



Universidad Veracruzana

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
Región Veracruz

Biología marina

**INFLUENCIA DEL CICLO LUNAR EN LAS CAPTURAS
DE ATÚN ALETA AZUL *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758)
EN EL GOLFO DE MÉXICO**

Tesis para obtener el grado de licenciado en
Biología marina

Presenta:

Diego Hernández Simón

Director:

Dr. Roberto Martín Cruz Castán

Co-director:

Dr. César Gabriel Meiners Mandujano

Agosto de 2024

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Universidad Veracruzana

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
Región Veracruz

Biología marina

*INFLUENCIA DEL CICLO LUNAR EN LAS CAPTURAS DE ATÚN
ALETA AZUL *Thunnus Thynnus* (Linnaeus, 1758) EN EL GOLFO
DE MÉXICO*

Tesis para obtener el grado de licenciado en
Biología marina

Presenta:
Diego Hernández Simón

Director:
Dr. Roberto Martín Cruz Castán

Co-director:
Dr. César Gabriel Meiners Mandujano

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Veracruzana por brindarme innumerables oportunidades para crecer y desarrollarme durante este periodo de formación académica. En especial, quiero reconocer a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, que me ha ofrecido valiosas oportunidades que han sido fundamentales para mi desarrollo personal y profesional.

A mi familia, les debo todo mi apoyo y fortaleza en este viaje: a mi madre, a mi padre, a mi hermana, a mis tías, especialmente a mi tía Amandita, a mis abuelos, primos y sobrinos. Sin su amor y respaldo incondicional, no habría llegado tan lejos.

No puedo olvidar a mis queridos compañeros de carrera: Sebastián, Juan, Rodrigo, Metzli, Vanessa, Melissa, Luz, Perla, Paola, Nadia, Diana y Karen. Gracias a ellos, este viaje estuvo lleno de aventuras y experiencias inolvidables. Agradezco también a las generaciones más jóvenes con las que tuve el privilegio de convivir; sus buenos momentos y valiosos aprendizajes contribuyeron significativamente a mi crecimiento.

Índice

Resumen	4
Introducción.....	5
Justificación	16
Hipótesis	17
Objetivos.....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos	18
Metodología.....	19
Resultados y discusión.....	21
Conclusión.....	35
Referencias	36

Resumen

En este trabajo se presenta un análisis acerca de la influencia del ciclo lunar en las capturas de atún aleta azul en el sur del golfo de México, destacando su importancia al tratarse de una especie capturada de forma incidental durante los meses de enero a abril de cada año por la flota palangrera dirigida al atún aleta amarilla pero con un apreciado valor comercial. Se determinó la fase lunar y correspondiente intensidad luminosa de acuerdo con la fecha de captura de los individuos estudiados. Se encontró una relación entre estos factores y la ocurrencia del atún aleta azul. La mayoría de las capturas se presentaron durante la fase de luna nueva, a excepción del mes de abril, donde el mayor número de capturas ocurrió durante la fase de luna llena. Se determinó que la intensidad luminosa de la luna afecta las tasas de captura, propiciando de manera general una mayor actividad durante las fases de menor luminosidad. El ciclo lunar tiene una influencia significativa en las capturas de atún aleta azul en el sur del golfo de México, por ello, es necesario profundizar en este y otros factores ambientales que podrían influenciar las capturas, pues el conocimiento de estos es crucial para la pesca responsable y la conservación de la especie.

Palabras clave: *Thunnus thynnus*, luna, captura, golfo de México, palangre

Introducción

El atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) es el túnido de mayor tamaño, con una longitud promedio de 2 m y llegando a pesar incluso hasta los 700 kg en aquellos organismos de mayor tamaño que se han registrado. Una de las características más interesantes de esta especie es su cuerpo en forma de torpedo, es decir, que su parte frontal es más robusta y gracias a ello son excelentes nadadores (Figura 1). Además de sus ventajas natatorias, a la vista son peces robustos y musculados, poseen aletas amarillas de bordes negros que van desde las aletas dorsal y anal curvadas hasta una aleta caudal (cola) creciente y un color azul oscuro metalizado en su porción dorsal que se desvanece a blanco plateado ventralmente (Mather et al., 1995; Fromentin, 2006; Gardieff, 2019).



Figura 1. Fotografía de cardumen de atún aleta azul del Atlántico. Fuente: Sitio web https://www.fishbase.se/country/CountrySpeciesSummary.php?id=147&c_code=&lang=swedish&lang=spanish

Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino	Animalia
Subreino	Bilateria
Infrareino	Deuterostomia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Infraphylum	Gnathostomata
Superclase	Actinopterygii
Clase	Teleostei
Superorden	Acanthopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Scombroidei
Familia	Scombridae
Subfamilia	Scombrinae
Tribu	Thunnini
Género	<i>Thunnus</i>
Subgénero	<i>Thunnus</i> <i>(Thunnus)</i>
Especie	<i>Thunnus thynnus</i>

Se trata de una especie altamente migratoria, que posee la mayor distribución latitudinal de entre todos los atunes, y es por eso que podemos ubicarlo en prácticamente todo el ecosistema pelágico del océano Atlántico, de los 70° N a los 30° S (Collette & Nauen, 1983); esta extensa

distribución es posible gracias a la endotermia de esta especie, dependiente de una compleja red de vasos sanguíneos denominada la *rete mirabile* que hace posible el intercambio y conservación del calor metabólico y de esta forma, puede tolerar un amplio rango de temperaturas ambientales que pueden ir desde los ~ 3 °C hasta los 31 °C, manteniendo una temperatura corporal constante (Carey & Teal, 1969; Block et al., 2001; Blank et al., 2004). Gracias a sus características corporales, puede nadar hasta profundidades mayores a los 1000 m (Walli et al., 2009), lo que lo ubica como la especie de la familia Scombridae con el nicho térmico más amplio (Block et al., 1998).

Debido a la extensa distribución del atún aleta azul, la Comisión Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico (ICCAT por sus siglas en inglés) considera dos stocks para su manejo: el oriental y el occidental, los cuales están delimitados por el meridiano 45° W y se determinaron considerando las dos zonas de puesta registradas hasta ese entonces, en el mar Mediterráneo (oriental) y en el golfo de México (occidental) (Fromentin, 2006). Si bien esta especie se alimenta generalmente en aguas frías con alta productividad e incluso existe evidencia de que ambos stocks convergen en las zonas de alimentación (Walli et al., 2009), el atún aleta azul posee fidelidad a sus zonas de desove, lo cual ocurre en masas de agua cálidas plenamente identificadas (Block et al., 1993, 2001; Mather et al., 1995); actualmente son cuatro las zonas de desove confirmadas para el stock occidental y cinco para el oriental (Medina, 2020).

Trabajos previos han registrado que para que ocurra el desove, la temperatura juega un papel determinante en esta especie ya que la ventana térmica óptima calculada para la puesta es de los 22.6 °C a los 27.5 °C para el norte del golfo de México y de los 22.5 °C a los 25.5 °C

para el Mediterráneo (Karakulak et al., 2004a, 2004b; Garcia et al., 2005; Teo et al., 2007; Rooker et al., 2007). Particularmente en México, estas temperaturas se presentan en el golfo de México durante los meses de enero a abril (Cruz-Castán et al., 2019), periodo en el que el atún aleta azul es capturado de manera incidental por la flota palangrera que tiene como especie objetivo la pesca de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) (Ramírez-López & Abad-Uribarren, 2013). Debido a que la flota palangrera no dirige sus esfuerzos hacia el atún aleta azul, el número de individuos de *T. thynnus* capturados es marginal al registrar un promedio de 60 individuos al año, es decir, una captura incidental inferior a 25 t anuales, y de acuerdo con lo reportado comprende un intervalo de tallas de 120 a 380 cm LF, con un promedio de 250 cm LF (Ramírez-López & Abad-Uribarren, 2013; Abad-Uribarren et al., 2014).

