

Investigación del uso del hábitat de los Angelotes (*Squatina squatina*) juveniles y las variables ambientales en un área de cría confirmada.

Investigation of juvenile Angelshark (*Squatina squatina*) habitat use and environmental variables in a confirmed nursery area.

VÍCTOR IBÁÑEZ BALLESTER
MÁSTER BIOLOGÍA MARINA:
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

SEPTIEMBRE 2021

AUTORIZACIÓN

La Dra. Pilar Foronda Rodríguez, Profesora del Departamento de Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y Parasitología, y el Dr. David Jiménez Alvarado, como tutores del presente Trabajo de Fin de Máster,

DECLARAN:

Que la memoria presentada por el Graduado en Biología, Don. Víctor Ibañez Ballester titulada “Investigación del uso del hábitat de los Angelotes (*Squatina squatina*) juveniles y las variables ambientales en un área de cría confirmada”, ha sido realizada bajo su dirección y consideran que reúne todas las condiciones de calidad y rigor científico requeridas para optar a su presentación como Trabajo de Fin de Máster, en el Máster Oficial de Postgrado de Biología Marina: Biodiversidad y Conservación de la Universidad de La Laguna, curso 2020-2021.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, firman el presente informe favorable.

Universidad de La Laguna, 6 de septiembre de 2021.



David
Jiménez
Alvarado -
78505046C

Firmado digitalmente por
David Jiménez
Alvarado -
78505046C
Fecha: 2021.09.07
12:38:06 +01'00'

Fdo. Dra Pilar Foronda Rodríguez Fdo. Dr. David Jiménez Alvarado

INDICE

•	Introducción.....	1
•	Objetivos.....	7
•	Material y métodos.....	8
○	Toma de datos.....	8
○	Análisis de datos.....	11
▪	Depredación.....	12
▪	Ciclo lunar.....	12
▪	Condiciones del agua.....	13
▪	Variables químicas.....	14
▪	Zonificación.....	14
•	Resultados.....	15
▪	Avistamientos.....	15
▪	Depredación.....	16
▪	Ciclo lunar.....	18
▪	Condiciones del agua.....	20
▪	Variables químicas.....	23
▪	Zonificación.....	28
•	Discusión.....	30
•	Referencias.....	35

RESUMEN

En el presente estudio, se ha investigado el uso del hábitat por parte de los ejemplares juveniles de angelote, y la influencia en su distribución de una serie de variables en Playa Flamingo (Lanzarote) durante un ciclo lunar completo. Para ello se han llevado a cabo muestreos a esnórquel, realizando transectos siguiendo la línea de costa, cubriendo el área hasta una profundidad máxima de 5 metros, y se han tomado datos fisicoquímicos usando una sonda multiparamétrica, haciendo posible estudiar determinadas variables. Finalmente, se ha analizado los desplazamientos de los ejemplares, previamente marcados en las campañas de marcaje de Angel Shark Project, entre las distintas zonas en que se ha dividido la playa según el uso y el tipo de sustrato presente en cada una. En relación con el primer objetivo del estudio, parece ser que la presencia de juveniles de angelote en Playa Flamingo es alta, dado que, aunque el número de avistamientos ha sido irregular, su presencia ha sido constante. En cuanto al segundo objetivo, se ha visto que ninguna de las variables tiene influencia alguna en la distribución de los ejemplares juveniles de angelote, al menos a esta escala temporal. Por último, de la información obtenida con los ejemplares marcados se puede extraer que los juveniles de angelote parecen tener cierta preferencia por ciertas zonas en las que permanecen

Palabras clave: Angelote, Juveniles, Ciclo lunar, Distribución

In the present study, we have investigated the use of the habitat by the juvenile angelshark individuals, and the influence on their distribution of a series of variables in Playa Flamingo (Lanzarote) during a complete lunar cycle. For this, snorkeling surveys have been carried out, carrying out transects following the coastline, covering the area up to a maximum depth of 5 meters, and physicochemical data have been taken using a multiparametric probe, making it possible to study certain variables. Finally, the movements of the specimens, previously marked in the Angel Shark Project marking campaigns, have been analyzed between the different areas into which the beach has been divided according to the use and type of substrate present in each one. In view of the results, and in relation to the first objective of the study, it seems that the presence of juvenile angelshark in Playa Flamingo is high, given that, although the number of sightings has been irregular, their presence has been constant. Regarding the second objective, it has been seen that none of the variables have any influence on the distribution of juvenile angelfish specimens. Finally, from the information obtained with the tagged specimens, it can be extracted that the juvenile angelfish seem to have a certain preference for certain areas in which they remain.

Key words: Angelshark, Juveniles, Lunar cycle, Distribution

INTRODUCCIÓN

Todas y cada una de las especies presentes en los océanos forman parte de una compleja red de relaciones, que a su vez configuran la existencia y estructura de los ecosistemas marinos. En este sentido, los condriictios son clave para los océanos, dado que desempeñan una función importante como depredadores y controladores de los ecosistemas (Heithaus, Wirsing, & Dill, 2012). Sin embargo, una cuarta parte de todas las especies de condriictios se encuentran en riesgo de extinción (Dulvy et al., 2014; Meyers et al., 2017; Kyne et al., 2019; Pacoureaux et al., 2021), y en este mismo estudio, Dulvy et al. (2014) considera que la familia Squatinidae es la segunda más amenazada del mundo, sin embargo, el reciente estudio de Kyne et al. (2019) sitúa a las familias de los peces cuña (Rhinidae) y peces guitarra gigantes (Glaucostegidae) como las más amenazadas.

El angelote o pez ángel (*Squatina squatina*) es una especie de elasmobranquio demersal perteneciente a la familia Squatinidae, se trata de un tiburón aplanado dorsoventralmente que se encuentra normalmente en sedimentos bentónicos blandos hasta una profundidad de al menos 150m (Morey et al., 2019). Utiliza sus amplias aletas pectorales para enterrarse en sedimentos blandos, desde donde embosca por sorpresa a peces desprevenidos que nadan a su alcance (Compagno, 1984; Capapé, Seck, Gueye-Ndiaye, Diatta, & Diop, 2002; Tonachella, 2010; Ebert & Compagno, 2013; Jiménez Alvarado et al., 2020). Este tiburón es de hábito nocturno, se le puede encontrar nadando activamente por el fondo durante la noche, y descansando sobre el fondo durante el día. Se trata de un animal ovovivíparo lecitotrófico (Budker 1958; Capapé et al., 1990; Osaer et al., 2015), presenta una asimetría en la funcionalidad de los ovarios en la que el ovario izquierdo produce más folículos y más grandes que el ovario derecho (Ellis et al., 2020), y tiene camadas de tamaño moderado, pudiendo tener de 7 a 18 crías, las cuales miden al nacer entre 24-34 cm de longitud (Capapé et al., 1990; Lo Bianco, 1899; Ellis et al., 2020). El período de gestación de los angelotes varía de 8 a 10 meses (Tortonese 1956; Bini 1968; Capapé et al. 1990; Ebert and Compagno 2013; Tonachella 2010; Osaer 2015), y las crías nacen de diciembre a febrero en el Mediterráneo (Morey et al., 2019), de abril a julio en las Islas Canarias (Meyers et al., 2017), y en julio en el Reino Unido (Morey et al., 2019). Tienen generaciones longevas, con un crecimiento lento y un número de crías

pequeño en comparación con otros condriictios (Lawson et al., 2020). Estas características sitúan al Angelote en una situación muy comprometida en cuanto a su conservación, siendo clasificado por la lista roja de la UICN como especie en peligro crítico de extinción (Morey et al., 2019).

