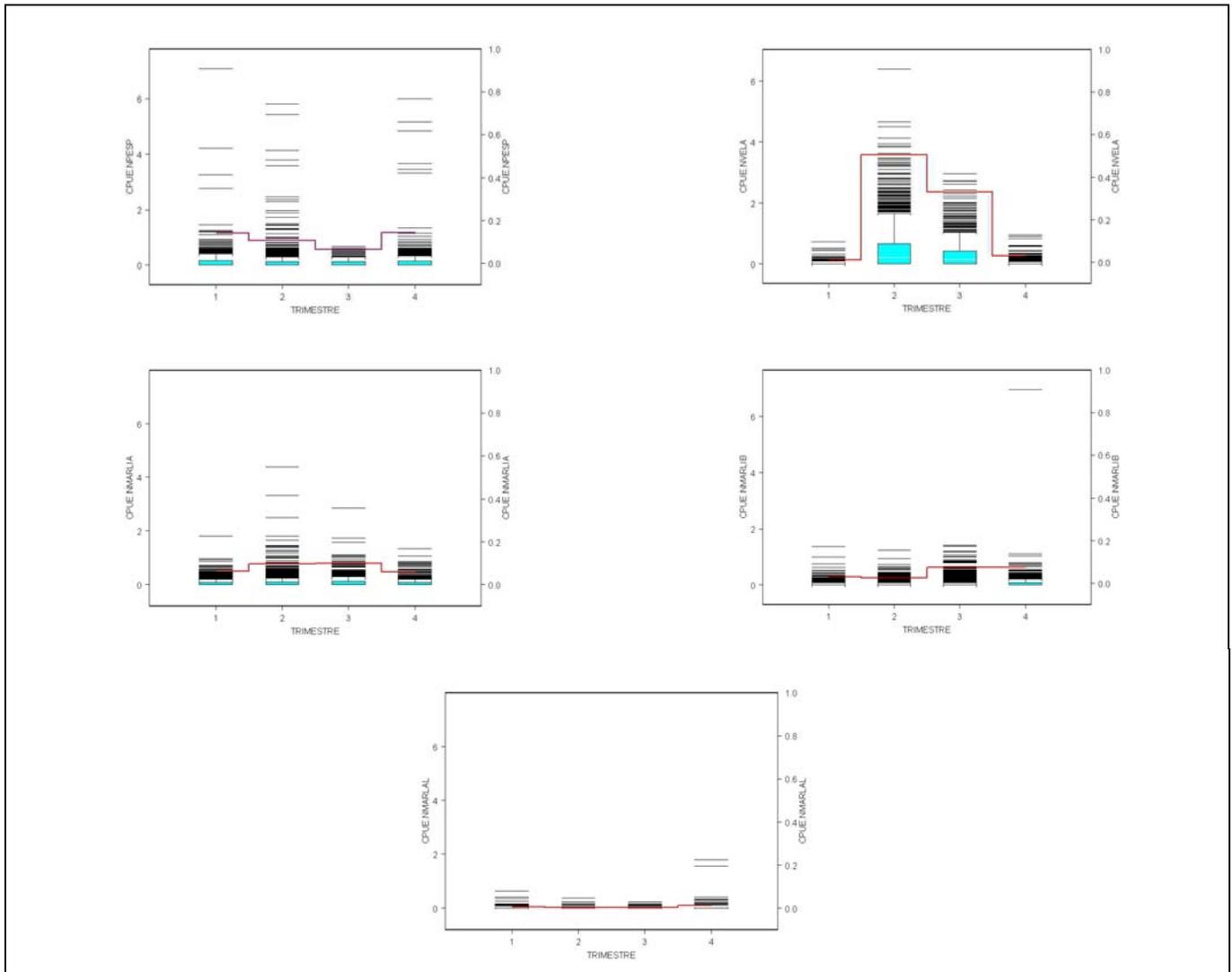
## Temperatura superficial del mar



Gráfica 8.- Prueba con suavizadores sobre la respuesta de la CPUE en función de la temperatura superficial del mar.

Esta gráfica muestra como es la respuesta de la CPUE a través de las diferentes temperaturas superficiales; la línea vertical marca el promedio anual de temperatura cuyo valor es de 27.1 °C. En esta grafica se puede observar como las tasas de captura del pez vela se elevan marcadamente hacia temperaturas cálidas, asimismo las de los marlins Blanco y Azul siguen la misma tendencia, mientras que las del pez espada descienden y las del Aguja Larga parecen no verse afectadas.

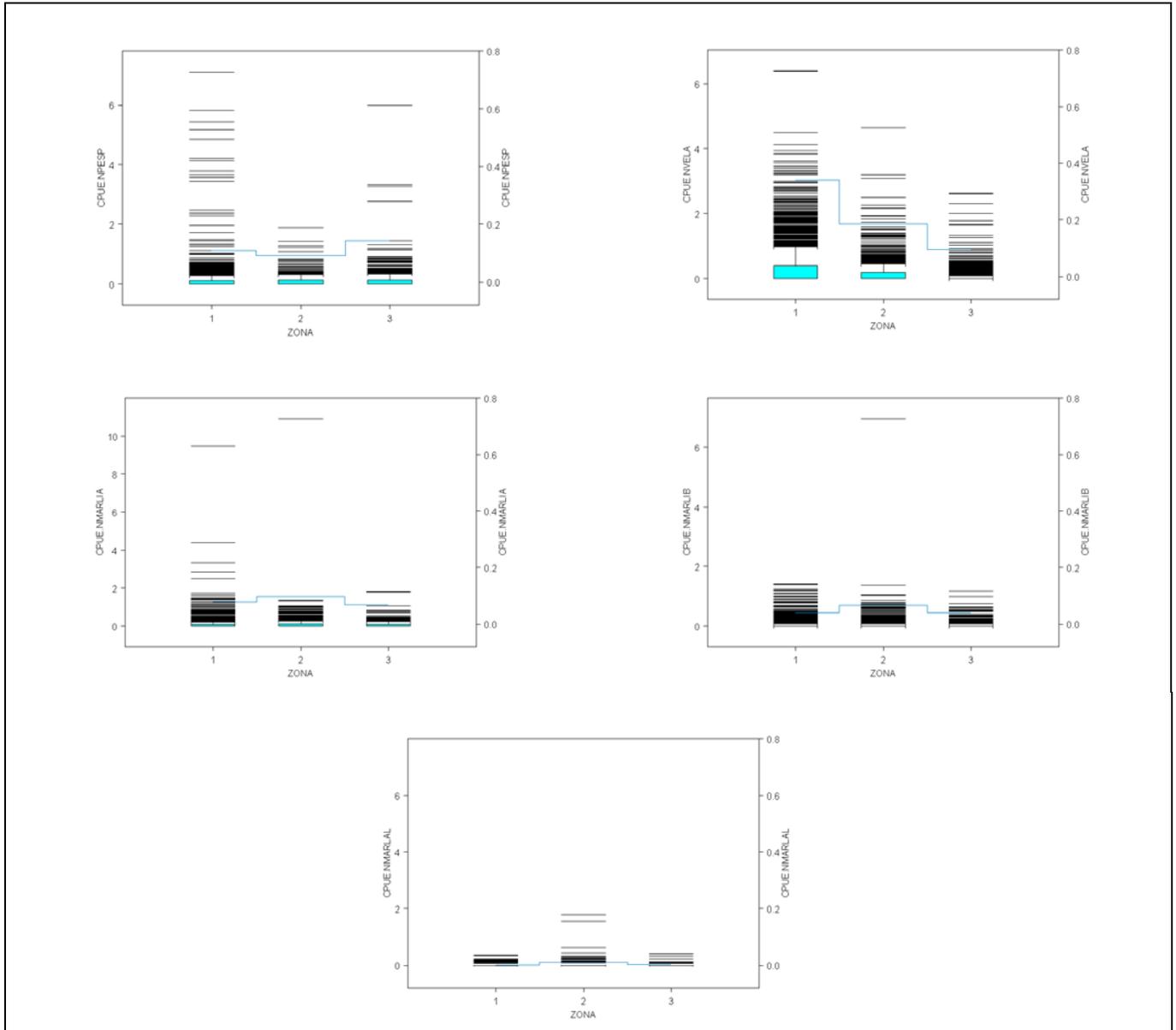
## CPUE por estación



Gráfica 9.- Prueba con suavizador de Kernel y gráficas de cajas sobre la variación de la CPUE en las diferentes estaciones del año.

Esta gráfica muestra como es la CPUE de especies picudos a través de cada trimestre, lo que en general es equivalente a las estaciones del año, a través de suavizadores de Kernel y gráficas de cajas (las líneas rojas horizontales del suavizador de Kernel denotan el valor promedio de la CPUE en cada estación y las verticales son sólo la conexión entre estas), donde podemos observar algunas tendencias estacionales como las del pez vela y el marlín azul, las cuales muestran una elevación en las tasas de captura durante las estaciones de primavera y verano, mientras que las del pez espada se elevan durante otoño e invierno. Por otra parte, el marlín blanco registra tasas mas elevadas durante verano-otoño y el marlín aguja larga parece no afectarle la estacionalidad.

## CPUE por zona



Gráfica 10.- Prueba con suavizador de Kernel y gráficas de cajas de la variación de la CPUE en las diferentes zonas.

Esta gráfica muestra como es el comportamiento de la CPUE de cada especie dependiendo de la zona de pesca, donde se puede notar que para el pez vela se registran las mayores capturas dentro de la zona uno, mientras que para el pez espada a pesar de que en la zona 3 las tasas son mas altas, la diferencias entre las zonas es pequeña, en cuanto a las demás especies las diferencias de las tasas de captura entre zonas son moderadas.

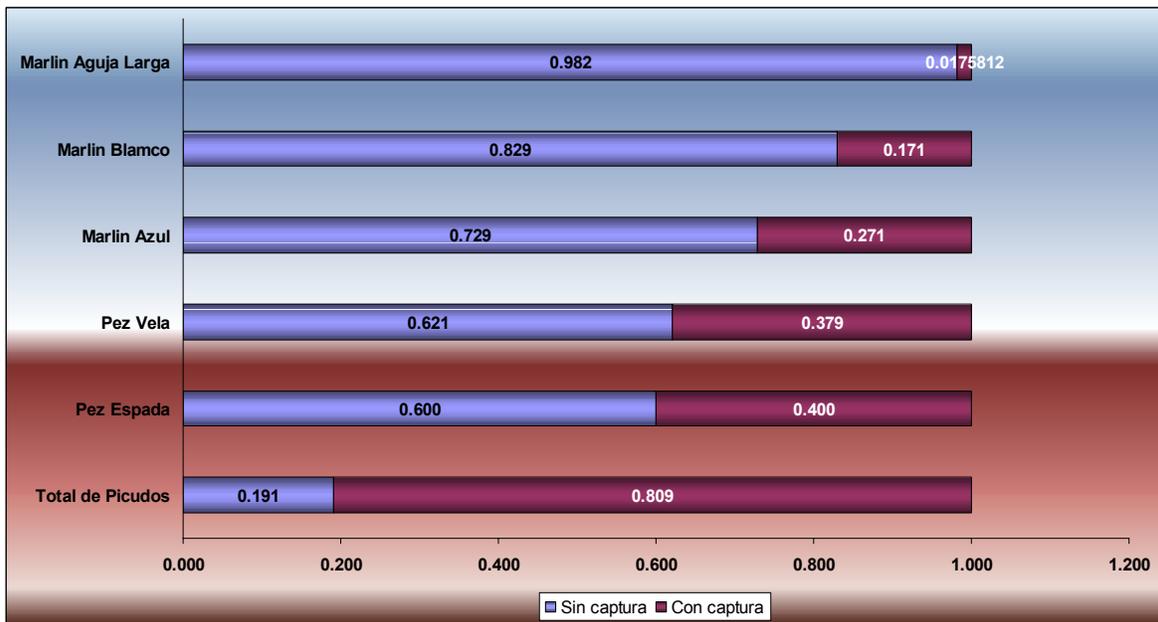
En las gráficas anteriores, se pudo observar el comportamiento de la CPUE de cada especie en función de los diferentes predictores.

El análisis estadístico exploratorio puso en evidencia consideraciones importantes en el planteamiento de los modelos.

Como se pudo observar en las gráficas anteriores, la respuesta de la CPUE en función de los diversos predictores es muy diferente dependiendo de la especie de picudos que analicemos, sin embargo en los casos de los marlins, la respuesta de la CPUE a los diferentes predictores es muy pequeña debido al alto porcentaje de no capturas que presentan estos organismos (tabla 17), propiciando que las tasas de captura sean bajas, lo que impide llevar a cabo un análisis que esclarezca como se ve afectada la respuesta de la CPUE en función de los diversos predictores. No obstante para el pez vela y el pez espada la situación es diferente, pues cuentan cuando menos con un 37 % de lances con captura, lo que se traduce en tasas de captura mas altas y una mejor respuesta de la CPUE en función de los predictores y sus niveles, permitiendo un análisis y un mejor parámetro de comparación entre la respuesta de la CPUE de cada especie, por lo cual para tener una mejor comprensión y un mayor entendimiento en el análisis, se tomó la decisión de considerar sólo al pez vela y al pez espada para el planteamiento de los modelos.

Captura	NPIC		NPESP		NVELA		NMARLIA		NMARLIB		NMARLAL	
	Frec	Frec%	Frec	Frec%	Frec	Frec%	Frec	Frec%	FREC	Frec%	Frec	Frec%
Sin captura	717	0.191	2,252	0.600	2,330	0.621	2,737	0.729	3,113	0.829	3,688	0.982
Con captura	3,037	0.809	1,502	0.400	1,424	0.379	1,017	0.271	641	0.171	66	0.0171

Tabla 14.- Frecuencias de lances con captura y sin captura de las diferentes especies de picudos.



Gráfica 11.- Frecuencias de lances con captura y sin captura de las diferentes especies de picudos.

### 4.3.2.-Predictores

Una vez definidas las especies a utilizar, fue necesario transformar los predictores continuos a categóricos con el objetivo de tener un mejor manejo para la modelación de GLM.

#### Predictores del pez espada

Los predictores que se transformaron para el modelo del pez espada fueron los siguientes:

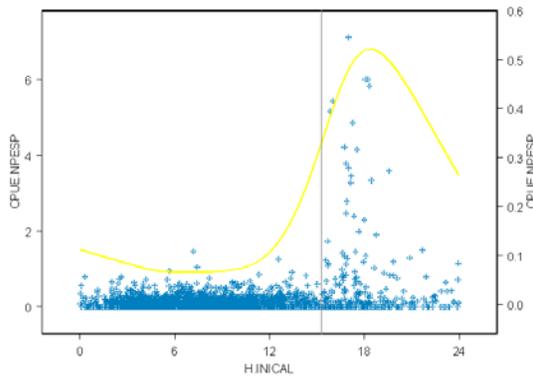
Predictor continuo	Predictor convertido en factor	Descripción
H.INICAL	DN	Describe la hora de inicio de lance
Porlun	PL	Describe el porcentaje de iluminación del disco lunar en el que se realizó el lance
Buoyhook	pa	Indica la profundidad estimada del anzuelo (en brazas) a la que se realizó el lance
Prof.m	batpz	Indica la profundidad oceánica (en metros) donde se realizó el lance

Tabla 15.- Predoectores del pez espada.

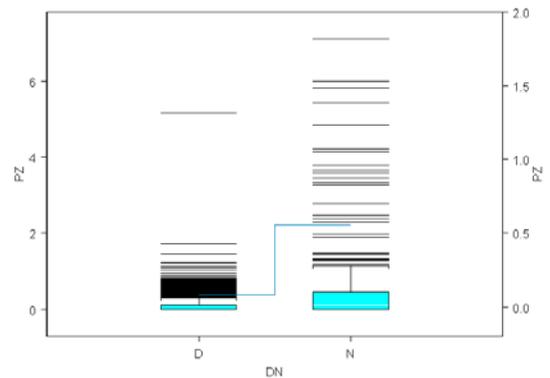
A continuación, se muestra como se fue transformando cada Predictor continuo en categórico

#### Predictor DN (día/noche)

El predictor día/noche, fue determinado por medio de un algoritmo en donde el campo de "HINICAL", contiene la hora de inicio de calado del lance, que va desde 0 horas a 24 horas, el algoritmo establece que la categoría día empieza a partir de las 4:00 horas y la noche a partir de las 16:00 horas, pero realmente empiezan 4 horas después debido a que el tiempo promedio de calado es de 4 horas, por lo cual, los lances estarían operando completamente después de cuatro horas a su hora de inicio de lance.



Grafica 12.- Predictor continuo HINICAL

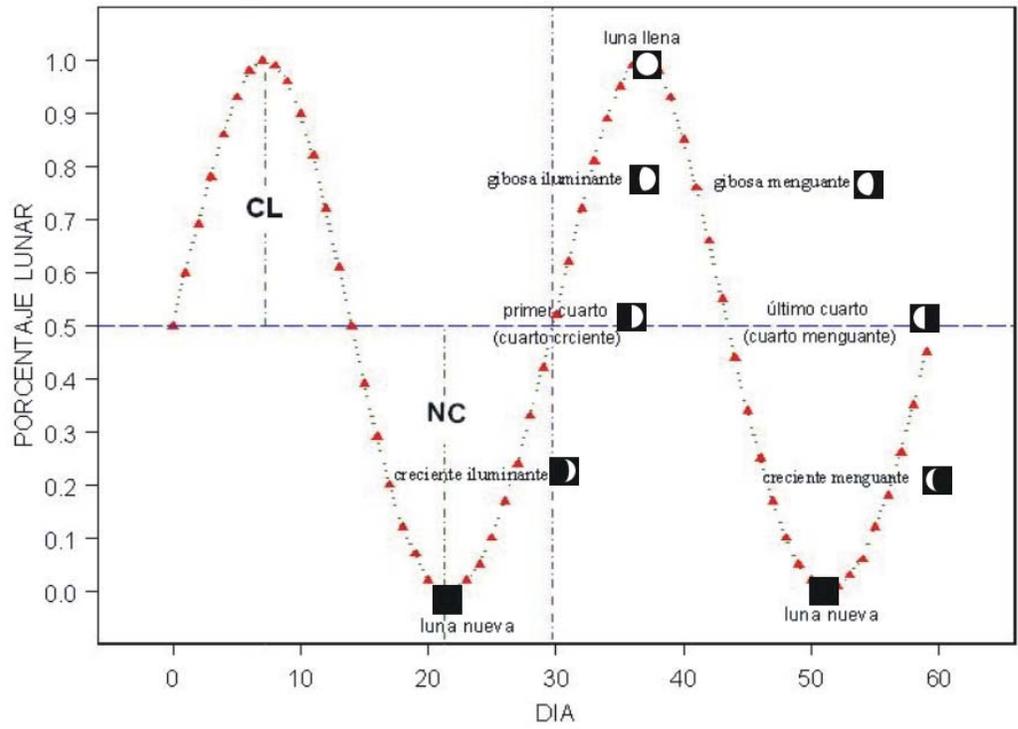


Grafica 13.- Predictor categorico DN

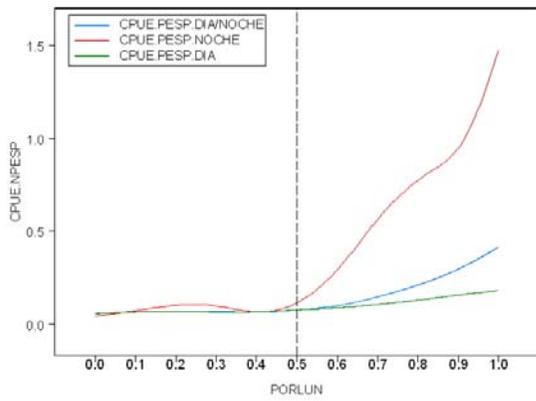
### Predictor PL (Fase lunar)

El predictor PL (Fase lunar) fue construido a partir del predictor continuo PorLun, que contiene el porcentaje de iluminación lunar expresado en valores que van de 0 para luna nueva y 1 para luna llena como se puede ver en la gráfica 15, aunque el periodo lunar que va de luna nueva a luna llena y de luna nueva a luna llena se divide en 9 periodos <sup>5</sup>(grafica 14, el porcentaje de iluminación de la cara lunar en ocho de ellos es el mismo, por lo tanto se puede dividir estos ocho en cuatro, haciendo un total de cinco periodos que van desde luna nueva a luna llena o viceversa, por lo tanto decidimos tomar este rango. Una vez analizada la prueba del porcentaje lunar con la prueba de suavizadores, se observo que la respuesta de la CPUE sufre un aumento muy notorio a partir del 50% de iluminación del disco lunar como se puede observar en la gráfica 14, se decidió a través de un algoritmo crear el factor PL el cual, contiene dos categorías, en donde NC tiene valores de 0 a .5, que significa de luna nueva a cuarto y CL tiene valores que van de 0.5 a 1, como lo muestra la grafica 16.

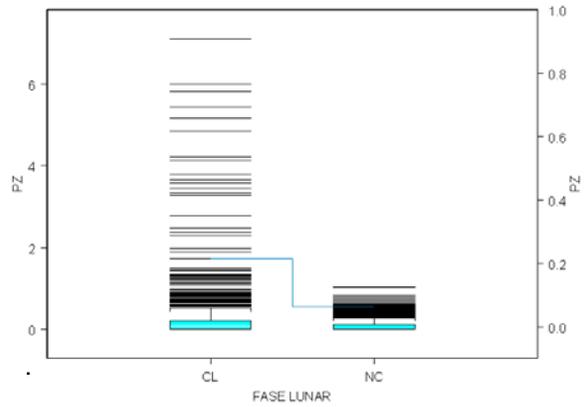
<sup>5</sup> Ver anexo 2



Grafica 14.- Periodo lunar.



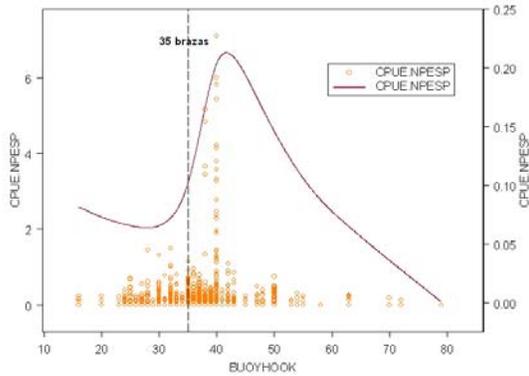
Grafica 15.- Predictor continuo Porlun



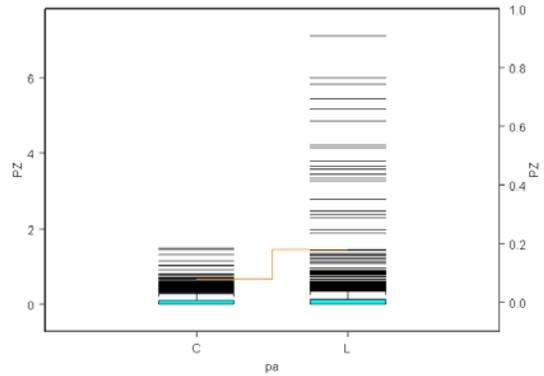
Grafica 16.- Predictor categorico PL

## Predictor pa (Profundidad de anzuelo)

Fue construido en función de los registros del campo Buoyhook, el cual contiene la suma de las distancias del orinque y el reinal, este predictor contiene dos categorías llamadas "C" y "L", la primera comprende hasta 35 brazas de profundidad y la segunda valores mayores a 35 brazas.



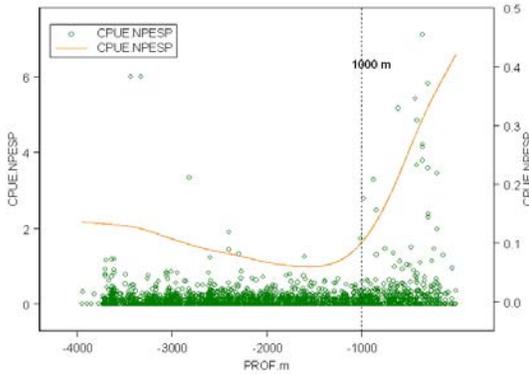
Grafica 17.- Predictor continuo de profundidad de anzuelo.



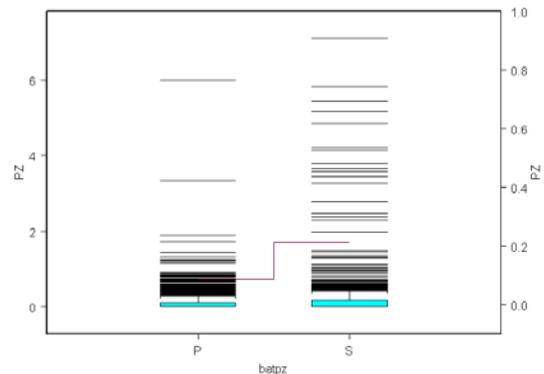
Grafica 18.- Predictor categórico de profundidad de anzuelo.

Predictor batpz (Profundidad donde se realizó el lance para pez Espada)

Fue construido en función de los registros de campo Prof\_m, el predictor batpz contiene dos categorías llamadas “S” y “P”, la primera comprende hasta 1,000 m de profundidad, la segunda parte de valores mayores a 1,000m.



Gráfica 19.- Predictor continuo de profundidad de lance



Gráfica 20.- Predictor categórico de profundidad de lance

Los predictores que se transformaron para el modelo del pez vela fueron los siguientes:

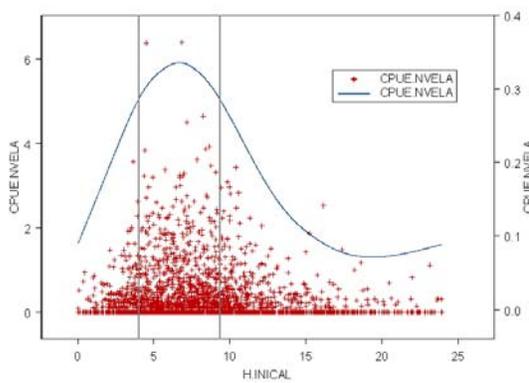
Predictor continuo	Predictor convertido en factor	Descripción
H.INICAL	HV	Describe el horario de inicio de lance
baitcat	car2	Describe el tipo de carnada que se utilizo en el lance
Prof_m	bat	Indica la profundidad oceánica (en metros) donde se realizó el lance
T°C_PROMEDIO	temp	Indica la temperatura superficial del agua donde se realizó el lance

Tabla 16.- Predoectores del pez vela.

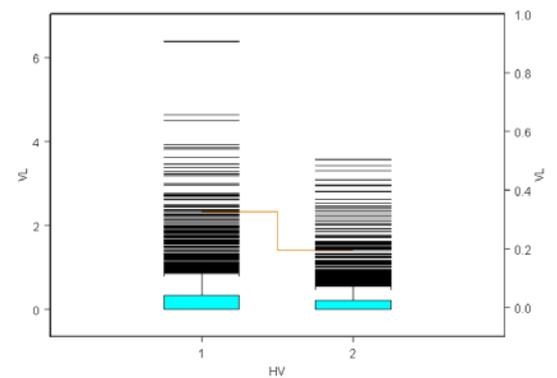
A continuación se detalla por separado como fue creado cada factor.

## Predictor HV (Horario de pez vela)

El predictor HV se determinó por medio del un algoritmo, a partir del campo "HINICAL", el cual contiene la hora de inicio de calado del lance, que va desde 0 horas a 24 horas, el algoritmo para conformar el predictor HV establece 2 categorías de horario, la primera va de las 4:00 horas a las 9:00 horas y fue denominado con el nivel "1", y la segunda va a partir de las 9:00 horas a las 4:00 horas, y fue denominado con el factor "2", es preciso recordar que realmente los lances empiezan a operar completamente 4 horas después de su hora de inicio, debido a que el tiempo promedio de calado es de 4 horas, cuya consideración esta presente en el algoritmo.



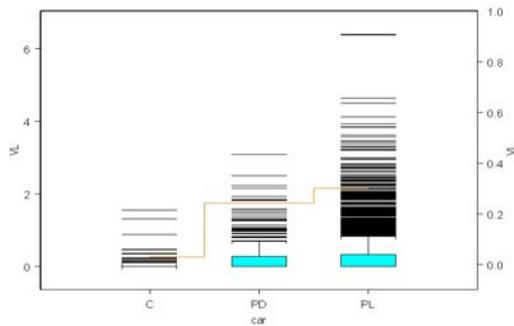
Grafica 21.- Predictor continuo de horario de lance de pez vela



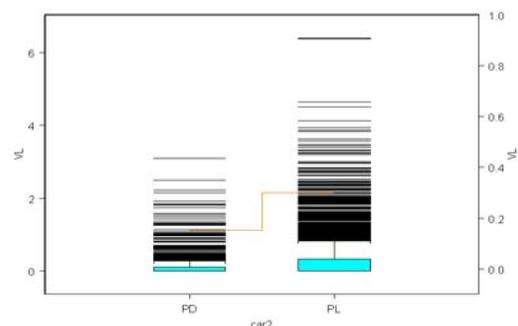
Grafica 22.- Predictor categórico de horario de lance de pez vel

### Predictor car2 (carnada de pez vela)

El predictor car2 se determinó por medio de un algoritmo, a partir del campo “car”, que contiene el tipo de carnada que fue utilizada en cada lance. El predictor car2 agrupa las categoría Cefa (cefalópodos), con la categoría PD (pescado muerto), dejando intacta la categoría PL (pescado vivo), por lo que el predictor car2 queda con dos niveles PD y PL; esta decisión se tomó debido a que la prueba de colapso de niveles entre estas categorías no presenta un cambio significativo para la variabilidad de la CPUE del pez vela.



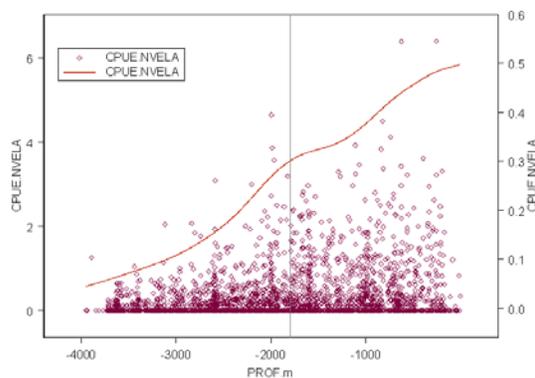
Gráfica 23.- Predictor con tres niveles de carnada de pez vela.



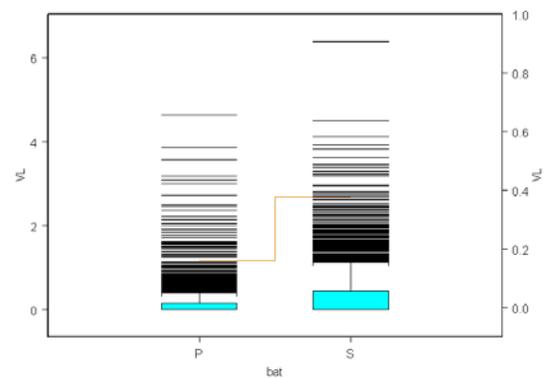
Gráfica 24.- Predictor con dos niveles de carnada de pez vela.

### Predictor bat (Profundidad donde se realizó el lance para pez vela)

Fue construido en función de los registros de campo Prof\_m, el predictor bat contiene dos categorías llamadas “S” (somero) y “P” (profundo), la primera comprende hasta 1,500 m de profundidad y la segunda parte de valores mayores a 1,500m.



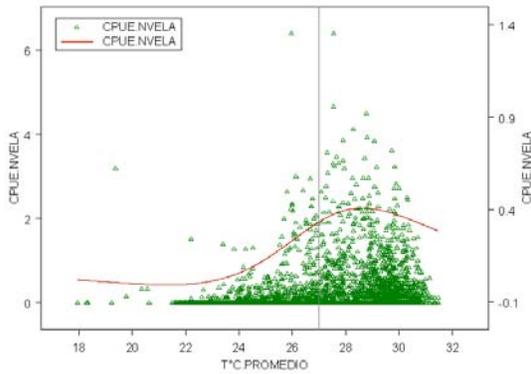
Gráfica 25.- Predictor continuo de profundidad por lance de pez vela



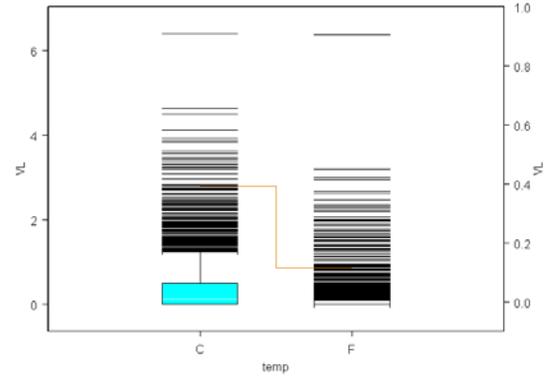
Gráfica 26.- Predictor categórico de por lance de pez vela

## Predictor temp (temperatura superficial del agua por lance)

Fue construido en función de los registros de campo T°C\_PROMEDIO, el predictor temp contiene dos categorías llamadas "C" (caliente) y "F" (frío), la primera comprende temperaturas menores o iguales a 27°C y la segunda temperaturas mayores a 27°C, el criterio para decidir las categorías fue tomado con relación a que la temperatura promedio anual es de 27.40°C.