El palangre es una técnica de pesca que implica el uso de una línea principal a la cual se adjuntan múltiples líneas secundarias (Figura 2), cada una equipada con anzuelos en sus extremos, se trata de una técnica ancestral que se remonta a la antigüedad, la cual tiene sus orígenes en el uso del "volantín" o "sedal de tres anzuelos" por parte de fenicios y egipcios en el mar Mediterráneo (Canterla, 1989).

El palangre de superficie es una técnica pesquera ampliamente utilizada a nivel global para la captura de peces pelágicos y semi-pelágicos, los cuales tienen una distribución extensa. Este método de pesca resulta altamente eficaz en la captura de especies como atunes, peces espada y tiburones (Doumenge, 1998; Matsuda, 1998).

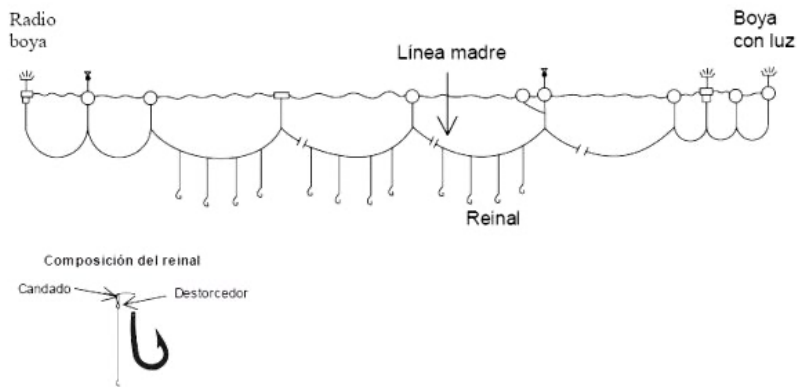


Figura 2. Palangre usado por la flota palangrera mexicana del golfo de México. Fuente: Solana-Sansores & Ramírez-López 2006.

A pesar de que no existe una pesca dirigida a esta especie en el stock occidental, las capturas declinaron durante las últimas décadas, lo cual sugiere que este stock es más pequeño que el oriental, y por ello se ha considerado que su biomasa desovante se encuentra en un estado de baja abundancia (Fromentin & Powers, 2005; Rosenberg et al., 2013). Esto es relevante porque, ambos stocks guardan cierto grado de conectividad por lo cual, la recuperación del stock occidental está ligado a las tasas de supervivencia que ocurren en el stock oriental, el cual se considera que es más grande (Taylor et al., 2011; Wilson et al., 2015; Richardson et al., 2016).

Se ha observado que el número de individuos de *T. thynnus* capturados incidentalmente fluctúa a lo largo de los meses en los que la especie permanece en aguas mexicanas (Cruz-Castán et al., 2019), aun cuando el esfuerzo pesquero se mantiene constante, pues hay momentos en los que la ocurrencia de esta especie es mayor.

Esto permite inferir que aun cuando la temperatura marca su llegada a aguas mexicanas, deben existir otros factores que determinan su disponibilidad local al arte de pesca en días

específicos, por ello es necesario explorar las características físicas y ambientales que expliquen la ocurrencia de la especie, ya que reconocer los factores que determinan en última instancia la probabilidad de captura de atún aleta azul es indispensable para incorporarlas eventualmente en los instrumentos de manejo para un aprovechamiento sostenible de este valioso túnido.

Antecedentes

Diversas especies de peces realizan migraciones a áreas específicas para desovar, donde las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de la prole, existen especies que migran de aguas marinas hacia aguas dulces o viceversa, en otros casos los movimientos migratorios ocurren únicamente en los cuerpos de agua dulces, mientras que otros se realizan exclusivamente en el mar, tal es el caso de los atunes (McDowall, 1988; MITECO, 2006; Macías-Zamora et al., 2011; Pareja-Carmona et al., 2014). Los factores ambientales clave para los procesos migratorios son generalmente: la temperatura del agua, las corrientes oceánicas y la disponibilidad de alimento, por lo tanto, influyen en la abundancia y pesca de los peces en ciertas zonas y épocas (Valencia-Gasti et al., 2015; Yáñez et al., 2017).

El atún aleta azul del Atlántico, también conocido como atún rojo (*Thunnus thynnus*), realiza migraciones hacia sus áreas de desove; en la actualidad se conocen un total de cuatro áreas de puesta para el stock occidental (golfo de México, canal de Yucatán, Blake Plateau y Slope Sea) en la que esta especie acude a reproducirse, mientras que para el stock oriental existen cuatro zonas confirmadas (mar Balear, mar Tirreno, costas de Túnez-Malta-Libia y mar Levantino) y una posible antigua zona de desove en el mar Negro (Medina, 2020). Los movimientos hacia estas áreas de desove de ambos stocks están estrechamente relacionados con la dinámica térmica del mar, ya que arriban y se mantienen en estos sitios cuando las temperaturas superficiales oscilan entre los 23.5 y los 27 °C (Karakulak et al., 2004a, 2004b; Richardson et al., 2016).

Para el caso de la ocurrencia de *T. thynnus* en aguas mexicanas del golfo de México, a pesar de que la flota palangrera que los captura de manera incidental opera durante todo el año, su captura únicamente ocurre entre enero y abril, pues es en este periodo en el que el golfo de México empieza a registrar las temperaturas óptimas para el desove, posteriormente el agua se calienta tanto que hace inviable el proceso de reproducción y es por ello que es inusual encontrarlo en aguas mexicanas fuera de este periodo (Cruz-Castán et al., 2019). Adicionalmente, los registros de capturas han mostrado que el arribo es progresivo, pero que son los meses de febrero y de marzo los que presentan un mayor número de capturas incidentales (Abad-Uribarren et al., 2014).

En México, las capturas de atún aleta azul no son dirigidas, sino incidentales, esto para contribuir en el esfuerzo por la recuperación de las poblaciones ya que los datos obtenidos son mayoritariamente de los reproductores y se cree que el stock occidental tiene una biomasa reproductora más pequeña que el stock oriental (SCRS, 2003, 2006; Rooker et al., 2007). Derivado de esto, a México le corresponden solo 134 toneladas de captura del 2023 al 2025, muy por debajo de la cuota permitida de 1,316 toneladas para Estados Unidos y la de 543 toneladas autorizada para Canadá (ICCAT, 2023).

Sin embargo, al tratarse de captura incidental, las toneladas de atún aleta azul son considerablemente menores a las recomendadas por ICCAT, por ejemplo para el año 2019 se capturaron 39 toneladas de atún aleta azul, lo que corresponde únicamente al 4 % del total de especies capturadas por la flota de palangre dirigida al atún aleta amarilla, especie objetivo que cuantificó 760 toneladas para el mismo año, lo que representa el 78 % de especies capturadas, mientras que para el 2021 el atún aleta azul cuantificó 63 toneladas, el 6 % de las

especies capturadas, y para el atún aleta amarilla se capturaron 881 toneladas, lo cual representó el 80 % del total para ese año (Ramírez-López & Wakida Kusunoki, 2021, 2022).

La mayoría de los estudios relacionados con las migraciones de peces utilizan la temperatura superficial del mar (Diankha et al., 2013; Lemos et al., 2016), sin embargo, recientemente se ha documentado que en la migración del atún *Katsuwonus pelamis* se involucra también la deposición del polvo del desierto del Sahara, al respecto, Rodríguez et al. (2023) mencionan que dicha especie se desplaza desde el ecuador hasta las Islas Canarias, durante los meses de enero a agosto, siguiendo los patrones de deposición de polvo del Sahara en el Atlántico; los autores señalan que esta deposición masiva de nutrientes con el polvo sahariano, que aporta hierro, fósforo y un cóctel de oligoelementos esenciales, también podría beneficiar a otras especies de interés pesquero, incluidos otros atunes tropicales de interés comercial, lo cual abre la puerta a pensar que existen más factores ambientales involucrados en los movimientos de las especies de peces e incrementan su probabilidad de ser capturadas.