El angelote originalmente se extendía desde Escandinavia hasta el noroeste de África (Marruecos y las Islas Canarias), incluidos el Mediterráneo y el Mar Negro (Morey et al., 2019). En base a la evaluación llevada a cabo por la UICN en 2019 (Morey et al., 2019), la especie es ahora extremadamente poco común en la mayor parte de su área de distribución, con la excepción de las Islas Canarias, que han sido identificadas como un bastión único para la especie donde los buzos y pescadores avistan individuos con regularidad (Morey et al., 2019). El estudio llevado a cabo por Lawson et al. (2020) confirmó que, además del archipiélago canario, esta especie se encuentra, aunque en menor abundancia, en la ecorregión de los Mares Celtas (costa oeste de Irlanda, Gales e Inglaterra), y en algunas zonas de la cuenca central del Mediterráneo, exceptuando el norte del Mar Negro. Se clasificó la presencia como incierta en zonas como la costa francesa del Atlántico, la Península Ibérica, o la costa Atlántica de Marruecos. Como conclusión a su estudio, Lawson et al. (2020) asume que en el caso de que la especie se encuentre extinta en todas las zonas donde se ha considerado que su presencia es incierta, su rango de distribución geográfica se habría visto reducido en un 58%. La disminución de los angelotes se ha atribuido a su susceptibilidad tanto a la captura incidental en la pesca (Shephard, Wögerbauer, Green, Ellis y Roche, 2019) como a la pérdida de hábitat, debido a su ecología costera (Barker et al., 2016; Meyers et al., 2017; Jiménez Alvarado et al., 2020), lentas tasas de crecimiento y baja fecundidad (Tonachella, 2010; Ebert & Compagno, 2013; Dulvy et al., 2014; Osaer, Narváez, Pajuelo, & Lorenzo, 2015; Meyers et al., 2017). El angelote es una especie que se ha visto presionada por la industria pesquera durante muchos años. Los registros del siglo XIX y de principios del siglo XX sugieren que los angelotes fueron una especie objetivo en el mar Mediterráneo y el Atlántico nororiental, principalmente por su carne, hígado y piel. Estos tiburones eran un componente tan importante de las pesquerías que se desarrollaron numerosos artes de pesca especializados para capturarlos, y se les dio su nombre (Lawson et al., 2020), como, por ejemplo, en España, que recibían el nombre de “*escatera*” (Morey et al., 2006), o en Italia, que se nombraban como “*squaenera*” (Fortibuoni et al., 2016). Además, debido a su ecología y a su método de alimentación, estos elasmobranquios son muy susceptibles

a las artes de pesca de arrastre, y se enredan fácilmente en redes de malla grande (Lawson et al., 2020), por tanto, se pueden ver potencialmente afectados por las actividades de pesca industrial, y formar parte del conjunto de especies capturadas de forma accidental.

En cuanto a su conservación, el angelote se encuentra bajo la protección de unas 20 medidas de protección a nivel internacional, nacional y regional (Lawson et al., 2020). A nivel internacional esta especie se encuentra recogida como “especie en peligro crítico de extinción” dentro de la lista roja de IUCN, la cual representa la información de mayor relevancia a nivel de estado de conservación de especies. También se encuentra incluida en los Apéndices I y II de la Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS), y en el Anexo 1 del Memorando de Entendimiento de la CMS sobre la Conservación de Tiburones Migratorios (CMS Sharks MoU). Esto se traduce en la aplicación de una serie de medidas de protección a nivel nacional y regional, incluidas en un plan de conservación aportado por la CMS Sharks Mou (CMS/Sharks/MOS3/Inf.10, 2018). Esta especie se encuentra protegida a nivel regional formando parte de distintos planes de conservación. Está incluido en el Apéndice III de la Convención de Berna sobre la Conservación de la Vida Silvestre Europea desde 1997 (Lawson et al., 2020), así pues, su explotación debe ser regulada de tal forma que mantenga la existencia de esas poblaciones fuera de peligro, además, queda prohibida la utilización de medios no selectivos de captura o muerte (CONVENTION on the conservation of European wildlife and natural habitats, 1982). Desde el año 2009, el angelote forma parte del Anexo II del Protocolo del Convenio de Barcelona relativo especialmente a áreas protegidas y diversidad biológica en el mar Mediterráneo (SPA/BD Protocol), que la sitúa como una de las especies amenazadas y en peligro de extinción. Posteriormente, las 24 Partes de la Comisión General de Pesca del Mediterráneo (CGPM) acordaron prohibir la retención, el desembarque, transbordo, exhibición y venta de especies incluidas en el Anexo II. Además, en 2015, la Unión Europea (UE) transpuso la recomendación de la CGPM al Reglamento de la UE (UE 2015/2102). Esto consolidó la prohibición de la retención de las tres especies de angelote por parte de la flota de la UE en el mar Mediterráneo. Este reglamento aumenta la inclusión del angelote como especie prohibida en las cuotas de pesca anuales de la Política Pesquera Común (PPC), que se aplica a todas las aguas de la UE (UE 2019/124) (Lawson et al., 2020). También se encuentra protegido por la Convención de OSPAR, dónde se encuentra incluido en la lista de especies amenazadas y/o en declive en las regiones II, III y IV (Comisión OSPAR,

2008). Por último, a nivel nacional, está prohibido matarlos, herirlos o retenerlos intencionadamente en países como Escocia, Gales, Irlanda del norte e Inglaterra, estos últimos tres países también prohíben su perturbación y acoso. En España, el angelote se encuentra incluido en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección (LESPRE), y en el Catálogo de Especies Amenazadas bajo la categoría de “en peligro de extinción”, dándole a esta especie una protección completa en la zona de las Islas Canarias (Lawson et al., 2020). En este sentido, existe un plan de acción para el angelote en el archipiélago canario, desarrollado durante el Taller de Conservación del Angelote celebrado en junio de 2016. En dicho plan de acción se establecen seis metas que tratan de reducir las amenazas identificadas en las categorías de amenazas prioritarias (Barker et al., 2016). Dichas metas son las siguientes: Minimizar la mortalidad del angelote debido a la pesca, sobre todo por la captura incidental; Identificar las áreas críticas para la especie y minimizar las posibles amenazas en dichas zonas; Minimizar la interacción negativa entre el angelote y los humanos, haciendo hincapié en la concienciación y educación; Incluir a la especie en distintas legislaciones a nivel comunitario, nacional e internacional para aumentar su protección; Mantener la investigación sobre la ecología del angelote, de forma que las labores de conservación se apoyen en datos sólidos; Educar a la comunidad residente y turística en las Islas Canarias sobre el estado de las poblaciones del angelote y la importancia de las Islas Canarias como el último bastión conocido para esta especie (Barker et al., 2016).

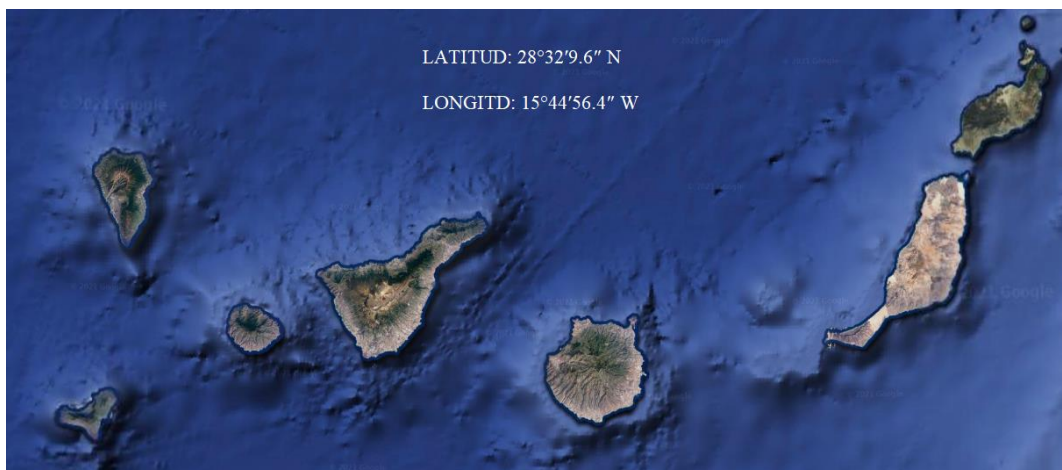


Figura 1. Imagen satelital del archipiélago canario (fuente: Google Earth)

Las Islas Canarias son un archipiélago volcánico de ocho islas ubicadas en el Atlántico este, 100 km al oeste de Marruecos (Perez-Rosales, 2014). Dichas islas son:

Tenerife, La Gomera, La Palma, El Hierro, Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote, y la recién denominada isla, La Graciosa, todas ellas de origen volcánico (Fig.1). Biogeográficamente, las Islas Canarias pertenecen a la región Macaronésica, esta se encuentra expuesta a influencias contrapuestas: por un lado, a las masas de aire frescas y húmedas aportadas por los alisios y, por otro, en algunas ocasiones, a los vientos saharianos secos y cálidos. A su vez, las diferencias de orientación y altitud determinan una gran diversidad de ambientes ("España a Través de los Mapas", 2021). Además, el contacto con la corriente marina fría de Canarias atempera y suaviza las temperaturas, que oscilan entre los quince y los veinte grados centígrados por término medio, las diferentes islas presentan, cada una de ellas, un territorio insular específico cuyo relieve y la exposición a los factores climáticos más sobresalientes de su clima, en especial el casi constante régimen de los Alisios, generan en la orografía insular unas condiciones que posibilitan la gran variedad de ecosistemas presentes (Godoy, n.d.). A nivel marítimo, las Islas Canarias poseen más de 1.500km² de costa y una plataforma submarina que cubre 2.256km² (Pascual 2004). Un aspecto muy importante es su proximidad respecto a las zonas afloramiento de nutrientes en las costas africanas, y el consiguiente gradiente oceanográfico que se genera debido a la posición de cada una de las islas, este afecta a la temperatura del agua, la concentración de nutrientes y la productividad primaria (Barton *et al.* 1998). Además, dicho gradiente influye en la composición y estructura de las especies marinas, lo que ha dado lugar a un ambiente marino diverso biológicamente y a la presencia de especies tanto tropicales como de aguas templadas (Brito *et al.* 2001; Sansón *et al.* 2001; Haroun 2001; Tuya and Haroun 2009).

Hoy en día, el archipiélago canario representa el último bastión conocido para el angelote (Barker *et al.*, 2016; Jiménez Alvarado *et al.*, 2020), la única región donde es visto de forma regular por submarinistas y pescadores (Tuya & Haroun, 2009; Narváez, 2012; Meyers *et al.*, 2017; Jiménez Alvarado *et al.*, 2020), aunque también aquí se encuentra amenazado y se requieren acciones inmediatas (Barker *et al.*, 2016). La prevalencia de estos tiburones permite una investigación detallada de su ecología, importante para las iniciativas de conservación en toda su distribución, ya que se sabe poco sobre la biología, el uso del hábitat, la estructura o el movimiento de la población (OSPAR, 2010; Meyers *et al.*, 2017; Morey *et al.*, 2019; Jiménez Alvarado *et al.*, 2020). El angelote ya se encuentra protegido en las Islas Canarias, pero es necesario ampliar el conocimiento sobre su ecología, de forma que su protección sea lo más efectiva posible.

En este sentido, la protección de las áreas de cría es un elemento importante de la conservación de elasmobranquios, ya que el crecimiento y la productividad de la población están influenciados por la supervivencia de los juveniles (Beck et al., 2001; Heithaus, 2007; Heupel, Carlson y Simpfendorfer, 2007; Kinney y Simpfendorfer, 2009; Jiménez Alvarado et al., 2020). Actualmente existe un conflicto en relación con la definición de área de cría, ya que dicha definición varía mucho entre especies, áreas geográficas y unidades de manejo (Beck et al., 2001; Heithaus, 2007; Heupel, Carlson, & Simpfendorfer, 2007; Jiménez Alvarado et al., 2020). Históricamente definida como regiones donde nacen los jóvenes, o donde residen a medida que crecen hacia la madurez (Heupel, Carlson y Simpfendorfer, 2007), aunque esta definición resulta poco convincente, y presenta dificultades a la hora de identificar las posibles áreas. Otros autores como Beck et al. (2001) identificaron el problema y aportaron otra definición en la cual consideraron un área de cría como una región donde los peces juveniles se encuentran en densidades más altas, evitan la depredación con más éxito, crecen a un ritmo más rápido que en otros hábitats y, por lo tanto, proporcionan una mayor contribución relativa al reclutamiento de adultos que otras áreas, aunque dicha definición puede ser difícil de comprobar y además puede ser enmascarada por la variabilidad interanual en las poblaciones. Como conclusión, todavía hay una visión limitada de en qué consiste realmente un área de cría de tiburones, o cómo se puede definir (Heupel, Carlson y Simpfendorfer, 2007; Jiménez Alvarado et al., 2020). Así pues, y dado que los angelotes están presentes en aguas costeras someras (Meyers et al., 2017), la definición que mejor se adapta a esta especie es la de Heupel et al. (2007), donde se identifica una zona como área de cría en el caso de que se cumplan sus tres criterios: 1) los tiburones se encuentran más comúnmente en el área que en otras áreas; (2) los tiburones tienden a quedarse o regresar por períodos prolongados; y (3) el área o hábitat se usa repetidamente a lo largo de los años. Por tanto, identificar y estudiar estas áreas de cría es un gran paso para entender mejor la ecología de este críptico tiburón, y poder aplicar medidas que ayuden a su protección y conservación. En este sentido, el reciente estudio de Jiménez Alvarado et. (2020) propone una serie de recomendaciones, en concreto ocho, que podrían servir como guía para el gobierno español y canario a la hora de aplicar medidas que garanticen una mayor protección de los juveniles en todo el archipiélago. Dichas recomendaciones son las siguientes: No llevar a cabo programas de realimentación de playas durante las épocas de cría, por precaución, puesto que dichas actividades podrían afectar a la estructura de los sedimentos y a la turbidez, y por tanto,

podría tener un impacto negativo en la capacidad de enterrarse y en la disponibilidad de presas; Llevar a cabo una evaluación sobre la interacción entre la pesca tradicional y el angelote, con el objetivo de identificar posibles medidas de mitigación; La eliminación prioritaria de emisarios no autorizados que se encuentran a menos de 1 Km de las playas; La consideración de las zonas de cría "confirmadas" y "potenciales" en el proceso de planificación espacial marina; La colocación en las playas de paneles informativos que ayuden a crear conciencia sobre la presencia del angelote; La inclusión de esta especie en los planes de manejo para las playas dentro de las designaciones de Zonas Especiales de Conservación (ZEC); El desarrollo de directrices sobre mejores prácticas para las actividades de buceo recreativo y esnórquel; Por último, aportar financiación para poder realizar estudios a largo plazo para mejorar la comprensión de las áreas de cría en las Islas Canarias.

OBJETIVOS

En el presente estudio se pretende analizar el uso de hábitat por parte de los angelotes en un área de cría confirmada y para ello, se han establecido una serie de objetivos. A cada objetivo se encuentra asociada una hipótesis, que será necesario contrastar con el fin de obtener la mayor información posible.

El primer objetivo es analizar la presencia de los angelotes durante un ciclo lunar completo. Obtener esta información resulta de gran importancia para la ecología de la especie, sobre todo en las áreas de cría confirmadas.

En cuanto al segundo objetivo, este tiene su base en los datos tomados durante los muestreos, así pues, se trata de analizar todas las variables presentes en el estudio (ambientales, depredadores...), y establecer cuáles de las mismas tienen una mayor influencia en la distribución de los juveniles de angelote en Playa Flamingo.

El tercer objetivo es analizar el movimiento de los ejemplares marcados a lo largo de la playa. Esto podría aportar información sobre la preferencia de los individuos hacia algunas zonas específicas. Para ello la playa se ha dividido en tres zonas distintas, y gracias a las campañas de marcaje previas llevadas a cabo por el Angel Shark Project, será posible encontrar una serie de ejemplares, que serán catalogados como recapturas, los cuales presentan una identificación visual que permite diferenciarlos del resto.