Grafica 27.- Predictor continuo de temperatura superficial por lance



Grafica 28.- Predictor categórico de temperatura superficial por lance

## Prueba de predictores

Una vez que fueron transformados todos los predictores lineales a categóricos, se comenzó la elección de los predictores que se utilizaron en el modelo.

Para esto, se formuló una prueba estadística con un modelo que plantea a los predictores como efectos directos, esto arrojó como resultado que algunos factores fueran significativos para ambas especies, mientras que otros sólo para el pez vela o para el pez espada.

Las tablas 17 y 18 muestran los predictores que se utilizaron por especie, según el análisis estadístico preliminar y la nueva nomenclatura utilizada para los predictores.

## Predictores de pez vela

Predictor	Niveles	Descripción
E	“1” “2” “3” “4”	Describe las estaciones del año 1=Invierno 2=Primavera 3=Verano 4=Otoño
Z	“1” “2” “3”	Describe la zona donde se realizó el lance
bat	“S” “P”	Describe la profundidad donde se realizó Lance S=Somero (< 1500 m) P=Profundo (≥ 1500 m)
pa	“C” “L”	Describe la profundidad de anzuelo C=Corto (< 35 brazas) L=Largo (≥ 35 brazas)
car2	“PL” “PD”	Describe el tipo de carnada que se empleo por lance PL=Pescado vivo PD=Pescado y cefalópodo muerto
HV	“1” “2”	Horario cuando se realizó el lance 1= 4:00 a 9:00 hrs 2=9:00 a 4:00 hrs
temp	“F” “C”	Temperatura superficial del agua cuando se realizó el lance C= >27° C F= <21° C

Tabla 17.- Predictores para el pez vela.

## Predictores de pez espada

Predictor	Niveles	Descripción
E	“1” “2” “3” “4”	Describe las estaciones del año 1=Invierno 2=Primavera 3=Verano 4=Otoño
Z	“1” “2” “3”	Describe la zona donde se realizó el lance
PL	“NC” “CL”	Describe la fase lunar donde se realizó el lance NC= $<0.5$ CL= $\geq 0.5$
batpz	“S” “P”	Describe la profundidad donde se realizó Lance S=Somero ( $< 1000$ m) P=Profundo ( $\geq 1000$ m)
pa	“C” “L”	Describe la profundidad de anzuelo C=Corto ( $< 35$ brazas) L=Largo ( $\geq 35$ brazas)
car	“PL” “PD” “CEFA”	Describe el tipo de carnada que se empleo por lance PL=Pescado vivo PD=Pescado muerto CEFA=cefalópodo muerto
DN	“D” “N”	Horario cuando se realizó el lance D= 4:00 a 16:00 hrs N= 16:00 a 4:00 hrs

Tabla 18.- Predictores para el pez espada.

#### 4.4.-PLANTEAMIENTO DEL MODELO LINEAL GENERALIZADO

El Planteamiento del GLM requiere definir tres grandes componentes que son imprescindibles en el planteamiento correcto del modelo:

- Tipo de error
- Función de enlace
- Tipo de prueba

##### Tipo de error

Para modelar la CPUE, se tomó como tipo de error la distribución de Poisson, esta distribución es ocupada para conteos o tasas (Venables & Ripley, 2001), debido a que la distribución acepta valores cero (es decir no puede haber menos de 0 captura).

##### Función de enlace

La función de enlace canónica para la distribución de Poisson es la logarítmica y asegura que todos los valores ajustados serán positivos.

##### Tipo de prueba

Normalmente las pruebas de análisis en GLM se hacen con prueba de  $\chi^2$ , donde se debe corregir la sobredispersión, no obstante en el presente trabajo se siguió otro criterio, el cual consiste en utilizar una prueba de F en lugar de la de  $\chi^2$  (Crawley 2002 pág.545), en los modelos que presentan sobredispersión.

#### 4.4.1.-Modelos Máximos

El cálculo y planteamiento del modelo máximo, es un proceso que implica los tres componente antes mencionados (estructura del error, función de enlace, tipo de prueba), a partir de los cuales, se realizó el análisis del GLM, el cual se condujo por medio de comparaciones entre los modelos máximos y modelos teóricos, a través del análisis de devianza, el procedimiento esencialmente comprende una sucesión de pruebas partiendo de los modelos máximos contra modelos teóricos con distintitos componentes, derivando en ajustes en el modelo teórico hasta llegar a el ajuste del modelo mínimo y así poder determinar los factores ambientales y pesqueros que influyen significativamente en la captura incidental de peces picudos en el Golfo de México.

Los modelos máximos del pez vela y el pez espada son los siguientes:

GLM del pez espada (*Xiphias gladius*)

La expresión matemática seria la de la siguiente forma:

$$\ln(\text{PZ}) = a + E + \text{DN} + \text{PL} + \text{car} + \text{pa} + \text{batpz} + E \times \text{batpz} \\ + \text{DN} \times \text{PL} + \text{DN} \times \text{PL} \times \text{car} + \text{DN} \times \text{PL} \times \text{pa} + e$$

- ◆ Variable de respuesta PZ (CPUE del pez espada)
- ◆ Intercepto (constante)
- ◆ Efectos directos
- ◆ Interacciones
- ◆ Error (Poisson)

GLM del pez vela (*Istiophorus albicans*)

La expresión matemática seria la de la siguiente forma:

$$\ln(\text{VL}) = a + E + Z + \text{bat} + \text{car}^2 + \text{pa} + \text{temp} + E \times Z \times \text{temp} + E \times Z \times \text{bat} \\ + E \times Z \times \text{pa} + E \times Z \times \text{car}^2 + E \times Z \times \text{HV} + e$$

- ◆ Variable de respuesta VL (CPUE del Pez vela)
- ◆ Intercepto (constante)
- ◆ Efectos directos
- ◆ Interacciones
- ◆ Error (Poisson)

A partir de estos modelos, se inicio el análisis de los GLM para llegar al ajuste del modelo mínimo.

#### 4.5.-ANÁLISIS DE LOS MODELOS

A continuación se ejemplifica la metodología para el ajuste del predictor “pa” en el modelo máximo de pez espada.

Tomando en cuenta que el programa S-plus maneja su propio lenguaje de programación<sup>6</sup> y este, sería confuso su comprensión si no se está familiarizado con el lenguaje, explicaremos el proceso a partir de un objeto que llamaremos “GLMPZ”, el cual contiene el modelo máximo del pez espada, sobre el cual haremos a manera de ejemplo las pruebas correspondientes, entonces planteamos que:

$$GLMPZ = ( \ln(PZ) = a + E + DN + PL + car + pa + batpz + E \times batpz + DN \times PL + DN \times PL \times car + DN \times PL \times pa + e )$$

Donde

- ◆ Variable de respuesta PZ (CPUE del pez espada)
- ◆ Intercepto (constante)
- ◆ Efectos directos
- ◆ Interacciones
- ◆ Error (Poisson)

Una vez definido GLMPZ, la primera prueba consiste en probar si la variabilidad de la CPUE del pez espada se ve afectada en función de la profundidad de anzuelo junto con los predictores DN (Día/Noche) y PL (Porcentaje Lunar), por lo tanto la prueba compara el modelo máximo contra un modelo teórico donde a este último, solo se le ha quitado la interacción DN:PL:pa, manteniendo los demás componentes del modelo.

GLMPZ vs (GLMPZ - DN:PL:pa)

La cual arroja los siguientes resultados:

Resid.	Df	Resid. Dev	Df	Deviance	FValue	Pr(F)
1	2629	528.1630				
2	2632	549.0345	3	-20.8715	26.21579	1.110223e-016

Tabla 19.- Análisis de devianza de la interacción DN:PL:pa

En donde la probabilidad de F nos da significativa a un 95% ( $\alpha=0.05$ ) de confianza por lo tanto, no es posible suprimir el término, lo cual indica que la variabilidad de la CPUE del Pez se ve afectada en función de la interacción DN:PL: pa (profundidad de anzuelo, Día/Noche y Porcentaje Lunar).

<sup>6</sup> Para una mejor percepción acerca del lenguaje de S-plus consultar el anexo 3.

Como se vio en la prueba anterior la interacción completa afecta directamente la variabilidad de las tasa de captura del pez espada, sin embargo las siguientes pruebas buscan examinar la interacción a partir de cada componente, así como los niveles de cada factor para esclarecer la forma en que interactúan. Estas pruebas comienzan con la eliminación de un término de la interacción, en este caso comenzaremos suprimiendo el término PL

GLMPZ vs (GLMPZ - DN:PL:pa + DN:pa)

Donde en el lado izquierdo del algoritmo le quitamos al modelo completo "GLMPZ" la interacción DN:PL:pa y le adicionamos en su lugar la interacción DN:pa, después lo comparamos contra el modelo entero de "GLMPZ" para probar si PL afecta la variabilidad de la CPUE en esta interacción.

La prueba arroja los siguientes resultados:

Resid. Df	Resid. Dev	Df	Deviance	FValue	Pr(F)
1 2629	528.1630				
2 2631	535.3841	-2	-7.22109	13.60515	1.323509e-006

Tabla 20.- Análisis de devianza término DN:pa

Donde la probabilidad de F nos da significativa a un 95% ( $\alpha=0.05$ ) de confianza por lo que no es posible suprimir el término, lo cual indica que el predictor PL de la interacción DN:PL:pa afecta la variabilidad de la CPUE del pez espada y no puede ser suprimido.

La siguiente prueba al igual que la anterior, busca probar que tan significativo es el predictor DN en la interacción DN:PL:pa.

GLMPZ vs (GLMPZ - DN:PL:pa + PL:pa)

La prueba arroja los siguientes resultados:

Resid. Df	Resid. Dev	Df	Deviance	FValue	Pr(F)
1 2629	528.1630				
2 2631	537.3384	-2	-9.175413	17.28726	3.476783e-008

Tabla 21.-Análisis de devianza término PL:pa

En donde la probabilidad de F nos da significativa a un 95% ( $\alpha=0.05$ ) de confianza por lo que no es posible suprimir el término, lo cual indica que el predictor DN de la interacción DN:PL:pa afecta la variabilidad de la CPUE del pez espada y no puede ser suprimido.

La prueba del predictor pa en la interacción DN:PL:pa es la última de las pruebas en cuanto a los predictores individuales dentro de la interacción.

GLMPZ vs (GLMPZ - DN:PL:pa + pa)

La prueba arroja los siguientes resultados:

Resid.	Df	Resid. Dev	Df	Deviance	FValue	Pr(F)
1	2629	528.1630				
2	2632	549.0345	-3	-20.8715	26.21579	1.110223e-016

Tabla 21.-Análisis de devianza término pa

En donde la probabilidad de F nos da significativa a un 95% ( $\alpha=0.05$ ) de confianza por lo que no es posible suprimir el término, lo cual indica que el predictor pa de la interacción DN:PL:pa también afecta la variabilidad de la CPUE del pez espada y no puede ser suprimido.

El siguiente paso es analizar que sucede en cada nivel de los factores dentro de la interacción, es decir que sucede si el lance se realizó de día o de noche, si el lance es de noche como se comporta de acuerdo a la fase lunar y si el lance se realiza a un pa <35 o >35 brazas, esto con el fin de profundizar en la comprensión de la variabilidad de la CPUE del pez espada en los niveles de cada predictor en la interacción DN:PL:pa

Para llevar acabo este tipo de pruebas fue necesario crear vectores, los cuales a través del colapso de niveles (de uno o mas predictores), nos ayudan a conocer los diferentes casos que presenta una interacción (tabla 22), esto con la finalidad de analizar si se modifican de forma significativa las tasas de captura en los diferentes niveles de la interacción, de tal forma que a través de este método se puedan probar todas las posibles condiciones que presenta la interacción DN:PL:pa las cuales se pueden observar en la tabla 22.

Circunstancias de la interacción DN:PL:pa	DN		PL		pa	
	D=Día	N=Noche	NC<0.5	CL≥0.5	C < 35	L ≥35 brazas
<b>1</b>	<b>D</b>		—		<b>C</b>	
<b>2</b>	<b>D</b>		—		<b>L</b>	
<b>3</b>	<b>N</b>		—		<b>C</b>	
<b>4</b>	<b>N</b>		—		<b>L</b>	
<b>5</b>	<b>N</b>		<b>NC</b>		<b>C</b>	
<b>6</b>	<b>N</b>		<b>NC</b>		<b>L</b>	
<b>7</b>	<b>N</b>		<b>CL</b>		<b>C</b>	
<b>8</b>	<b>N</b>		<b>CL</b>		<b>L</b>	

Tabla 22.-Distintas circunstancias que presenta la interacción DN:PL:pa

Siguiendo el patrón de comparación, entre los vectores que incluyeron las condiciones de la tabla 22 y el modelo máximo, es como se fue modificando el modelo en función de las pruebas de devianza que se hacen entre estos modelos, repercutiendo que en cada resultado que fue no significativo, el modelo se ajustó,

con el objetivo de incluir todas las condiciones planteadas para cada efecto directo e interacción y llegar al modelo mínimo, el cual nos permitió dilucidar los factores ambientales y pesqueros que influyen en la captura incidental de peces picudos en el Golfo de México como veremos posteriormente.

#### 4.6.-PRUEBAS DE NIVEL DE ENTROPÍA Y TAMAÑO DE MUESTRA

La prueba del nivel de entropía mide el contenido de información, el cual se puede expresar como la probabilidad con la que se puede predecir correctamente la muestra siguiente que se tome al azar (Cameron 1972). El tamaño de muestra fue estimado a través de remuestreos aleatorios, partiendo de una muestra de 3451 lances, por medio de 16 subconjuntos que van desde 10 hasta 500 lances, con 5000 repeticiones<sup>7</sup> para cada subconjunto con un intervalo de confianza al 95 %. Este procedimiento está basado en el índice de Brillouin conjuntamente con la metodología que menciona Pielou (1975), Buesa (1977), y Magurran (1988), la cual, nos permite hacer una proyección del tamaño mínimo de muestra que se necesita para tener un índice de diversidad confiable y un tamaño de muestra que sea realmente representativo de la población, ya que en algunos casos la representación gráfica del modelo puede ser engañosa, mas no así el resultado. El tamaño de muestra nos ayuda a tener un punto de comparación para discernir si la diferencia entre niveles categóricos de un predictor o una interacción, son realmente representativos en función el tamaño de muestra.

---

<sup>7</sup> Cada repetición es excluyente de los valores anteriormente muestreados.

## 5.-RESULTADOS

### 5.1.-RESULTADOS DEL MODELO DE PEZ ESPADA

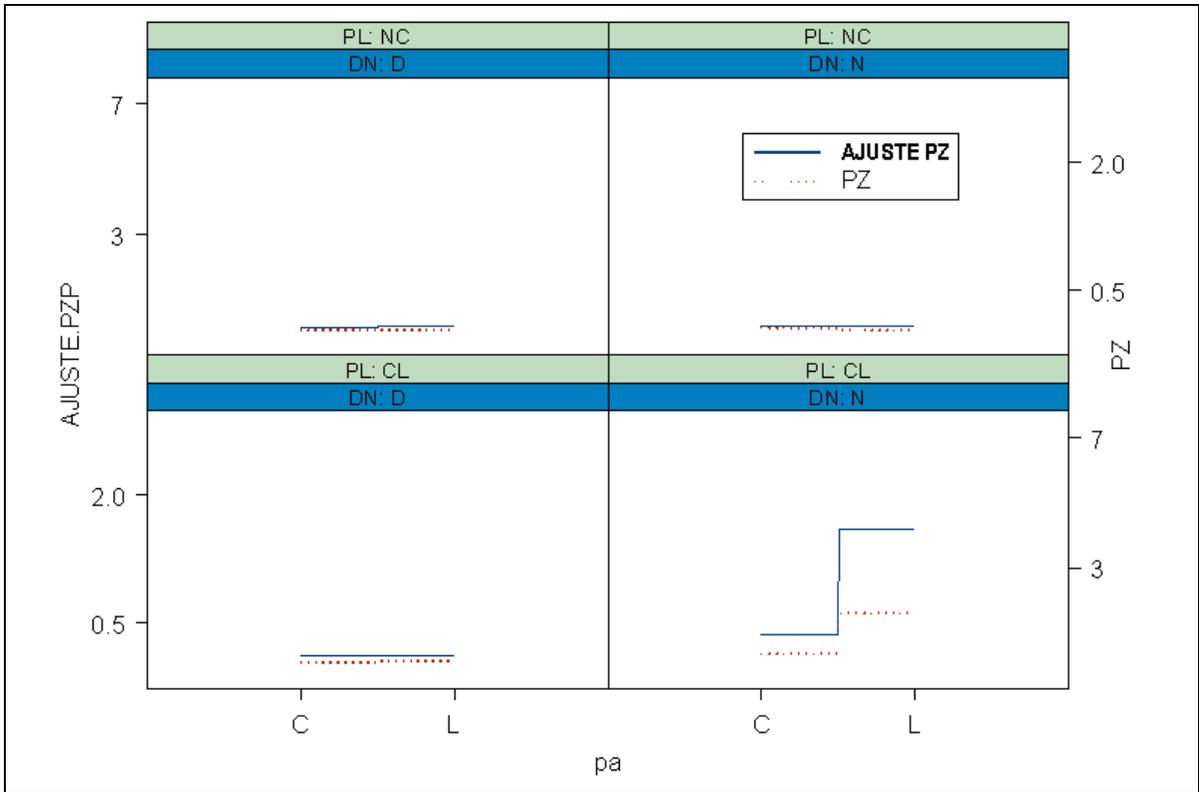
Modelo máximo de Pez Espada

$$GLMPZ.-\ln(PZ) = a + E + DN + PL + car + pa + batpz + E \times batpz + DN \times PL + DN \times PL \times car + DN \times PL \times pa + e$$

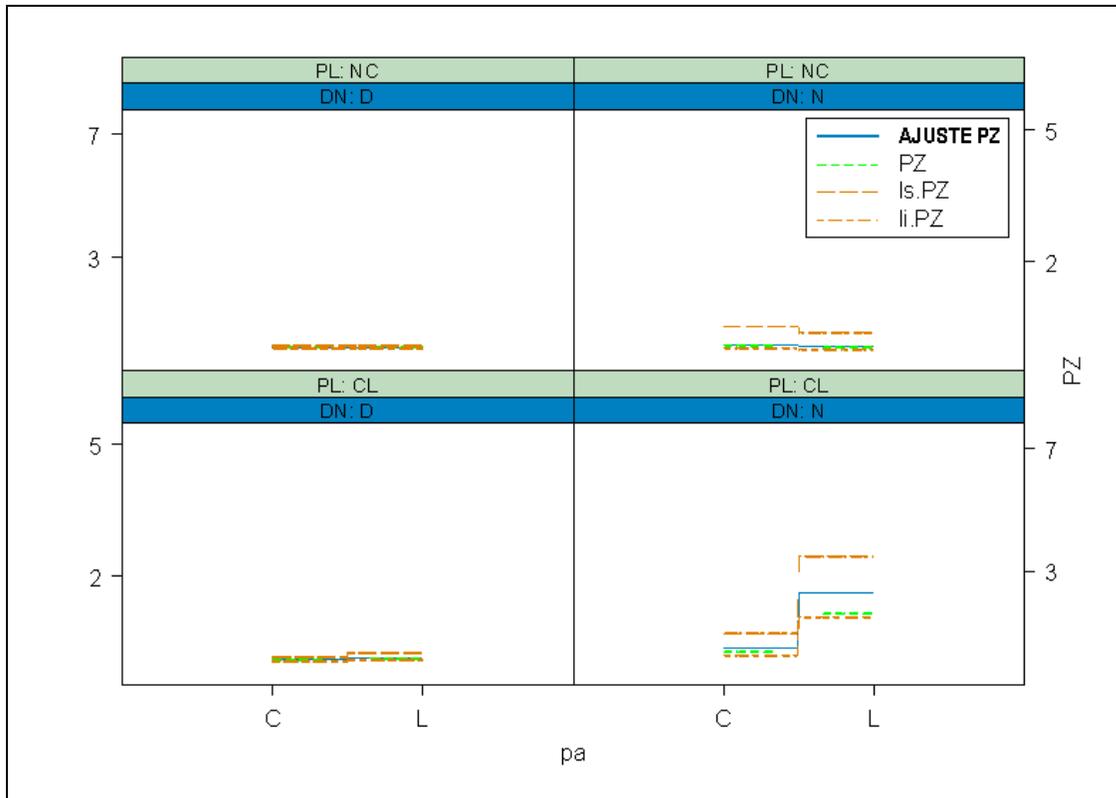
#### 5.1.1.-Profundidad de anzuelo

Caso	Prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	-DN:PL:pa	549.0345	-3	-20.8715	26.21579	1.11E-16	✓
2	-DN	537.3384	-2	-9.175413	17.28726	3.48E-08	✓
3	-PL	535.3841	-2	-7.22109	13.60515	1.32E-06	✓
4	pa.D	643.8962	-564	-115.7332	0.7732314	0.9999263	✗
5	pa.N	584.9479	-47	-56.78486	4.55266	0	✓
6	pa.D.NC	648.5129	-591	-120.3499	0.7673416	0.9999661	✗
7	pa.N.CL	628.8901	-215	-100.7271	1.765381	3.37E-10	✓
Caso	Explicación						
1	Prueba de eliminación de la interacción DN:PL:pa en el modelo máximo de pez espada (la interacción afecta la variabilidad de las tasa de captura del pez espada).						
2	Prueba de eliminación del factor DN de la interacción DN:PL:pa en el modelo máximo de pez espada (el factor DN afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez espada en la interacción)						
3	Prueba de eliminación del factor PL de la interacción DN:PL:pa en el modelo máximo de pez espada (el factor PL afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez espada en la interacción).						
4	Prueba a través del vector pa.D para el predictor pa sobre los lances de día en el modelo máximo de pez espada (la profundidad de anzuelo no afecta las tasas de captura durante el día).						
5	Prueba a través del vector pa.N para el predictor pa sobre los lances de noche en el modelo máximo de pez espada (la profundidad de anzuelo afecta las tasas de captura durante la noche).						
6	Prueba a través del vector pa.D.NC para el predictor pa sobre los lances de día y los de noche con PL < al 50% en el modelo máximo de pez espada (la profundidad de anzuelo no afecta las tasas de captura durante el día o durante la noche con un PL < al 50 %).						
7	Prueba a través del vector pa.N.CL para el predictor pa sobre los lances de noche y con PL ≥ al 50% en el modelo máximo de pez espada (la profundidad de anzuelo afecta las tasas de captura durante la noche y con un PL ≥ 50%).						

Tabla 23.- Prueba interacción DN x PL x pa.



Grafica 30.- Respuesta de la CPUE de pez espada en la interacción DN x PL x pa de datos observados y esperados.



Gráfica 31.- Respuesta de la CPUE de pez espada en la interacción DN x PL x pa de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95%.

Predictor pa	DN="D"		DN="N"	
	PL="NC"		PL="NC"	
Promedio del ajuste	0.06167488	0.06702368	0.1277005	0.07230712
Promedio de datos observados	0.06153935	0.06747863	0.1276991	0.07230597
Categorías del predictor	C	L	C	L
Predictor pa	DN="D"		DN="N"	
	PL="CL"		PL="CL"	
Promedio del ajuste	0.09303118	0.1441223	0.3628836	1.605364
Promedio de datos observados	0.09228318	0.1440169	0.3628723	1.605346
Categorías del predictor	C	L	C	L

Tabla 24.- Promedios de la CPUE de pez espada por categoría en la interacción DN x PL x pa.

Rectificación del modelo.

$$GLMPZ.1.- \ln(PZ) = a + E + DN + PL + car + pa.D.NC + batpz + E:batpz + DN:PL + DN:PL:car + DN:PL:pa.D.NC + e$$

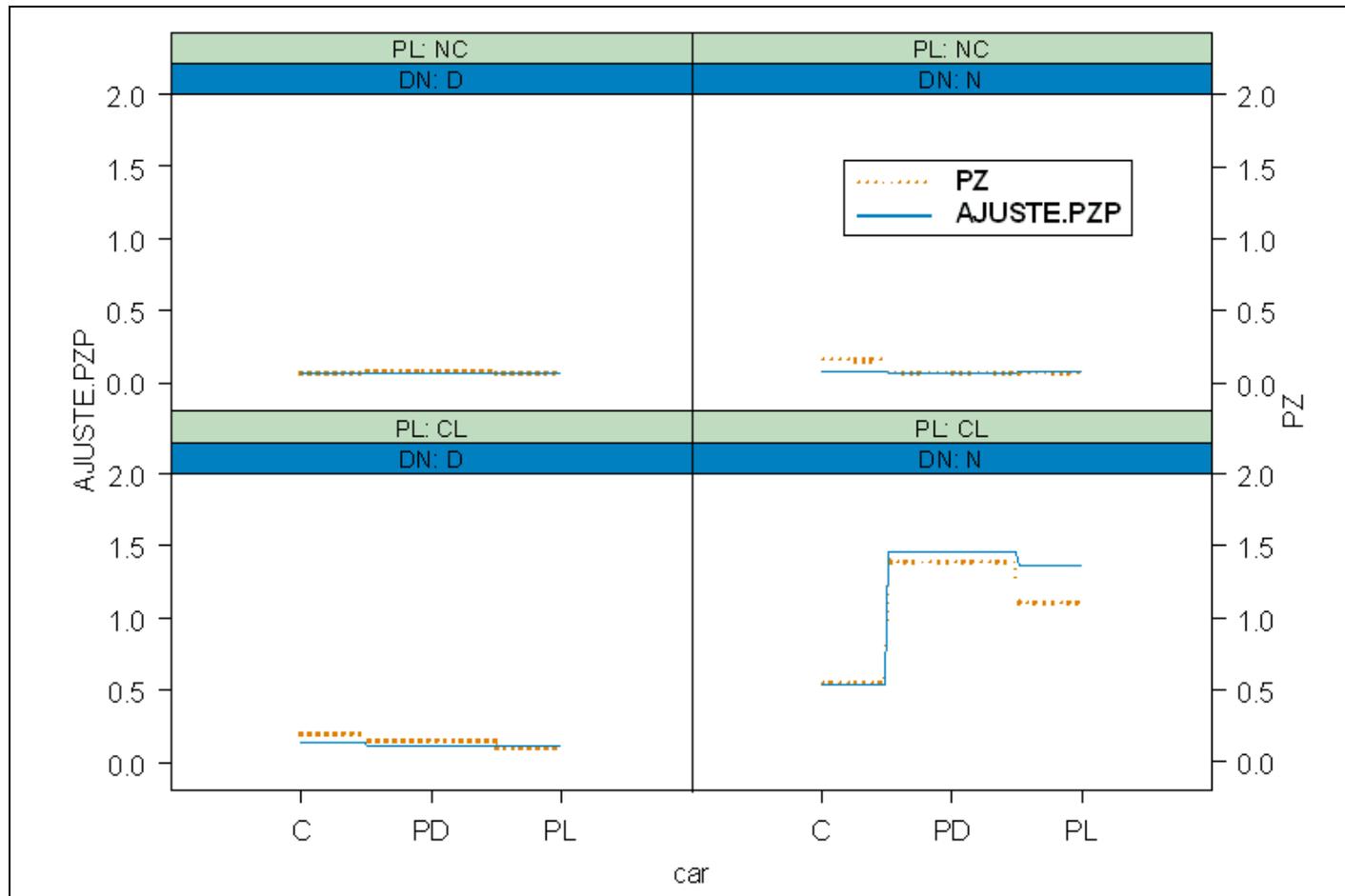
### 5.1.2.- Tipo de carnada

Caso	prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05es significativo
1	- DN:PL:car	542.573	-6	-14.410	9.050	8.14E-10	✓
2	-DN	540.420	-4	-12.257	11.547	2.70E-09	✓
3	-PL	530.716	-4	-2.553	2.405	0.04759958	✓
4	car vs. car2	536.631	-4	-8.468	7.977	2.17E-06	✓
5	car.d.nc.c	677.067	-172	-28.554	0.602	0.9999876	✗
6	car.n.cl.c	665.569	-2	-17.056	30.950	4.85E-14	✓
Caso	Explicación						
1	Prueba de eliminación de la interacción DN:PL:car en el modelo máximo de pez espada (la interacción afecta la variabilidad de las tasa de captura del pez espada).						
2	Prueba de eliminación del factor DN de la interacción DN:PL:car en el modelo máximo de pez espada (el factor DN afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez espada en la interacción).						
3	Prueba de eliminación del factor PL de la interacción DN:PL:car en el modelo máximo de pez espada (el factor PL afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez espada en la interacción).						
4	Prueba del factor car que incluye los tres tipos de carnada (pez vivo, pez muerto, cefalópodos), contra otro denominado car2 con dos niveles (agrupa al pez muerto con los cefalópodos y deja al pez vivo integro) resultando que es muy significativo el predictor car para el modelo máximo del pez espada y es conservado.						
5	Prueba a través del vector car.d.nc.c para el predictor car sobre los lances de día y los de noche con PL < al 50% en el modelo máximo de pez espada (el tipo de carnada no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante el día o durante la noche con un PL <al 50 %).						
6	Prueba a través del vector car.n.cl.c para el predictor car sobre los lances de noche y con PL ≥ al 50% en el modelo máximo de pez espada (el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante el día o durante la noche con un PL ≥ al 50 %).						

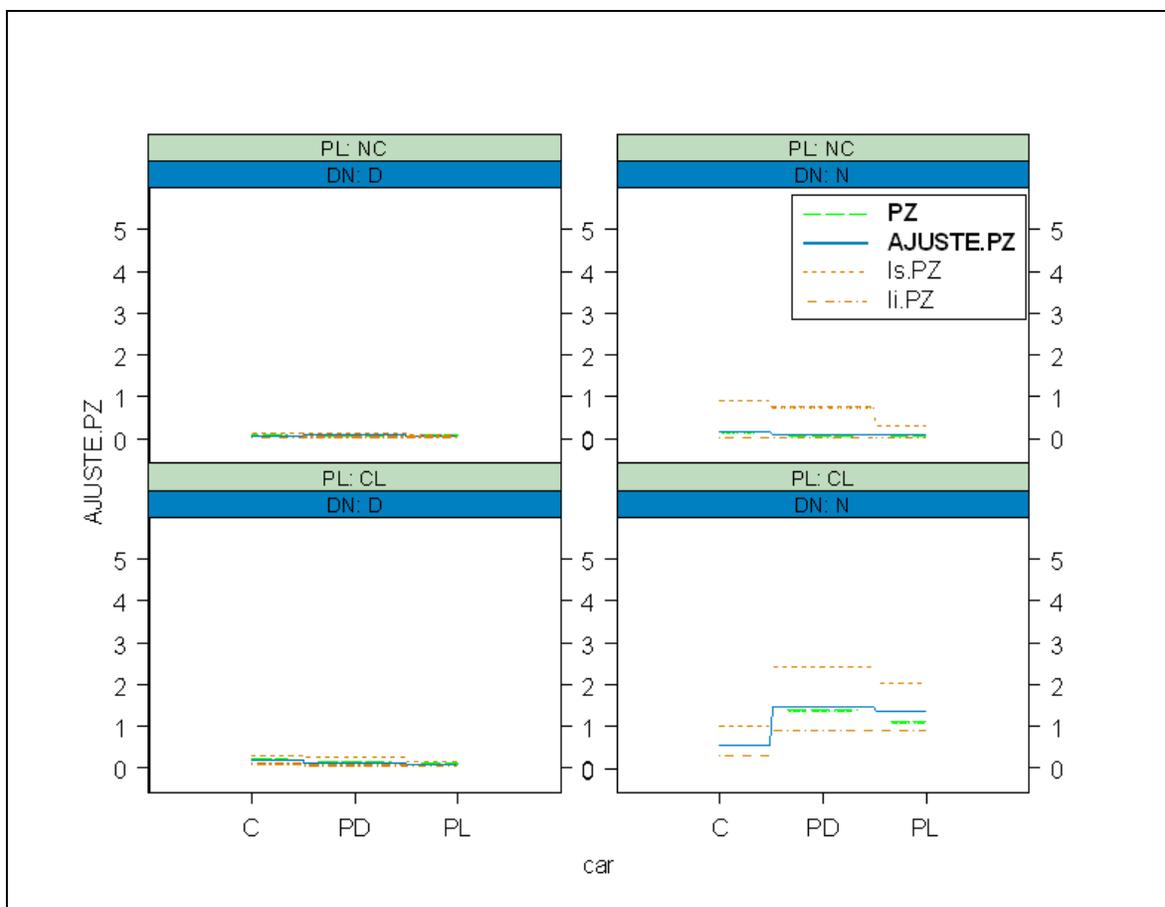
Tabla 25.- Prueba interacción DN x PL x car.

Rectificación del modelo.

$$\text{GLMPZ.2.- } \ln(\text{PZ}) = a + E + \text{DN} + \text{PL} + \text{car.d.nc.c} + \text{pa.D.NC} + \text{batpz} + E:\text{batpz} + \text{DN:PL} + \text{DN:PL:car.d.nc.c} + \text{DN:PL:pa.D.NC} + e$$



Grafica 32.- Respuesta de la CPUE de pez espada en la interacción DN x PL x car de datos observados y esperados.