Otro factor ambiental que ha cobrado interés en el intento por entender la abundancia de especies capturadas es el efecto del ciclo lunar, algunos estudios han encontrado una relación entre ciertas fases lunares y las capturas de peces, de acuerdo con deBruyn y Meeuwig (2001) los movimientos, alimentación y reproducción de peces marinos e incluso invertebrados son observados durante los ciclos lunares. Por su parte Altamar et al. (2010), investigaron la influencia de la fase lunar en las tasas de captura de *Selar crumenophthalmus*, a través de datos de desembarcos del norte del Caribe colombiano y modelos lineales generalizados, encontrando que las mayores tasas de captura ocurrieron en luna nueva.

El atún aleta azul no ha sido la excepción, Noguez-Fuentes et al. (2007) investigaron la relación entre las fases lunares (luna llena y luna nueva) y la captura de atún con palangre en el golfo de México durante el año 2001, sugieren mayor captura tanto de atún aleta amarilla como de atún aleta azul en la fase de luna nueva, sin embargo, en términos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) no se observaron diferencias contundentes.

Por su parte, Ottmann et. al (2023) analizaron la relación entre la puesta del atún aleta azul del Atlántico y el ciclo lunar, y encontraron que esta especie depredadora realiza sus desoves alrededor de la fase de luna llena, aproximadamente una semana antes de que suceda, ya que de esta forma la tasa de supervivencia de su descendencia se incrementa hasta en dos órdenes de magnitud, dado que es durante esta fase con mayor intensidad luminosa cuando los peces mesopelágicos evitan ascender a aguas superficiales y por lo tanto, la depredación de los huevos y larvas de los pelágicos mayores disminuye considerablemente.

De acuerdo con Noguez-Fuentes et al. (2007), la flota palangrera del golfo de México tiene una clara preferencia por pescar durante la fase de luna nueva; sin embargo, a pesar de esta preferencia, son escasos los estudios que se han enfocado en analizar en detalle la relación entre las fases lunares y las capturas de atún aleta azul en esta región. Esta información podría ser crucial para optimizar las estrategias de pesca y mejorar la comprensión del comportamiento del atún aleta azul en aguas mexicanas. La investigación sobre la influencia de la luna en la pesca de atún aleta azul en el golfo de México representa un área de oportunidad para ampliar el conocimiento científico y contribuir a la gestión sostenible de este recurso pesquero, cuya captura incidental se realiza en organismos reproductores.

Las fases lunares son las diferentes formas en que vemos la Luna iluminada por el Sol desde la Tierra. Estas fases cambian a lo largo de un ciclo continuo de aproximadamente 29.53 días, conocido como mes sinódico o lunación. Las cuatro fases principales son: Luna nueva, cuarto creciente, Luna llena y cuarto menguante. (Figura 3).

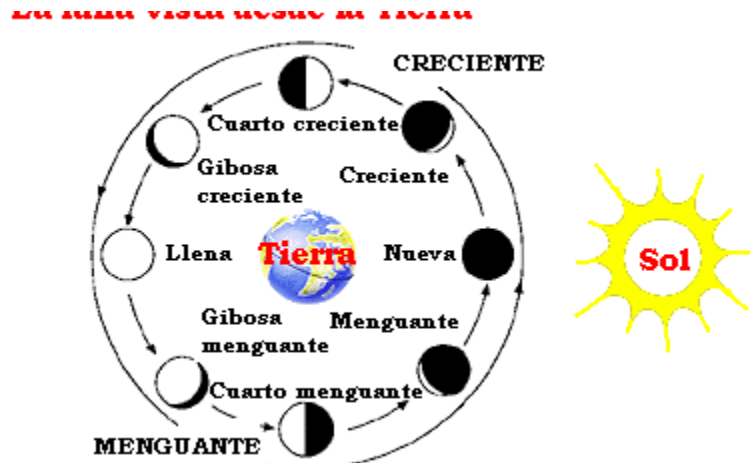


Figura 3. Fases lunares con respecto a la posición entre el sol y la tierra Fuente: Sitio web https://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild_Spanish/docs/StarChild/questions/question3.html

Justificación

El atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) es un recurso pesquero de alto valor económico y cultural, cuya demanda en el mercado internacional ha experimentado un crecimiento constante en las últimas décadas, impulsada en gran medida por el mercado asiático, donde su carne es altamente apreciada (FAO, 2021). En el Golfo de México, la pesca de atún aleta azul es una actividad económica clave, que junto con la captura de camarón, contribuye significativamente a la generación de ingresos y empleo en las comunidades costeras (SAGARPA, 2015). Entender cómo el ciclo lunar influye en las capturas de atún aleta azul puede proporcionar información valiosa para optimizar las estrategias de pesca, mejorar la gestión y asegurar la sostenibilidad de la especie.

Los resultados de la investigación podrían tener implicaciones significativas para la gestión y conservación de esta especie, así como para la optimización de las estrategias de pesca y la mejora de la rentabilidad de la flota atunera. Además, podría contribuir a un mejor entendimiento del atún aleta azul, lo que a su vez podría fortalecer las medidas de conservación y garantizar la sostenibilidad de este valioso recurso a largo plazo, dependiendo de cuál sea el objetivo.

Hipótesis

Considerando la influencia del ciclo lunar sobre la capturabilidad de grandes pelágicos oceánicos documentada para varias especies de atunes, entonces es posible que la captura incidental de atún aleta azul en el golfo de México esté parcialmente determinada por la luminosidad nocturna lunar.

Objetivos

Objetivo general

Determinar el tipo y magnitud de relación entre la luminosidad lunar y las capturas incidentales de atún aleta azul durante su presencia en el sur del golfo de México.

Objetivos específicos

- Explorar la relación subyacente entre la ocurrencia de las capturas incidentales de atún aleta azul del golfo de México y las fases lunares.
- Determinar si existe un intervalo probable de intensidad luminosa que favorezcan las capturas incidentales de atún aleta azul en el golfo de México.

Metodología

Los datos de captura fueron obtenidos del trabajo previamente reportado por Cruz-Castán et al. (2019), considerando la información de 63 individuos de atún aleta azul capturados incidentalmente en el sur del golfo de México por la flota palangrera mexicana dirigida al atún aleta amarilla durante el año 2015 (Figura 4).