MATERIAL Y MÉTODOS

TOMA DE DATOS

Este estudio se ha basado en muestreos nocturnos a esnórquel en Playa Flamingo, Lanzarote (Fig.2), dicha playa se encuentra en la costa oeste de Playa Blanca, y pertenece al municipio de Yaiza. Esta playa ha sido la elegida para ser monitorizada debido a su reciente clasificación como área de cría en el estudio llevado a cabo por Barker et al. (in prep), y a sus dimensiones reducidas, que la hacen ideal para estudios donde no se ha podido contar con un amplio equipo de observadores. Dichos muestreos han seguido las pautas establecidas en anteriores estudios como el de Jiménez -Alvarado et al. (2020). Por tanto, han consistido en la búsqueda de angelotes juveniles durante la noche, usando un tiempo total de esfuerzo de 45 minutos. Para ello se han realizado transectos siguiendo la línea de costa, de forma que haya quedado cubierta toda el área hasta una profundidad máxima de 5 metros. Los muestreos se han realizado durante la noche, ya que los angelotes juveniles son más activos y sus ojos reflejan la luz de las linternas, lo que facilita su identificación (Jiménez -Alvarado et al., 2020), y se han llevado a cabo por un mínimo de 2 personas durante todas las noches de un ciclo lunar completo, comprendido entre el 26 de abril y el 26 de mayo de 2021. Antes de iniciar los muestreos se ha dividido la playa en tres zonas con distintas características, con el objetivo de observar si sus condiciones tienen alguna influencia en la distribución de los juveniles de angelote. La zona 1, se caracteriza por ser la entrada de buceadores y otras actividades acuáticas. La zona 2 se define por presentar un sedimento fino y blando (al igual que la zona 1), pero en este caso es una zona de baño. Por último, la zona 3, la cual se distingue por tener un sedimento mixto de rocas negras y arena fina.

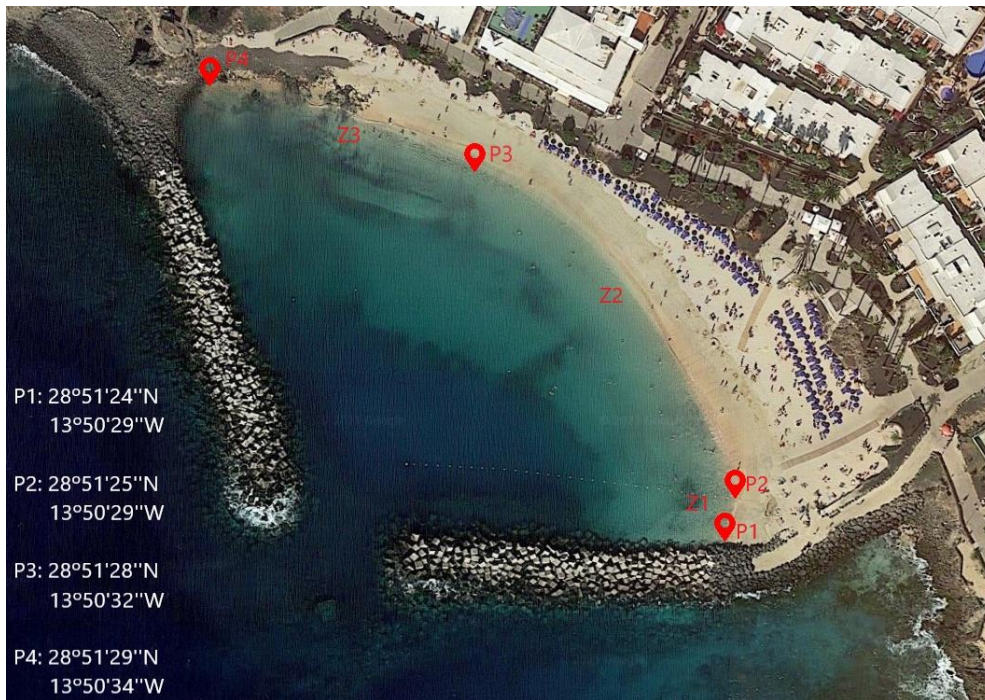


Figura 2. Playa Flamingo (Lanzarote) con su correspondiente zonificación de cara al estudio (fuente: Google earth)

Para cada individuo avistado se han tomado una serie de datos. Para empezar, se anota la hora en la que se ha avistado al ejemplar, y la hora en la que se finaliza la toma de datos, con el fin de llevar un control del tiempo y así realizar un esfuerzo de búsqueda de exactamente 45 minutos. Los datos que se han tomado han sido la talla, medida con una cinta métrica (Fig.3); el sexo, cuando haya sido posible determinarlo; el número de identificación, en el caso de que el ejemplar haya sido marcado previamente; el tipo de hábitat en el que se encuentra, arena, rocoso, o mixto; la zona de la playa en la que se ha avistado (Fig.2), y, por último, un apartado de comentarios en el que queda anotada cualquier información extra que pudiera ser relevante. Además de los datos tomados sobre los angelotes, también se han tomado anotaciones sobre la presencia de algunas especies que podrían ser posibles depredadores, como Chuchos amarillos (*Dasyatis pastinaca*), Mantelinas (*Gymnura altavela*).

Por otra parte, también se han tomado datos sobre variables ambientales fisicoquímicas que podrían influir en la distribución de esta especie, para ello se ha utilizado una sonda multiparamétrica (YSI) (Fig.4), así pues, los datos obtenidos mediante dicha sonda han sido los siguientes: Temperatura (°C); Presión (mm Hg); Oxígeno disuelto (% y ppm); Salinidad (ppt); y por último la densidad (σ). Finalmente, es necesario que quede constancia de otras variables ambientales como la marea, la visibilidad, y las condiciones del agua cada día.



Figura 4. Sonda Multiparamétrica YSI

Así pues, la metodología a nivel práctico se ha desarrollado siguiendo un patrón. Para empezar, las personas a cargo del muestreo se distribuyen de forma paralela entre ellas, manteniendo una distancia que permita observar a los compañeros y mantener la formación, y perpendicularmente con relación a la línea de costa. La persona que se encuentra más cerca de la orilla es la encargada de guiar al grupo, de forma que el barrido incorpore la mayor área posible. A su vez, la persona que se encuentra en la zona más profunda también ha de guiar al grupo para no muestrear en zonas que superen los 5 metros de profundidad. En el momento en el que se avista a un individuo, dos de las personas a cargo del conteo son las encargadas de la toma de datos e imágenes. Una de ellas será la responsable de medir los ejemplares y anotar todos los datos, además de llevar el control del tiempo, mientras que la otra se centra en tomar imágenes en una posición lo más cenital posible, de forma que estas imágenes puedan servir para obtener medidas de los angelotes *ex situ* en el caso de que existan dudas sobre las tomadas *in situ*, o para identificarlos usando marcas visuales que los distingan del resto.

Por tanto, las herramientas usadas en los muestreos son las siguientes:

- Equipo de esnórquel (traje, guantes, gorro, aletas, máscara y tubo)
- Linterna de buceo (iluminación)
- Ordenador de buceo (control del tiempo)
- Cámara GoPro (toma de imágenes)
- Pizarra de buceo (toma de datos)
- Cinta métrica (mediciones)
- Sonda multiparamétrica YSI (toma de datos fisicoquímicos)

ANÁLISIS DE DATOS

Una vez tomados todos los datos, el siguiente paso es transferirlos a una base de datos en Excel 2017, tal base recoge todos los datos y los clasifica, de forma que toda la información queda almacenada y organizada para su posterior análisis. La información obtenida queda dividida en 2 hojas distintas, en la hoja “Datos de estudio” quedan almacenados todos los datos sobre las variables ambientales, así como otros aspectos tales como la fecha, las personas que forman el equipo, o la persona encargada de tomar los

datos cada día. Y la hoja “Datos de angelotes”, donde se introducen todos los datos referentes a los individuos muestreados.

Una vez obtenidos y organizados todos los datos es necesario procesarlos y analizarlos estadísticamente con el objetivo de identificar las variables que puedan estar relacionadas y, por tanto, que puedan tener influencia en el número de angelotes que fueron avistados durante el proceso de muestreo. Para ello ha sido necesario el uso del software de computación estadística SPSS v.21, así como Excel 2017.

Dentro del estudio podemos clasificar las variables estudiadas en varios grupos, de forma que resulta más sencillo su organización:

- Depredación

En este sentido nos encontramos con tres factores a analizar, el nº de Mantelinas (*Gymnura altavela*); el nº de Chuchos amarillos (*Dasyatis pastinaca*), y, por último, la presencia o ausencia de ambos.

Previamente a analizar estadísticamente los datos se ha comprobado si estos siguen una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 1), dado que en este caso el número de muestras es menor a 50.

Tabla 1. Tabla con las pruebas de normalidad aplicadas a los datos de depredación.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Chuchos	,231	31	,000	,870	31	,001
Mantelinas	,434	31	,000	,614	31	,000
Predador	,205	31	,002	,887	31	,003

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Las pruebas de normalidad (Tabla 1), y más concretamente la prueba de Shapiro-Wilk nos indica que los datos de depredación siguen una distribución no normal, dado que el valor de significancia es menor a 0,05. Así pues, es necesario aplicar modelos no paramétricos, en este caso se ha aplicado la prueba Kruskal-Wallis (Tabla 5), con el objetivo de comprobar la relación entre estas variables y el número de angelotes avistado.