Gráfica 33.- Respuesta de la CPUE de pez espada en la interacción DN x PL x car de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95%.

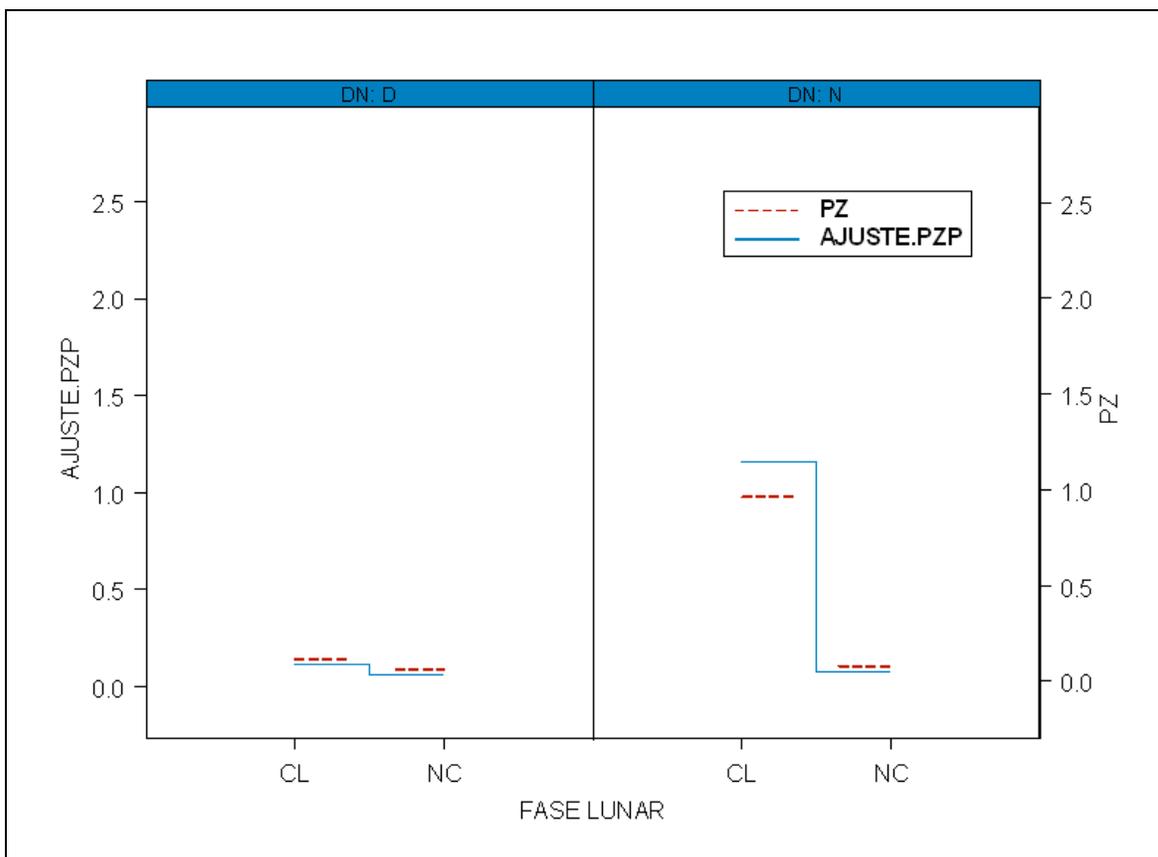
Predictor car	DN="D"			DN="N"		
	PL="NC"			PL="NC"		
Promedio del ajuste	0.06892485	0.1550294	0.1550294	0.1550294	0.08501122	0.09255298
Promedio de datos observados	0.06892413	0.1550285	0.1550285	0.1550285	0.06234022	0.07020007
Categorías del predictor	C	C	C	C	PD	PL
Predictor car	DN="D"			DN="N"		
	PL="CL"			PL="CL"		
Promedio del ajuste	0.1795046	0.5338756	0.5338756	0.5338756	1.461291	1.358253
Promedio de datos observados	0.19883	0.5446177	0.5446177	0.5446177	1.386661	1.105924
Categorías del predictor	C	C	C	C	PD	PL

Tabla 26.- Promedios de la CPUE del pez espada por categoría en la interacción DN x PL x car.

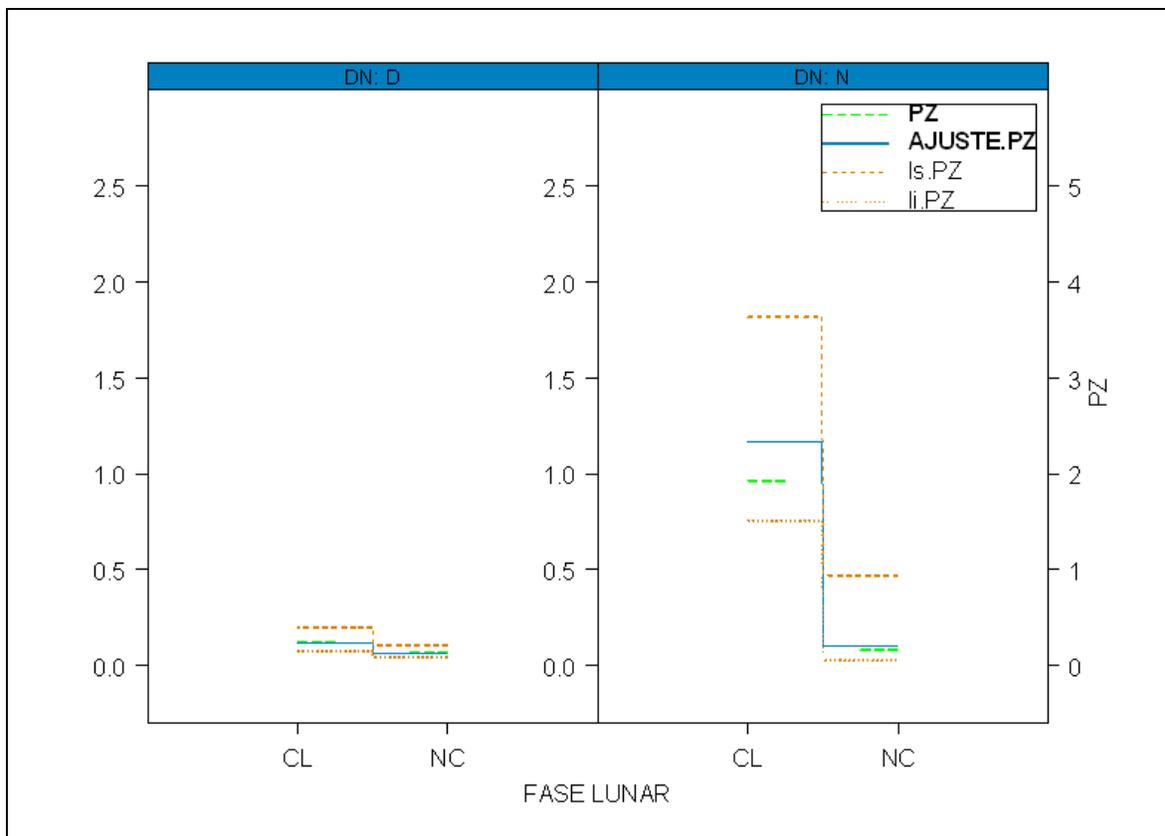
### 5.1.3.-Horario de lance (día / noche) y Porcentaje lunar

Caso	Prueba	Resid. Dev	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	-DN:PL	677.0675	6.82E-13	✓
Caso	Explicación			
1	La interacción DN:PL afecta la variabilidad de las tasa de captura del pez espada			

Tabla 27.- Prueba interacción DN x PL.



Gráfica 34.- Respuesta de la CPUE de pez espada en la interacción DN x PL de datos observados y esperados.



Gráfica 35.- Respuesta de la CPUE de pez espada en la interacción DN x PL de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95%.

Predictor DN x PL	DN="D"		DN="N"	
	PL="NC"	PL="CL"	PL="NC"	PL="CL"
Promedio del ajuste	0.06364581	0.1185077	0.1004052	1.161621
Promedio de datos observados	0.0641895	0.1176338	0.07821831	0.9622384

Tabla 28.- Promedios de la CPUE del pez espada por categoría en la interacción DN x PL.

### 5.1.4.-Batimetría por estación

Caso	prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05es significativo
1	- E:batpz	683.9566	-3	-6.889062	8.546156	1.18712E-05	✓
2	batpz.e1	681.4093	-1	-4.341794	16.15851	5.9523E-05	✓
3	batpz.e2	707.7699	-1	-30.7024	114.2627	0	✓
4	batpz.e3	677.3341	-1	-0.2665949	0.992165	0.3192848	✗
5	batpz.e4	682.4437	-1	-5.376173	20.00807	7.96E-06	✓
Caso	Explicación						
1	Prueba de eliminación de la interacción E:batpz en el modelo máximo de pez espada (la interacción afecta la variabilidad de las tasa de captura del pez espada).						
2	Prueba sobre la profundidad marina donde se realizo el lance en la estación 1 ( la profundidad marina afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez espada en la estación de invierno)						
3	Prueba sobre la profundidad marina donde se realizo el lance en la estación 2 ( la profundidad marina afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez espada en la estación de primavera)						
4	Prueba sobre la profundidad marina donde se realizo el lance en la estación 3 ( la profundidad marina no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez espada en la estación de verano)						
5	Prueba sobre la profundidad marina donde se realizo el lance en la estación 4 ( la profundidad marina afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez espada en la estación de otoño)						

Tabla 29.- Prueba interacción E x batpz.

#### Rectificación del modelo

$$\text{GLMPZ.3.- } \ln(\text{PZ}) = a + E + \text{DN} + \text{PL} + \text{car.d.nc.c} + \text{pa.D.NC} + \text{batpz.e3} + E: \text{batpz.e3} + \text{DN:PL} + \text{DN:PL:car.d.nc.c} + \text{DN:PL:pa.D.NC} + e$$

### Prueba de colapso en estaciones

Caso	prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05es significativo
1	batpz.e34	683.9566	-3	-6.889062	8.546156	1.18712E-05	✓
2	E12	681.4093	-1	-4.341794	16.15851	5.9523E-05	✓
3	E13	707.7699	-1	-30.7024	114.2627	0	✓
4	E14	677.3341	-1	-0.2665949	0.992165	0.3192848	✗
5	E23	682.4437	-1	-5.376173	20.00807	7.96E-06	✓
6	E14.BATp	677.4832	-1	-0.03527959	0.1305632	0.7178713	✗
Caso	Explicación						
1	El vector batpz.e34 prueba que no se pueden juntar los lances de la estación 3 con los de la 4						
2	El vector E12 prueba que no se pueden juntar los lances de la estación 1 con los de la 2						
3	El vector E13 prueba que no se pueden juntar los lances de la estación 1 con los de la 3						
4	El vector E14 prueba que se pueden juntar los lances de la estación 1 con los de la 4 en una solo estación						
5	El vector E23 prueba que no se pueden juntar los lances de la estación 2 con los de la 3						
6	El vector E14.BATp prueba que se pueden juntar los lances someros y profundos de la estación 1 con los de la estación 4.						

Tabla 30.- Prueba de colapso de estaciones en la interacción E x batpz.e3.

#### Rectificación del modelo

GLMPZ.4.-  $\ln(PZ) = a + E14 + DN + PL + \text{car.d.nc.c} + \text{pa.D.NC} + \text{batpz.e3} + E14.BATp:\text{batpz.e3} + DN:PL + DN:PL:\text{car.d.nc.c} + DN:PL:\text{pa.D.NC} + e$

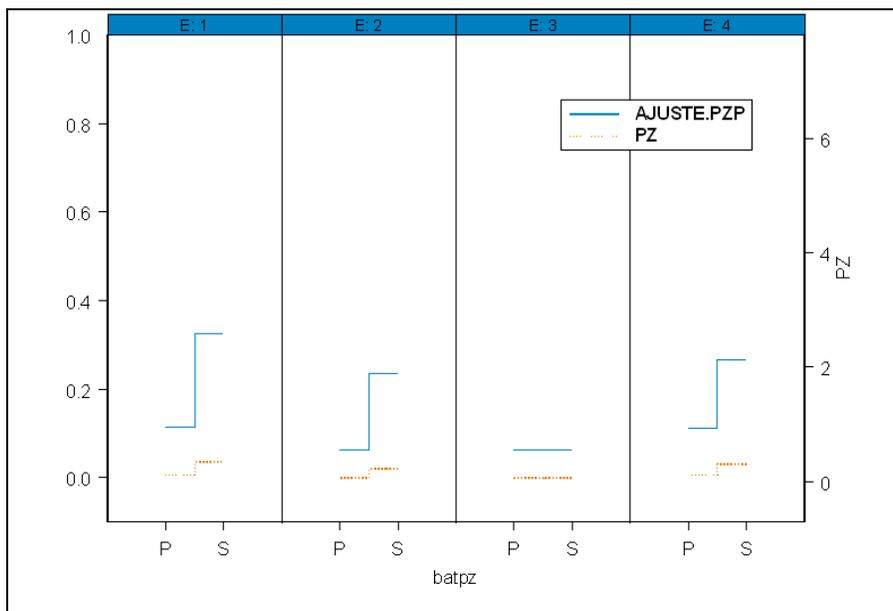
#### Prueba en niveles de batimetría sobre los colapsos de estaciones

Caso	prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05es significativo
1	bat4p	686.7245	-1	-9.241341	34.24001	5.33E-09	✓
2	e23p	6.91E+02	-1	-13.27444	49.18301	2.80E-12	✓
3	E24	678.4424	-1	-0.959186	3.553872	5.95E-02	✗
Caso	Explicación						
1	El vector bat4p prueba que los niveles del predictor de profundidad oceánica no pueden ser colapsados en las estaciones de otoño e invierno.						
2	El vector e23p prueba que no se pueden colapsar los lances someros de la estación de primavera con los de verano.						
3	El vector E24 prueba se pueden colapsar los lances profundos de la estación de primavera con los otoño-invierno						

Tabla 31.- Prueba interacción E x batpz.

#### Rectificación del modelo

GLMPZ.5.-  $\ln(PZ) = a + E24p + DN + PL + \text{car.d.nc.c} + \text{pa.D.NC} + \text{batpz.e3} + E24p:\text{batpz.e3} + DN:PL + DN:PL:\text{car.d.nc.c} + DN:PL:\text{pa.D.NC} + e$

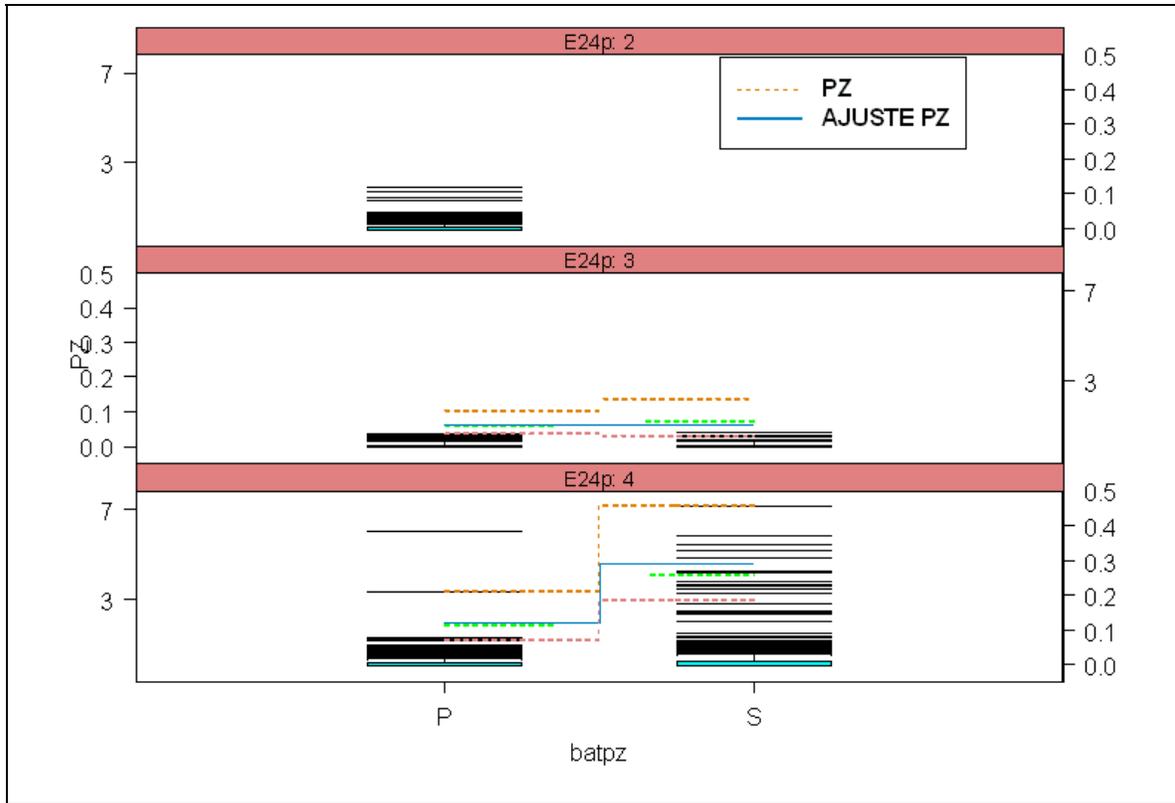


Gráfica 36.- Respuesta de la CPUE de pez espada en la interacción E x batpz de datos observados y esperados<sup>8</sup>.

Predictor batpz	E=1		E=2 ”		E=3		E=4	
Promedio del ajuste	0.1131558	0.3936506	0.06243354	0.242907	0.06188174	0.06410127	0.1316277	0.3698351
Promedio de datos observados	0.1138486	0.3380445	0.06203906	0.2208378	0.06126349	0.07184667	0.1127598	0.3053101
Categorías del predictor	P	S	P	S	P	S	P	S

Tabla 32.- Promedios de la CPUE del pez espada por categoría en la interacción E x batpz.

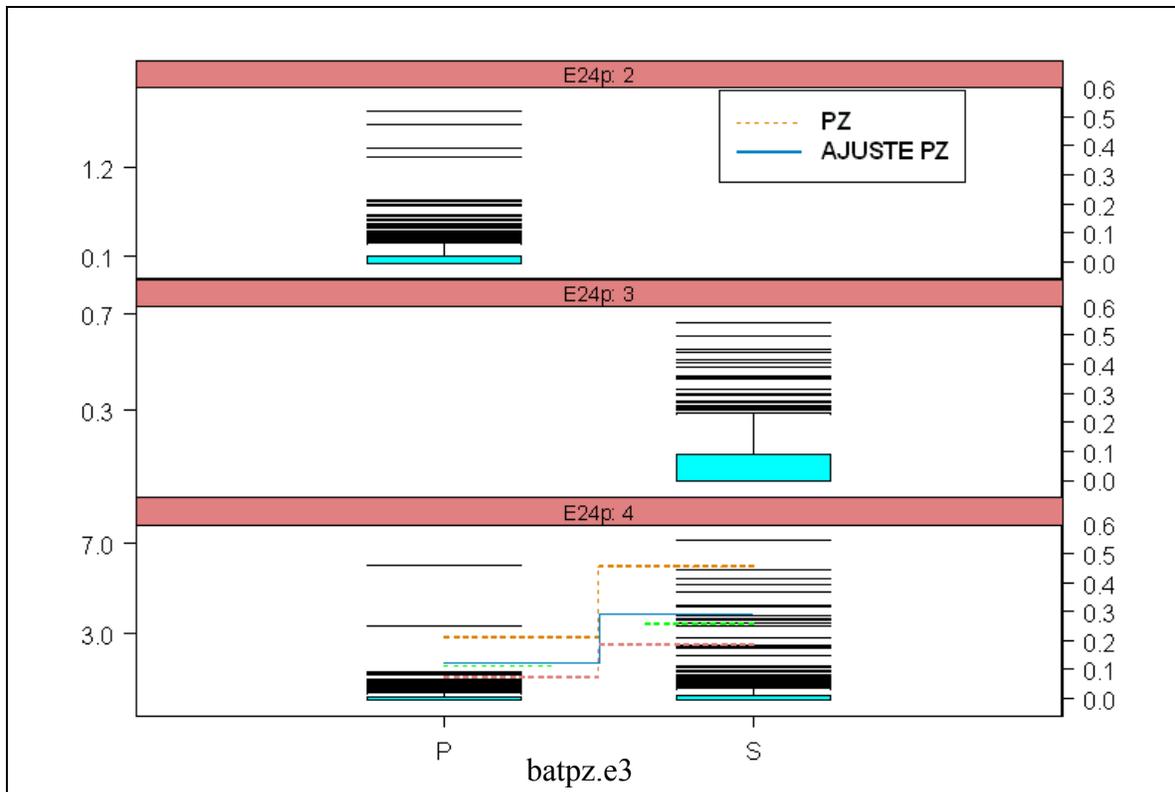
<sup>8</sup> Nótese que la escala del promedio del ajuste es menor (eje izquierdo Y), con el fin de evidenciar la diferencia ya que se sobrelapan las graficas.



Grafica 37.- Respuesta de la CPUE de pez espada en la interacción E24p x batpz de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95%.

Predictor batpz	E14=2	E14=3		E14=4	
Promedio del ajuste	0.06243354	0.06188174	0.06410127	0.1211431	0.2893364
Promedio de datos observados	0.06203906	0.06126349	0.07184667	0.1133534	0.2562826
Categorías del predictor	P	P	S	P	S

Tabla 33.- Promedios de la CPUE del pez espada por categoría en la interacción E14 x batpz.



Gráfica 38.- Respuesta de la CPUE de pez espada en la interacción E24p x batpz.e3 de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95%.

Predictor batpz	E14=2	E14=3	E14=4	
Promedio del ajuste	0.06243354	0.06239791	0.1211431	0.2893364
Promedio de datos observados	0.06203906	0.0637621	0.1133534	0.2562826
Categorías del predictor	P	S	P	S

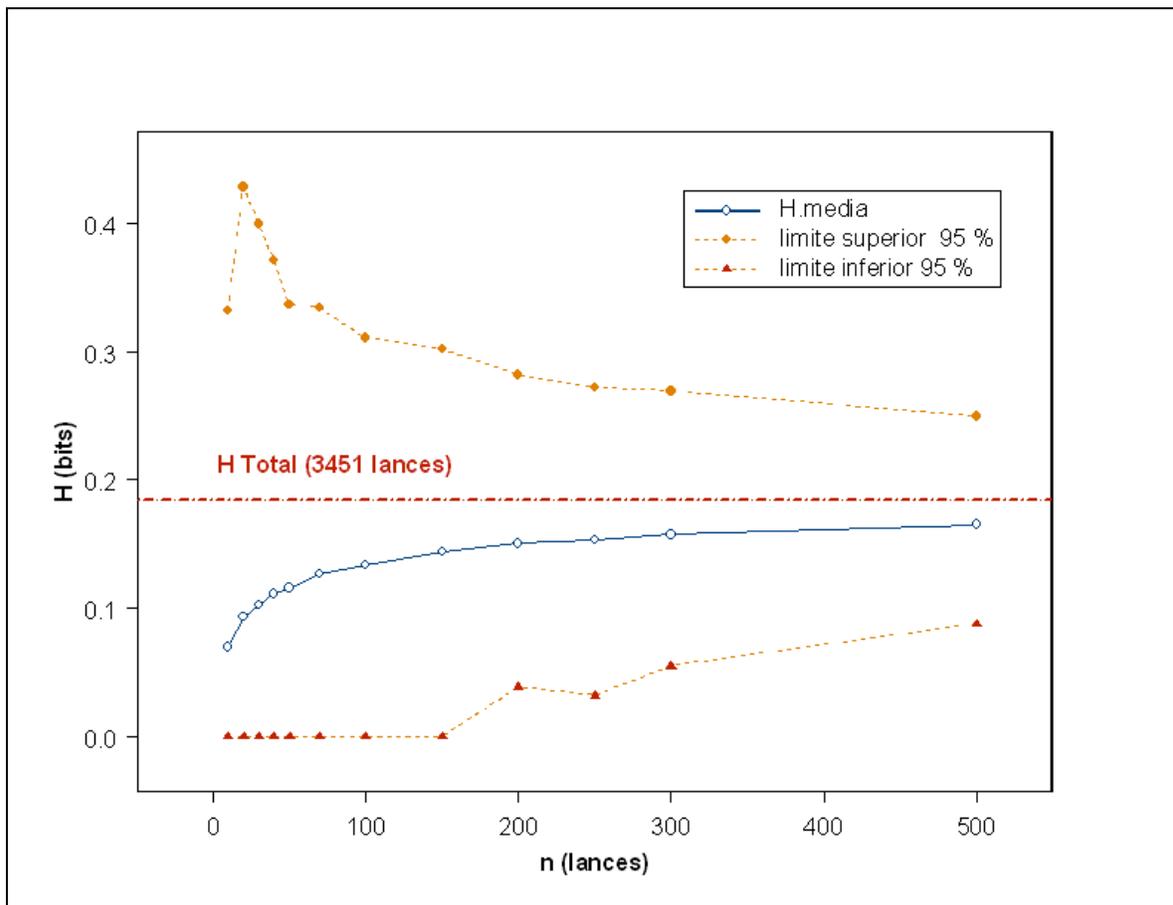
Tabla 34.- Promedios de la CPUE del pez espada por categoría en la interacción E14 x batpz.e3.

### 5.1.5.-Modelo final del Pez Espada

$$\ln(\text{PZ}) = a + E24p + DN + PL + \text{car.d.nc.c} + \text{pa.D.NC} + \text{batpz.e3} + E24p \times \text{batpz.e3} + DN \times PL + DN \times PL \times \text{car.d.nc.c} + DN \times PL \times \text{pa.D.NC} + e$$

La  $r^2$  que presenta el modelo final del pez espada es de 0.4190184

### 5.1.6.-Tamaño de muestra



Gráfica 39.- Tamaño de muestra del pez espada.

### 5.1.7.-Mapas de lances por estación en el Golfo de México

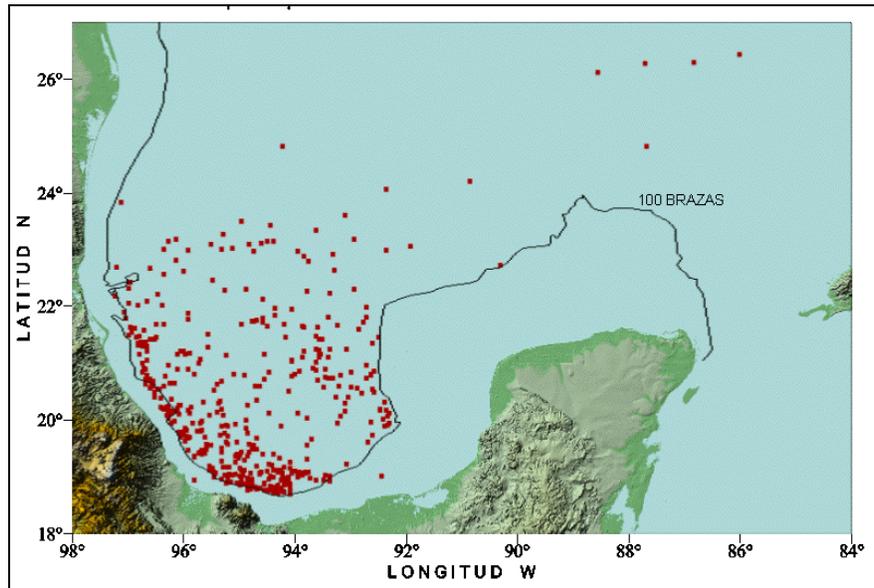


Fig. 31.- Lances realizados durante la estación de primavera.

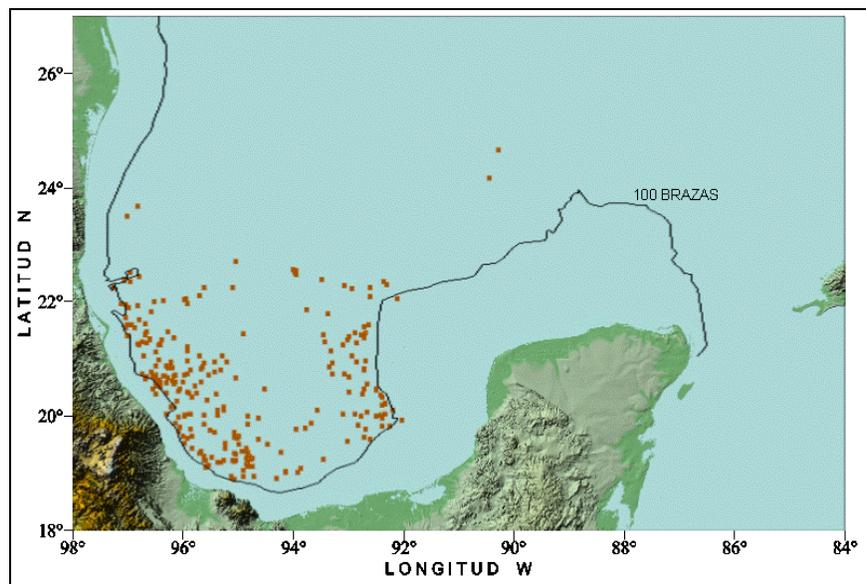


Fig. 32.- Lances realizados durante la estación de verano.

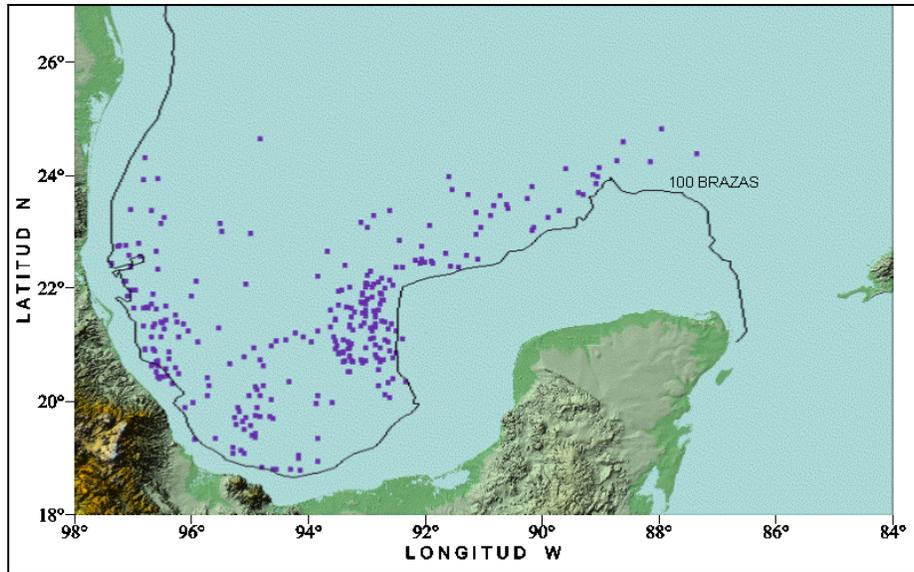


Fig. 33.- Lances realizados durante la estación de otoño.

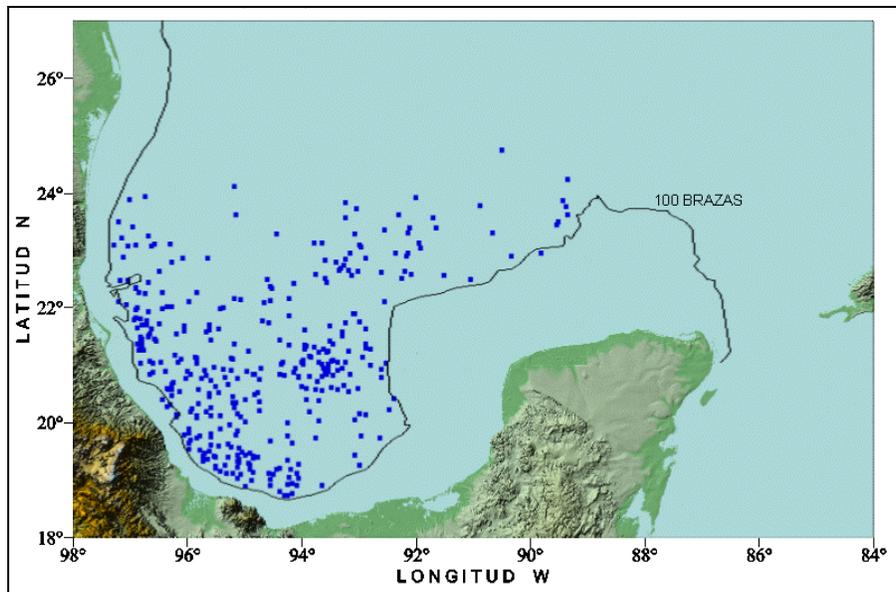


Figura. 34.- Lances realizados durante la estación de invierno.