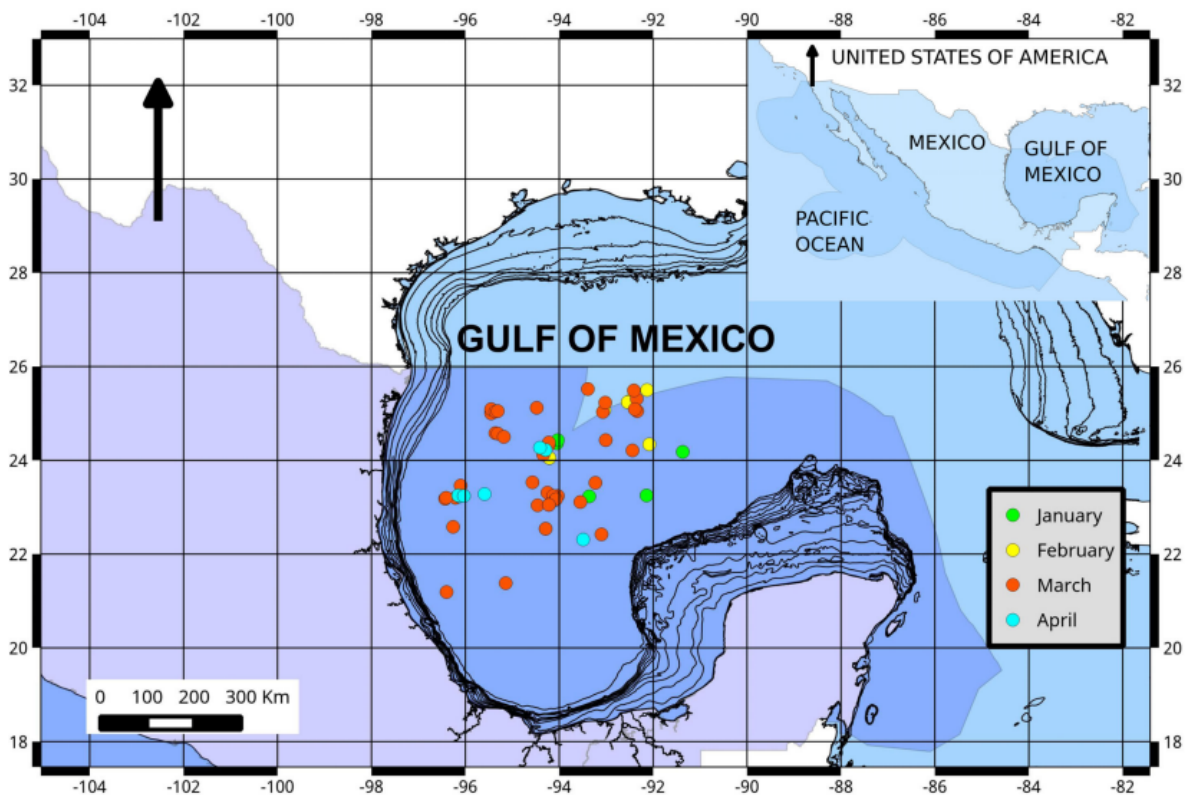


Figura 4. Ubicación de capturas de atún aleta azul del Atlántico capturado por mes (2015) en el sur del golfo de México. Fuente: Cruz-Castán et al. (2019).

Complementariamente se obtuvo información referente a la fracción iluminada de la luna (fases lunares) con resolución diaria en las fechas de captura a través del sitio electrónico

del Departamento de Aplicaciones Astronómicas de la Marina de Estados Unidos (<https://aa.usno.navy.mil/data/MoonFraction>). Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple considerando como variables predictoras el mes de captura, el sexo, la fase lunar y la fracción de iluminación con el fin de determinar su relación con el número de individuos capturados.

La información fue ordenada, clasificada y procesada siguiendo las etapas que se detallan en el diagrama que muestra la figura 5.

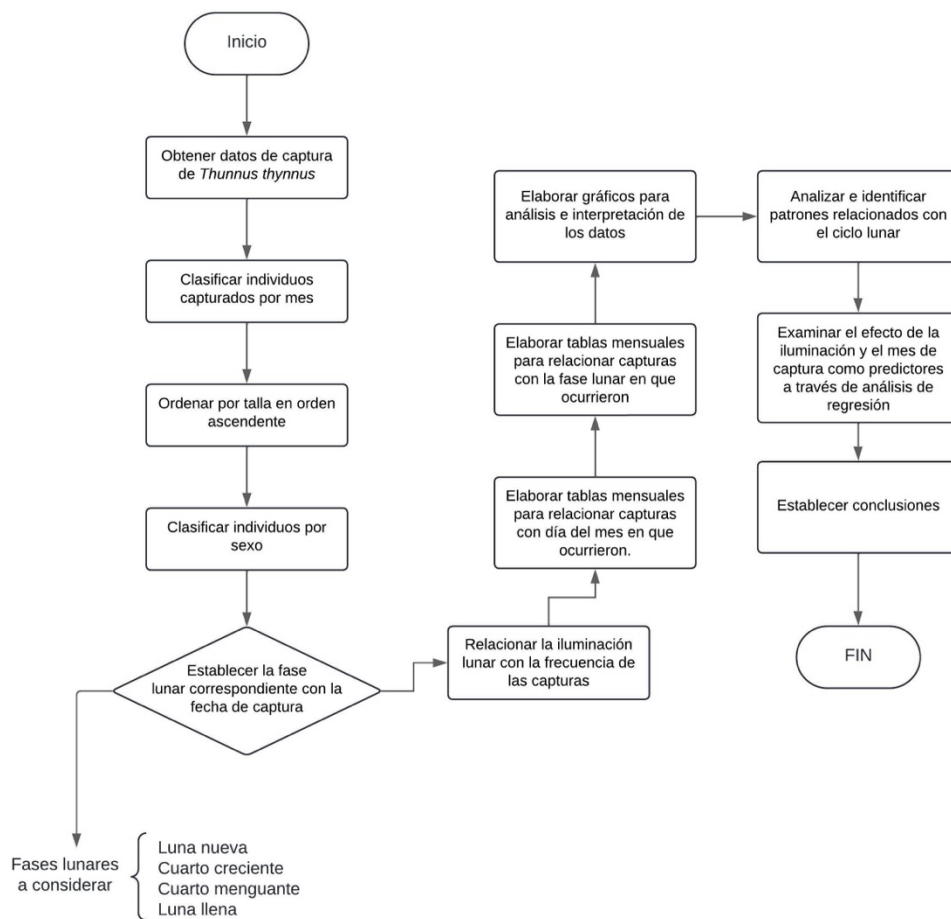


Figura 5. Proceso de obtención, clasificación y análisis de la información.

Resultados y discusión

Los registros de captura de los 63 individuos se distribuyeron en los meses de enero a abril.

Durante enero se capturaron cinco individuos (7.93% de las capturas), concentrados entre los días 19 y 28 (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución diaria de las capturas de *Thunnus thynnus* por la flota palangrera mexicana del golfo de México durante el mes de enero de 2015.

		ENERO																																		
	N Ind.	TALLA (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Hembras	1	2.30																																		
	2	2.70																																		
Machos	1	1.92																																		
	2	2.21																																		
	3	2.35																																		

Durante el mes de febrero se capturaron ocho individuos, representando el 12.69% de las capturas del año. Las capturas se concentraron hacia finales del mes, entre los días 20 y 26 (Tabla 2). En este periodo se presentó una frecuencia ligeramente mayor de hembras, sin embargo, su distribución temporal fue similar para ambos sexos.

Tabla 2. Distribución diaria de las capturas de *Thunnus thynnus* por la flota palangrera mexicana del golfo de México durante el mes de febrero de 2015.

		FEBRERO																																			
	N Ind.	TALLA (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28							
Hembras	1	2.05																																			
	2	2.40																																			
	3	2.43																																			
	4	2.46																																			
	5	2.55																																			
Machos	1	2.35																																			
	2	2.40																																			
	3	2.44																																			

En marzo, se capturaron un total de 42 individuos, lo que representa alrededor del 66.66% de las capturas, por lo que se ubicó como el mes con la mayor frecuencia de captura incidental. En la tabla 3 se puede apreciar claramente que la mayoría de los individuos se capturaron entre los días 19 y 30 de marzo, con excepción de algunos individuos capturados a principios de mes, de los cuales cuatro fueron hembras y dos machos. Además, nuevamente no se observó una diferenciación por tallas; sin embargo, sí se observó una frecuencia mayor de hembras.

Tabla 3. Distribución diaria de las capturas de *Thunnus thynnus* por la flota palangrera mexicana del golfo de México durante el mes de marzo de 2015.

		MARZO																																					
	N Ind.	TALLA (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
Hembras	1	2.00																																					
	2	2.02																																					
	3	2.09																																					
	4	2.15																																					
	5	2.19																																					
	6	2.20																																					
	7	2.21																																					
	8	2.27																																					
	9	2.29																																					
	10	2.30																																					
	11	2.30																																					
	12	2.34																																					
	13	2.35																																					
	14	2.38																																					
	15	2.41																																					
	16	2.45																																					
	17	2.45																																					
	18	2.48																																					
	19	2.49																																					
	20	2.53																																					
	21	2.60																																					
	22	2.61																																					
	23	2.68																																					
	24	2.68																																					
Machos	1	1.97																																					
	2	2.02																																					
	3	2.08																																					
	4	2.25																																					
	5	2.25																																					
	6	2.25																																					
	7	2.34																																					
	8	2.37																																					
	9	2.41																																					
	10	2.42																																					
	11	2.44																																					
	12	2.48																																					
	13	2.55																																					
	14	2.58																																					
	15	2.64																																					
	16	2.70																																					
	17	2.82																																					
	18	2.93																																					

Finalmente, durante abril se capturaron un total de ocho individuos, representando el 12.69% de las capturas totales. Destaca que en este mes la mayoría de las capturas ocurrieron durante los primeros días del mes, específicamente entre el día 2 y el 5, a excepción de un individuo que se capturó hasta el día 21. Así mismo, hubo una marcada mayoría de hembras (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución diaria de las capturas de *Thunnus thynnus* por la flota palangrera mexicana del golfo de México durante el mes de abril de 2015.