- Ciclo lunar

En este caso se han analizado dos factores distintos, el porcentaje de iluminación lunar y las diferentes fases lunares.

Previamente a analizar estadísticamente los datos se ha comprobado si estos siguen una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 2).

Tabla 2. Tabla con las pruebas de normalidad aplicadas a los datos de ciclo lunar.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Categorización "Iluminación"	,175	31	,016	,847	31	,000
Categorización "Fase lunar"	,160	31	,043	,911	31	,013

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Las pruebas de normalidad (Tabla 2), y más concretamente la prueba de Shapiro-Wilk nos indica que los datos de fase lunar e iluminación siguen una distribución no normal, dado que el valor de significancia es menor a 0,05. Así pues, es necesario aplicar modelos no paramétricos, en este caso se ha aplicado la prueba Kruskal-Wallis (Tabla 6), con el objetivo de comprobar la relación entre estas variables y el número de angelotes avistado.

- Condiciones del agua

En el caso de las condiciones del agua se han analizado tres factores diferentes, la marea; la visibilidad, y las condiciones de oleaje y viento.

Previamente a analizar estadísticamente los datos se ha comprobado si estos siguen una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 3).

Tabla 3. Tabla con las pruebas de normalidad aplicadas a los datos de las condiciones del agua.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Marea	,306	31	,000	,747	31	,000
Visibilidad	,366	31	,000	,729	31	,000
Condiciones	,270	31	,000	,798	31	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Tabla 3) nos indica que los datos de las condiciones del agua siguen una distribución no normal, dado que el valor de significancia es menor a 0,05. Así pues, es necesario aplicar modelos no paramétricos, en este sentido, también se ha aplicado la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 7).

- Variables químicas

En el caso de las variables químicas del agua, se han analizado una total de 6 variables diferentes, la temperatura; la presión (mm Hg); el oxígeno disuelto en porcentaje (%), y en partes por millón (ppm); la salinidad en partes por trillón (ppt), y, por último, la densidad (σ).

Previamente a analizar estadísticamente los datos se ha comprobado si estos siguen una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 4)

Tabla 4. Tabla con las pruebas de normalidad aplicadas a los datos de las variables químicas del agua.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Categorización T ^a	,185	31	,009	,922	31	,027
Categorización mmHg	,397	31	,000	,727	31	,000
Categorización_DO	,350	31	,000	,768	31	,000
Categorización DOppm	,376	31	,000	,725	31	,000
Categorización Salppt	,429	31	,000	,607	31	,000
Categorización Densidad	,462	31	,000	,546	31	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Tabla 4) nos indica que los datos de las variables químicas del agua siguen una distribución no normal, dado que el valor de significancia es menor a 0,05. Así pues, es necesario aplicar modelos no paramétricos, en este sentido, también se ha aplicado la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 8),

- Zonificación

En este sentido se ha analizado descriptivamente la distribución de los angelotes en las distintas áreas en las cuales se ha dividido la playa. Por un lado, se ha estudiado en

que zonas (Z1, Z2 y Z3) es más habitual encontrar individuos, y por otro, si los ejemplares que han sido marcados previamente tienen cierta preferencia por alguna de estas zonas, o si de lo contrario se mueven indistintamente entre ellas. Por último, también se ha analizado si la distribución de los ejemplares en las distintas zonas tiene alguna relación con las distintas fases lunares.

Para ello, se han realizado unos gráficos descriptivos que muestran visualmente la distribución de los individuos en función de la zonificación, y también de la fase lunar.

RESULTADOS

- Avistamientos



Figura 5. Gráfico de barras que muestra el número de Angelotes encontrados durante cada día de muestreo

Este gráfico (Fig.5) muestra visualmente el número de angelotes que han sido avistados durante los muestreos. Se puede apreciar como el número avistamientos que se han producido varía de forma más o menos irregular durante el tiempo, sin embargo, los avistamientos se han dado de forma constante durante todo el proceso de muestreo.

- Depredación
 - Kruskal-Wallis (Depredación)

Tabla 5. Tabla con las pruebas de Kruskal-Wallis aplicadas a las variables de depredación.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Mantelinas.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,817	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Chuchos.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,361	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Categorización variable "Depredador".	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,903	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Los resultados aportados por la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 5) muestran un valor de significancia mayor a 0,05, así pues, se acepta la hipótesis nula (H_0), la cual argumenta que la distribución del número de individuos es la misma dentro de las categorías de las tres variables, y, por tanto, es posible afirmar que estas variables no influyen en el número de angelotes avistados durante los muestreos.

○ Gráficos de dispersión

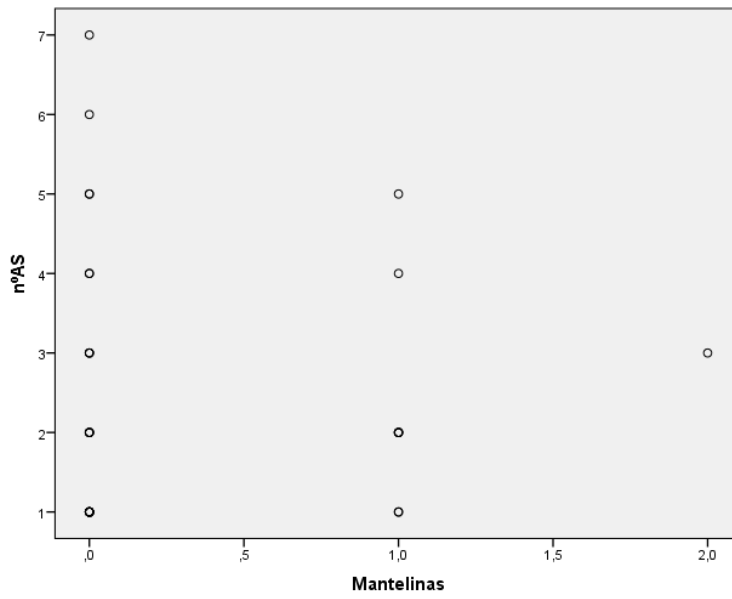


Figura 6. Gráfico de dispersión (N° Angelotes vs Mantelinas)

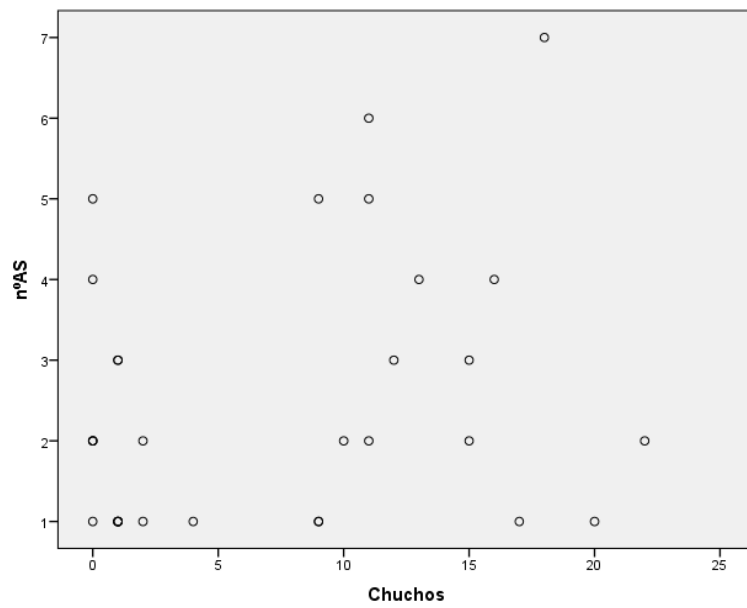


Figura 7. Gráfico de dispersión (N° Angelotes vs Chuchos)