5.1.8.- Mapas de lances por estación donde hubo captura de pez espada en el Golfo de México

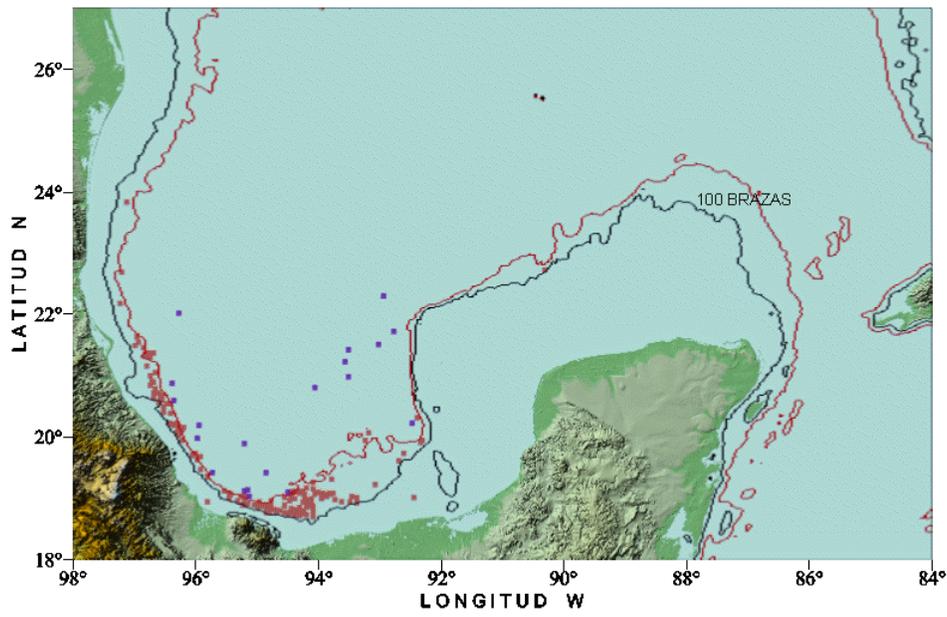


Figura. 35.- Lances con captura de pez espada realizados durante la estación de primavera con isobatas de 100 y 180 brazas.

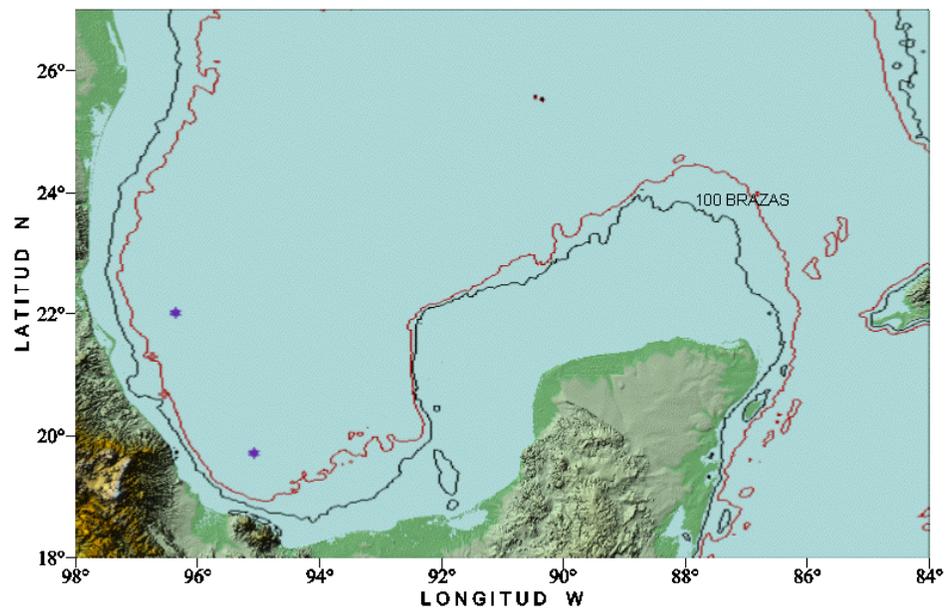


Figura. 36.- Lances con captura de pez espada realizados durante la estación de verano con isobatas de 100 y 180 brazas.

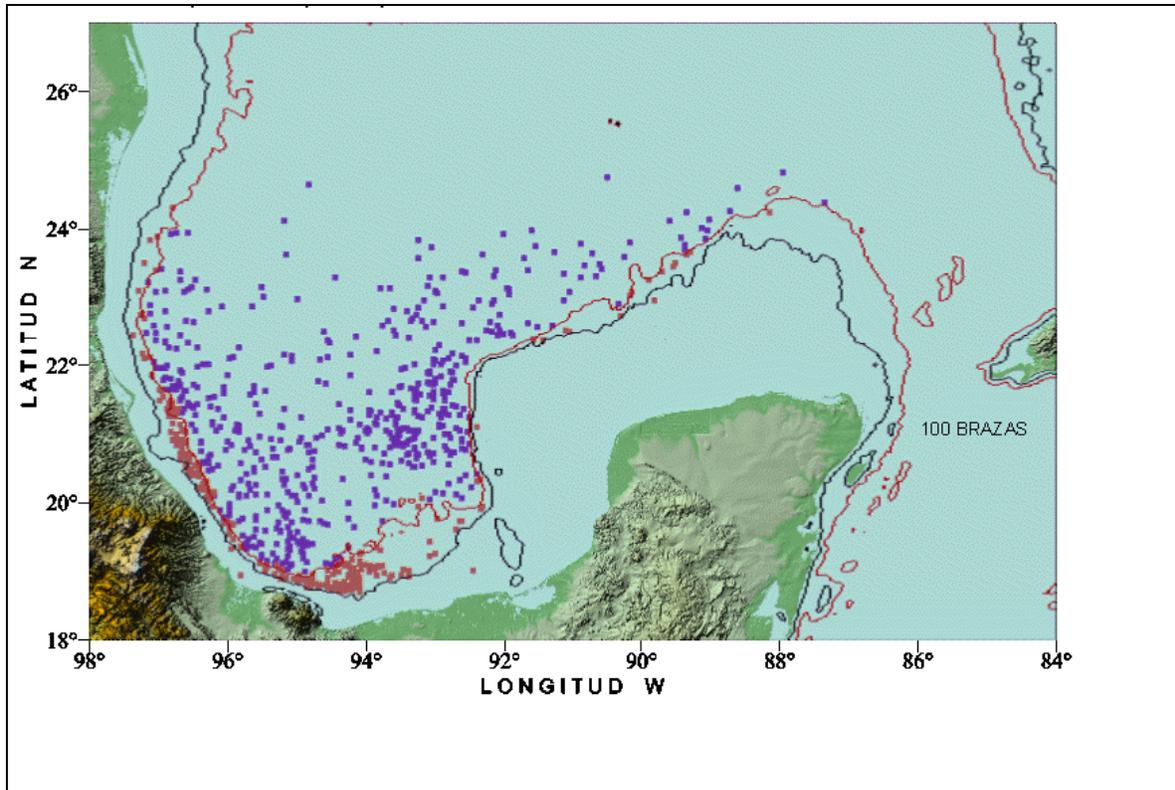


Figura. 37.- Lances con captura de pez espada realizados durante las estaciones otoño e invierno con isobatas de 100 y 180 brazas.

## 5.2.-RESULTADOS DEL MODELO DEL PEZ VELA

Modelo máximo de Pez Vela

$$\text{GLMVL} \cdot \ln(\text{VL}) = a + E + Z + \text{bat} + \text{car}^2 + \text{pa} + \text{temp} + E \times Z \times \text{temp} + E \times Z \times \text{bat} + E \times Z \times \text{pa} + E \times Z \times \text{car}^2 + E \times Z \times \text{HV} + e$$

### 5.2.1.- Horario de lance

Caso	Prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	- E:Z:HV	2550	11	6.82937	1.20193	2798038	x
2	-Z	2558	-8	-5.4341	1.31501	0.23099	x
3	-E	2559	-9	-4.3348	0.93244	0.4954	x
Caso	Explicación						
1	Prueba de eliminación de la interacción E:Z:HV en el modelo máximo de Pez Vela (la interacción no afecta la variabilidad de las tasa de captura del pez vela).						
2	Prueba de eliminación del factor Z de la interacción E:Z:HV en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor Z no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						
3	Prueba de eliminación del factor E de la interacción E:Z:HV en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor E no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						

Tabla.-35. Prueba de la interacción E x Z x HV

Caso	Estación	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	1	0.611807	x
2	4	0.26673	x
3	14	0.44983	x
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de invierno para el pez vela (el horario de lance no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante invierno).		
2	Se analiza a través de un vector si el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de otoño para el pez vela (el horario de lance no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante el otoño)		
3	Se analiza a través de un vector si el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante las estaciones de otoño-invierno para el pez vela (el horario de lance no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante las estaciones de otoño-invierno)		

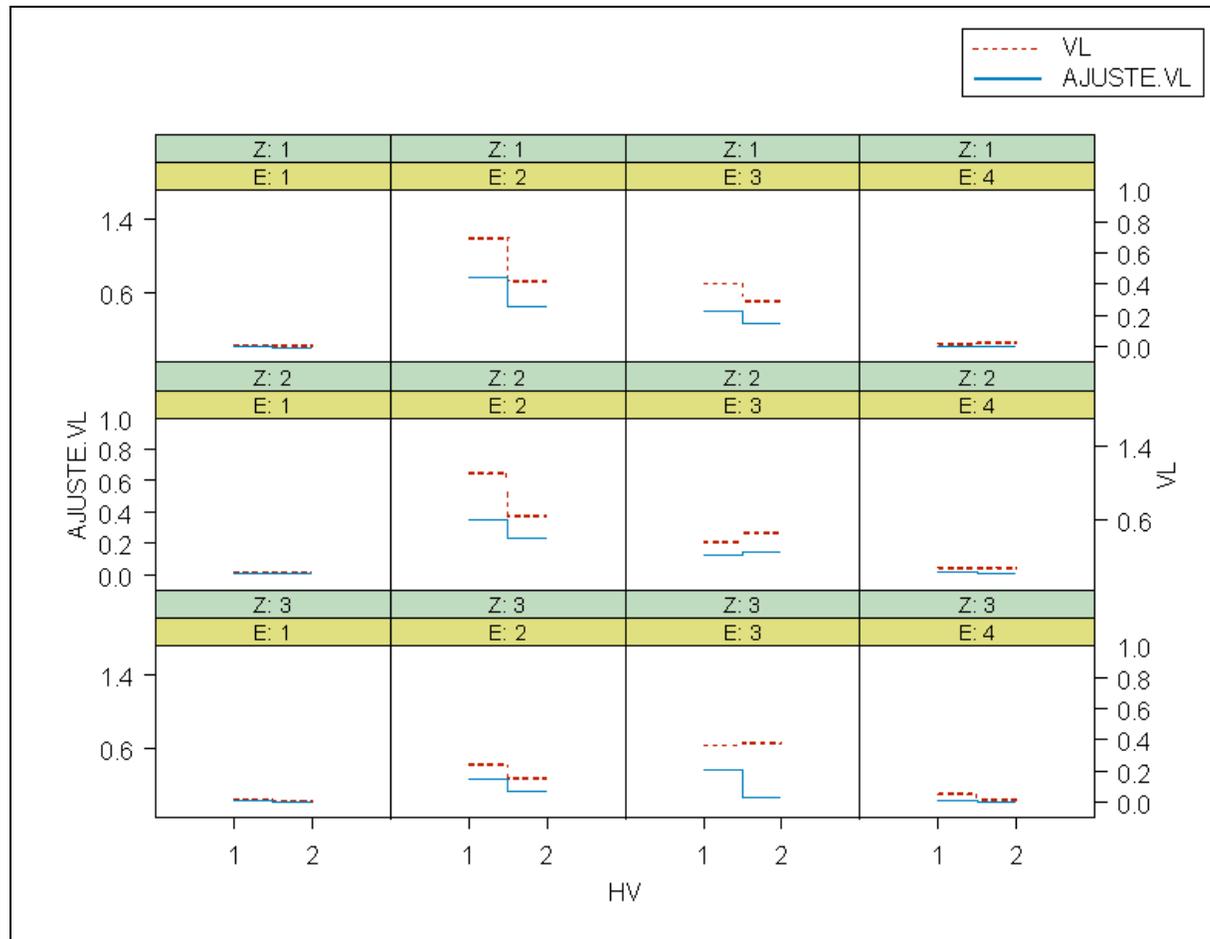
Tabla.-36. Prueba del predictor HV en la interacción E x Z x HV durante las estaciones 1 y 4.

Caso	zonas	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	2.55E-15	✓
2	z2	0.047336	✓
3	z3	0.044236	✓
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 1 para el pez vela (el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 2 para el pez vela (el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 3 para el pez vela (el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 3)		

Tabla.-37 Prueba del predictor HV en la interacción E x Z x HV durante la estación 2 por zonas

Caso	zonas	Estación 3	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	0.00333	✓
2	z2	0.38307	✗
3	z3	0.21857	✗
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 1 para el pez vela (el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 2 para el pez vela (el horario de lance no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si el horario de lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 3 para el pez vela (el horario de lance no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 3)		

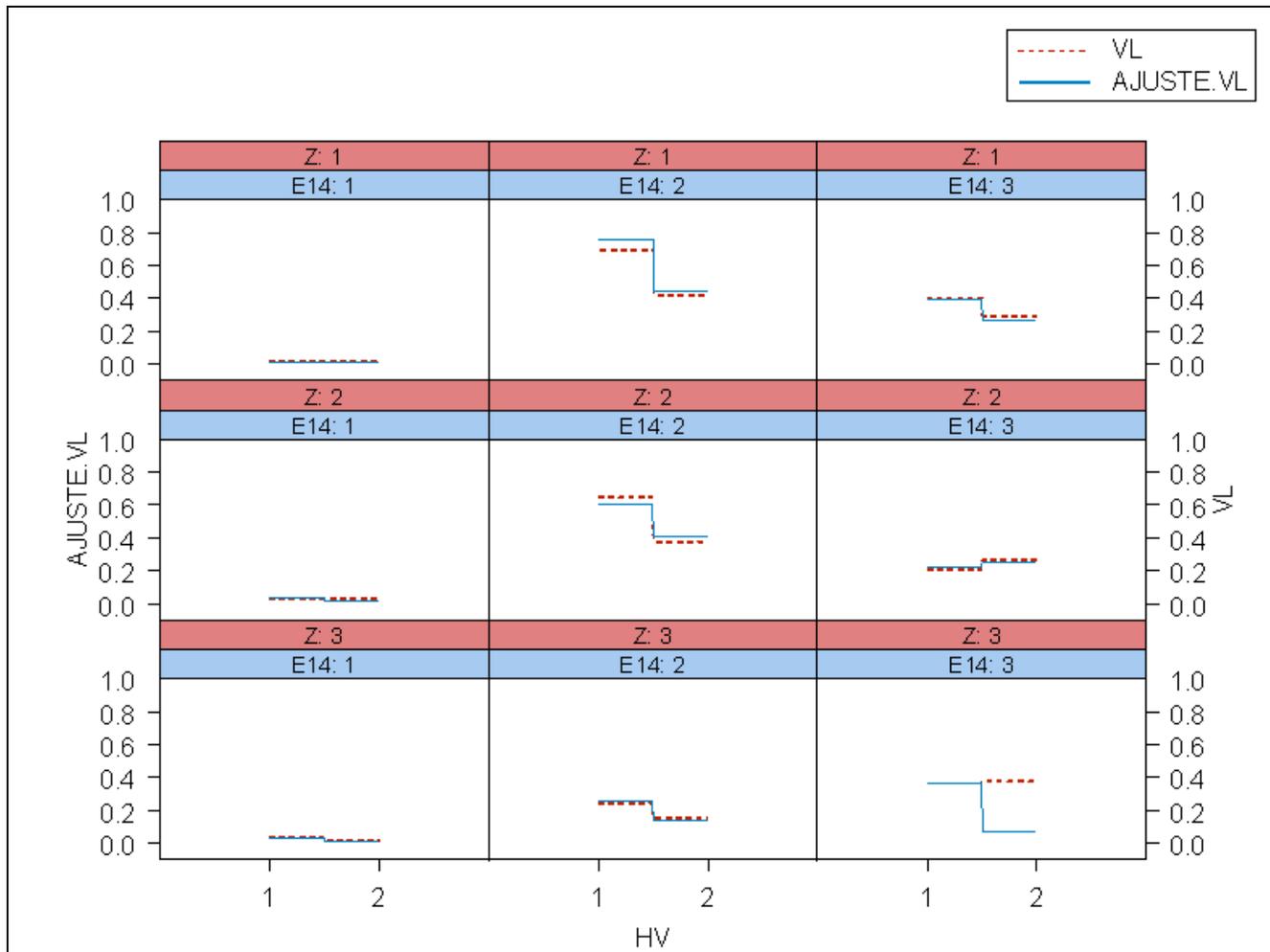
Tabla.-38. Prueba del predictor HV en la interacción E x Z x HV durante las estación 3 por zonas.



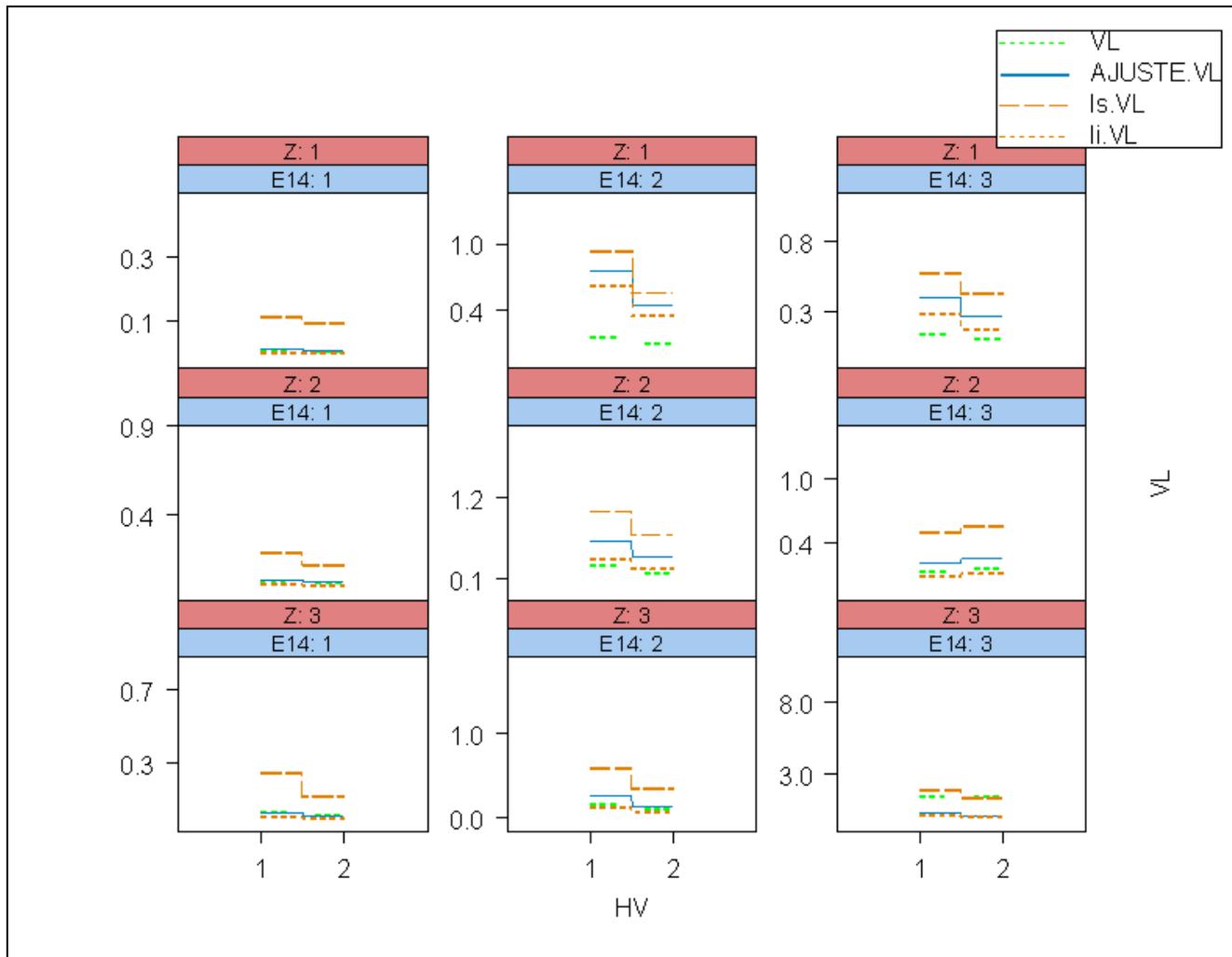
Grafica 40.- Respuesta por estación de la CPUE de pez vela en la interacción E x Z x HV de datos observados y esperados.

HV		E1			E2			E3			E4		
Ajuste	Niveles	Z1	Z2	Z3									
	1		0.0082	0.0297	0.0268	0.7567	0.6079	0.2609	0.3959	0.2222	0.3626	0.0208	0.0359
2		0.0065	0.0180	0.0099	0.4392	0.4063	0.1386	0.2686	0.2531	0.0678	0.0198	0.0157	0.0152
Observados	1	0.0093	0.0140	0.0169	0.6948	0.6490	0.2446	0.4033	0.2117	0.3651	0.0156	0.0410	0.0507
	2	0.0081	0.0121	0.0084	0.4199	0.3770	0.1546	0.2943	0.2629	0.3796	0.0248	0.0396	0.0161

Tabla 39.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E x Z x HV.



Grafica 41.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x HV de datos observados y esperados donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas.



Grafica 42.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x HV de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95% donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas.

HV		E14=1			E14=2			E14=3		
Ajuste	Niveles	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
	1	0.014	0.033	0.031	0.757	0.608	0.261	0.396	0.222	0.363
	2	0.010	0.018	0.012	0.439	0.406	0.139	0.269	0.253	0.068
Observado	1	0.012	0.030	0.033	0.695	0.649	0.245	0.403	0.212	0.365
	2	0.014	0.012	0.012	0.420	0.377	0.155	0.294	0.263	0.380

Tabla 40.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E14 x Z x HV.

### 5.2.2.- Tipo de carnada

Caso	Prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	- E:Z:car2	2561	-11	-19.546	3.43999	9.0385E-05	✓
2	-car2	2561	-11	-19.546	3.43999	9.0385E-05	✓
3	-Z	2558	-8	-15.922	3.8529	0.00016054	✓
4	-E	2559	-9	-6.7826	1.45897	0.1574728	✗
Caso	Explicación						
1	Prueba de eliminación de la interacción E:Z:car2 en el modelo máximo de Pez Vela (la interacción afecta la variabilidad de las tasa de captura del pez vela).						
2	Prueba de eliminación del factor car2 de la interacción E:Z:car2 en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor car2 afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						
3	Prueba de eliminación del factor Z de la interacción E:Z:car2 en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor Z afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						
4	Prueba de eliminación del factor E de la interacción E:Z:car2 en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor E no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						

Tabla.-41. Prueba de la interacción E x Z x car2

Prueba de estación 1 y 4

Caso	Estación	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	1	0.21359	✗
2	4	0.99561	✗
3	14	0.98012	✗
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de invierno para el pez vela (el Tipo de carnada no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante invierno).		
2	Se analiza a través de un vector si el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de otoño para el pez vela (el tipo de carnada no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante el otoño)		
3	Se analiza a través de un vector si el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura durante las estaciones de otoño-invierno para el pez vela (el tipo de carnada no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante las estaciones de otoño-invierno)		

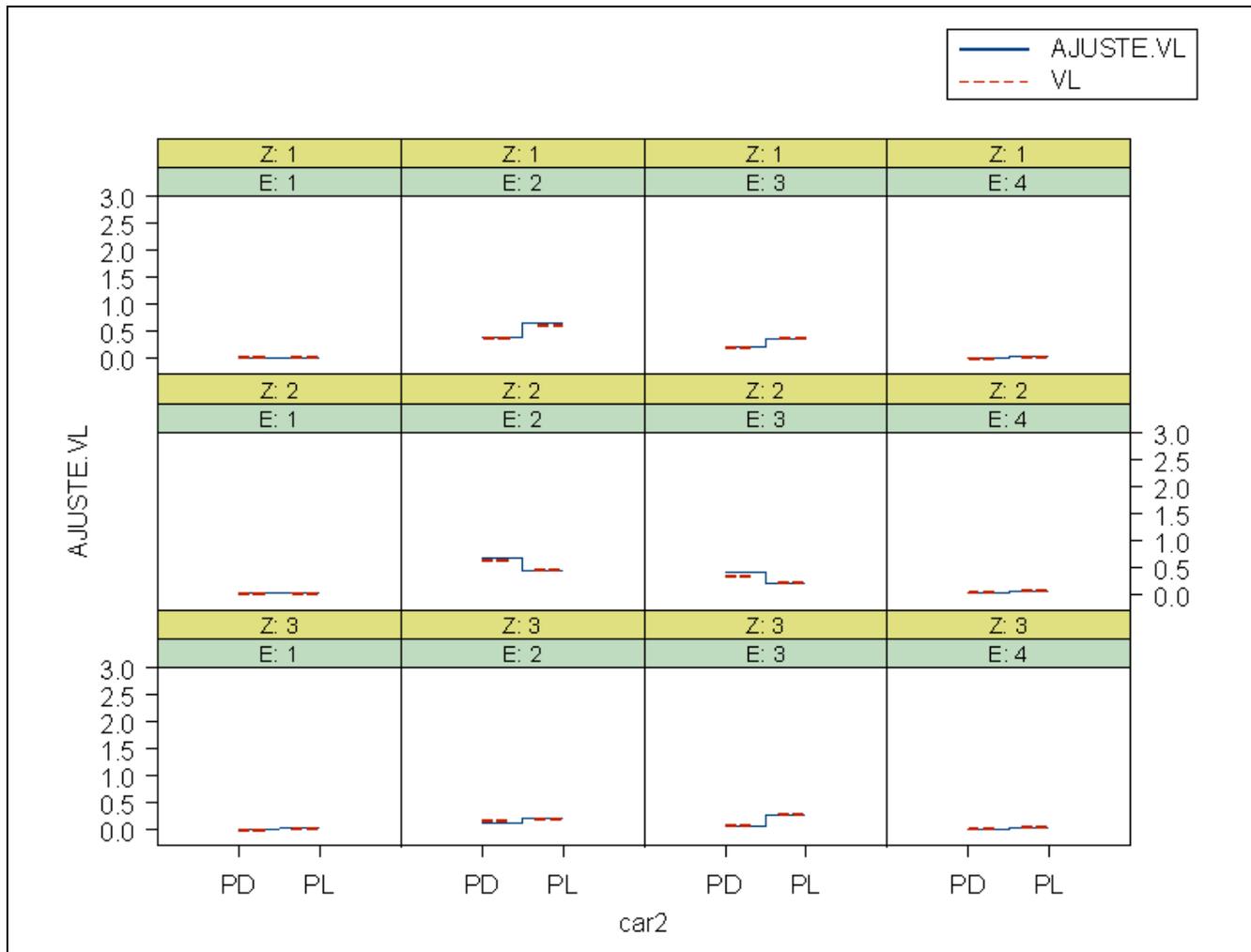
Tabla.-42. Prueba de la interacción E x Z x car2 durante las estaciones 1 y 4.

Caso	zonas	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	0.00526	✓
2	z2	0.00245	✓
3	z3	0.6733996	✗
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 1 para el pez vela (el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 2 para el pez vela (el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 3 para el pez vela (el tipo de carnada no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 3)		

Tabla.-43 Prueba del predictor car2 en la interacción E x Z x car2 durante la estación 2 por zonas

Caso	zonas	Estación 3	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	0.26435	✗
2	z2	0.00992	✓
3	z3	0.9381597	✗
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 1 para el pez vela (el tipo de carnada no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 2 para el pez vela (tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si el tipo de carnada afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 3 para el pez vela (el tipo de carnada no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 3)		

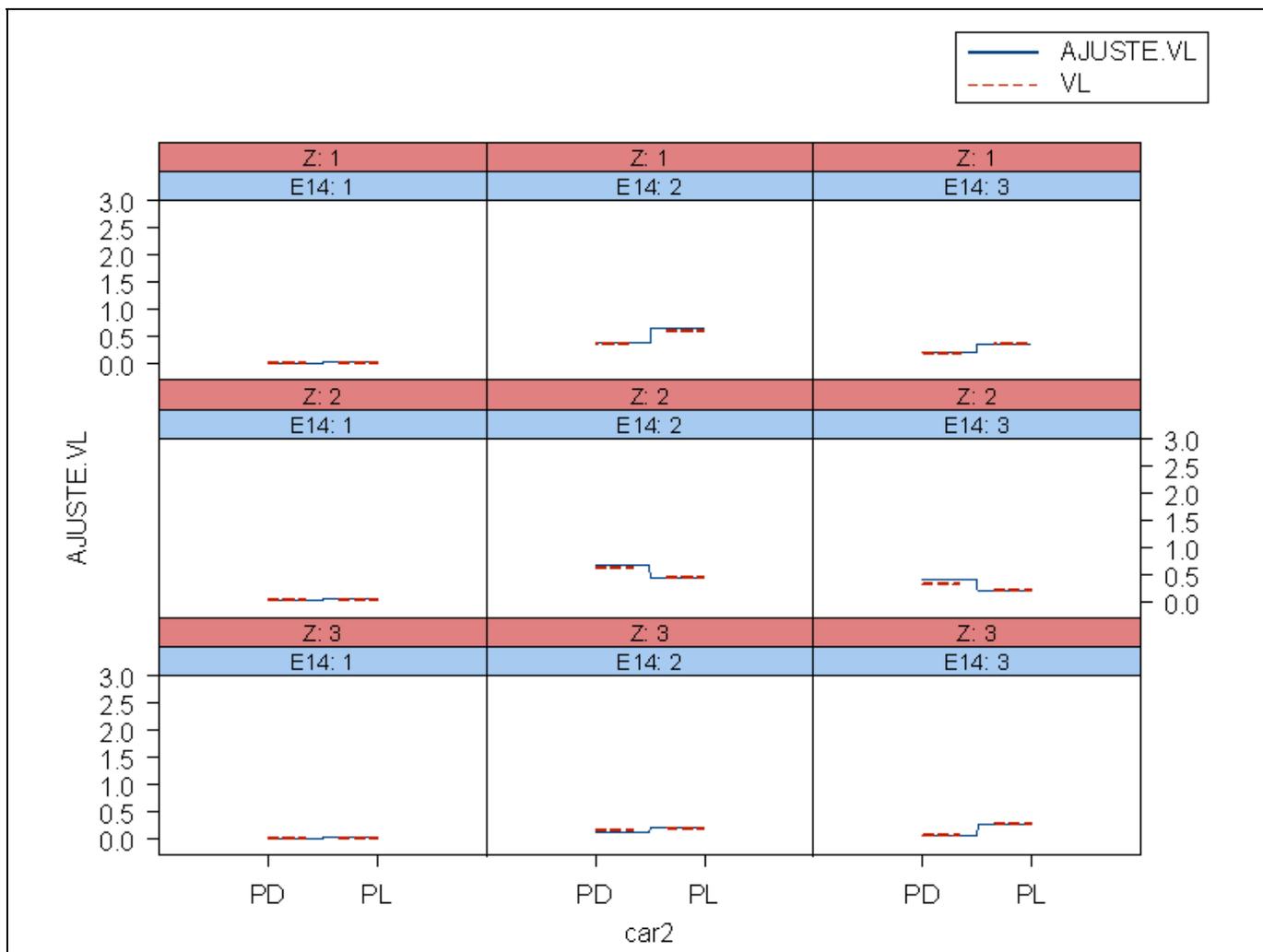
Tabla.-44 Prueba del predictor car2 en la interacción E x Z x car2 durante la estación 3 por zonas



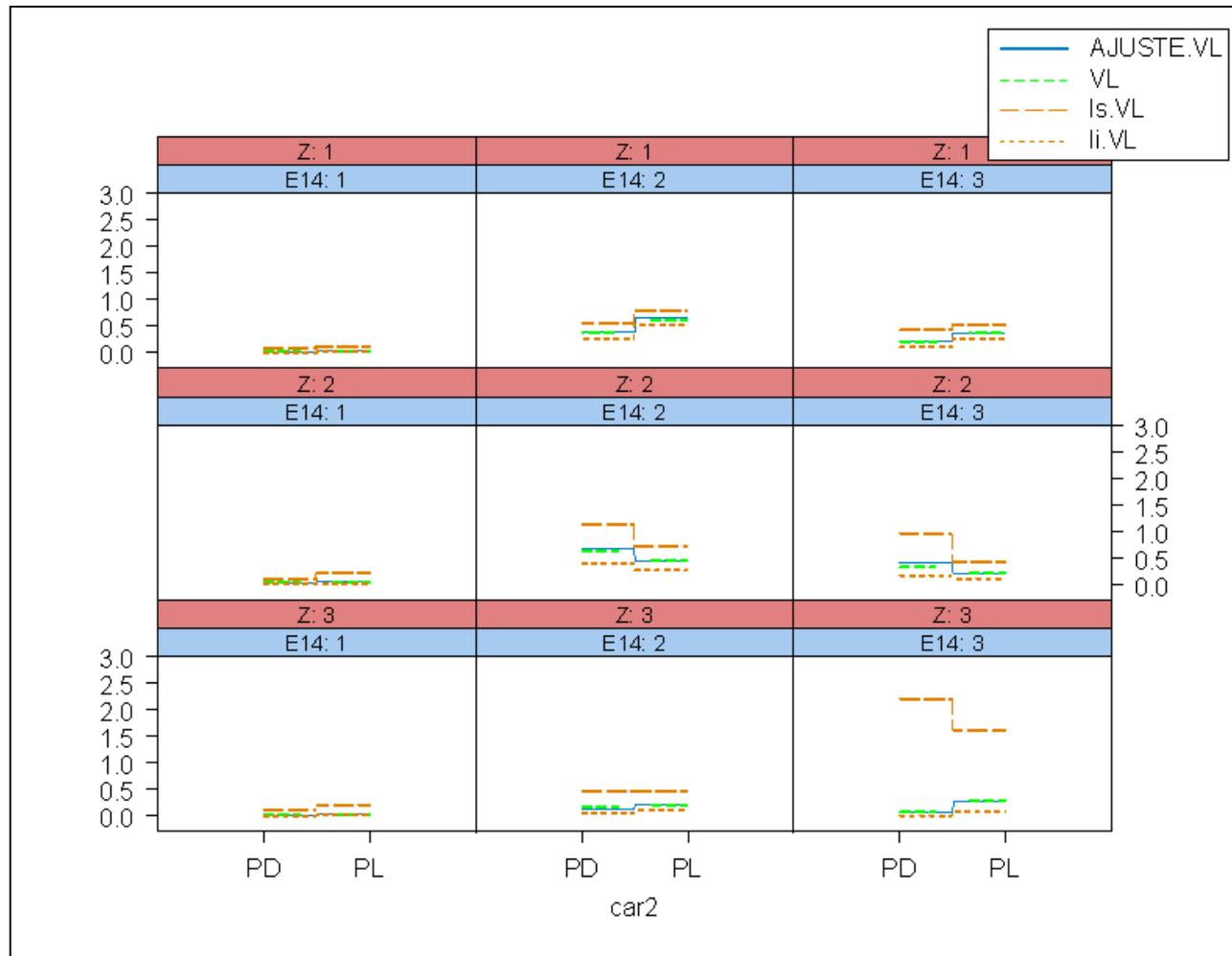
Grafica 43.- Respuesta por estación de la CPUE de pez vela en la interacción E x Z x car2 de datos observados y esperados.

car2		E1			E2			E3			E4		
	Niveles	Z1	Z2	Z3									
Ajuste	PL	0.011	0.030	0.026	0.637	0.422	0.204	0.364	0.192	0.278	0.021	0.043	0.034
	PD	0.002	0.010	0.004	0.375	0.658	0.128	0.195	0.392	0.076	0.004	0.012	0.004
Observados	PL	0.008	0.010	0.016	0.599	0.448	0.196	0.374	0.210	0.294	0.020	0.061	0.038
	PD	0.002	0.004	0.000	0.366	0.629	0.177	0.195	0.317	0.076	0.000	0.023	0.009

Tabla 45.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E x Z x car2.