		Abril																														
	N. Ind.	TALLA (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Hembras	1	2.05																														
	2	2.20																														
	3	2.23																														
	4	2.40																														
	5	2.73																														
Machos	1	2.36																														
	2	2.65																														
	3	2.84																														


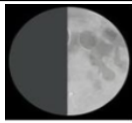


La ocurrencia de las capturas del atún aleta azul en el sur del golfo de México limitadas únicamente al periodo de enero a abril, aún a pesar de que la flota palangrera opera todo el año, coinciden con lo reportado por Ortega-García et al. (2019) ya que en estos meses las aguas del sur del golfo de México se encuentran en la ventana térmica óptima para su estancia con fines reproductivos, la cual va de ~ 23 a 26 °C, pues aunque el atún aleta azul habita y se alimenta generalmente en aguas frías con alta productividad, para el desove recurren a masas de agua cálidas (Walli et al., 2009; Block et al., 2001) y es en los meses de marzo y abril con una temperatura de ~ 23.5 °C cuando se observó su actividad reproductiva (Cruz-Castán, 2020). Esto además concuerda con lo reportado por Medina et al. (2002) en el mar Mediterráneo donde se ha observado que los atunes arriban algunos meses antes a las zonas de puesta y se mantienen allí hasta que las aguas alcanzan la temperatura óptima para el desove.

Previamente, ya Abad-Uribarren (2011) había señalado que la relación entre la temperatura del mar y la distribución de los atunes es compleja y multifactorial pues estos, incluyendo el atún aleta azul, muestran una clara preferencia por ciertas temperaturas del mar, lo que

influye en su distribución espacial y temporal. Adicionalmente, la investigación realizada por Cruz-Castán (2020) mostró que esta amplitud en el periodo de desove y la diferencia temporal de cada una de las áreas de puesta del stock occidental obedece a una progresión espacio-temporal de esa temperatura óptima para la reproducción y que esta ocurre de sur a norte (desde el sur del golfo de México hasta el Slope Sea).


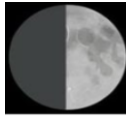

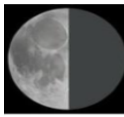
La tabla 5 muestra las fases lunares presentes durante las fechas de captura, en ella se puede observar que la mayoría de los individuos durante enero se concentraron en las fases lunares con menor iluminación.

Tabla 5. Fechas y fases lunares correspondientes para las capturas de *Thunnus thynnus* durante enero de 2015.

	N. Ind.	Fecha de captura				
			NUEVA	CRECIENTE	LLENA	MENQUANTE
Hembras	1	1/19/2015	✓			
	2	1/28/2015		✓		
Machos	1	1/25/2015		✓		
	2	1/19/2015	✓			
	3	1/26/2015		✓		
TOTAL			2	3	0	0


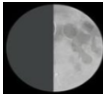


En la tabla 6 se observa que la mayoría de las capturas durante el mes de febrero nuevamente se presentaron en las fases lunares con menor iluminación, destacándose que las capturas ocurrieron durante la fase de luna creciente, a excepción de la captura de un macho que tuvo lugar durante la fase de luna nueva.

Tabla 6. Fechas y fases lunares correspondientes para las capturas de *Thunnus thynnus* en febrero de 2015.

		FEBRERO				
	N. Ind.	Fecha de captura				
			NUEVA	CRECIENTE	LLENA	MENGUANTE
Hembras	1	2/22/2015		✓		
	2	2/26/2015		✓		
	3	2/24/2015		✓		
	4	2/25/2015		✓		
	5	2/25/2015		✓		
Machos	1	2/23/2015		✓		
	2	2/23/2015		✓		
	3	2/20/2015	✓			
TOTAL			1	7	0	0


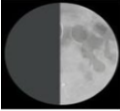

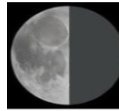
Por su parte, en marzo destacó que la mayoría de las capturas ocurrieron durante la fase de luna nueva (Tabla 7), seguido por la fase de luna creciente; únicamente seis individuos fueron capturados durante luna llena y no se capturaron individuos durante la fase de cuarto menguante.

Tabla 7. Fechas y fases lunares correspondientes para las capturas de *Thunnus thynnus* durante marzo de 2015.

		MARZO				
	N Ind.	Fecha de captura				
			NUEVA	CRECIENTE	LLENA	MENGUANTE
Hembras	1	3/21/2015	✓			
	2	3/22/2015	✓			
	3	3/22/2015	✓			
	4	3/21/2015	✓			
	5	3/2/2015			✓	
	6	3/22/2015	✓			
	7	3/21/2015	✓			
	8	3/21/2015	✓			
	9	3/21/2015	✓			
	10	3/3/2015			✓	
	11	3/19/2015	✓			
	12	3/28/2015		✓		
	13	3/22/2015	✓			
	14	3/29/2015		✓		
	15	3/24/2015	✓			
	16	3/26/2015		✓		
	17	3/28/2015		✓		
	18	3/22/2015	✓			
	19	3/24/2015	✓			
	20	3/21/2015	✓			
	21	3/25/2015		✓		
	22	3/22/2015	✓			
	23	3/28/2015		✓		
	24	3/26/2015		✓		
Machos	1	3/23/2015	✓			
	2	3/26/2015		✓		
	3	3/22/2015	✓			
	4	3/3/2015			✓	
	5	3/22/2015	✓			
	6	3/29/2015		✓		
	7	3/25/2015	✓			
	8	3/1/2015			✓	
	9	3/20/2015	✓			
	10	3/4/2015			✓	
	11	3/30/2015		✓		
	12	3/20/2015	✓			
	13	3/5/2015			✓	
	14	3/21/2015	✓			
	15	3/19/2015	✓			
	16	3/19/2015	✓			
	17	3/21/2015	✓			
	18	3/21/2015	✓			
TOTAL			26	10	6	0

En abril, contrario a lo observado en los meses anteriores, la mayoría de las capturas se encontraron durante la fase de luna llena y únicamente un macho fue capturado durante la luna nueva (Tabla 8).

Tabla 8. Fechas y fases lunares correspondientes para las capturas de *Thunnus thynnus* en abril de 2015.

		ABRIL				
	N. Ind.	Fecha de captura				
			NUEVA	CRECIENTE	LLENA	MENGUANTE
Hembras	1	4/4/2015			✓	
	2	4/3/2015			✓	
	3	4/3/2015			✓	
	4	4/3/2015			✓	
	5	4/3/2015			✓	
Machos	1	4/5/2015			✓	
	2	4/2/2015			✓	
	3	4/21/2015	✓			
TOTAL			1	0	7	0

En cuanto a la intensidad luminosa lunar, se observó que la mayoría de las capturas se registraron durante días con valores en un rango de 0 a 25% (Figura 6).