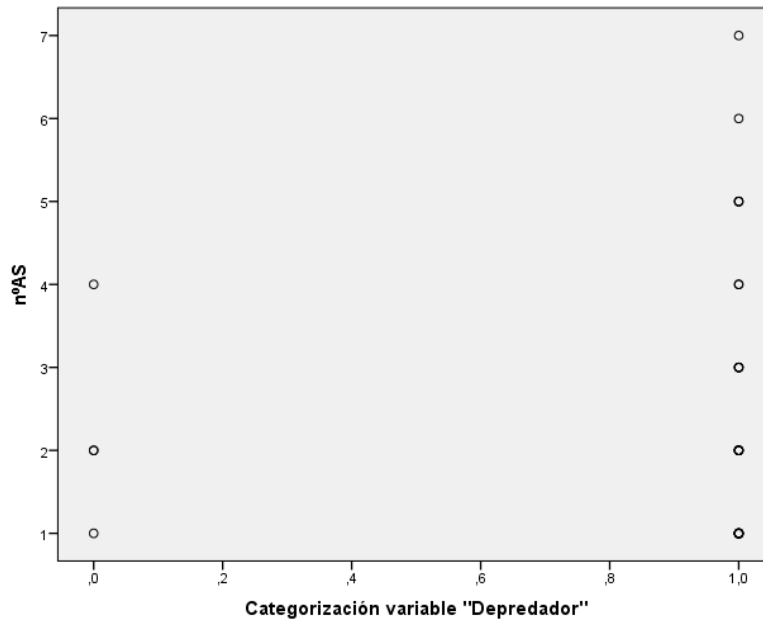


Figura 8. Gráfico de dispersión (Nº Angelotes vs Depredador)

Los gráficos de dispersión muestran la distribución de los angelotes avistados frente al número de mantelinas (Fig.6), al número de chuchos (Fig.7), y frente a la ausencia o presencia de ambos, posibles depredadores (Fig.8). Se puede apreciar claramente la falta de correlación entre el número de angelotes y el resto de las variables.

- Ciclo lunar
 - Kruskal-Wallis (Fase lunar)

Tabla 6. Tabla con las pruebas de Kruskal-Wallis aplicadas a los datos de fase lunar.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de n°AS es la misma entre las categorías de Categorización "Fase lunar".	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,366	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Categorización "Iluminación".	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,434	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Los resultados aportados por las pruebas de Kruskal-Wallis (Tabla 6) muestran un valor de significancia mayor a 0,05, así pues, se aceptan las hipótesis nulas (H_0), las cuales argumentan que la distribución del número de individuos es la misma dentro de las categorías de fase lunar e iluminación, y, por tanto, es posible afirmar que dichas variables no influyen en el número de angelotes avistados durante los muestreos.

○ Gráficos de dispersión

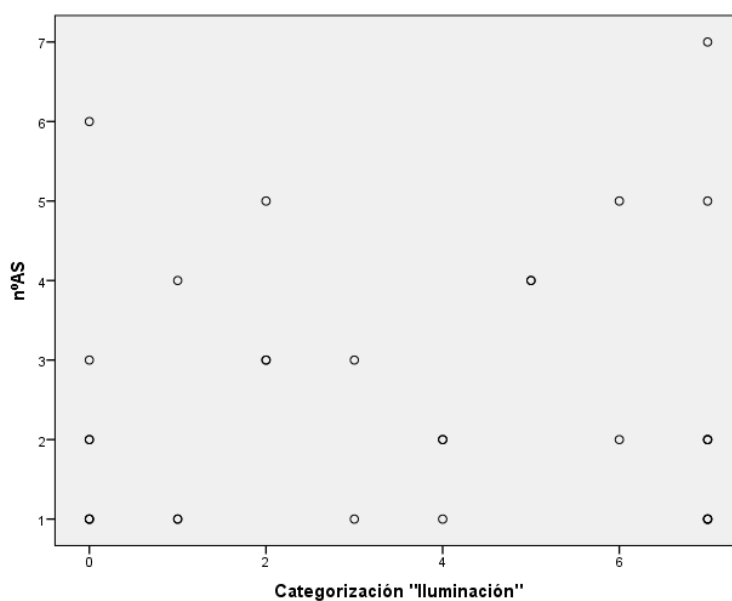


Figura 9. Gráfico de dispersión (Nº Angelotes vs Iluminación)

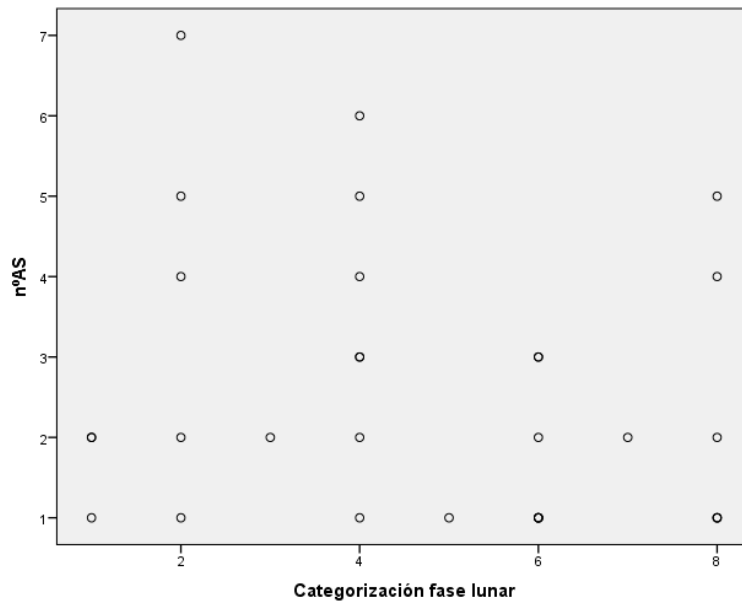


Figura 10. Gráfico de dispersión (Nº Angelotes vs Fase lunar)

Los gráficos de dispersión muestran la distribución de los angelotes avistados frente a las variables de iluminación (Fig.9) y fase lunar (Fig.10). Se puede apreciar de forma clara la falta de correlación entre el número de angelotes y el resto de las variables.

- Condiciones del agua
 - Kruskal-Wallis (Condiciones del agua)

Tabla 7. Tabla con las pruebas de Kruskal-Wallis aplicadas a los datos de las condiciones del agua.

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de n°AS es la misma entre las categorías de Marea.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,099	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Visibilidad.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,183	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Condiciones.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,360	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Los resultados aportados por las pruebas de Kruskal-Wallis (Tabla 7) muestran unos valores de significancia mayores a 0,05, así pues, se acepta la hipótesis nula (H_0), la cual argumenta que la distribución del número de individuos es la misma dentro de las categorías de todas las variables de las condiciones del agua, y, por tanto, es posible afirmar que dichas variables no influyen en el número de angelotes avistados durante los muestreos.

- Gráficos de dispersión (Condiciones del agua)

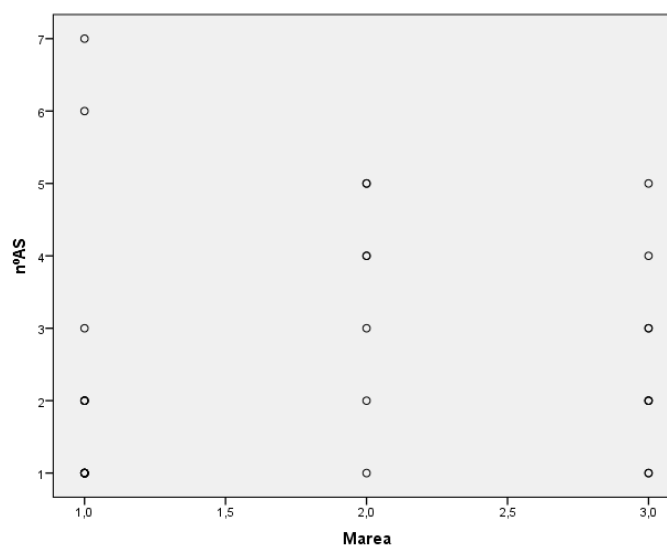


Figura 11. Gráfico de dispersión (Nº Angelotes vs Marea)