Grafica 44.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x car2 de datos observados y esperados donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas.



Grafica 45.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x car2 de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95% donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas.

car2		E14=1			E14=2			E14=3		
Ajuste	Niveles	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
	PL	0.016	0.036	0.030	0.637	0.422	0.204	0.364	0.192	0.278
	PD	0.002	0.010	0.004	0.375	0.658	0.128	0.195	0.392	0.076
Observados	PL	0.014	0.034	0.027	0.599	0.448	0.196	0.374	0.210	0.294
	PD	0.002	0.004	0.004	0.366	0.629	0.177	0.195	0.317	0.076

Tabla 46.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E14 x Z x car2.

### 5.2.3.-Profundidad de anzuelo

Caso	Prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	- E:Z:pa	2561	-11	-9.1739	1.61455	0.08807	x
2	-pa	2561	-11	-9.1739	1.61455	0.08807	x
3	-E	2559	-9	-7.9752	1.7155	0.08017	x
4	-Z	2558	-8	-6.7456	1.63238	0.11045	x
Caso	Explicación						
1	Prueba de eliminación de la interacción E:Z:pa en el modelo máximo de Pez Vela (la interacción no afecta la variabilidad de las tasa de captura del pez vela).						
2	Prueba de eliminación del factor pa de la interacción E:Z:pa en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor pa no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						
3	Prueba de eliminación del factor E de la interacción E:Z:pa en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor E no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						
4	Prueba de eliminación del factor Z de la interacción E:Z:pa en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor Z no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						

Tabla.-47. Prueba de la interacción E x Z x pa

Prueba de estación 1 y 4

Caso	Estación	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	1	1	x
2	4	1	x
3	14	1	x
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de invierno para el pez vela (la profundidad de anzuelo no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante invierno).		
2	Se analiza a través de un vector si la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de otoño para el pez vela (la profundidad de anzuelo no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante el otoño)		
3	Se analiza a través de un vector si la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura durante las estaciones de otoño-invierno para el pez vela (la profundidad de anzuelo no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante las estaciones de otoño-invierno)		

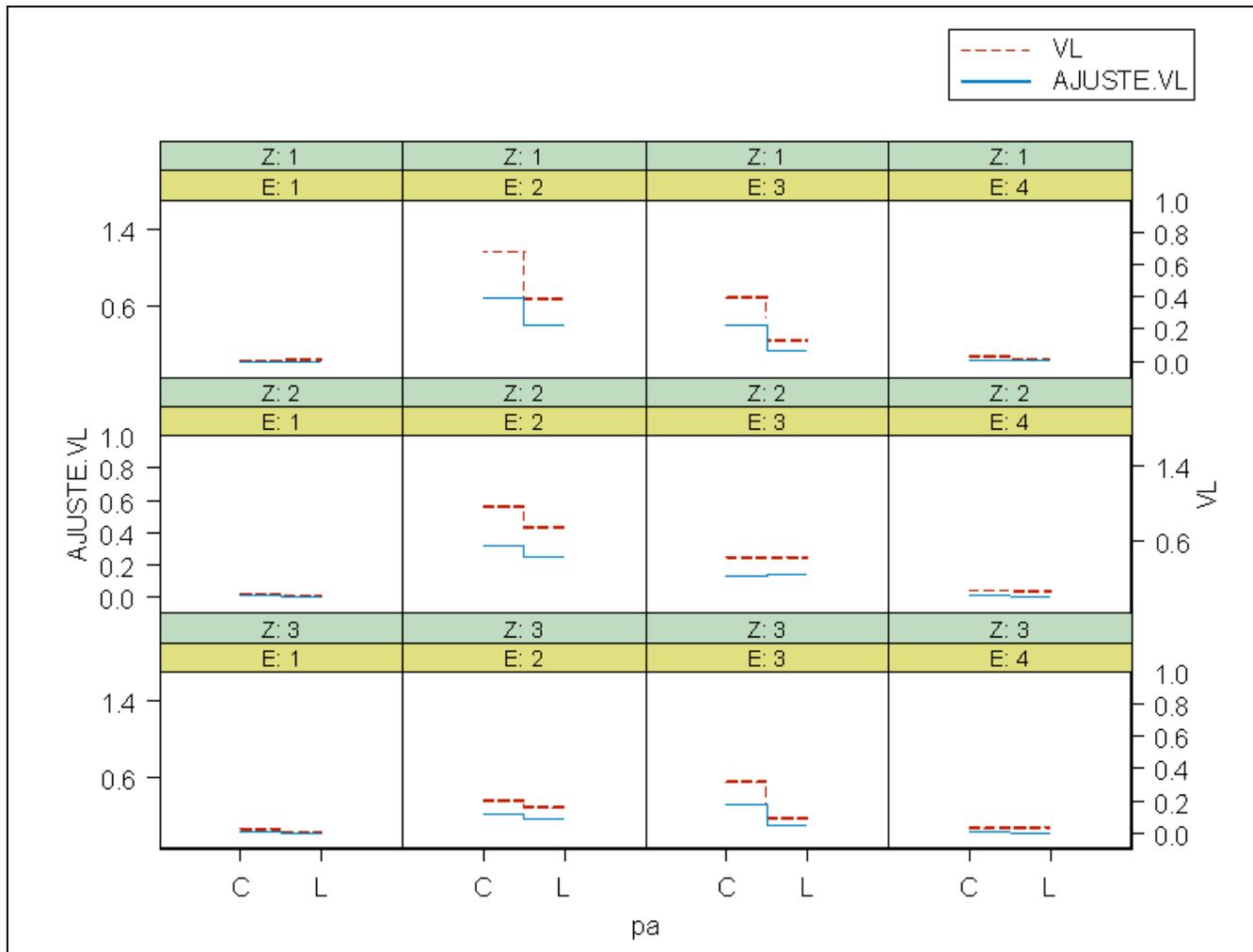
Tabla.-48. Prueba de la interacción E x Z x pa durante las estaciones 1 y 4.

Caso	zonas	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	1.04E-10	✓
2	z2	0.000787	✓
3	z3	0.932047	✗
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 1 para el pez vela (la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 2 para el pez vela (la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 3 para el pez vela (la profundidad de anzuelo no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 3)		

Tabla.-49. Prueba del predictor pa en la interacción E x Z x pa durante la estación 2 por zonas

Caso	zonas	Estación 3	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	0.01506	✓
2	z2	0.15441	✗
3	z3	0.00552	✓
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 1 para el pez vela (la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 2 para el pez vela (la profundidad de anzuelo no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 3 para el pez vela (la profundidad de anzuelo afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 3)		

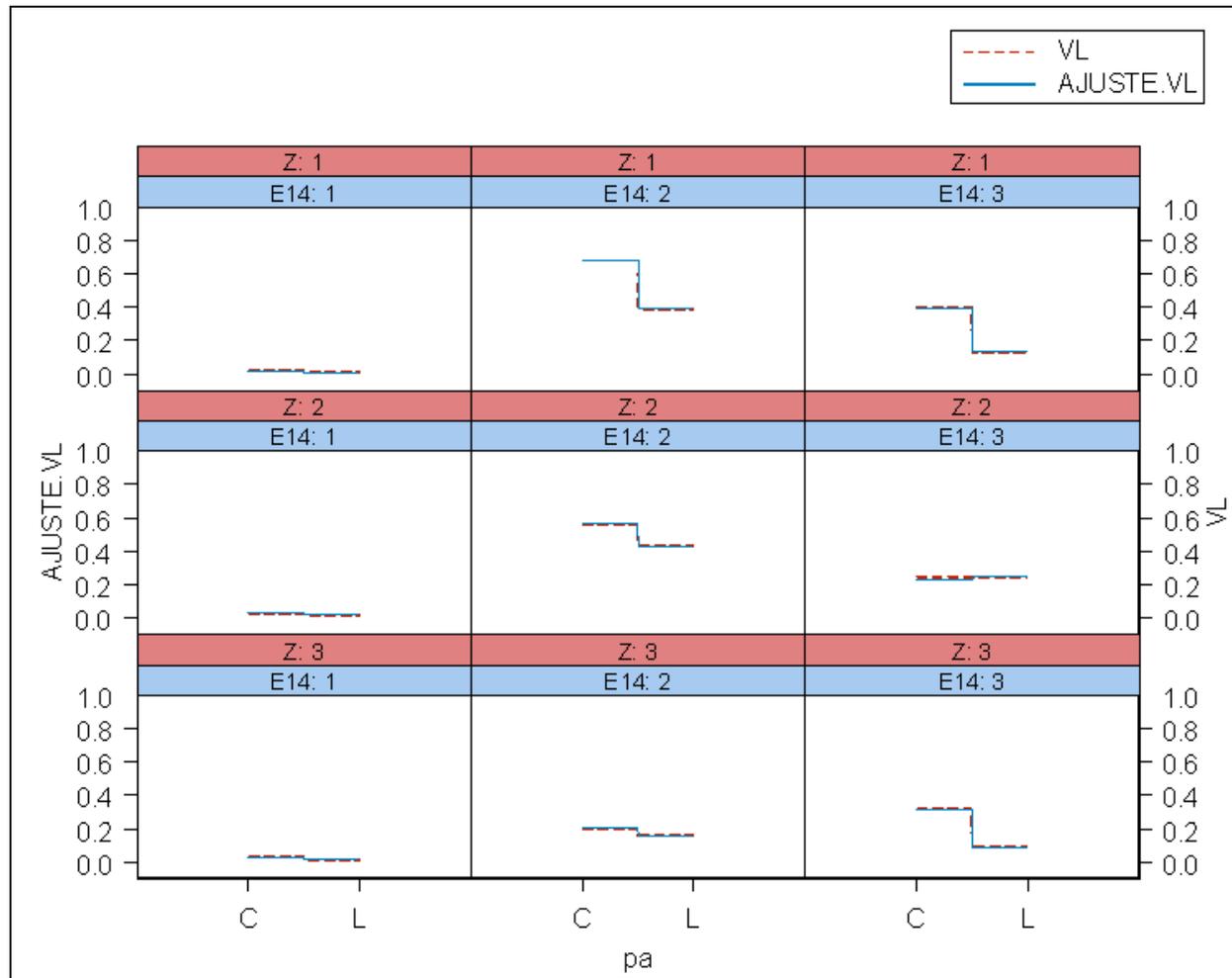
Tabla.-50. Prueba del predictor pa en la interacción E x Z x pa durante la estación 3 por zonas.



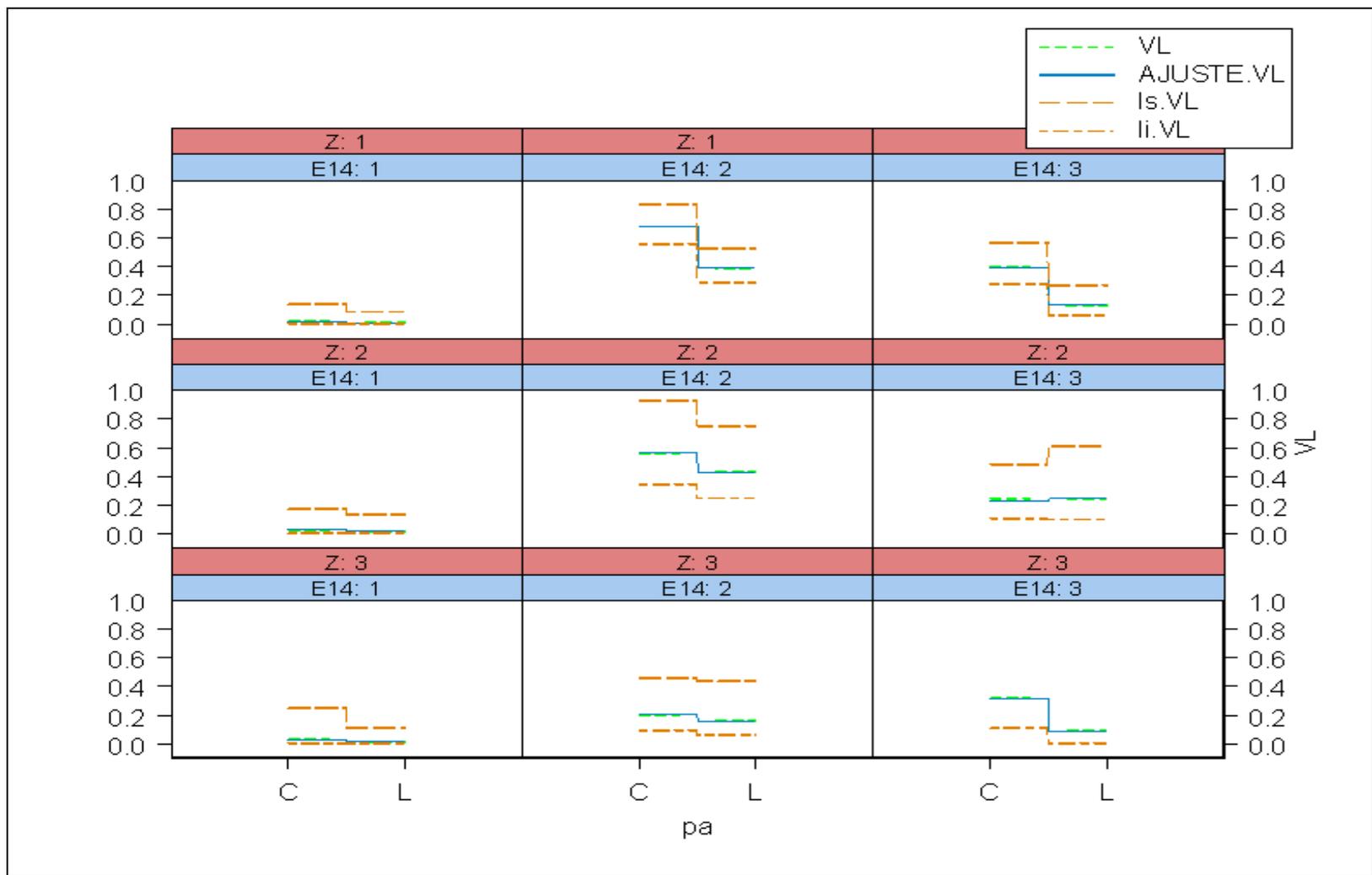
Grafica 46.-Respuesta por estación de la CPUE de pez vela en la interacción E x Z x pa de datos observados y esperados.

pa		E1			E2			E3			E4		
Ajuste	Niveles	Z1	Z2	Z3									
	L	0.006	0.018	0.013	0.389	0.430	0.160	0.131	0.248	0.091	0.017	0.024	0.017
	C	0.011	0.030	0.024	0.679	0.563	0.205	0.393	0.228	0.319	0.025	0.029	0.031
Observados	L	0.011	0.030	0.024	0.679	0.563	0.205	0.393	0.228	0.319	0.025	0.029	0.031
	C	0.007	0.003	0.003	0.389	0.430	0.160	0.134	0.248	0.091	0.011	0.032	0.034

Tabla 51.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E x Z x pa.



Grafica 47.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x pa de datos observados y esperados donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas.



Grafica 48.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x pa de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95% donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas.

pa		E14=1			E14=2			E14=3		
Ajuste	Niveles	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
	L	0.009	0.021	0.014	0.389	0.430	0.160	0.131	0.248	0.091
	C	0.018	0.030	0.028	0.679	0.563	0.205	0.393	0.228	0.319
Observados	L	0.009	0.020	0.014	0.389	0.430	0.160	0.134	0.248	0.091
	C	0.019	0.031	0.029	0.681	0.563	0.205	0.395	0.246	0.316

Tabla 52.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E14 x Z x pa.

### 5.2.4.-Batimetría por estación y zona

Caso	Prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	- E:Z:bat	2561	-11	-21.735	3.82529	1.74822E-05	✓
2	-bat	2561	-11	-21.735	3.82529	1.74822E-05	✓
3	-E	2559	-9	-15.578	3.35098	0.000434786	✓
4	-Z	2558	-8	-15.13	3.66132	0.000297498	✓
Caso	Explicación						
1	Prueba de eliminación de la interacción E:Z:bat en el modelo máximo de Pez Vela (la interacción afecta la variabilidad de las tasa de captura del pez vela).						
2	Prueba de eliminación del factor bat de la interacción E:Z:bat en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor bat afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						
3	Prueba de eliminación del factor E de la interacción E:Z:bat en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor E afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						
4	Prueba de eliminación del factor Z de la interacción E:Z:bat en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor Z afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						

Tabla.-53. Prueba de la interacción E x Z x bat

Prueba de estación 1 y 4

Caso	Estación	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	1	0.921165	x
2	4	0.35448	x
3	14	0.71147	x
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si la profundidad marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de invierno para el pez vela (la profundidad marina no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante invierno).		
2	Se analiza a través de un vector si la profundidad marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de otoño para el pez vela (la profundidad marina no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante el otoño)		
3	Se analiza a través de un vector si la profundidad marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante las estaciones de otoño-invierno para el pez vela (la profundidad marina no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante las estaciones de otoño-invierno)		

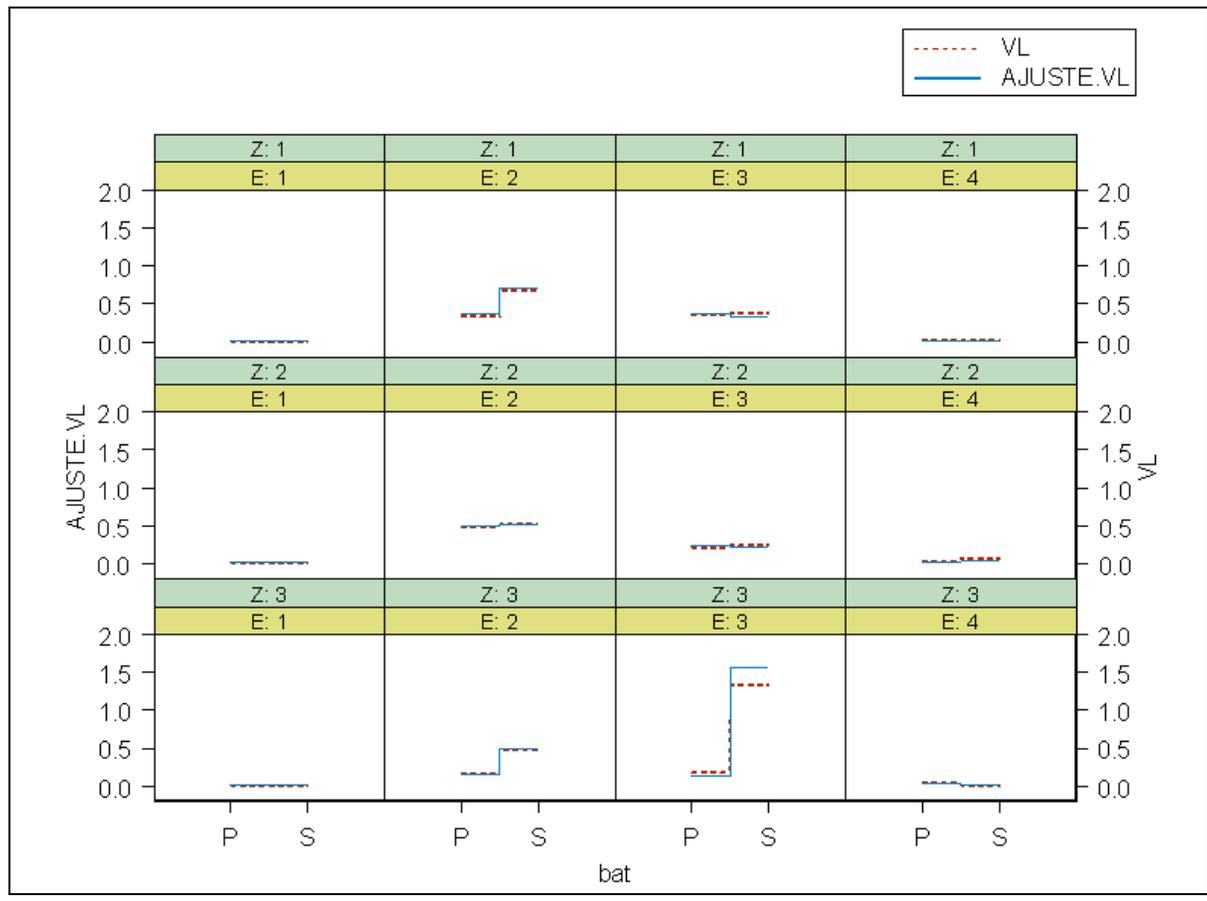
Tabla.-54. Prueba de la interacción E x Z x bat durante las estaciones 1 y 4.

Caso	Zonas	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	1.23E-11	✓
2	z2	0.876086	✗
3	z3	0.001486	✓
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si la profundidad marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 1 para el pez vela (la profundidad marina afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si la profundidad marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 2 para el pez vela (la profundidad marina no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si la profundidad marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 3 para el pez vela (la profundidad marina afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 3)		

Tabla.-55.Prueba del predictor bat en la interacción E x Z x bat durante la estación 2 por zonas

Caso	zonas	Estación 3	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	0.73007	✗
2	z2	0.69698	✗
3	z3	0.00021	✓
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si la profundidad marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 1 para el pez vela (la profundidad marina no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si la profundidad marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 2 para el pez vela (la profundidad marina no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si la profundidad marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 3 para el pez vela (la profundidad marina afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 3)		

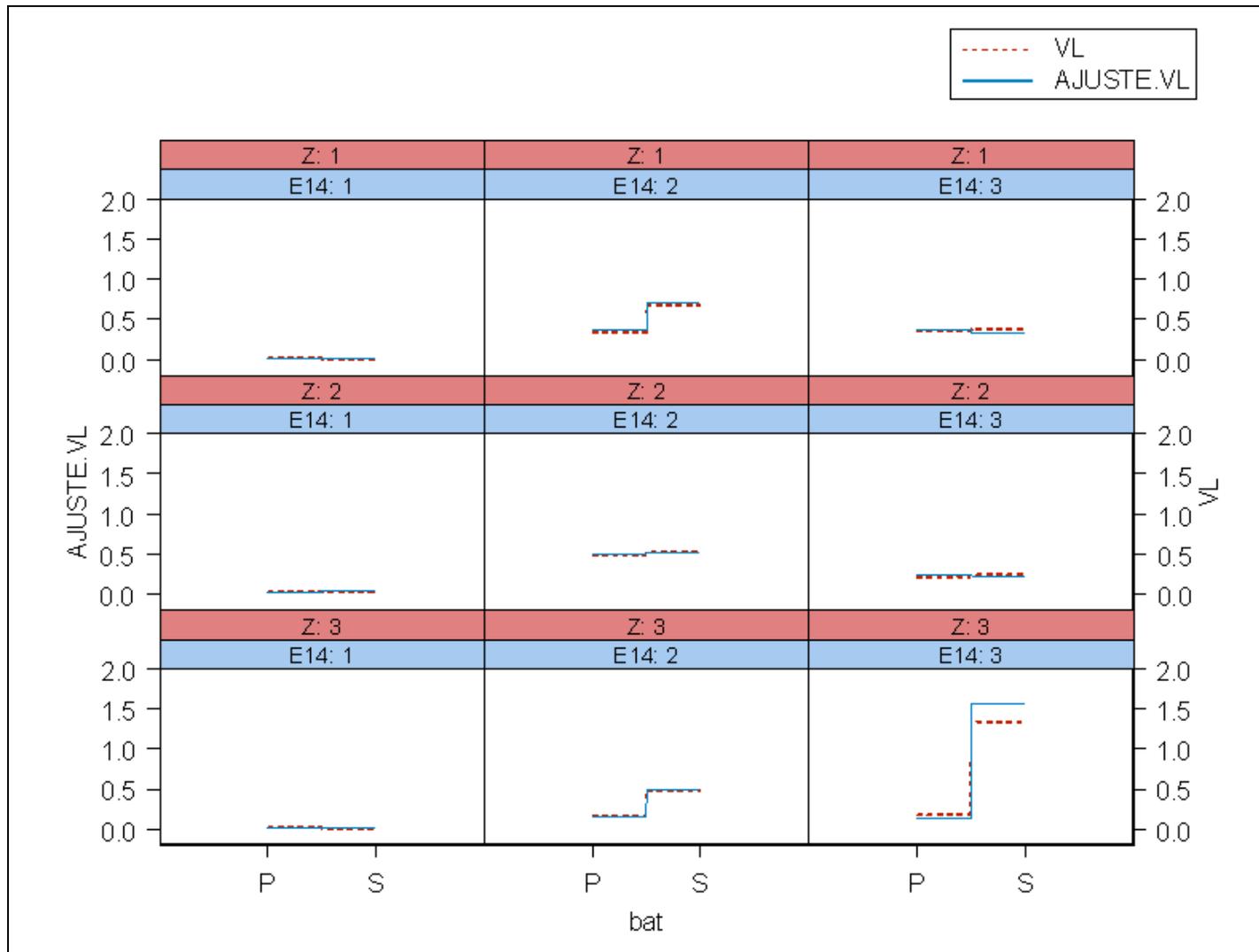
Tabla.-56.Prueba del predictor bat en la interacción E x Z x bat durante la estación 3 por zonas.



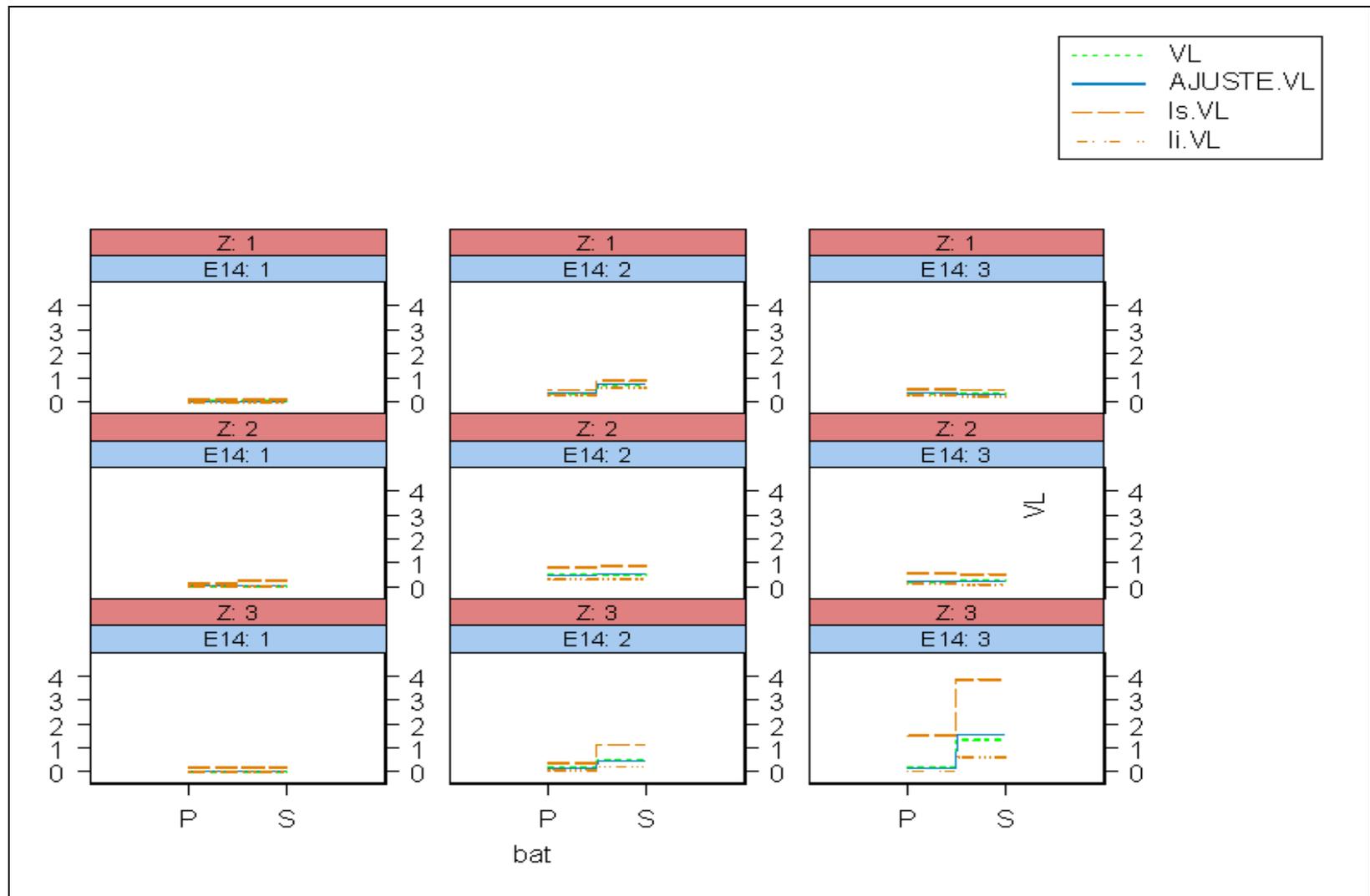
Grafica 49.- Respuesta por estación de la CPUE de pez vela en la interacción E x Z x bat de datos observados y esperados.

bat		E1			E2			E3			E4		
Ajuste	Niveles	Z1	Z2	Z3									
		P	0.007	0.021	0.018	0.368	0.495	0.153	0.369	0.245	0.136	0.019	0.023
	S	0.007	0.031	0.008	0.705	0.514	0.487	0.332	0.222	1.553	0.021	0.053	0.014
Observados	P	0.011	0.013	0.013	0.329	0.494	0.159	0.353	0.216	0.182	0.024	0.037	0.036
	S	0.007	0.008	0.006	0.672	0.524	0.487	0.371	0.242	1.338	0.017	0.065	0.013

Tabla 57.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E x Z x bat.



Grafica 50.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x bat de datos observados y esperados donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas.



Grafica 51.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x bat de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95% donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas.

bat		E14=1			E14=2			E14=3		
Ajuste	Niveles	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
		P	0.011	0.022	0.022	0.368	0.495	0.153	0.369	0.245
	S	0.013	0.031	0.011	0.705	0.514	0.487	0.031	0.222	1.553
Observados	P	0.016	0.026	0.023	0.329	0.494	0.159	0.353	0.216	0.182
	S	0.011	0.008	0.009	0.672	0.524	0.487	0.371	0.242	1.338

Tabla 58.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E14 x Z x bat.