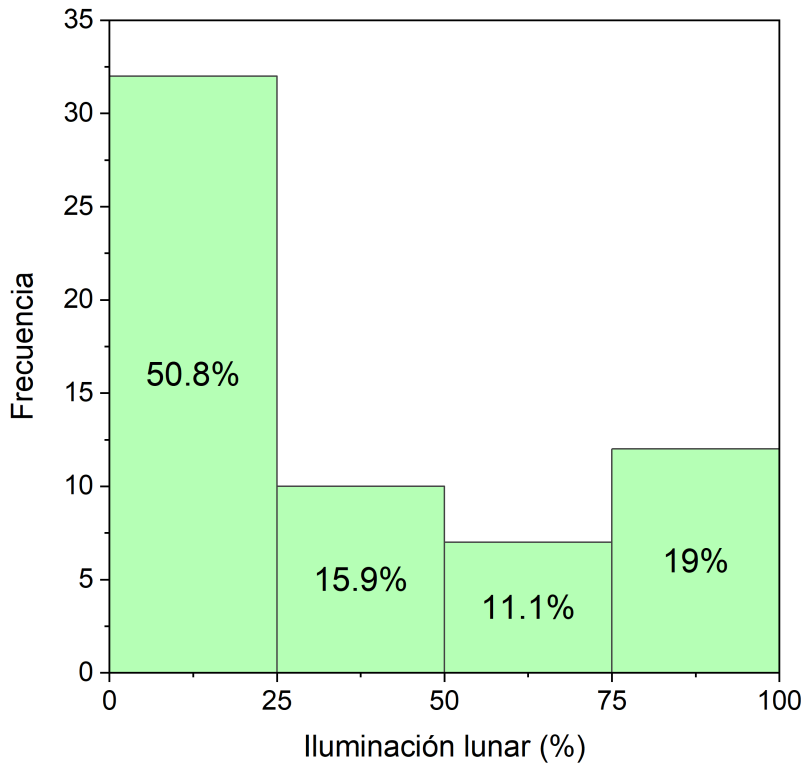


Figura 6. Frecuencia de capturas incidentales de atún aleta azul por intensidad lunar.

Además, se observó que los resultados de las capturas incidentales en relación con el porcentaje de luminosidad a lo largo de los ciclos lunares (Figura 7) fueron consistentes a lo largo de casi todos los meses, destacando que es durante la pendiente entre luna nueva y creciente que suceden prácticamente todas las capturas. No obstante en abril, la mayor frecuencia de capturas se registró durante los días con mayor porcentaje de luminosidad.

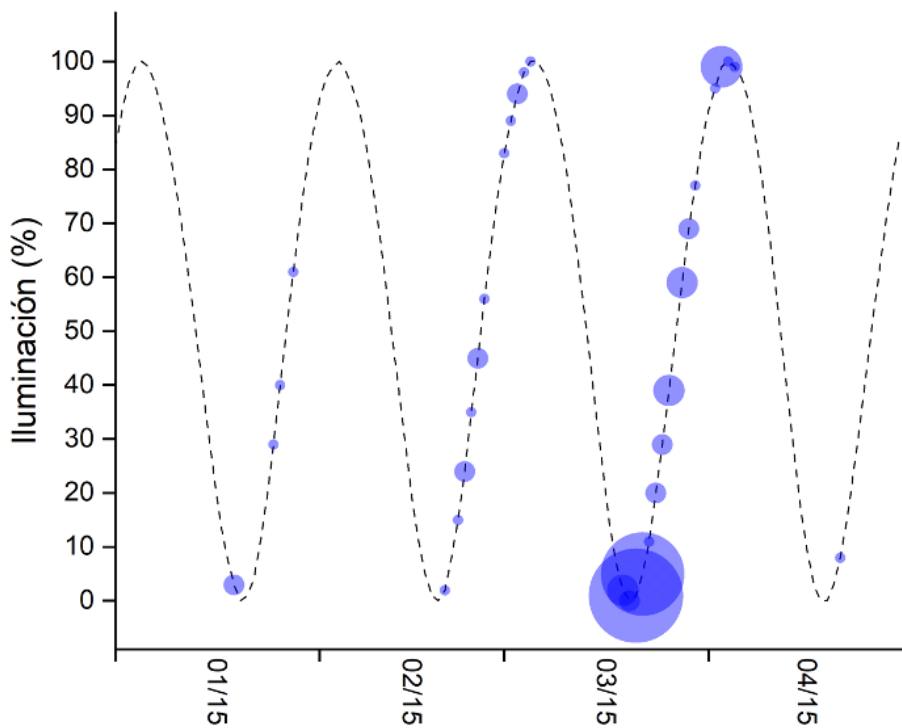


Figura 7. Porcentaje de iluminación registrado durante los ciclos lunares en los cuales tuvo lugar la captura del atún aleta azul. El tamaño de los círculos es relativo a la frecuencia.

Otro punto para resaltar es que los días de mayor captura durante los meses de enero, febrero y marzo sucedieron entre el día 19 y el día 30, durante la fase de luna nueva, lo que sugiere una influencia positiva de esta fase lunar en la abundancia de capturas.

Los resultados del análisis de regresión lineal múltiple indicaron que hay un efecto significativo colectivo moderado entre los predictores: mes, sexo, fracción de iluminación y el número de individuos capturados ($F(3,35) = 4.49, p = 0.009, R^2 = 0.028$), con un coeficiente de correlación de 0.527. Al examinar los predictores de manera individual, se observó que la variable fase lunar no es un predictor significativo y por lo tanto se excluyó del modelo. Los resultados de significancia para el resto de los predictores fueron: mes ($t =$

2.342, $p = 0.025$), fracción de iluminación ($t = -2.707, p = 0.010$), sexo ($t = 2.241, p = 0.032$).

El modelo de regresión obtenido se presenta en la siguiente ecuación:

$$N_{ind} = -0.358682 + 0.528065M - 1.415993I + 0.798179S$$

Donde N_{ind} representa el número de individuos, M el número del mes (1 al 4 de enero a abril), I la fracción de iluminación (de 0 a 1) y S es el sexo (1 para machos y 2 para hembras).

A continuación se incluyen la matriz de correlación de Pearson (Tabla 9) y los resultados del análisis de varianzas (Tabla 10) obtenidas en el análisis.

Tabla 9. Matriz de correlación de Pearson obtenida en el análisis.

	INDIVIDUOS	MES	ILUMINACIÓN	SEXO	FASE LUNAR
INDIVIDUOS	1	0.191127	-0.275354	0.288943	-0.258445
MES	0.191127	1	0.365981	-0.0561361	0.367808
ILUMINACIÓN	-0.275354	0.365981	1	0.0324812	0.934334
SEXO	0.288943	-0.0561361	0.0324812	1	-0.0103047
FASE LUNAR	-0.258445	0.367808	0.934334	-0.0103047	1

Tabla 10. Tabla ANOVA

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Statistic	P-value
Regression (between \hat{y}_i and \bar{y})	3	16.4536	5.484533	4.487409	0.0091089
Residual (between y_i and \hat{y}_i)	35	42.77717	1.222205		
Total (between y_i and \bar{y})	38	59.230769	1.558704		

Esto coincide con lo previamente reportado por otros autores como Griffiths (1999), quien afirma que la abundancia de algunos recursos pesqueros está influenciada por las fases lunares; o Altamar et al. (2010), quienes reportaron una mayor actividad y captura de *Selar crumenophthalmus* durante la luna nueva en el Caribe colombiano. Similarmente, Poisson et al. (2010) analizaron la influencia del ciclo lunar en peces pelágicos y encontraron que este tiene una alta influencia en las tasas de captura de albacora (*Thunnus alalunga*) y pez espada (*Xiphias gladius*), mostrando una captura por unidad de esfuerzo (CPUE) mayor para el pez espada durante las fases de cuarto creciente y cuarto menguante, observando que la CPUE disminuye a medida que aumenta la amplitud de las mareas, alcanzando los valores más bajos alrededor de la fase de luna llena. Tanto el pez espada, como el atún patudo (*Thunnus obesus*) fueron capturados durante días con una baja iluminación lunar, sin embargo, en el caso del albacora, las CPUE mayores se observaron durante la fase de luna llena.