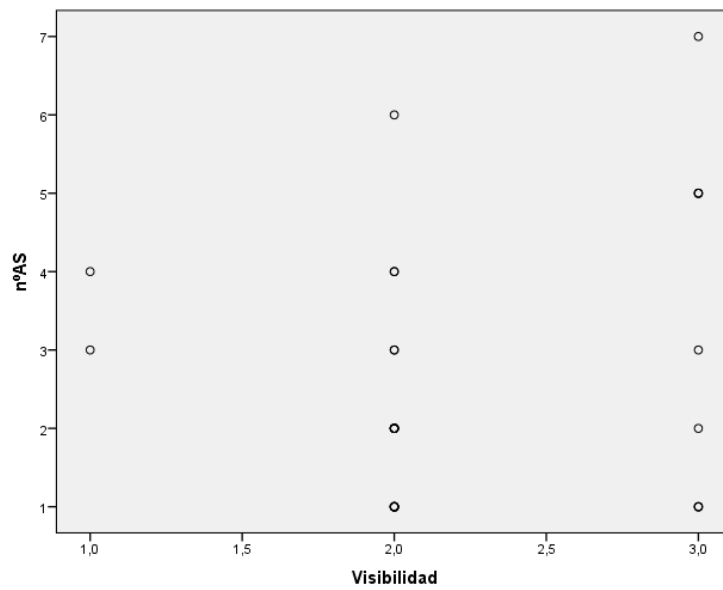


Figura 12. Gráfico de dispersión (N° Angelotes vs Visibilidad)

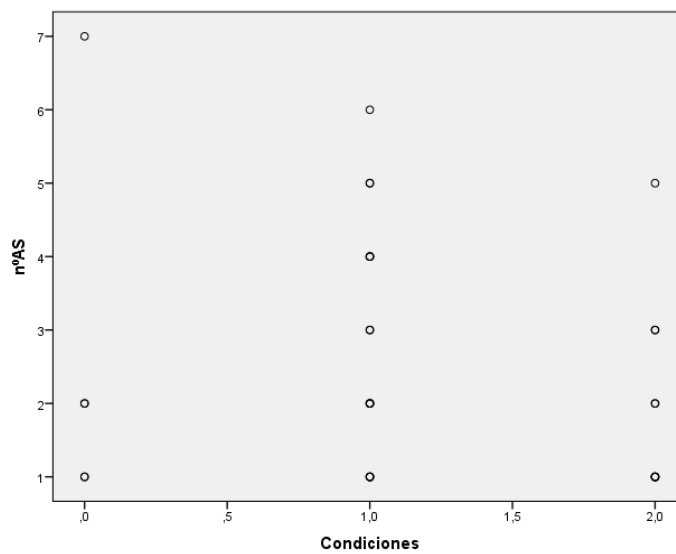


Figura 13. Gráfico de dispersión (N° Angelotes vs Condiciones de oleaje)

Los gráficos de dispersión muestran la distribución de los angelotes avistados frente a las variables de las condiciones del agua. Se puede apreciar de forma clara la falta de correlación entre el número de angelotes y el resto de las variables.

- Variables químicas
 - Kruskal-Wallis

Tabla 8. Tabla con las pruebas de Kruskal-Wallis aplicadas a los datos de las condiciones del agua.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Categorización Tª.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,849	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Categorización mmHg.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,218	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Categorización_DO.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,593	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Categorización DOppm.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,131	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Categorización Salppt.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,452	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de nºAS es la misma entre las categorías de Categorización Densidad.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,256	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Como se puede apreciar en la tabla de Kruskal-Wallis (Tabla 8), los valores de significancia de todas las variables químicas del agua son mayores a 0,05. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0), la cual indica que la distribución de los angelotes es la misma dentro de las distintas categorías de las variables analizadas, así pues, se puede afirmar que dichas variables no tienen influencia en el número de avistamiento durante los muestreos.

○ Gráficos de dispersión (Variables químicas)

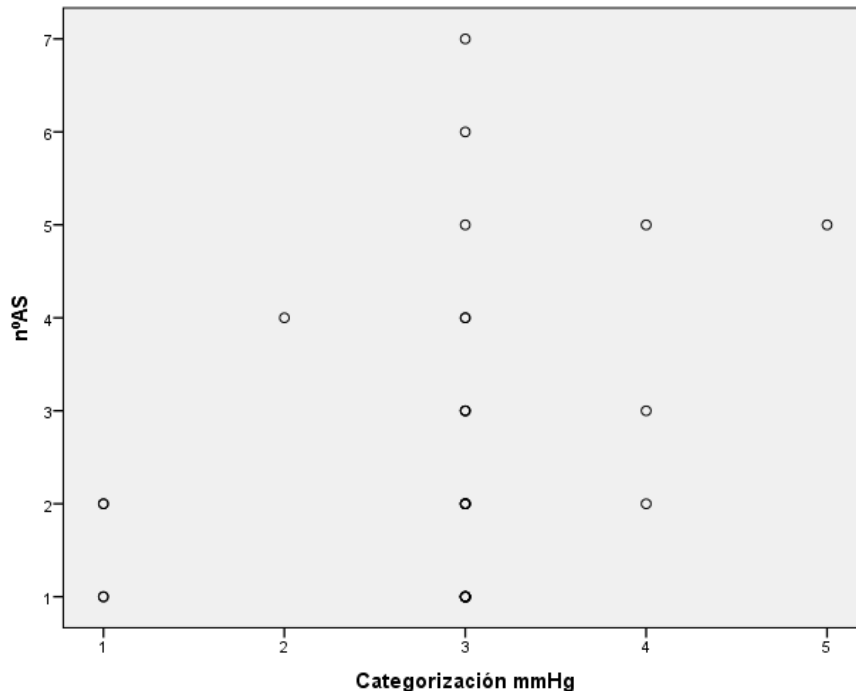


Figura 14. Gráfico de dispersión (N° Angelotes vs Presión)

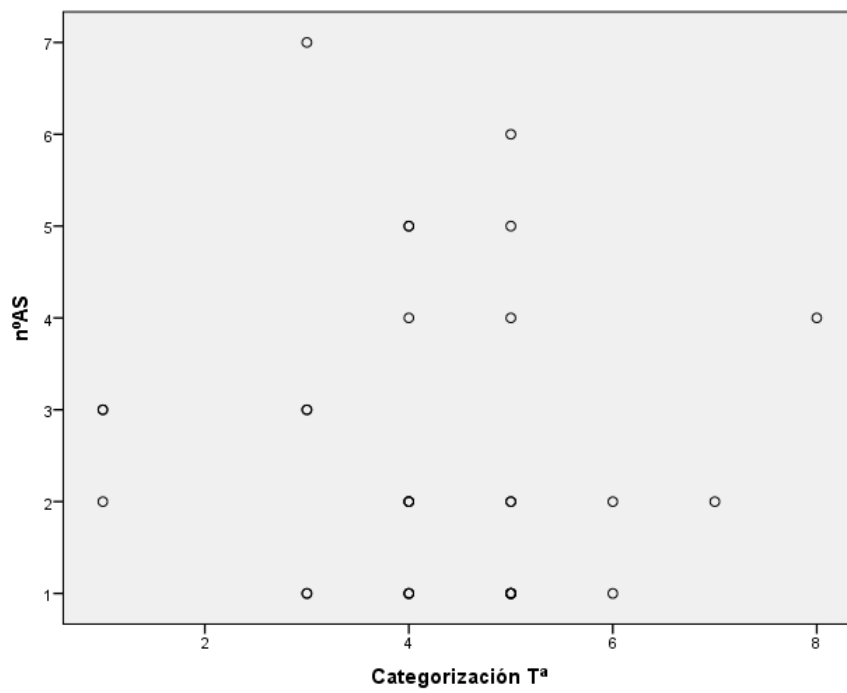


Figura 15. Gráfico de dispersión (N° Angelotes vs Temperatura)