### 5.2.5.-Temperatura superficial

Caso	Prueba	Resid. Dev	Df	Deviance	F Value	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	- E:Z:temp	2558	-8	-4.6181	1.11753	0.3478	x
2	-temp	2558	-8	-4.6181	1.11753	0.3478	x
3	-Z	2555	-5	-4.046	1.56657	0.16612	x
4	-E	2556	-6	-2.0063	0.64733	0.69236	x
Caso	Explicación						
1	Prueba de eliminación de la interacción E:Z:temp en el modelo máximo de Pez Vela (la interacción no afecta la variabilidad de las tasa de captura del pez vela).						
2	Prueba de eliminación del factor temp de la interacción E:Z:temp en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor temp no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						
3	Prueba de eliminación del factor Z de la interacción E:Z:temp en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor Z no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						
4	Prueba de eliminación del factor E de la interacción E:Z:temp en el modelo máximo de Pez Vela (el predictor E no afecta la variabilidad de la tasas de captura del pez vela en la interacción).						

Tabla.-59. Prueba de la interacción E x Z x temp

Prueba de estación 1 y 4

Caso	Estación	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	1	0.9900416	x
2	4	0.99975	x
3	14	0.99998	x
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si la temperatura superficial marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de invierno para el pez vela (la temperatura superficial no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante invierno).		
2	Se analiza a través de un vector si la temperatura superficial marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de otoño para el pez vela (la temperatura superficial no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante el otoño)		
3	Se analiza a través de un vector si la temperatura superficial marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante las estaciones de otoño-invierno para el pez vela (la temperatura superficial no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante las estaciones de otoño-invierno)		

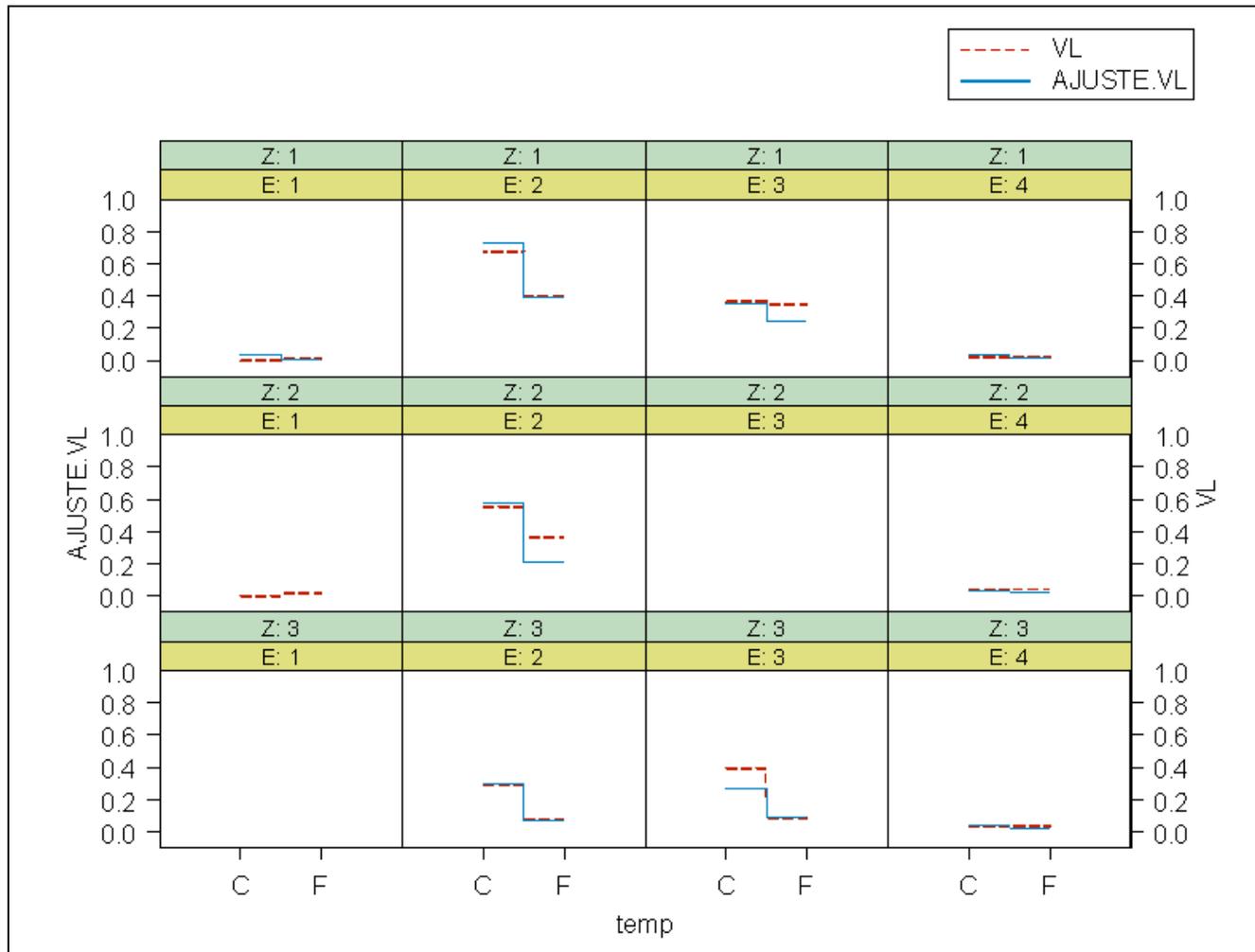
Tabla.-60. Prueba de la interacción E x Z x temp durante las estaciones 1 y 4.

Caso	Zonas	Pr(F)	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	3.22E-10	✓
2	z2	0.000202316	✓
3	z3	2.69174E-05	✓
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si la temperatura superficial marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 1 para el pez vela (la profundidad marina afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si la temperatura superficial marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 2 para el pez vela (temperatura superficial afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si la temperatura superficial marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de primavera dentro de la zona 3 para el pez vela (temperatura superficial afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante primavera dentro de la zona 3)		

Tabla.-61. Prueba del predictor temp en la interacción E x Z x temp durante la estación 2 por zonas

Caso	zonas	Estación 3	Menor o igual a 0.05 es significativo
1	z1	0.78566	✗
2	z2	0.1175	✗
3	z3	0.83283	✗
Caso	Explicación		
1	Se analiza a través de un vector si la temperatura superficial marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 1 para el pez vela (temperatura superficial no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 1)		
2	Se analiza a través de un vector si la temperatura superficial marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 2 para el pez vela (temperatura superficial no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 2)		
3	Se analiza a través de un vector si la temperatura superficial marina donde se realizo el lance afecta la variabilidad de las tasas de captura durante la estación de verano dentro de la zona 3 para el pez vela (temperatura superficial no afecta la variabilidad de las tasas de captura en forma significativa durante verano dentro de la zona 3)		

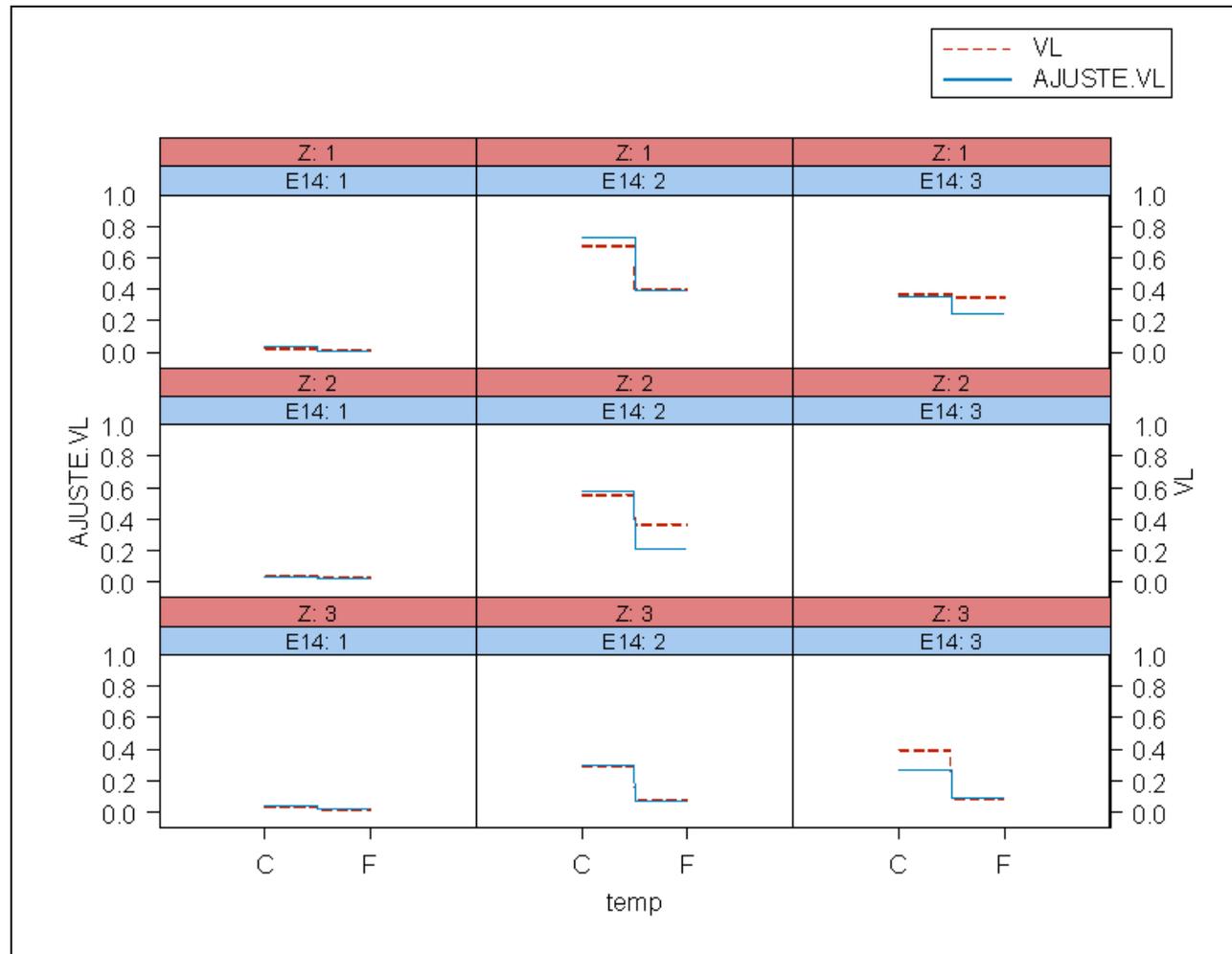
Tabla.-62. Prueba del predictor temp en la interacción E x Z x temp durante la estación 3 por zonas.



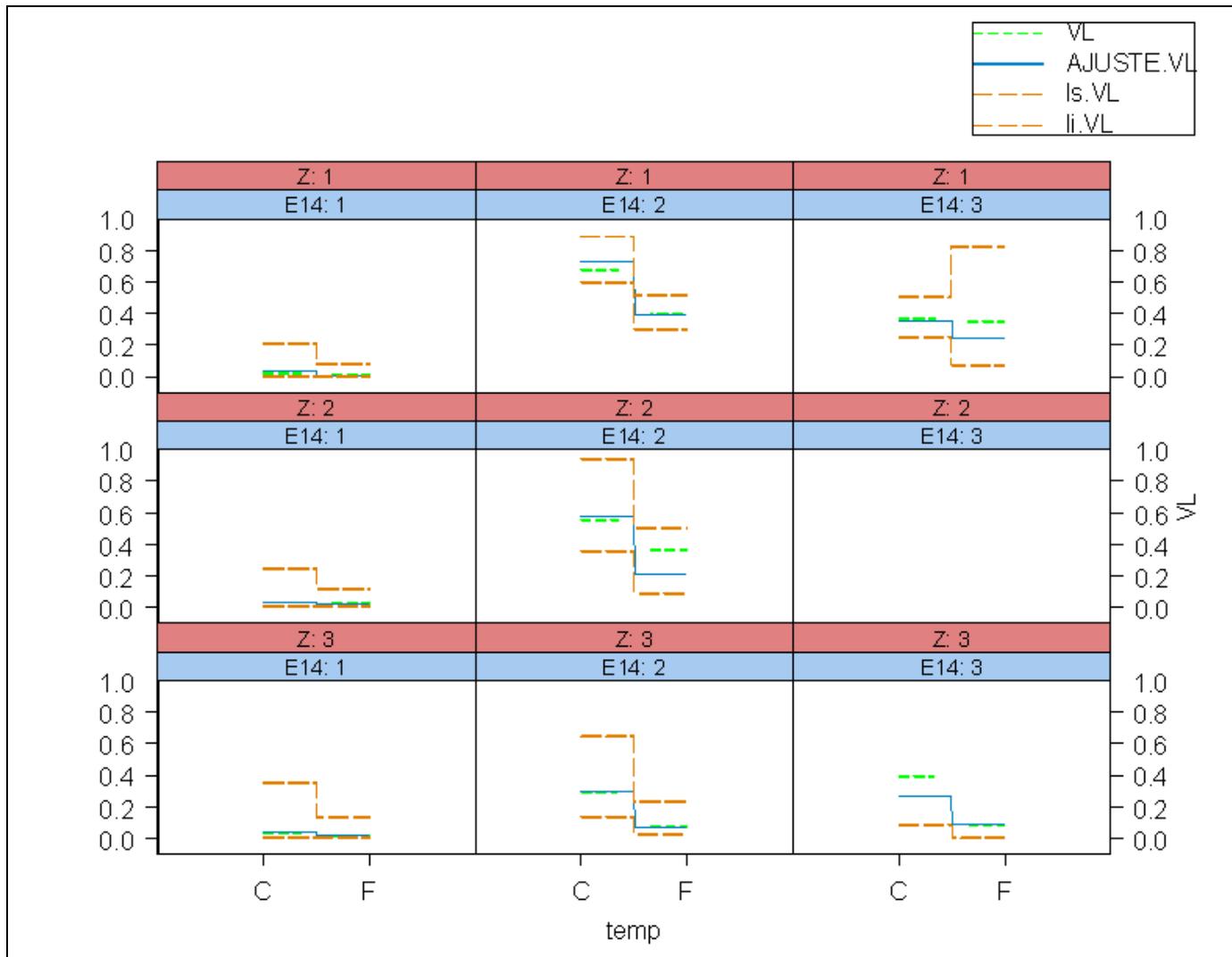
Grafica 52.- Respuesta por estación de la CPUE de pez vela en la interacción E x Z x temp de datos observados y esperados.

temp		E1			E2			E3			E4		
Ajuste	Niveles	Z1	Z2	Z3									
	C	0.031	NA	NA	0.725	0.576	0.293	0.350	0.234	0.266	0.031	0.035	0.037
	F	0.007	0.023	0.016	0.391	0.212	0.073	0.245	NA	0.083	0.010	0.020	0.017
Observados	C	0.000	0.000	NA	0.677	0.553	0.291	0.364	0.226	0.393	0.023	0.034	0.030
	F	0.009	0.013	0.011	0.396	0.364	0.073	0.350	NA	0.083	0.016	0.042	0.030

Tabla 63.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E x Z x temp.



Grafica 53.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x temp de datos observados y esperados donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas



Grafica 54.- Respuesta de la CPUE de pez vela en la interacción E14 x Z x temp de datos observados y esperados con sus intervalos de confianza al 95% donde la estación 1 y 4 se encuentran colapsadas.

temp		E14=1			E14=2			E14=3		
Ajuste	Niveles	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
	C	0.031	0.000	0.037	0.725	0.576	0.293	0.350	0.234	0.266
F	0.008	0.022	0.017	0.391	0.212	0.073	0.245	0.000	0.083	
Observados	C	0.023	0.000	0.030	0.677	0.553	0.291	0.364	0.226	0.393
	F	0.010	0.024	0.017	0.396	0.364	0.073	0.350	NA	0.083

Tabla 64.- Promedios de la CPUE del pez vela por categorías en la interacción E14 x Z x temp.

#### Prueba de colapso de estaciones

Vector

```
E14 <- as.factor(ifelse(E == "1" | E == "4", "1", ifelse(E == "2", "2", "3")))
```

```
anova(GLMVL, glm(VL ~ 1 + E14 + Z + bat + pa + car2 + temp + HV + E14:Z:temp
  E14:Z:bat + E14:Z:pa + E14:Z:car2 + E14:Z:HV, poisson, na.action =
  na.exclude), test = "F")
```

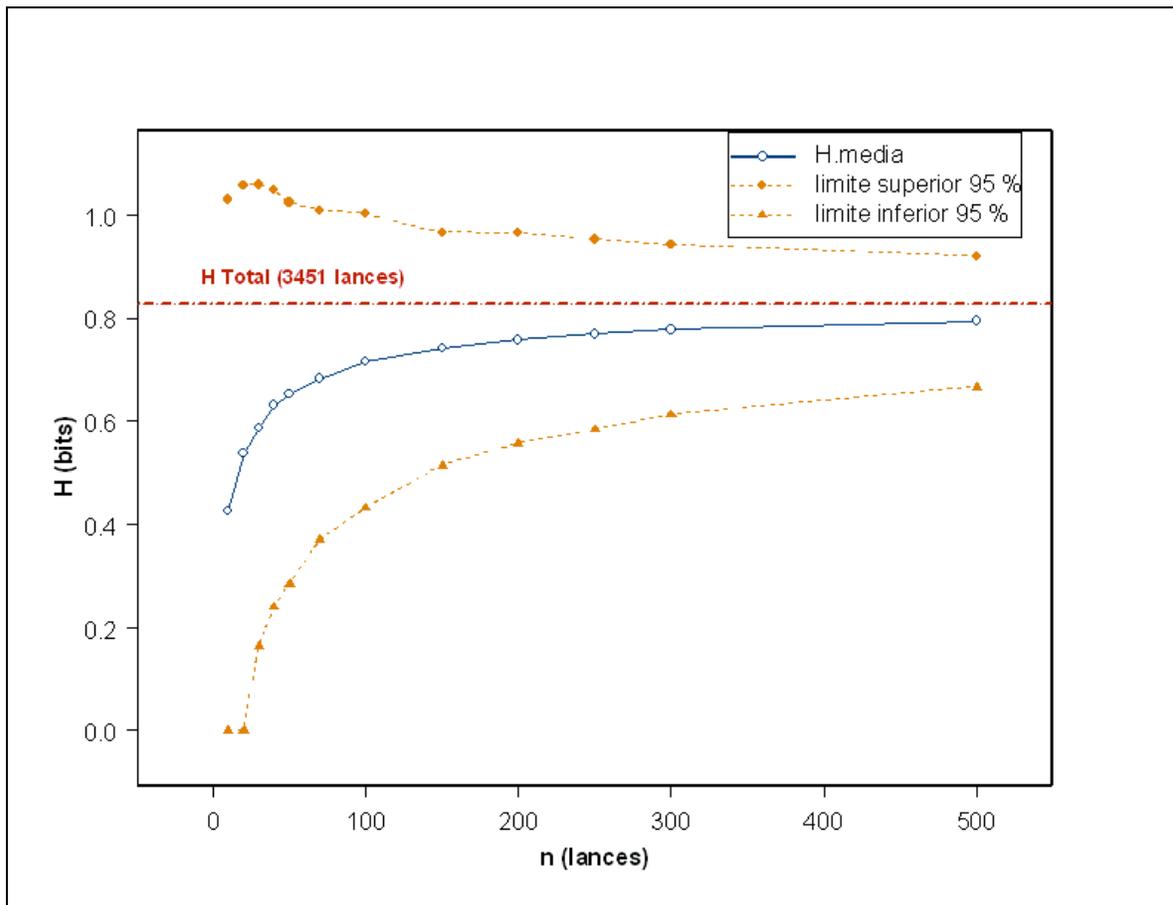
Resid .	Df Resid.	Dev	Test	Df	Deviance	F Value	Pr(F)
1	2550	1034.692					
2	2566	1043.721	1 vs. 2	-16	-9.028769	1.092442	0.3560046

### 5.2.7.-Modelo final del pez vela

$$\ln(VL) = a + E14 + Z + bat + pa + car2 + temp + HV + E14 \times Z \times temp + E14 \times Z : bat + E14 \times Z \times pa + E14 \times Z \times car2 + E14 \times Z \times HV + e$$

La  $r^2$  que presenta el modelo final del pez vela es de 0.4537154

### 5.2.8.-Tamaño de muestra



Gráfica 55.- Tamaño de muestra del pez vela.

### 5.2.9.-Mapas de lances por estación en el Golfo de México

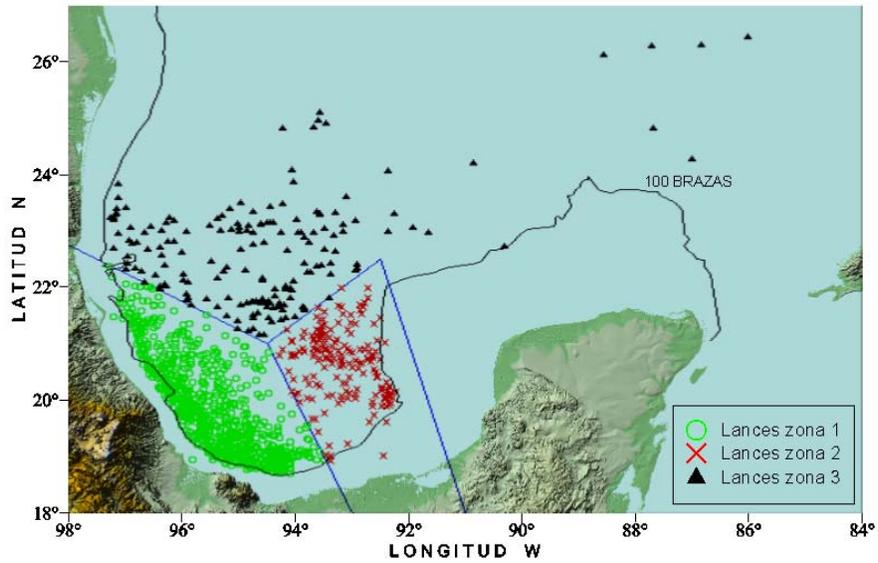


Figura. 38.- Lances realizados por zona durante la estación de primavera.

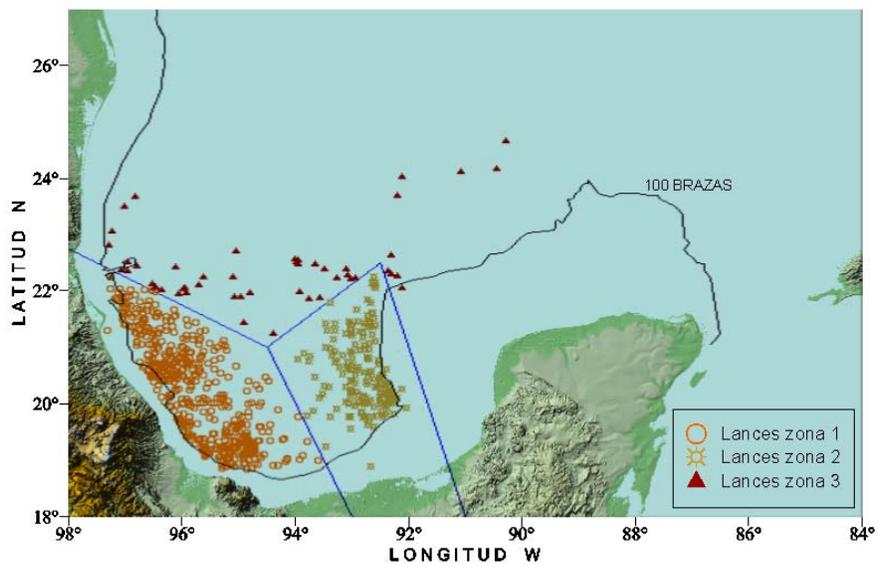


Figura. 39.- Lances realizados por zona durante la estación de verano.

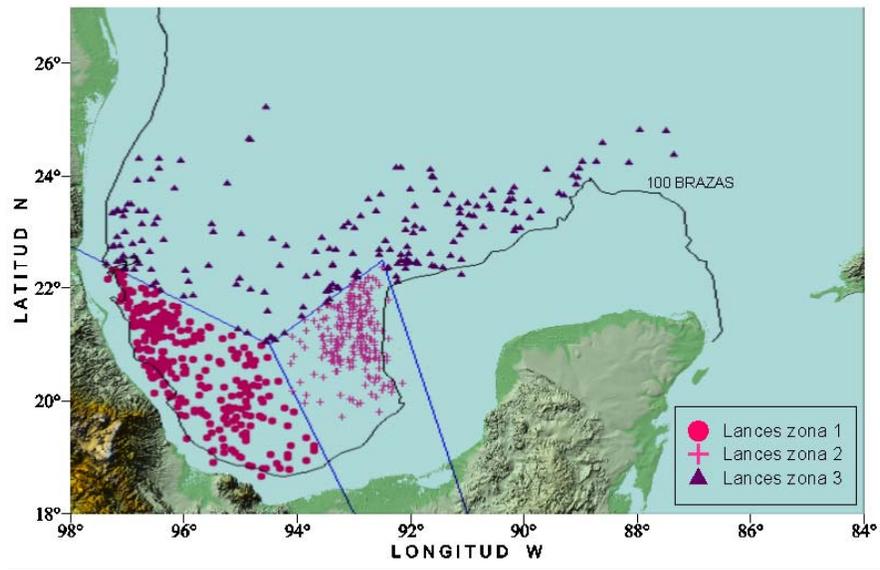


Figura. 40.- Lances realizados por zona durante la estación otoño.

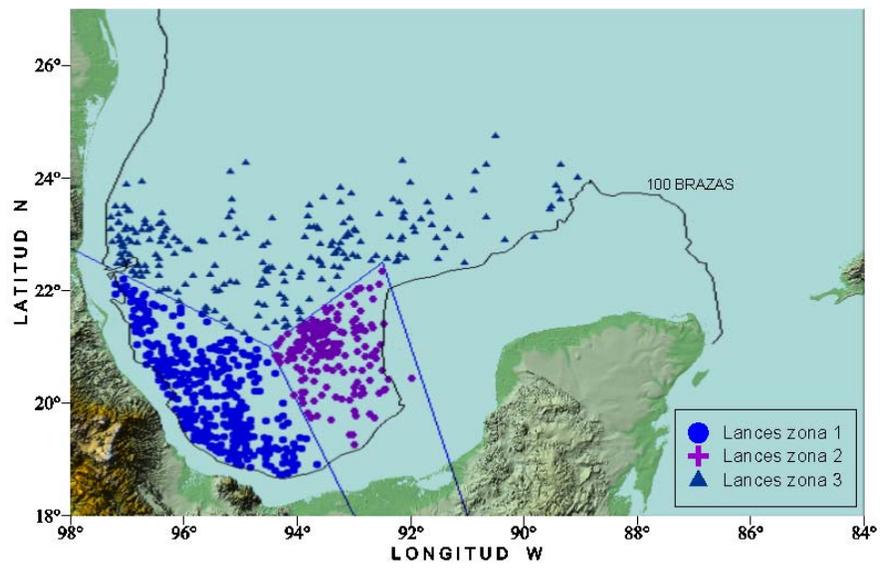


Figura. 41.- Lances realizados por zona durante la estación de invierno..

5.2.10.- Mapas de lances por estación donde hubo captura de pez vela en el Golfo de México

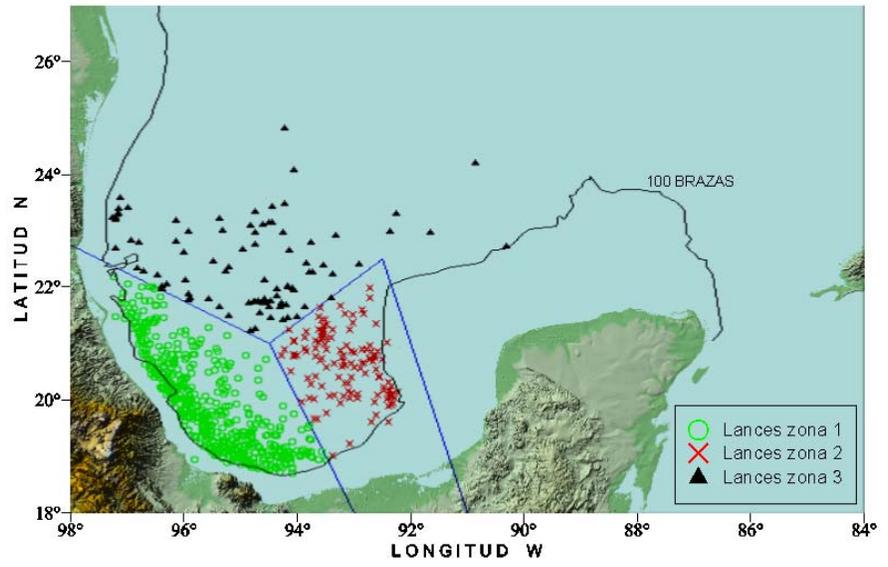


Figura. 42.- Lances con captura de pez vela realizados durante la estación de primavera por zona

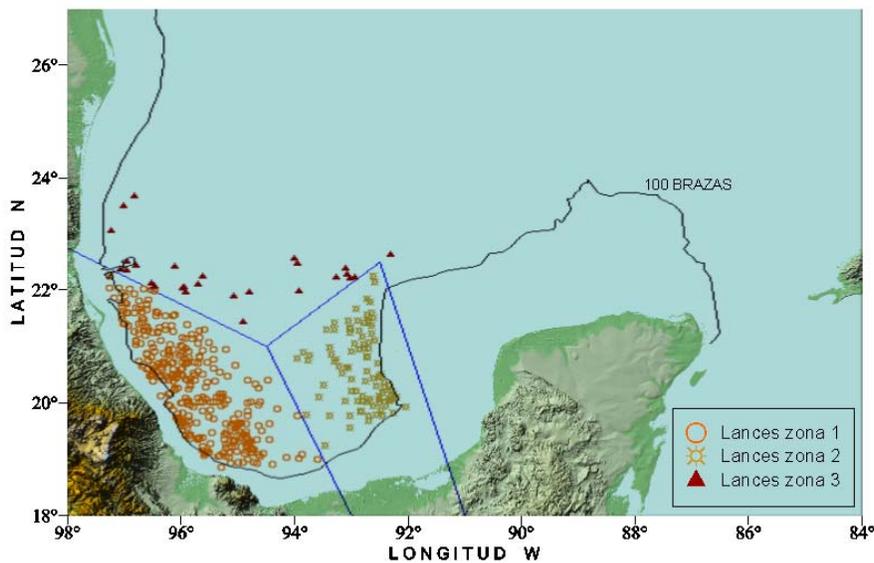


Figura. 43.- Lances con captura de pez vela realizados durante la estación de verano por zona

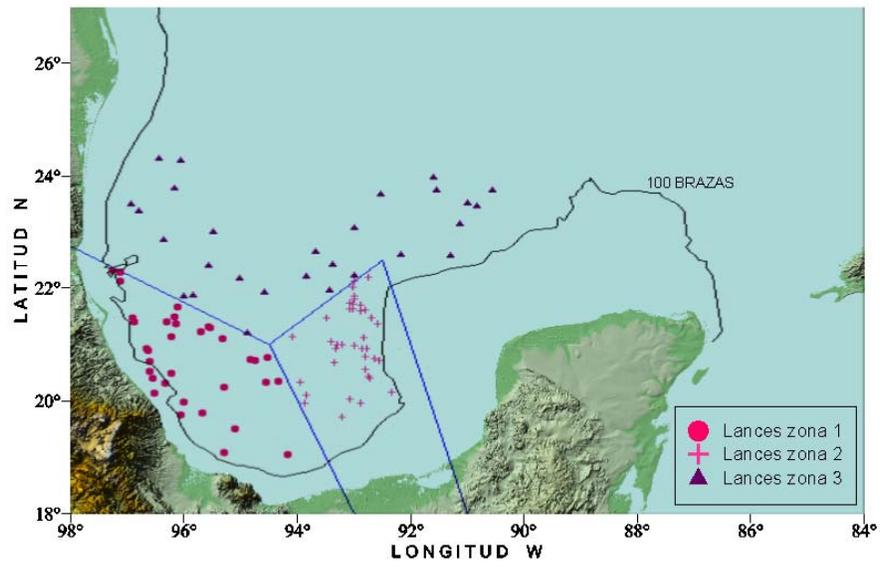


Figura. 44.- Lances con captura de pez vela realizados durante la estación de otoño por zona

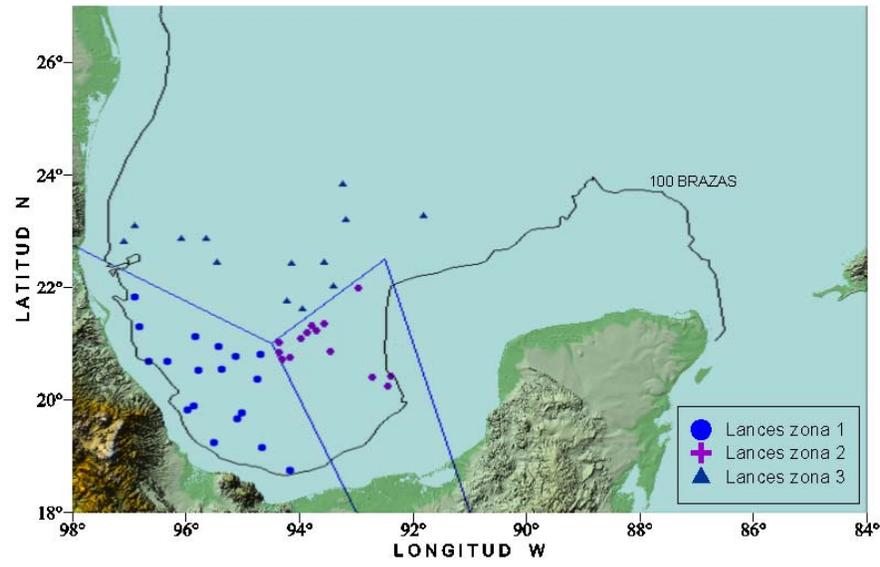


Figura. 45.- Lances con captura de pez vela realizados durante la estación de invierno por zona

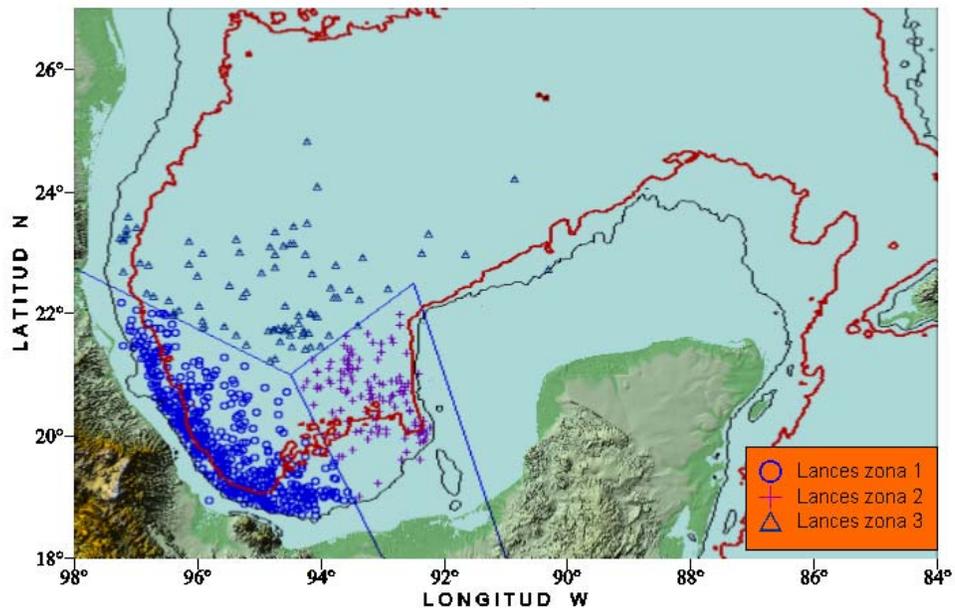


Figura. 46.- Lances con captura de pez vela por zona y la estación de primavera con isobatas de 100 y 180 brazas

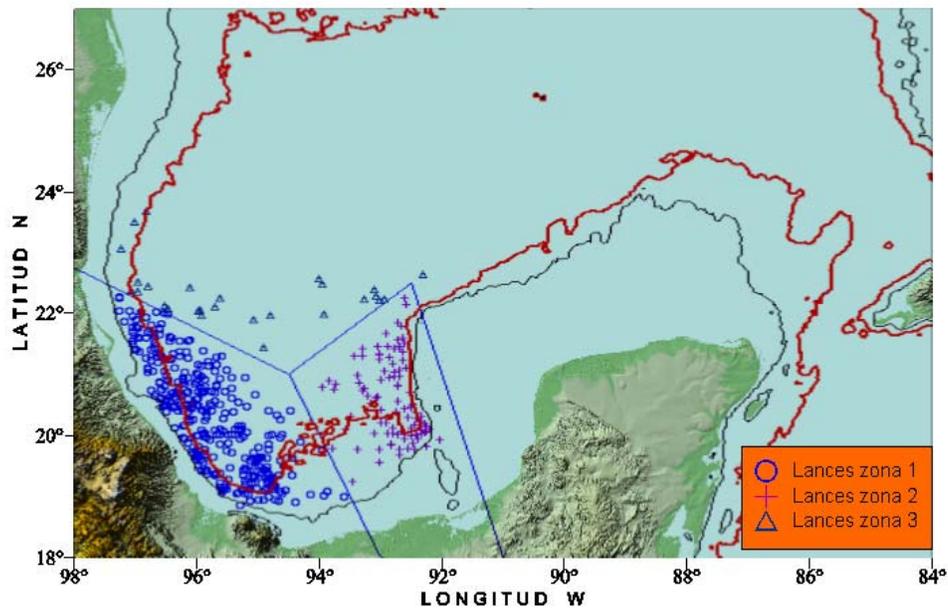


Figura. 47.- Lances con captura de pez vela por zona durante la estación de verano con isobatas de 100 y 180 brazas.