La mayoría de las capturas del mes de marzo que ocurrieron durante la fase de luna nueva, es decir, en días con poca luminosidad, coinciden con lo reportado por Noguez-Fuentes et al. (2007), quienes encontraron que, aunque los cambios en la fase lunar no parecen influir en la captura de peces picudos, en el caso de los atunes se observó una captura diferenciada por la iluminación lunar, con una frecuencia de capturas de aproximadamente un 50% menos durante la fase de luna llena con respecto de la luna nueva, particularmente para el atún aleta azul, las capturas ocurrieron en una proporción 70-30 para las fases nueva y llena respectivamente.

Lo anterior quiere decir que, durante la fase de luna nueva la probabilidad de captura de atún aleta azul se incrementa, tal como se puede observar en los resultados presentados en este trabajo, donde más del 50% de las capturas ocurrieron durante fases con iluminación lunar de 0 a 25%.

Particularmente para el atún aleta azul analizado en este trabajo, no se registraron capturas durante la fase de cuarto menguante. No obstante, en el mes de abril se observó una excepción notable ya que la mayor parte de la captura ocurrió del 2 al 5, coincidiendo con la fase de luna llena; sin embargo, la ocurrencia en las capturas representó menos del 20% de las capturas del mes de marzo, lo cual podría más bien obedecer a que el atún aleta azul se encuentra finalizando su actividad reproductiva y preparándose para su salida del golfo de México (Cruz-Castán et al., 2023), de ahí que durante las fases de menor luminosidad que ocurren a finales de este mes y en meses posteriores su presencia sea prácticamente nula en la zona. Adicionalmente, la captura en la luna llena de abril podría estar influenciada por el último desove, ya que como lo señalan Ottmann et al. (2023), es común en los grandes pelágicos que el desove ocurra alrededor de la luna llena ya que durante las fases oscuras de la luna se reducen significativamente las tasas de supervivencia de los huevos y las larvas debido a un incremento en los riesgos de depredación por parte de peces mesopelágicos.

Con relación a la hipótesis postulada en esta investigación, se ha demostrado que el ciclo lunar tiene una influencia significativa en la ocurrencia de las capturas de atún aleta azul durante su presencia en el sur del golfo de México. Los resultados obtenidos indican que las variaciones en la frecuencia de las capturas que están estrechamente relacionadas con las

condiciones de luminosidad nocturna, las cuales varían según las fases lunares y que durante la fase previa o de preparación para la puesta existe una relación inversa moderada entre la iluminación y el número de individuos.

Conclusión

La captura incidental de atún aleta azul durante su presencia en el sur del golfo de México está influenciada de manera inversa por la luminosidad de la luna.

La luna nueva y el cuarto creciente, con menor luminosidad, son las fases lunares más propicias para su captura.

Aproximadamente la mitad de las capturas de atún aleta azul ocurren durante noches con iluminación lunar entre el 0 y el 25%.

Existe una dominancia de la ocurrencia de las capturas durante la transición entre la luna nueva y creciente.

Referencias

- Abad-Uribarren, A. (2011).** Distribución y preferencias oceanográficas del atún aleta azul *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) en el Golfo de México. [Tesis de maestría]. Universidad Veracruzana.
- Abad-Uribarren, A., Meiners, C., Ramírez-López, K., & Ortega-García, S. (2014).** Dinámica temporal de la captura incidental de atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) y su relación con la variabilidad ambiental en aguas Mexicanas del Golfo de México. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* 70(2), 684-698.
- Altamar, J., Parraga, D., & Duarte, L. (2010).** Influencia de la fase lunar en las tasas de captura de *Selar crumenophthalmus* (carangidae) en el caribe de Colombia. Una aproximación por modelos lineales generalizados. *Acta Biológica Colombiana*, 15(3), 121-130.
- Blank, J.M., Morrissette, J.M., Landeira-Fernandez, A.M., Blackwell, S.B., Williams, T.D., & Block, B.A. (2004).** *In situ* cardiac performance of Pacific bluefin tuna hearts in response to acute temperature change. *J. Exp. Biol.* 207, 881-890.
- Block, B.A., Dewar, H., Blackwell, S.B., Williams, T.D., Prince, E.D., Farwell, C.J., Boustany, A., Teo, S.L.H., Seitz, A., Walli, A., & Fudge, D. (2001).** Migratory movements, depth preferences, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna. *Science.* 293, 1310-1314.
- Block, B.A., Dewar, H., Farwell, C., & Prince, E. (1998).** A new satellite technology for tracking the movements of Atlantic bluefin tuna. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 95, 9384-9389.
- Block, B.A., Finnerty, J.R., Stewart, A.F.R., & Kidd, J. (1993).** Evolution of endothermy in fish: mapping physiological traits on a molecular phylogeny. *Science.* 260:210-214.
- Canterla, M. (1989).** Actividades pesqueras en los puertos del suroeste andaluz en la segunda mitad del siglo XV, Actas: IX Jornadas de Andalucía y América, España.
- Carey, F.G., & Teal, J.M. (1969).** Regulation of body temperature by the bluefin tuna. *Comp. Biochem. Physiol.* 28, 205-213.
- Collette, B.B., & Nauen, C.E. (1983).** FAO species catalogue. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO. Fish. Synop. Pp.90-92.
- Cruz-Castán, R. (2020).** Estado reproductivo y ovodinámica del atún aleta azul del Atlántico *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758): una evaluación comparativa entre el sur del golfo de México y el mar Mediterráneo. [Tesis doctoral]. Universidad Veracruzana.
- Cruz-Castán, R., Saber, S., Macías, D., Gómez Vives, M.J., Galindo-Cortes, G., Curiel-Ramirez, S., & Meiners-Mandujano, C. (2019).** A possible new spawning area for Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*): the first histologic evidence of reproductive activity in the southern Gulf of Mexico. *PeerJ* 7:e7187 DOI 10.7717/peerj.7187.
- Cruz-Castán, R., Saber, S., Meiners-Mandujano, C., Gómez-Vives, M.J., Curiel-Ramirez, S., Galindo-Cortes, G., & Macías, D. (2023).** Oocyte dynamics for Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the southern Gulf of Mexico: A comparative assessment of Mediterranean spawners using two stereological methods. *Journal of Fish Biology*, 103, 1054-1072.
- DeBruyn, A.M.H., & Meeuwig, J.J. (2001).** Detecting lunar cycles in marine ecology: periodic regression versus categorical ANOVA. *Marine Ecology Progress Series*, 214: 307-310.