## 6.- DISCUSIÓN

Considerando que la identificación y significancia de las asociaciones entre las condiciones ambientales así como la influencia de los factores pesqueros, afectan en diversos modos la respuesta de la variabilidad de la CPUE de cada especie, en esta sección analizaremos los resultados del ajuste de la CPUE en los modelos propuestos por especie.

### 6.1.-ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL PEZ ESPADA

La variabilidad en las tasas de captura del pez espada se analizó por medio de diversos predictores (tabla 18), de los cuales dos de estos son determinantes en la comprensión de este fenómeno, ya que sólo bajo estas condiciones los demás predictores, tanto ambientales como pesqueros, muestran una respuesta estadísticamente significativa sobre la variabilidad de la CPUE, estos predictores son DN y PL (Horario de inicio de lance y fase lunar donde se realizó el lance).

#### Horario de lance y porcentaje de iluminación del disco lunar

Los predictores DN y PL que conforman la interacción DN x PL, además de ser la estructura en la modelación de la CPUE del pez espada, nos muestra aumentos estadísticamente significativos en todos los predictores bajo ciertas condiciones, tal es el caso de los lances que se produjeron durante la noche y con porcentaje de iluminación del disco lunar "PL" igual o mayor al 50%, arrojando, bajo estas condiciones las tasas de captura más altas como se puede observar en la tabla 27 y en la gráfica 34, por lo tanto la convergencia de estos fenómenos juega un papel determinante en la variabilidad de las tasas de captura como menciona Bigelow et al. (1999), estos supuestos se pueden corroborar estadísticamente en la tabla 34 donde las pruebas estadísticas arrojan que el aumento de la CPUE esta influenciado por estas condiciones, la gráfica 35 muestra cómo los datos observados y las predicciones siguen esta pauta con intervalos de confianza al 95%, por lo tanto podemos deducir que efectivamente estas suposiciones son correctas

## Profundidad de anzuelo

La prueba de la interacción DN x PL x pa (tabla 23) nos permite conocer de que manera se ve afectada la variabilidad de la CPUE en función del predictor pa, bajo las condiciones de día, de noche, cuando el PL es  $< 50\%$  o  $\geq 50\%$ , revelando también cómo es la variabilidad de la CPUE en los niveles del predictor pa (corto o largo).

La tabla 23 muestra los resultados de las pruebas realizadas a la interacción DN x PL x pa, donde podemos observar que las pruebas de eliminación tanto de la interacción completa como de sus partes nos arrojan resultados significativos, sin embargo las pruebas de sustitución con los vectores tanto pa.D como pa.D.NC arrojan valores no significativos, exponiendo que la profundidad de anzuelo no afecta de forma significativa la variabilidad en las tasas de captura del pez espada durante el día, o en las noches cuando el PL es menor al 50%, ocasionando que los promedios de captura sean menores bajo estas condiciones en comparación a la variabilidad que existe en la tasa de captura cuando el lance se hace de noche y con un PL mayor igual al 50% como lo muestra la tabla.-24; este comportamiento lo podemos observar en la gráfica 31. Si bien es claro que la respuesta de la CPUE se ve afectada significativamente en función de pa bajo las condiciones DN=N y PL=CL, también son notorias las diferencias de los promedios entre los niveles de pa en lances que estuvieron bajo estas condiciones (gráfica 31), mostrando que en los lances realizados a un pa menor a 35 brazas, se alcanzó un promedio menor de captura al que se obtuvo cuando los lances se hicieron a una profundidad mayor o igual a 35 brazas, este fenómeno se representa en la gráfica 31.

Estos resultados muestran similitud con varias fuentes, tal es el caso de los reportes de FAO(1985), donde se menciona que el pez espada se encuentra en aguas superficiales y hasta 450m de profundidad, mientras que otros trabajos refieren que durante el día se registran capturas altas de pez espada a profundidades por debajo de los 200 m y contrariamente en lances nocturnos, las capturas se realizan en aguas más superficiales, lo que es indicio de un desplazamiento vertical del pez espada hacia la superficie (Ward 2004). Estos antecedentes nos sirven como referencia para proponer dos mecanismos que expliquen los resultados de la investigación. El primero refiere que bajo condiciones nocturnas y cuando el porcentaje de iluminación del disco lunar es mayor o igual a 50% y esta luz incide en la superficie marina, el pez espada realiza un desplazamiento hacia aguas superficiales con el fin de alimentarse ya que se ha observado que el pez espada es un cazador visual, mientras que en el segundo mecanismo se propone que el pez espada no hace un movimiento hacia aguas superficiales por su inherencia a la luminosidad, de tal suerte que son sus presas las que realizan este movimiento y el pez espada, al perseguir su alimento se desplaza hacia la superficie. Sin embargo, cualquiera que sea el caso, los alcances del presente trabajo no son suficientes para poder determinar cual es el mecanismo por medio del cual sucede este desplazamiento, un análisis detallado

de este fenómeno sería necesario para resolver este dilema, no obstante, la evidencia apunta a que el pez espada realiza un movimiento vertical hacia la superficie durante la noche y con mayor notoriedad cuando el PL es mayor o igual al 50%, por lo cual aumentan las tasas de captura, y desde el punto de vista pesquero se detectó que en estos lances, la CPUE tiene un incremento muy significativo cuando la profundidad media del anzuelo se encuentra entre 35 y 45 brazas, por lo tanto podemos decir que la profundidad de anzuelo solo es significativa bajo estas condiciones, lo que lleva al modelo a su primera rectificación en la cual, la interacción DN x PL x pa es cambiada por la interacción DN x PL x pa.D.NC, donde son expresadas las deducciones que fueron explicadas.

### Tipo de carnada

El tipo de carnada es un factor determinante en las pesquerías debido, a que es el factor atrayente para la captura de los organismos objetivo. El análisis del predictor car en la interacción DN x PL x car es analizado en el modelo propuesto para el pez espada con la intención de comprender el papel que desempeña este predictor en la variabilidad de la CPUE del pez espada.

Los resultados de este análisis se pueden observar en la tabla 25, donde la primera prueba que explicaremos es la que presenta el caso "3" en la tabla antes mencionada, la cual consistió en probar el predictor car, que contiene tres niveles de carnada: CEFA, PD, PL, contra el predictor car2, que colapsa los niveles CEFA y PD en uno solo dejando a PL íntegro, esta prueba surgió con la finalidad de analizar que sucedía si los lances que se hicieron con carnada muerta, no importando si eran con cefalópodo o con pescado muerto y manteniendo separado al pescado vivo, tenían la misma respuesta que si se tomaba en cuenta a los tres tipos de carnada por separado; lo que arrojó como resultado que estadísticamente sí repercute la naturaleza de los tres tipos de carnada que se ocupe en la variabilidad de la CPUE, debido a lo anterior, se tomó la decisión de analizar la interacción con el predictor car.

De la misma forma que está influenciado el predictor pa cuando las condiciones del lance son DN=N y PL=CL, el tipo de carnada responde de forma similar, como se puede observar en la tabla 25 y la gráfica 38, donde el tipo de carnada no afecta significativamente la variabilidad de la CPUE del pez espada durante el día o durante las noches donde el PL es menor al 50%, obteniendo promedios de captura menores en comparación a la variabilidad que existe en la CPUE cuando el lance se hace de noche y con un PL mayor o igual al 50% (tabla 26); ligado a estas condiciones físicas ambientales se encuentra el hecho en el cual, la carnada que entrega tasas de captura más altas es en primer lugar el pescado vivo (PL), posteriormente el pescado muerto (PD) y en último lugar el cefalópodo (CEFA), como se observa en las tabla 26 y gráfica 33.

Estos resultados sugieren un hecho interesante, en el cual se propone que el pez espada tiene una predilección por el pescado, especialmente cuando se ocupa carnada viva, mientras que el cefalópodo al parecer tiene menor grado de atracción. Respecto a lo anterior existen algunas discrepancias con reportes acerca de la alimentación del pez espada, tal es el caso de FAO (1985) y Moteki (2001) donde mencionan la preferencia del pez espada por el cefalópodo, sin embargo existen publicaciones acerca de la alimentación con carácter ictico del pez espada, como el trabajo realizado por Satoh & Yokawa (2004), en el cual al analizar el contenido estomacal de peces espada en el Atlántico reportaron que el 87.7% de los contenidos estomacales contenían restos de peces, mientras que el 14% correspondía a cefalópodos, lo que fundamenta la conjetura acerca de la preferencia del pez espada por la carnada ictica sobre la de cefalópodo; otro punto de comparación interesante es el trabajo de Young et al. (2006), en donde mencionan que al realizar estudios sobre la alimentación de pez espada en la costa noreste de Australia, encontraron que el pez espada tiende a alimentarse de peces cuando se encuentra en ambientes neríticos, mientras que cuando se encuentra en ambientes pelágicos se alimenta principalmente de cefalópodos. Esta información también encuentra concordancia con los resultados obtenidos ya que como veremos mas adelante, las mayores capturas ocurren cerca del borde del talud continental.

Sin embargo aunque el alcance de esta investigación no esclarezca del todo lo que sucede con la carnada “cefalópodos”, es claro que bajo las condiciones  $DN=N$ ,  $PL=CL$ , y con carnada de carácter ictico la variabilidad de la CPUE se ve afectada, alcanzando tasas de captura mas altas. Estos supuestos están contenidos en la gráfica 33, y son planteados en la segunda rectificación del modelo en la cual la interacción  $DN \times PL \times car$  es sustituida por la interacción  $DN \times PL \times car.d.nc$  donde son expresadas las deducciones que fueron explicadas.

### Estación y batimetría

Los predictores estación y batimetría se encuentran representados en el modelo del pez espada a través de la interacción  $E \times batpz$ , el análisis de la interacción nos condujo a la interpretación de la distribución espacio-temporal del pez espada y al efecto fundamental que tienen sobre la variabilidad de las tasas de captura. El análisis se siguió a través del supuesto que hacemos en esta investigación, en donde planteamos que mientras menor sea la profundidad media oceánica en donde se realizan los lances, su cercanía al borde de la plataforma continental es directamente proporcional, conjuntamente con esta propuesta se analizó si esto varía en función de la estación del año en la que se opere el lance.

Las primeras pruebas de la tabla 29 examinan la interacción completa y posteriormente se hacen las pruebas por estación, en las cuales, como se puede observar no se puede eliminar la interacción  $E:batpz$  debido a su significancia, posteriormente examinamos si existe alguna diferencia significativa entre las estaciones sobre la respuesta de la CPUE del pez espada, lo que arroja como

resultado que sólo para la estación de verano la profundidad oceánica donde se realizó el lance no es significativa, mientras que para las demás estaciones la profundidad oceánica afecta la variabilidad de las tasas de captura, esto aunado al hecho de que en los lances denominados “someros”, las tasas de captura son más altas (tabla 32), lo que conduce a la primera rectificación del modelo.

La siguiente prueba consiste en evaluar si se puede colapsar alguna estación, tal prueba arroja como resultado que se pueden colapsar las estaciones de otoño e invierno en una sola categoría como se muestra en la tabla 30. La prueba consecutiva consistió en el análisis de los niveles del predictor de batimetría en donde se observa que los lances someros de primavera pueden ser agregados a los lances de someros de la estación otoño – invierno denominada 4, lo que conduce a la segunda rectificación del modelo.

La siguiente prueba es la de los niveles de batimetría sobre los colapsos de estaciones como se puede ver en la tabla 31, en donde a través del vector E24 se pueden colapsar los lances profundos de la estación otoño – invierno, lo que confirma que estas dos estaciones pueden ser consideradas como una sola, lo que conduce a la tercera rectificación sobre la interacción y por otro lado, a la propuesta final del modelo mínimo.

En retrospectiva al análisis de esta interacción, podemos mencionar algunas hipótesis que expliquen los resultados obtenidos.

El pez espada tiene una mayor presencia en el Golfo de México durante las estaciones de otoño e invierno por lo cual, proponemos dos periodos estacionales: el primero comprende desde Octubre hasta finales de Marzo, cuando se registran las mayores tasas de captura, el siguiente periodo comprende de Abril a Julio, cuando la captura solo es significativa en zonas donde la profundidad es mayor o igual a 1,000 m, por último durante la estación de verano, el registro de su presencia es tan bajo, que parecería que se han desplazado de esta zona y por lo tanto la CPUE no se modifican de forma significativa durante este periodo.

La explicación a estas tendencias no es clara, sin embargo el aumento de la CPUE durante los meses que comprenden de Octubre a finales de Marzo se puede entender al considerar que la CPUE funciona como indicador de abundancia aparente relativa (Marr, 1951), pues es un hecho que las tasas de captura son significativamente mayores en lances denominados someros y que al mismo tiempo están ubicados cerca del borde de la plataforma continental, esta tendencia se mantiene durante la estación de primavera aunque con menor magnitud, mientras que en verano las tasas bajan abruptamente en todo el Golfo, esto conlleva a suponer que a partir del mes de Octubre hay un arribo del pez espada hacia el Golfo de México proveniente de otras zonas del Atlántico y la mayoría se mantiene hasta finales de Marzo, quedando sólo una parte de la población en zonas cercanas al talud continental en la estación de primavera; los motivos de la migración se desconocen, aunque pudieran ser por condiciones de índole reproductivas o siguiendo a los peces de los cuales se alimenta, por otra

parte la temperatura como efecto directo en el Golfo de México fue revisada en el análisis exploratorio, y su aporte no influía de forma significativa al modelo, la razón probable es que el rango de tolerancia a la temperatura del pez espada es muy amplio (FAO, 1985), por lo tanto la variación de temperatura promedio que existe en el Golfo de México (tabla 2, grafica 1), no afecta directamente su distribución dentro del Golfo de México, sin embargo la variación que se da en aguas templadas del océano Atlántico probablemente es suficiente para hacer migrar al pez espada hacia aguas más cálidas como el Golfo de México.

Por otra parte al observar los patrones de circulación<sup>9</sup> así como a los registros de descarga de los ríos (UNESCO, 1996 ) para el Golfo de México, se observa que durante el periodo de arribo del pez espada hacia esta zona (finales de Septiembre), existe una gran descarga de agua por parte de los ríos de la zona (Fig. 3), transportando una gran cantidad de sedimentos orgánicos de origen terrígeno y alcanzando su valor mas elevado durante el mes de Octubre (UNESCO, 1996 ), asociada a una gran cantidad de materia orgánica, la cual se ve reflejada en los tipos de sedimentos de la zona (Fig. 2), estos sedimentos son dispersados por los patrones de circulación de las masas de agua del Golfo de México y hacen que la zona tenga una gran importancia para estudios de aporte de producción primaria.

Finalmente el valor de la  $r^2$  en el modelo del pez espada, cuyo valor refleja el porcentaje de variabilidad que se explica por medio de la modelación fue del 42%, mientras que la CPUE promedio del pez espada fue de 0.184196 peces por cien anzuelos.

---

<sup>9</sup> Nótese en anexo película de patrones de circulación

## 6.2.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL PEZ VELA

El pez vela es un organismo cuya distribución comprende aguas tropicales y se le ha asociado a cuencas oceánicas semicerradas (FAO y NOAA). Las concentraciones estacionales del pez vela ocurren durante todo el año en el norte de la costa este de Sudamérica, sin embargo en primavera las afluencias son altas hacia el Caribe y el Golfo de México, mientras que las concentraciones en el Atlántico central ocurren durante la estación de otoño (Wise y Davis, 1973); el pez vela ha sido reportado como especie migratoria aunque siempre en aguas tropicales. Los factores que influyen en la variabilidad de las tasas de captura del pez vela en el Golfo de México si bien obedecen a múltiples factores ambientales y pesqueros, las consideraciones sobre la distribución de este organismo forman la parte central en el planteamiento del modelo.

Para el análisis de los factores ambientales y pesqueros que influyen en la variabilidad de las tasa de captura del pez vela se consideró la importancia de los periodos estacionales primavera-verano y las zonas de pesca en el Golfo de México a través de la interacción E x Z (estación y zona).

El análisis del modelo nos permitió conocer en dónde existen incrementos significativo de la CPUE del pez vela en función de los diversos factores que se incluyeron en el modelo, así como plantear estrategias de manejo para este organismo.

### Horario de lance

La interacción E x Z x HV implica las observaciones sobre la temporalidad y las zonas en conjunto con el predictor HV (el cual contiene la hora de inicio de lance para el pez vela ), el análisis de la interacción adquiere una proyección importante en la explicación de los resultados contenidos en la tabla 35, donde podemos observar que al suprimir la interacción E x Z x HV así como cada uno de sus términos en el modelo, nos lleva en primera instancia a suponer que la interacción no afecta de forma significativa la variabilidad de la CPUE del pez vela, sin embargo, al analizar la interacción por estación y por zona nos arroja resultados muy diferentes.

La tabla 36 muestra las pruebas efectuadas en las estaciones 1 y 4, en donde se analiza si la hora de inicio de lance modifica de forma significativa la variabilidad de la CPUE del pez vela, los resultados exponen que durante las estaciones de otoño e invierno no existe una variabilidad significativa en cuanto al horario del lance durante estas estaciones, lo que derivó en la prueba de colapso entre las dos estaciones, dando como resultado que en el colapso de las estaciones 1 y 4, la variabilidad de la CPUE tampoco se ve afectada, por otro lado al analizar las demás estaciones los resultados cambian dependiendo de la zona y la estación como se ve a continuación.

La tabla 37 muestra que durante la estación 2 (primavera), la variabilidad que existe en la CPUE por causa del horario de lance es significativa, esto es observable en el aumento de la CPUE durante el horario de lance denominado 1, mientras que en el horario 2 disminuye (gráfica 41 y 42). Las tendencias de aumento en la CPUE referentes a la estación 2 en horario 1, se pueden explicar desde el punto de vista de los hábitos diurnos del pez vela, ya que el horario denominado 1, comprende desde las 4 de la mañana hasta las 13:00, siendo durante este periodo donde se obtienen las tasas más altas sin importar las zonas.

En la estación 3 (verano), la influencia en la variabilidad sobre la CPUE debido al horario de lance depende de la zona a la que hagamos referencia, es decir, en la zona 1 se elevan las tasas en donde el HV es igual a 1, y son menores donde el HV es 2, mientras que en las zonas 2 y 3 la diferencia entre hacer el lance en uno u otro horario no modifica de forma significativa la variabilidad en las tasas de captura (tabla 38). Los resultados sugieren, que existe una mayor presencia del pez vela durante la madrugada y la mañana especialmente en la zona 1 como lo confirma el ajuste con sus intervalos de confianza al 95 % en la gráfica 43, este incremento probablemente este relacionado con los hábitos alimenticios del pez vela, tal como ocurre con otras especies pelágicas como el atún (FAO, 1985).

#### Tipo de carnada

Como ya se mencionó anteriormente, el tipo de carnada es un factor que redundo en la atracción de la presa y modifica la variabilidad de la captura sobre los organismos objetivos. El análisis del predictor car2 en la interacción E x Z x car2 ayuda a comprender el papel que ejerce este factor en la variabilidad de la CPUE del pez vela.

Los resultados de este análisis se aprecian en la tabla 41, en cual, el predictor car2 a diferencia del predictor car, solo cuenta con dos niveles, los cuales están conformados por el colapso de los niveles CEFA y PD en uno solo llamado PD, dejando a PL integro, la primera prueba consistió en suprimir la interacción E x Z car2 del modelo, cuya prueba resulta significativa (tabla 41).

Las subsecuentes pruebas (tabla 41), muestran cómo se fueron eliminando componentes de la interacción, resultando que sólo para el predictor Estación, la prueba resulta no significativa, sin embargo como en el caso anterior de HV, se analizó qué sucedía con la carnada si tomamos en cuenta cada estación y zona. Las pruebas por estación comenzaron con las denominadas 1 y 4, en donde el tipo de carnada no es significativo, en consecuencia para la estación denominada E14, tampoco resulta significativa (tabla 42).

### Tipo de carnada en las estaciones 2 y 3

Durante la estación de primavera, el tipo de carnada que se utiliza en los lances, influye de forma distinta sobre la variabilidad que existe en la CPUE dependiendo de la zona de pesca, por ejemplo, para la zona 1, en los lances donde se utilizó carnada viva, se obtuvieron tasas de captura más elevadas en comparación con la carnada muerta (tablas 45 y 46), mientras que en el mismo periodo, pero en la zona 2, se obtuvieron mejores tasas con carnada muerta, análogamente a la zona 1, la zona 3 muestra las mismas tendencias.

En el caso de la estación 3, las tendencias por zona muestran una analogía con las que se presentan en la estación 2, aunque con menor magnitud, como se puede observar en las gráficas 44 y 45, no obstante la interpretación de estos resultados nos pueden llevar a una deducción engañosa, ya que las pruebas estadísticas indican que la diferencia entre usar uno u otro tipo de carnada, sólo son significativas durante la estación 2 en las zonas 1 y 2, y durante la estación 3 en la zona 2 como lo muestra la tabla 41, por lo tanto podemos establecer que en las demás zonas dentro de estas estaciones, no existe diferencia alguna entre usar algún tipo de carnada, esto probablemente sea debido a la distribución de los organismos de los cuales se alimenta el pez vela, aunado a la proximidad o lejanía con respecto a la plataforma continental que priva en cada zona. Otro factor que probablemente incide en no tener una distinción entre el tipo de carnada, es el hecho que en ambos casos se utiliza pescado, y por lo tanto no hay diferencia significativa entre, si esta vivo o muerto, puesto que en el análisis de contenidos estomacales de peces vela, se ha encontrado que su dieta se basa principalmente en peces, a diferencia de los peces espadas, cuya dieta consta también de cefalópodos (FAO,1985, Moteki 2001), por lo tanto, sólo en las zonas 1 y 2 (en las cuales se realizan la mayoría de los lances), existe una diferencia entre usar carnada viva o muerta como lo muestra la gráfica 45, en donde se hallan los promedios observados y ajustados de la CPUE con sus intervalos de confianza al 95 % en función de las estaciones y las zonas.

### Profundidad de anzuelo

El análisis del predictor profundidad de anzuelo (pa) para el pez vela, se realizó a través de la interacción  $E \times Z \times pa$  (tabla 47), donde en primera instancia, podemos apreciar que al suprimir la interacción  $E \times Z \times pa$  del modelo, la variabilidad en la CPUE del pez vela, no se ve afectada de manera significativa, lo mismo sucede cuando se analiza la interacción por separado, sin embargo, al aplicar el criterio de análisis por estación y zona, la proyección de los resultados es muy diferente.

En la tabla 48, la prueba se efectúa sobre las estaciones 1 y 4, en donde se analiza si pa modifica de manera significativa la variabilidad de la CPUE del pez vela, los resultados exponen, que no existe una variabilidad significativa en cuanto

a la profundidad de anzuelo durante estas estaciones, la prueba se extiende a una estación colapsada denominada E14, donde el resultado tampoco es significativo.

### Profundidad de anzuelo durante las estaciones 2 y 3

Prácticamente durante todo el año, la tendencia de obtener capturas elevadas a una profundidad de anzuelo menor o igual a 35 brazas, se mantiene (tablas 51 y 52), siendo durante la temporada de primavera y verano donde se acentúa el fenómeno como lo muestra la gráfica 46, sin embargo durante la estación 2 en la zona 3, la tendencia no es significativa, es decir, no importa a que pa se realice el lance, esto probablemente se deba a que en la zona 3 hay pocas zonas someras o cercanas a la plataforma costera, y prácticamente toda la pesca que se realiza en esta zona se encuentra en aguas con profundidades mayores a 1,500 m, por tanto, podríamos deducir que en zonas dentro del Golfo de México cuya profundidad es mayor a 1,500 m, la profundidad de anzuelo no influye en forma significativa, en tanto que en la estación 3 zona 2, parecería que la tendencia se invierte y en los lances denominados largos ( $\geq 35$  brazas), la captura es ligeramente más elevada que en los cortos (gráfica 48), sin embargo al revisar la tabla 50, podemos observar que la prueba estadística nos indica que esta diferencia entre lances largos o cortos no es significativa; para efectos de esta deducción podemos observar en la tabla 51 y 52, donde la diferencia entre los promedios de las categorías es muy pequeña.

Los aumentos en la CPUE, como indicadores de abundancia relativa en conjunto con el predictor pa, nos pueden dar una idea de la distribución en la columna de agua del pez vela, estos referentes nos llevan a plantear que el pez vela se alimenta regularmente en aguas superficiales en el Golfo de México, no obstante que existen registros de FAO (1985) en donde se menciona que el pez vela se alimenta de cefalópodos y gasterópodos de profundidades considerables.

### Batimetría por estación y zona

Los predictores estación, zona y batimetría se encuentran representados en el modelo del pez vela a través de la interacción  $E \times Z \times bat$ . El análisis de la interacción condujo a la interpretación de la distribución espacio-temporal del pez vela y al efecto fundamental que tienen sobre la variabilidad de las tasas de captura. El análisis se condujo a través del supuesto que hacemos en esta investigación, en donde planteamos que, mientras menor sea la profundidad oceánica en donde se realizan los lances, su cercanía a la costa es directamente proporcional, conjuntamente a esta propuesta, se analizó, si esto varía en función de las zonas y estaciones del año en la que se opera el lance.

En las primeras pruebas de la tabla 53 se analiza qué tan significativo es el cambio del modelo si se elimina la interacción y posteriormente cada una de sus partes, dando para todos los casos anteriores una significancia, por lo que no se

puede eliminar ningún término, derivando en un análisis por zona dependiendo de la estación. El análisis del predictor bat por estación y zona, permite examinar si existe alguna diferencia significativa en la respuesta de la CPUE del pez vela, si los lances se localizaban a profundidades menores o iguales a 1,500 m (“S”-someros) o si se localizaban a una profundidad mayor a 1,500 m (“P”-profundos). La prueba, como lo muestra la tabla 54 revela que durante las estaciones 1 y 4 la CPUE del pez vela no se ve afectada de forma estadísticamente significativa entre los lances que se realizaron en una profundidad u otra, posteriormente se realizó la misma prueba para la estación colapsada E14 dando los mismos resultados, sin embargo al analizar las estaciones 2 y 3 las cuales corresponden a primavera y verano, los resultados muestran tendencias particulares para cada zona dependiendo de la estación a la que hagamos referencia.

#### Predictor de batimetría por zona en las estaciones de primavera y verano

Durante la estación de primavera, las tasas de captura muestran una elevación en lances que se denominan someros, es decir, donde la profundidad media oceánica es igual o menor a 1,500 m, esta tendencia se ve reflejada en las tres zonas, no obstante que la figura 44 muestra que los lances con captura del pez vela en la zona 2 son numerosos, la diferencia entre realizar el lance en profundidades mayores o menores a 1,500 m, no modifica de forma significativa la variabilidad de las tasas de captura en esta zona (tabla 55).

En tanto que en la estación de verano, dentro de las zonas 1 y 2, las tasas de captura se elevan en los lances denominados profundos, mientras que en los someros las tasas de captura son menores (grafica 50), sin embargo, la apreciación a simple vista puede ser engañosa, puesto que el análisis estadístico comprueba que la batimetría no modifica de forma significativa la CPUE, en consecuencia no hay diferencia alguna en realizar los lances en una u otra profundidad (tabla 56).

Durante verano en la zona 3 es donde se registran las mayores tasas de captura, siendo los lances denominados como someros los que exhiben las tasas de captura mas elevadas de todo el año para el predictor bat (grafica 50), como se puede observar en las tablas 57 y 58.

La distribución del pez vela puede ser explicada en primera instancia, por el fenómeno de migración, originado desde la costa norte de Sudamérica hacia el Mar Caribe y el Golfo de México, la migración se efectúa a finales de Marzo. Durante Septiembre da inicio otro proceso de migración con un desplazamiento desde el Golfo de México y Mar Caribe hacia el centro del Atlántico (Wise, 1973), estos antecedentes pueden explicar el aumento de las tasas captura.

En referencia a las zonas 1 y 3 durante primavera, se puede observar en los mapas de la sección 5.2.1, la evidente concentración de lances en la zona 1 y su orientación hacia el borde de la plataforma continental, mientras que en la zona 3

los lances se encuentran distribuidos de forma uniforme, apuntando a que la elevación en las tasas de captura probablemente ocurra debido a la influencia de los patrones de circulación de masas de agua dentro del Golfo de México, ya que durante este periodo, las corrientes recorren la costa a través de las Zonas 1 y 2 con dirección norte, llevando gran cantidad de material terrígeno, rico en materia orgánica, la cual es aportada por los ríos que se ubican en estas zonas (Fig. 3), esta materia orgánica es dispersada hacia la zona 3 (película Patrones de Circulación), provocando, probablemente, que los organismos cuyo alimento es esta materia orgánica, se desplacen ya sea por medios propios o sean arrastrados por la corriente hacia las zonas 1 y 3 junto con la materia y todos los demás organismos que dependen tróficamente de estas concentraciones con el fin de alimentarse.

Durante verano, única y significativamente la zona 3, sigue las mismas tendencias que en la estación de primavera y es esta zona la que entrega las tasas de captura más altas del año, a pesar del inicio del movimiento migratorio que se suscita durante el verano con dirección al centro del Atlántico, los patrones de circulación que inciden en el movimiento de las masas de agua a través de las zonas, pueden ser los causantes de esta tendencia, debido a la inversión de los patrones de circulación con dirección al sur, siendo probablemente la causa en la distribución y capturabilidad del pez vela en las demás zonas.

Los resultados (gráfica 51), apuntan a que el aumento en la presencia del pez vela y las tasas de captura en las diferentes estaciones, es debida principalmente, a los movimientos migratorios. La interpretación acerca de la distribución dentro de las zonas aunque sugerentes, están abiertas a los alcances de la investigación, no obstante estas conjeturas, es necesario realizar trabajos de marcaje con el objetivo de aclarar de forma exhaustiva los movimientos y distribución del pez vela dentro del Golfo de México.

#### Temperatura por estación y zona

La temperatura es un factor determinante en la distribución espacio-temporal del pez vela, debido a que los rangos en la distribución de este organismo son regidos por los niveles de temperatura en las aguas tropicales del Atlántico (FAO, 1985), promoviendo en gran medida las numerosas migraciones que realiza este pez.

El análisis de los predictores estación, zona y temperatura, nos acercan a la comprensión de la influencia que tiene la temperatura sobre las variaciones en las tasas de captura del pez vela; estas condiciones se encuentran representadas en el modelo del pez vela a través de la interacción  $E \times Z \times \text{temp}$ , cuyo análisis, condujo a la interpretación de la distribución espacio-temporal en función de la temperatura y al efecto fundamental que tiene sobre la variabilidad de las tasas de captura

En las primeras pruebas, como lo muestra la tabla 59, se analiza qué tan significativo es el cambio del modelo, si se elimina la interacción y posteriormente

cada una de sus partes, mostrando que la variabilidad en la CPUE del pez vela, no se ve afectada de manera significativa, sin embargo, al aplicar el criterio de análisis por estación y zona, los resultados difieren.

En la tabla 60, la prueba se efectúa sobre las estaciones 1 y 4, donde se analiza si la temperatura modifica de manera significativa la variabilidad de la CPUE del pez vela. Los resultados exponen, que no existe una variabilidad significativa en cuanto a la temperatura superficial del mar durante estas estaciones, la prueba se extiende a la estación denominada E14, donde el resultado tampoco es significativo.

### Temperatura durante la estación 2 y 3

Las pruebas estadísticas de la tablas 61 muestran, que durante la estación de primavera, existe una diferencia estadísticamente significativa entre los lances realizados, cuya temperatura promedio superficial era menor a 27° C (“F”-fríos) y los efectuados en temperaturas mayores o iguales a 27° C (“C”-calientes), alcanzando mayores tasas de captura los lances denominados “C”, mientras que en los “F”, las tasas son menores (tablas 63 y 64), esta tendencia prosigue durante toda la estación a través de las tres zonas.

Durante la estación de verano en las zonas 1 y 3 (tabla 62), la tendencia que prevalece es la misma que en la estación de primavera, sin embargo, las pruebas estadísticas arrojan resultados no significativos, por lo tanto, la diferencia entre los lances realizados en las diferentes categorías del predictor de temperatura, no afecta de forma significativa la variabilidad en las tasas de captura.

Dentro de la estación de verano y la zona 2, sólo se registraron lances para la categoría “C” (tabla 64), debido a que dentro de esta estación y zona, todos los lances se realizaron en temperaturas superiores a 21°C.

Las variaciones de las tasas de captura con respecto a la temperatura, pueden ser explicadas en función de la “predilección” del pez vela por aguas con temperaturas cálidas (FAO, 1985). Como podemos observar en la tabla 2, durante las estaciones de primavera y verano, el promedio de temperatura superficial alcanza sus máximos valores, razón por la que probablemente el pez vela hace su migración desde la costa norte de Sudamérica hacia, el mar Caribe y el Golfo de México, explicando la presencia de este pez durante estas estaciones; sin embargo, la distribución de las temperaturas dentro del Golfo de México, tienen que ver con los patrones de circulación que operan en esta cuenca semicerrada.

Durante la primavera, las corrientes transportan las masas de agua, recorriendo la costa a través de las Zonas 1 y 2 con dirección noreste (véase Película de Patrones de Circulación), llevando aguas con mayor temperatura, las cuales se encuentran en la zona 2, hacia la zona 1 y posteriormente a la zona 3, para después abandonar el Golfo de México a través del estrecho de Florida (véase

Película de Patrones de Temperatura), esto produce una homogenización en la temperatura superficial promedio dentro del Golfo de México.

En verano, los patrones de circulación que inciden en el movimiento de las masas de agua a través de las zonas se mueven con dirección sur, durante este periodo existe una mayor intromisión de la corriente de lazo (véase Película de Patrones de Circulación), provocando una recirculación de las aguas y el aporte de aguas con temperaturas más cálidas provenientes del Caribe hacia el Golfo de México, como consecuencia durante verano, hay un incremento tanto en la temperatura como en la salinidad (Elliot, 1982), siendo probablemente la causa del inicio de la migración hacia el Atlántico central, incidiendo en la distribución y capturabilidad del pez vela dentro de todas las zonas.

La temperatura y los patrones de circulación, dictan en gran medida la distribución espacio temporal del pez vela, especialmente durante la estación de primavera, donde podemos observar en la gráfica 54 cómo es la respuesta de la CPUE en función de los predictores en valores observados y esperados, los cuales muestran que efectivamente, en los lances denominados "C", se obtienen tasas de captura más elevadas, con un intervalo de confianza al 95%.

Otro aspecto importante es mencionar que el valor de la  $r^2$  en el modelo del pez vela, cuyo valor refleja el porcentaje de variabilidad que se explica por medio de la modelación, alcanzó un valor del 45%; en tanto que la CPUE promedio del pez vela fue de 0.826286 peces por cien anzuelos.

### 6.3.-DE LOS TAMAÑOS DE MUESTRA

Sin duda tener un tamaño de muestra representativa, es una condición ideal en cualquier investigación, sin embargo, en ocasiones es difícil conseguirla debido a múltiples circunstancias. Con el objetivo de verificar, si el tamaño de muestra para las pruebas del modelo en la presente investigación era representativo, se realizó un análisis de nivel de entropía y tamaño de muestra, con fundamentos en el índice de Brillouin en conjunto con la metodología de Pielou (1975), Buesa (1977), y Magurran (1988). El análisis del tamaño muestra para el pez espada, contó con 1502 lances con captura y 2252 sin captura, el cual demuestra que para este pez, es necesario tener cuando menos un tamaño de muestra de 180 lances ( $n=180$ ) para que las predicciones sean representativas de la población a un 95 % de confianza, permitiendo tener una representatividad de los fenómenos en las predicciones hechas a través del modelo del pez espada como lo ilustra la gráfica 39, mientras que para el pez vela, el análisis contó con 1,424 lances con capturas y 2,330 sin captura, mostrando que el tamaño de muestra necesario para tener una representatividad en las pruebas del modelo debe ser cuando menos de 200 lances ( $n=200$ ) como lo muestra la gráfica 55.

Estos resultados nos ayudaron a discernir en diversas ocasiones el por que al realizar las pruebas estadísticas en algún predictor, estas arrojaban un resultado no significativo pero gráficamente se apreciaba lo contrario, tal es el caso de la prueba del predictor de temperatura en la estación 3 zona 3 en el modelo del pez vela, en cuya prueba se observa en la tabla 62 que la variación entre las temperaturas en las que se realiza el lance no afecta de forma estadísticamente significativa la variabilidad de la CPUE del pez vela, sin embargo si observamos la gráfica 52 da la impresión que esta condición comparte las mismas tendencias y magnitudes con las zonas y estaciones que sí son significativas estadísticamente, esto obedece a que el tamaño de muestra para esta condición es pequeño, lo que provoca que estadísticamente no sea representativo o bien, que la diferencia de número de lances entre uno y otro rango de temperaturas sea tan diferente (pero al mismo tiempo menor al tamaño mínimo de muestra) que no sea posible hacer una comparación estadísticamente significativa como en este caso, lo cual explica esta aparente discordancia entre los resultados estadísticos y la representación gráfica de estos en los casos que se presentó este fenómeno.

Asimismo los resultados de la prueba del tamaño de muestra fortalecen la decisión de tomar en cuenta sólo los datos referentes a los peces vela y espada, pues tienen un tamaño de muestra representativo, probablemente los datos para marlín azul sean viables para ser modelados (tabla 14), sin embargo, el marlín blanco y el marlín aguja larga en forma determinante podemos decir que, no son viables para realizar una modelación, puesto que presentan una cantidad muy grande de lances sin capturas, lo que da como consecuencia un tamaño de muestra pequeño y muy probablemente poco representativo de la población, por lo tanto, creemos que es necesario tener un tamaño de muestra más grande para estos organismos y proyectar los análisis de este trabajo hacia estas especies.

## 6.4.-MANEJO

Actualmente la regulación que opera sobre los picudos esta referida a la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables y a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-017-PESC-1994, en donde se hace mención de las disposiciones referentes a estos organismos; dentro de las regulaciones se encuentra la prohibición de la pesca dirigida a los picudos por parte de embarcaciones comerciales dentro de una franja de de 50 millas náuticas medida a partir de la línea de costa, tal disposición beneficia en gran medida la protección de los peces picudos.

Otro aspecto a considerar, es el hecho de que los organismos denominados como pez vela y pez espada, tienen características y hábitos muy diferentes, por lo tanto, su ubicación espacio temporal, los factores ambientales y pesqueros que inciden en su captura de forma incidental en palangres de la Flota Atunera Mexicana del Golfo de México son distintos, es por estas razones, que existe la necesidad de proponer un plan de manejo adecuado a cada organismo, sin olvidar que forman parte de un solo ecosistema.

### 6.4.1.-Consideraciones acerca del manejo del pez espada

El primer punto en consideración para el manejo del pez espada es su distribución espacio temporal, el cual como explicamos, tiene una mayor presencia dentro del Golfo de México durante los meses que comprenden las estaciones de otoño-invierno, mientras que su presencia disminuye hacia primavera y verano, la otra consideración acerca del pez espada, es su presencia en aguas cercanas al borde de la plataforma continental, comprendiendo un rango dentro de las isobatas de 100 y 180 brazas (Fig. 35, 36, 37). Las regulaciones que se plantean en la presente investigación, por una parte son para mitigar y no rebasar la cuota de pez espada asignada a México por la ICCAT de 200 toneladas por año incluyendo la captura incidental en lances realizados por palangres de la Flota Atunera Mexicana del Golfo de México y la pesca dirigida a este recurso.

Esencialmente se propone que durante los meses de Octubre a Marzo se prohíban las operaciones de captura a embarcaciones comerciales dirigidas a la pesca de atún en una isobata cuya profundidad sea aproximadamente de 1000 m o su distancia equivalente a partir de la costa cuando su cuota este cercana al limite, el alejamiento de la costa a este tipo de embarcaciones es una solución de bajo costo y fácil vigilancia (con el uso de los VMS) si se busca seguir con la actividad de la pesca del atún sin rebasar las cuotas de captura asignadas al pez espada, mientras que para la pesca dirigida a espada el estudio permite conocer bajo que factores se puede capturar esta especie, la pesca dirigida siempre debe realizarse cuidando que no se rebasen las cuotas anuales. En lo que se refiere a las embarcaciones dedicadas a la pesca deportiva y artesanal, quedarían eximidas de estas regulaciones.

#### 6.4.2.-Consideraciones acerca del manejo del pez vela

El pez vela es un organismo que tiene una distribución espacio-temporal muy significativa durante los meses de primavera-verano debido a la migración que realiza desde el Atlántico Ecuatorial hacia el Golfo de México, por lo tanto, es importante establecer regulaciones de pesca durante este periodo, a modo que se adecúen a las necesidades pesqueras pero en función de los requerimientos para la protección de este organismo.

El análisis sobre los resultados de esta investigación, nos sugieren hacer algunas propuestas para ayudar en la reducción de las capturas incidentales del pez vela en palangres de la Flota Atunera Mexicana del Golfo de México.

Se propone una restricción de la pesca comercial en una franja dentro de una isobata cuya profundidad sea de 1500 m o su distancia equivalente a partir de la costa durante la estación de primavera en lo que en el presente trabajo denominamos la zona 1 y 2 (tabla 13),

En lo referente a la pesca deportiva quedara exenta de la restricción anterior.

En lo referente a la pesca artesanal con embarcaciones menores quedará eximida de estas regulaciones, sin embargo, con el fin de no afectar la economía y operación esta pesca, sería conveniente realizar un estudio en relación a las capturas de picudos en esta pesquería, para llegar a formular propuestas que sean de tipo sustentable y que no afecten el desarrollo de este tipo de pesca.

Las recomendaciones sobre el horario de inicio de lance, el tipo de carnada y la profundidad de anzuelo, para ambas especies, sin duda nos proporcionarían una mayor eficacia en la reducción de captura incidental, no obstante el horario de inicio de lance y la profundidad de anzuelo promedio que se emplea para la captura de atún se encuentra dentro de los rangos de del pez espada y el pez vela. La carnada que se emplea es de carácter ictiológico de la cual se alimentan tanto el pez vela como el pez espada, por lo tanto es difícil hacer alguna propuesta en función de estos predictores sin contar con un estudio de la zona acerca de las configuraciones del equipo y duración de lance entre otros factores pesqueros que no fueron incluidos en esta investigación, es por esto que se tomó la decisión de reservar algunas propuestas con el fin de no afectar el desempeño de la pesca industrial. La idea tampoco es beneficiar a la pesca industrial excluyendo a las demás actividades pesqueras artesanales, el objetivo sería encontrar un equilibrio en la medida que las diferentes pesquerías requieran.

## 6.5.-PROYECCIONES Y PERSPECTIVAS

Los resultados de esta investigación, si bien sirvieron para alcanzar los objetivos que se plantearon, al mismo tiempo sirven como fundamento para nuevas y numerosas hipótesis, que para su aclaración, serán dignas de investigaciones específicas acerca de cada tema, tal es el caso de la distribución vertical del pez vela y el pez espada, los movimientos migratorios del pez espada, la relación de productividad primaria con la distribución de organismos en función de la cadena trófica, el estudio del ciclo de vida de los picudos en el Golfo de México, el efecto de la duración del lance, entre otros mecanismos que se hicieron constar a través del análisis de resultados, sin dejar de mencionar la necesidad de extender este tipo de estudio a los demás picudos y hacia otras especies que conforman el total de la captura incidental aunque éstas no tengan un valor comercial. Por otra parte el paso obligado a este tipo de estudio es la estandarización de las tasas de captura, como el trabajo de Ortiz y Arocha (2004).

Esta Investigación buscó en primera instancia, contribuir con la sencilla, pero apasionante curiosidad humana que despierta el entendimiento hacia el entorno natural y de alguna forma, participar con el quehacer científico que tanta falta le hace a México, esperando que el conocimiento generado a partir de este trabajo sirva como antecedente o referencia para estudios posteriores que nos ayuden a tener un aprovechamiento de forma sustentable sobre los recursos pesqueros y diseñar alternativas de manejo adecuadas al país en todas las áreas de extracción de recursos naturales, beneficiando a los sectores involucrados en el aprovechamiento de los recursos, pero siempre y sobre todas las cosas salvaguardando la soberanía del país y beneficiando directamente a las comunidades étnicas de donde se extrae el recurso.

## ANEXO 1

### ALGORITMO PARA NMANI

NMANI:

$$\text{Silnm}(\text{Silnm}([\text{CODOTRO1}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO1}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO2}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO2}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO3}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO3}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO4}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO4}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO5}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO5}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO6}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO6}], 0) + \text{Nz}([\text{NMARLIN}]) + \text{Nz}([\text{NMARLIR}]) + \text{Nz}([\text{NMARLAC}]) > 0, \text{Silnm}([\text{CODOTRO1}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO1}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO2}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO2}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO3}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO3}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO4}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO4}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO5}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO5}], 0) + \text{Silnm}([\text{CODOTRO6}] = \text{"MANI"}, [\text{NOTRO6}], 0) + \text{Nz}([\text{NMARLIN}]) + \text{Nz}([\text{NMARLIR}]) + \text{Nz}([\text{NMARLAC}])$$

Donde la función comienza con una regla de decisión revisando si en la columna CODOTRO1 hay un registro MANI, incluya el dato correspondiente de NOTRO, si no hay lo hace cero, hace el mismo juicio con todas las demás columnas CODOTRO (del 1 al 6), sumando al número de MANI los datos de NMARLIN, NMARLAC y NMARLIR, si el resultado es mayor a 0, devuelve la cifra, si no hay valor, entonces el resultado es nulo. Por otro lado los códigos NMARLIN, NMARLAC y NMARLIR se incluyeron en caso de que hubiera un error por parte de los observadores al registrarlos en los formatos de observación proporcionados por el INP, ya que estas especies sólo se encuentran en el Océano Pacífico.

## ALGORITMOS PARA CALCULAR NPIC Y KPIC

NPIC:

$\text{Silnm}(\text{Nz}([\text{NMARLIA}]) + \text{Nz}([\text{NMARLIB}]) + \text{Nz}([\text{NMARLAL}]) + \text{Nz}([\text{NVELA}]) + \text{Nz}([\text{NPESP}]) + \text{Nz}([\text{NMANI}]) > 0, \text{Nz}([\text{NMARLIA}]) + \text{Nz}([\text{NMARLIB}]) + \text{Nz}([\text{NMARLAL}]) + \text{Nz}([\text{NVELA}]) + \text{Nz}([\text{NPESP}]) + \text{Nz}([\text{NMANI}]))$ .

KPIC:

$\text{Silnm}(\text{Nz}([\text{KMARLIA}]) + \text{Nz}([\text{KMARLIB}]) + \text{Nz}([\text{KMARLAL}]) + \text{Nz}([\text{KVELA}]) + \text{Nz}([\text{KPESP}]) + \text{Nz}([\text{KMANI}]) > 0, \text{Nz}([\text{KMARLIA}]) + \text{Nz}([\text{KMARLIB}]) + \text{Nz}([\text{KMARLAL}]) + \text{Nz}([\text{KVELA}]) + \text{Nz}([\text{KPESP}]) + \text{Nz}([\text{KMANI}]))$

Donde la función Silnm, es una regla de decisión, la cual define que si la suma de  $\text{Nz}([\text{NMARLIA}]) + \text{Nz}([\text{NMARLIB}]) + \text{Nz}([\text{NMARLAL}]) + \text{Nz}([\text{NVELA}]) + \text{Nz}([\text{NPESP}]) + \text{Nz}([\text{NMANI}])$  es mayor a 0, devuelva el resultado de la suma y en caso contrario devuelva un valor nulo. Por otra parte la función Nz convierte los valores nulos en 0 para evitar que el resultado de la suma sea nulo (un valor es nulo cuando no existe dato o no es posible calcularlo).

## ALGORITMO PARA CALCULAR LA CPUE POR LANCE

$\text{CPUE\_NMARLIA} = (\text{Silnm}([\text{PLAN}]![\text{NMARLIA}] \text{ Es Nulo}, 0, [\text{PLAN}]![\text{NMARLIA}]/[\text{NO\_ANZ}])) * 100$

Donde la función nos dice, si el dato de NMARLIA de la Tabla PLAN es nulo, la CPUE es cero y si hay captura, lo divide entre el valor correspondiente del campo de NO\_ANZ y lo multiplique por 100, proporcionando el valor de la CPUE, esto se hizo con cada especie.

## ALGORITMO PARA CALCULAR LOS CAMPOS LON Y LAT EN LA CONSULTA CPUE\_PROMEDIO POR MES

LON:  $\text{SinDec}([\text{LONGITUD}]) - 0.5$ :

Donde al campo Longitud de la Tabla PICUDOS:NCODPIC, F,FECHA,-LO-LA/LAN", se le quitan los decimales por medio de la función SinDec y posteriormente a este número se le resta 0.5

LAT:  $\text{SinDec}([\text{LATITUD}]) + 0.5$ :

Donde al campo Latitud de la Tabla PICUDOS:NCODPIC, F,FECHA,-LO-LA/LAN", se le quitan los decimales por medio de la función SinDec y posteriormente a este número se le suma 0.5

## CPUE PROMEDIO POR TIEMPO Y CUADRANTE

Para calcular el promedio de CPUE se aplico la siguiente formula,

CPUE\_NPIC prom:  $\text{Silnm}(\text{Suma}([\text{NPIC}]) \text{ Es Nulo}, 0, \text{Silnm}(\text{Negado} \text{ Suma}([\text{NO\_ANZ}]) \text{ Es Nulo}, \text{Silnm}(\text{Suma}([\text{CPUE\_NPIC}] > 0, \text{Promedio}([\text{CPUE\_NPIC}])))$

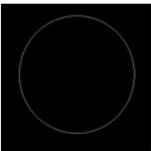
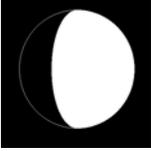
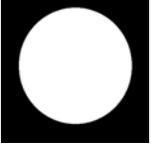
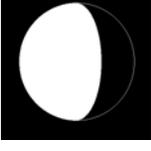
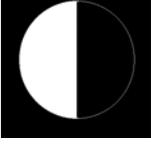
La función inicia con una prueba lógica en donde si NPIC es nulo la CPUE es cero, y si no hay número de anzuelos la operación es nula. Pasados estos filtros revisa si el valor de la CPUE total es mayor que cero, esto con el objetivo que se ejemplifica de la siguiente manera:

NO_LANCE	NPIC	NO_ANZ	CPUE
1	1		NULA
2		500	0
3			0
TOTALES DE LA SUMA	1	500	0
DESICION	>0	>0	0

Donde como podemos ver en la tabla aunque en los totales de las sumas existe tanto número de anzuelos como número de organismos, aritméticamente la CPUE es incorrecta, puesto que no es cero, pero tampoco se puede calcular porque el esfuerzo y la captura conocidos corresponden a lances distintos; por lo tanto para evitar este error, la regla de decisión lógica excluye del calculo estos valores produciendo un resultado nulo. Una vez verificado que esta condición no se presente, la formula promedia los valores de la CPUE de los lances correspondientes (este calculo se realizó para cada especie).

## ANEXO 2

### Fases lunares

Imagen de la Luna	Descripción de las Fases Lunares	Porcentaje iluminado.
	La Luna Nueva - El lado oscuro de La Luna está enfrente de la Tierra. La Luna no es visible (excepto durante un eclipse solar).	0%
	Creciente Iluminante - La Luna aparece iluminada en una parte pero es menor a la mitad, el fragmento del disco de la Luna que se ilumina se va incrementando.	25%
	Primero el Cuarto (Cuarto Creciente) – La mitad de la Luna aflora al ser iluminado por la luz directa del sol, el fragmento del disco de la Luna que se ilumina se va incrementando.	50%
	Gibosa Iluminante - La cara de la Luna se encuentra iluminada a mas del la mitad pero no llega a estar totalmente iluminada, el fragmento iluminado de la luna sigue aumentando.	75%
	Luna llena – La cara visible de la luna esta iluminada completamente por la luz directa del sol.	100%
	Gibosa Menguante - La cara de la Luna se encuentra iluminada a mas del la mitad, el fragmento iluminado de la luna se empieza a reducir	75%
	Último cuarto (Cuarto Menguante) – La mitad de la cara de la Luna es visible, aunque el fragmento del disco de la Luna que esta iluminado se sigue reduciendo.	50%
	Creciente Menguante - La cara de la Luna se encuentra oculta a mas del la mitad pero no llega a estar totalmente oculta, el fragmento iluminado de la luna sigue decayendo.	25%

### ANEXO 3

#### Nomenclatura de Vectores para los modelos del pez espada y pez vela

Vector	Definición
pa.D	Colapsa los niveles de pa en uno solo para los lances de día
pa.N	Colapsa los niveles de pa en uno solo para los lances de noche
pa.D.NC	Colapsa los niveles de pa en uno solo para los lances de día y los lances de noche cuando el porcentaje lunar es menor al 50%
pa.N.CL	Colapsa los niveles de pa en uno solo para los lances de noche y cuando el porcentaje lunar es mayor o igual al 50%
car2	Colapsa los niveles PD y CEFA del predictor car en uno solo y mantiene intacto el nivel PD.
car.d.nc.c	Colapsa los niveles de car en uno solo para los lances de día y los lances de noche cuando el porcentaje lunar es menor al 50%
car.n.cl.c	Colapsa los niveles de car en uno solo para los lances de noche y cuando el porcentaje lunar es mayor o igual al 50%
batpz.e1	Colapsa los niveles de batpz en la estación 1 y mantiene las demás niveles de batpz en las demás estaciones.
batpz.e2	Colapsa los niveles de batpz en la estación 2 y mantiene las demás niveles de batpz en las demás estaciones.
batpz.e3	Colapsa los niveles de batpz en la estación 3 y mantiene las demás niveles de batpz en las demás estaciones.
batpz.e4	Colapsa los niveles de batpz en la estación 4 y mantiene las demás niveles de batpz en las demás estaciones.
batpz.e34	Colapsa los niveles de batpz en la estación 3 y 4 y mantiene las demás niveles de batpz en las demás estaciones.
E12	Colapsa las estaciones 1 y 2 en uno sola
E13	Colapsa las estaciones 1 y 3 en uno sola
E14	Colapsa las estaciones 1 y 4 en uno sola

E23	Colapsa las estaciones 2 y 3 en uno sola
E24	Colapsa las estaciones 2 y 4 en uno sola
E34	Colapsa las estaciones 3 y 4 en uno sola
E14.BAT	Colapsa los niveles de batpz.e3 en la estación 1 y mantiene las demás niveles de batpz.e3 en las demás estaciones.
E14.BAT.p	Colapsa los lances realizados en la estación 1 en el vector E14.BAT con la estación 4 y mantiene las demás niveles de del predictor E14.BAT
bat4p	Crea un vector que convierte a todos los lances de la estación 1 en "P" dentro del vector E14.BAT.p , manteniendo intactos los demás registros
e23p	Crea un vector en donde los lances que se realizaron en la estación 2 y sean someros para los predictores E14.BATp y batpz.e3 respectivamente, los convierta en profundos para la estación 2 y mantenga los demás campos intactos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Abitia C. L. A., Galvan M. F., Gutierrez S. F. J., Rodríguez R.J., Aguilar P. B., Mohel H. A., (1999). **Diet of Blue Marlin (*Makaira mazara*) off the coast of Cabo San Lucas, Baja California Sur, México**. Fisheries Research. 44: p.p.95-100

Beverly S., (2004). **New Deep Setting Longline Technique for by Catch Mitigation**. Secretariat of the Pacific Community Report Number 1203, p.p.1318

Bigelow and Boggs., (1999). **Environmental Effects on Swordfish and Blue Shark Catch Rates in the U.S: North Pacific Longline Fishery**. Fisheries Oceanography. 8:3, p.p.178-198.

Bigelow, Musyl, Poisson, Kleiber., (2006). **Pelagic Longline Gear Depth and a Shoaling**. Fisheries Research .70: p.p.137-139

Bromley, P.J., (2000). **Growth, sexual maturation and spawning in central North Sea plaice (*Pleuronectes platessa* L.), and the generation of maturity ogives from commercial catch data**. J. Sea Res. 44, p.p. 27–43.

Buesa J. René., (1977). **Método Basado en la Teoría de la Información para Calcular el Tamaño de Muestra de los Animales Marinos**. An.Centro Ciencias. Del Mar y Limnología. UNAM, 4 (1) : p.p.99-106

Collette B. Bruce, McDowell R. Jan, Graves E. John., (2006). **Phylogeny Recent Billfishes (*Xiphoidei*)**. Bulletin of Marine Science, 79(3), p.p.455-468.

Crawley J. Michel., (2003). **An Introduction to Data Analysis Using S-plus**. Edit. Wiley. p. 761

De la Lanza Espino Guadalupe., (1991). **Oceanografía de Mares Mexicanos**. Edit. AGT. p. 569

Diario Oficial de la Federación. 25 de Junio de 1992. Estados Unidos Mexicanos. **Ley de Pesca**

Diario Oficial de la Federación. 28 de Diciembre de 1994 Estados Unidos Mexicanos **Norma Oficial Mexicana NOM-017-PESC-1994, Para regular las actividades de pesca deportivo recreativa en las aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos**.

Diario Oficial de la Federación 28 de Agosto del 2000 Estados Unidos Mexicanos **Carta Nacional Pesquera**.

Dobson R.,(1999). **Programación Avanzada con Microsoft Access**.  
Edit. Mc Graw Hill. p.537

Haddon M., (2001). **Modelling and Quantitative Methods in Fisheries**.  
Edit. Chapman & Hall/CRC. p. 403

Hastie T. J. and Tibshirani R. J., (1990). **General Additive Models**.  
Edit. Chapman and Hall. p 329

Kimura, D.K., (1981). **Standardized measures of relative abundance based on modeling log(c.p.u.e.), and the application to Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*)**. J. Cons. Int. Explor. Mer. 39, p.p.211–218.

Magurran A., (1988). **Ecological Diversity and its Measurement**.  
Edit. Princeton University. p.179

Marr C. J.,(1951). **On the Use of the Terms Abundance, Availability and Apparent Abundance in Fishery Biology**. Fish and Wildlife Service U.S. Department of the Interior. p.p.163-168

Maunder, M.N., Punt, A.E., (2004). **Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches**. Fisheries. Research. 70, 141–149.

McCullagh, P., Nelder, J., (1989). **Generalized Linear Models**, 2nd ed.  
Chapman & Hall, New York. p. 511

Miyamoto, Uchida, Wen, Shiode, Kakihara., (2006) **Three – Dimensional Underwater Shape Measurement of Tuna Longline Using Ultrasonic Positioning System an a ORBCOML Buoy**. Fisheries Science 72: p.p.63-68

Monteki, Arai, Tsuchiya, Okamoto., (2001). **Composition of Piscine Prey in the Diet of Large Pelagic Fish in the Eastern Tropical Pacific Ocean**. Fisheries Science. 67: 1063-1074

Nakamura Izumi., (1985). **FAO Species Catalogue Vol.5 : Billfishes of the World**. United Nations Development Program.

Nelson, Joseph S., (1994). **Fishes of the World**. 3<sup>ra</sup>. Edition  
Edit. J. Wiley. p.600

Ortiz, M., Legault, C.M., Ehrhardt, N.M., (2000). **An alternative method for estimating bycatch from the U.S. shrimp trawl fishery in the Gulf of Mexico, 1972–1995**. Fish. Bull. US 98, p.p.583–599.

Ortiz, N., Arocha, F., (2004). **Alternative Error Distribution Model for Standardization of Catch Rates of Non-Target Species From a Pelagic Longline Fishery Billfish Species in the Venezuelan Tuna Longline Fishery.** Fisheries Research. p.p.275-297.

Pielou E. C., (1975). **Ecological Diversity.** Edit. Wiley. p.256

Power J. H & May N.L., (1991) **Satellite Observed Sea-Surface Temperatures an Yellowfin Tuna Catch and effort in the Gulf of Mexico.** Fishery Bulletin. U.S. 89.429.439

Punt, A.E., Walker, T.I., Taylor, B.L., Pribac, F., (2000). **Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery.** Fisheries. Research. 45, p.p.129–145

Solana F., Ramirez K.,(2006). **Análisis de la Pesquería Mexicana del Atún en el Golfo De México, 2004.** ICCAT (59)2: p.p.525-535

Venables W. N. & Ripley B.D., (2001). **Modern Applied Statistics whit S-plus.** 3<sup>ra</sup> Edition Edit. Springer. p.481

Venables & Dichnond., (2004). **GLMs, GAMs and GLMMs: An Overview of Theory for Applications in the Fisheries Research.** Fisheries Research .70:319-337.

Vörösmarty, C.J., B. Fekete, and B.A. Tucker., (1996). **River Discharge Database, Version 1.0 (RivDIS v1.0), Volumes 0 through 6. A contribution to IHP-V Theme 1. Technical Documents in Hydrology Series.** UNESCO, Paris

Walsh, Rusell, Kawamoto, Mccracken., (2005). **Analysis of Longbook Occuracy for Blue Marlin (*Makaira Nigricans*) In The Hawaii-Based Longline Fishery Whit A Generalized Additive Model And Commercial Sales Data.** Fisheries Research. 75: p.p.175-192

Ward & Myers., (2005). **Inferring the Depth Distribution of Catchability for Pelagic Fishes on an Correcting for Variations in the Depth of Longline Fishing Gear.** Fishing Aquatic Science. 62: p.p.1130-1142.

Ward & Myers., (2006). **Do Habit Models Accurately Predict the Depth Distribution of Pelagic Fishes?.** Fisheries Oceanography 15:1, p.p. 60-66

Wise, J.P. and C.W. Davis (1973)., **Seasonal distribution of tunas and.billfishes in the Atlantic.** NOAA Tech.Rep.NMFS (Spec.Sci.Rep.-Fish.Ser.), (622): p.p.1-24

Xiao-jie & Zhan-ying., (2000)., **Deep Longline by Catch in the tropical Atlantic Ocean.** ICCAT. 51 (6): p.p.1936-1939.