- Diankha, O., Sow, B. A., Thiaw, M., & Thierno Gaye, A. (2013).** Seasonal variability of sea surface temperature, chlorophyll-a and *Ethmalosa fimbriata* abundance off the coast of Senegal. *Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 13(4), 491-497.
- Doumenge, F. (1998).** L'histoire des pêches thonières. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 50 (2): 753-803
- FAO. (2021).** *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Roma: FAO.
- Fromentin, J.M. & Powers, J.E. (2005).** Atlantic bluefin tuna: Population dynamics, ecology, fisheries, and management. *Fish. Fish.* 6, 281-306.
- Fromentin, J.M. (2006).** Atún rojo del atlántico. ICCAT. 2006-2016. Manual de ICCAT. Comisión internacional para la conservación del atún Atlántico. In: Publicaciones ICCAT.
- Garcia, A., Alemany, F., De La Serna, J.M., Oray, I., Karakulak, S., Rollandi, L., Arigo, A., & Mazzola, S. (2005).** Preliminary results of the 2004 bluefin tuna larval surveys off different Mediterranean sites (Balearic Archipelago, Levantine Sea, and the Sicilian Channel). *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 58, 1420-1428.
- Gardieff, S. (2019).** Florida Museum: Discover fishes, *Thunnus thynnus*. <https://www.floridamuseum.ufl.edu/discover-fish/species-profiles/thunnus-thynnus/>
- Griffiths, S.P. (1999).** Effects of lunar periodicity on catches of *Panaeus plebejus* (Hess) in an Australian coastal lagoon. *Fisheries Research*, 42, 195-199.
- ICCAT. (2023).** Compendio de recomendaciones y resoluciones en materia de ordenación adoptadas por ICCAT para la conservación de los túnidos atlánticos y especies afines. Disponible en: https://www.iccat.int/com2023/SPA/PLE_102_SPA.pdf
- Karakulak, S., Oray, I., Corriero, A., Aprea, A., Spedicato, D., Zubani, D., Santamaria, N., & De Metrio, G. (2004b).** First information the reproductive biology of the bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Eastern Mediterranean. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 56, 1158-1162.
- Karakulak, S., Oray, I., Corriero, A., Deflorio, M., Santamaria, N., Desantis, S., & De Metrio, G. (2004a).** Evidence of a spawning area for the bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the eastern Mediterranean. *Journal of Applied Ichthyology*, 20(4):318–320 DOI 10.1111/j.1439-0426.2004.00561.x.
- Lemos, V. M., Ávila Troca, D. F., Castello, J. P., & Paes Vieira, J. (2016).** Tracking the southern Brazilian schools of *Mugil liza* during reproductive migration using VMS of purse seiners. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(2), 238-246.
- Macías-Zamora, R., Olivos-Ortiz, A., Vidaurri-Sotelo, A. L., Carrasco-Águila, M. Á., & Torres-Orozco, E. (2011).** Modelo espacialmente explícito de la migración estacional del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico mexicano. *Hidrobiológica*, 21(2), 126-134.
- Mather, F.J., Mason Jr J., & Jones, A. (1995).** Historical document: life history and fisheries of Atlantic bluefin tuna. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-370. Miami, USA. 165 pp.
- Matsuda, Y. (1998).** History of the Japanese Tuna Fisheries and a Japanese perspective on Atlantic Bluefin Tuna. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 50(2): 733-751.
- McDowall, R. M. (1988).** Diadromy in fishes: migrations between freshwater and marine environments. Timber Press, Portland, OR.
- Medina, A. (2020).** Reproduction of Atlantic bluefin tuna. *Fish Fish.*, 00:1–11. <https://doi.org/10.1111/faf.12489>.

Medina, A., Abascal, F.J., Megina, C., & García, A. (2002). Stereological assessment of the reproductive status of female Atlantic northern bluefin tuna during migration to Mediterranean spawning grounds through the Strait of Gibraltar. *Journal of fish biology*, 60, 203-217.

MITECO. (2006). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. La migración y los peces migradores. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/cap01_tcm30-195242.pdf

Noguez Fuentes, J.F., Dreyfus León, M. J., & Robles Ruiz, H. (2007). Análisis de la pesca de atún con palangre en el Golfo de México durante las fases de luna nueva y llena. *Hidrobiológica*, 17(2): 91-99.

Ortega-García, S., Abad-Uribarren, A., Jakes-Cota, U., & Vélez-Arellano, N. (2019). Histological evidence of Bluefin tuna (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758) spawning in waters within the Mexican Exclusive Economic Zone in the Gulf of Mexico. *Marine Biology Research*, 15(7), 444-450.

Ottmann, D., Langbehn, T.J., Reglero, P., Alvarez-Berastegui, D. & Fiksen, Ø. (2023). Model of mesopelagic fish predation on eggs and larvae shows benefits of tuna spawning under full moon. *Limnology and Oceanography*, 68, 2632-2641.

Pareja-Carmona, M. I., Jiménez-Segura, L. F., Villa-Navarro, F. A., Reinoso-Flórez, G., Gualtero-Leal, D. M., & Ángel-Rojas, V. J. (2014). Áreas de reproducción de peces migratorios en la cuenca alta del río Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana*, 15(2), 40-53.

Poisson, F., Gaertner, J.C., Taquet, M., Durbec, J.P., & Bigelow, K. (2010). Effects of lunar cycle and fishing operations on longline-caught pelagic fish: fishing performance, capture time, and survival of fish. *Fish Bull*, 108, 268-281.

Ramírez-López, K. & Abad-Uribarren, A. (2013). Análisis de la captura incidental del atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) por la flota palangrera Mexicana en el Golfo de México, 1994-2011. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 69(2), 1046-1056.

Ramírez-López, k., & Wakida Kusunoki, A.T. (2021). Captura de la flota palangrera mexicana en el golfo de México durante 2019. *El Vigía*, 50: 21-23.

Ramírez-López, k., & Wakida Kusunoki, A.T. (2022). Captura de la flota palangrera mexicana en el golfo de México durante 2021. *El Vigía*, 52: 15-18.

Richardson, D.E., Marancik, K.E., Guyon, J.R., Lutcavage, M.E., Galuardi, B., Lam, C.H., Walsh, H.J., Wildes, S., Yates, D.A. & Hare, J.A. (2016). Discovery of a spawning ground reveals diverse migration strategies in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(12):3299–3304 DOI 10.1073/pnas.1525636113.

Rodríguez, S., Riera, R., Fonteneau, A., Alonso-Pérez, S., y López-Darias, J. (2023). African desert dust influences migrations and fisheries of the Atlantic skipjack-tuna, *Atmospheric Environment*, 312(1).

Rooker, J.R., Alvarado Bremer, J.R., Block, B.A., Dewar, H., De Metrio, G., Corriero, A., Kraus, R.T., Prince, E.D., Rodríguez-Marín, E., & Secor, D.H. (2007). Life History and Stock Structure of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*). *Rev. Fish. Sci.* 15:265-310. DOI 10.1080/10641260701484135.

Rosenberg, A., Cooper, A., Maunder, M., McAllister, M., Methot, R., Miller, S., Porch, C., Powers, J., Quinn, T., Restrepo, V., Scott, G., Seijo, J.C., Stefansson, G., & Walter, J. (2013). Scientific examination of the western Atlantic bluefin tuna stock-recruit relationships. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 69(2), 1016-1045.

SAGARPA. (2015). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SCRS. (2003). Annual report for the biennial period, 2002-2003. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Part 1, Vol. 2. SCRS.

SCRS. (2006). Annual report for the biennial period, 2004-2005. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Part 2, Vol. 2. SCRS.

Solana-Sansores, R., & Ramírez-López, K. (2006). Análisis de la pesquería mexicana del atún en el golfo de México, 2004. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, (59)2, 525-535.

Taylor, N.G., McAllister, M.K., Lawson, G.L., Carruthers, T., & Block, B.A. (2011). Atlantic Bluefin Tuna: A Novel Multistock Spatial Model for Assessing Population Biomass. *PLoS ONE*. 6(12), e27693. DOI 10.1371/journal.pone.0027693.

Teo, S.L.H., Boustany, A., Dewar, H., Stokesbury, M.J.W., Weng, K.C., Beemer, S., Seitz, A.C., Farwell, C.J., Prince, E.D., & Block, B.A. (2007). Annual migrations, diving behavior, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, on their Gulf of Mexico breeding grounds. *Mar. Biol.* 151, 1-18.

Valencia-Gasti, J. A., Baumgartner, T., & Durazo, R. (2015). Effects of ocean climate on life cycles and distribution of small pelagic fishes in the California Current System off Baja California. *Ciencias Marinas*, 41(4), 315-348.

Walli, A., Teo, S.L.H., Boustany, A., Farwell, C.J., Williams, T., Dewar, H., Prince, E., & Block, B.A. (2009). Seasonal Movements, Aggregations and Diving Behavior of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) Revealed with Archival Tags. *PLoS ONE* 4(7):e6151. DOI 10.1371/journal.pone.0006151.

Wilson, S.G., Jonsen, I.D., Schallert, R.J., Ganong, J.E., Castleton, M.R., Spares, A.D., Boustany, A.M., Stokesbury M.J., & Block, B.A. (2015). Tracking the fidelity of Atlantic bluefin tuna released in Canadian waters to the Gulf of Mexico spawning grounds. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 72, 1700-1717.

Yáñez, E., Plaza, F., Sánchez, F., Silva, C., Barbieri, M. Á., & Bohm, G. (2017). Modelling climate change impacts on anchovy and sardine landings in northern Chile using ANNs. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(4), 675-689.

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

www.uv.mx