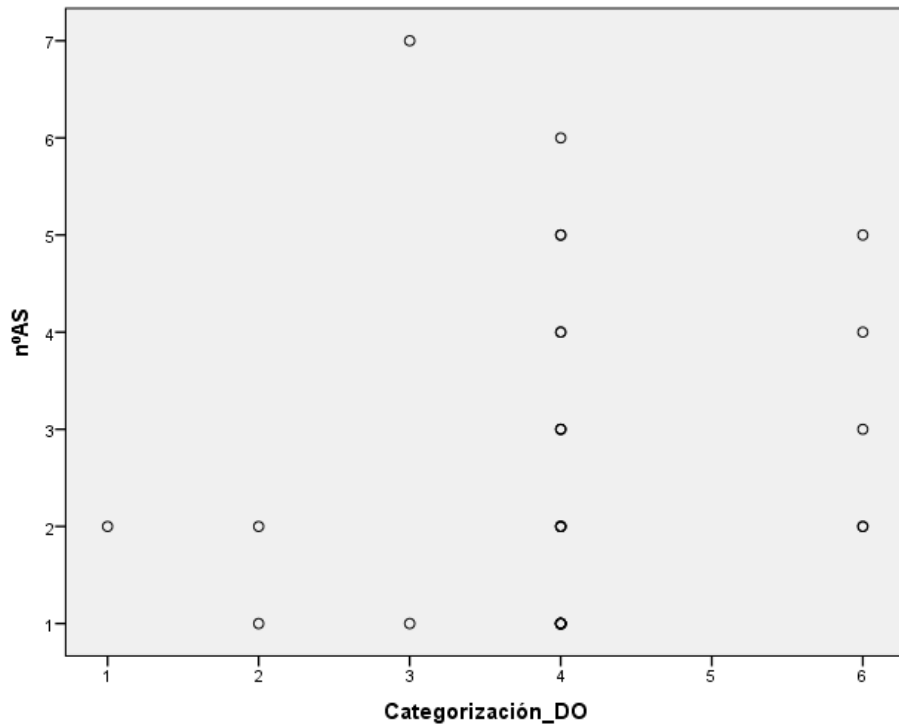


Figura 16. Gráfico de dispersión (N° Angelotes vs Porcentaje de Oxígeno disuelto)

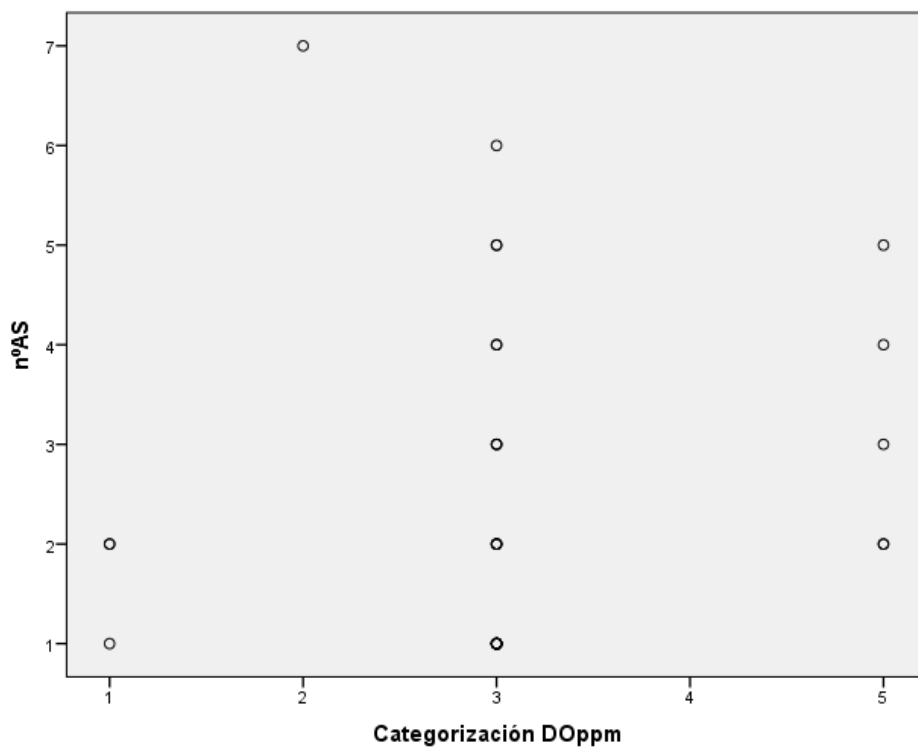


Figura 17. Gráfico de dispersión (N° Angelotes vs Oxígeno disuelto (ppm))

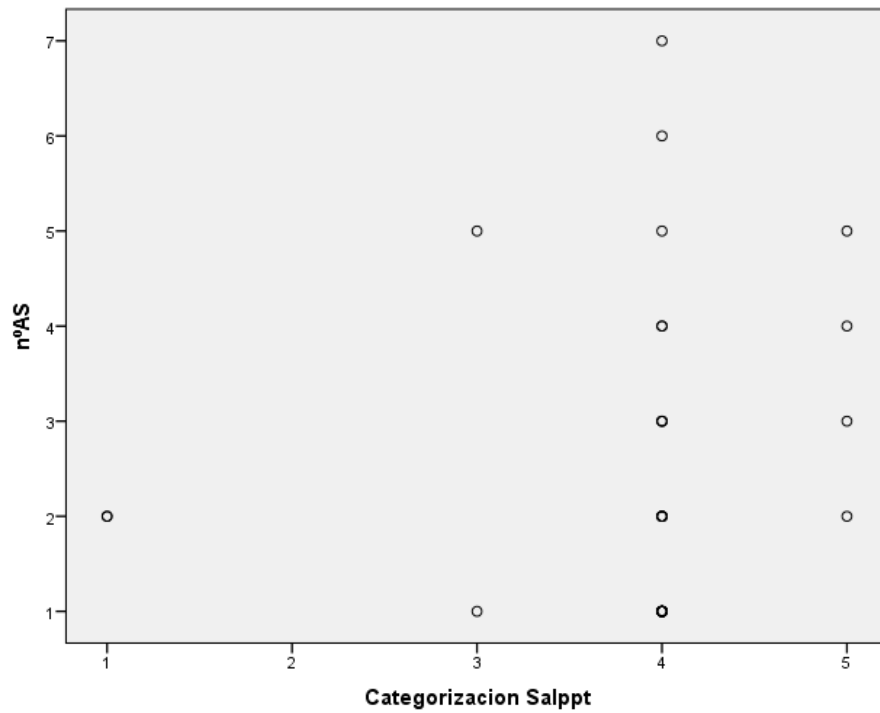


Figura 18. Gráfico de dispersión (Nº Angelotes vs Salinidad (ppt))

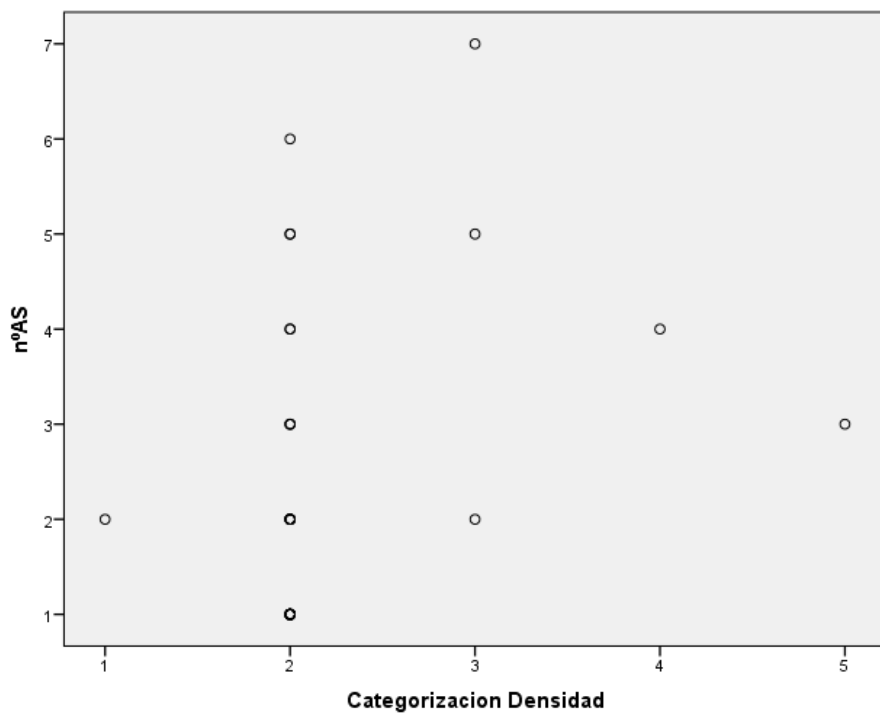


Figura 19. Gráfico de dispersión (Nº Angelotes vs Densidad)

Los gráficos de dispersión muestran la distribución de los angelotes avistados frente a las variables químicas del agua. Se puede apreciar de forma clara la falta de correlación entre el número de angelotes y el resto de las variables.

- Zonificación

- Distribución por zonas

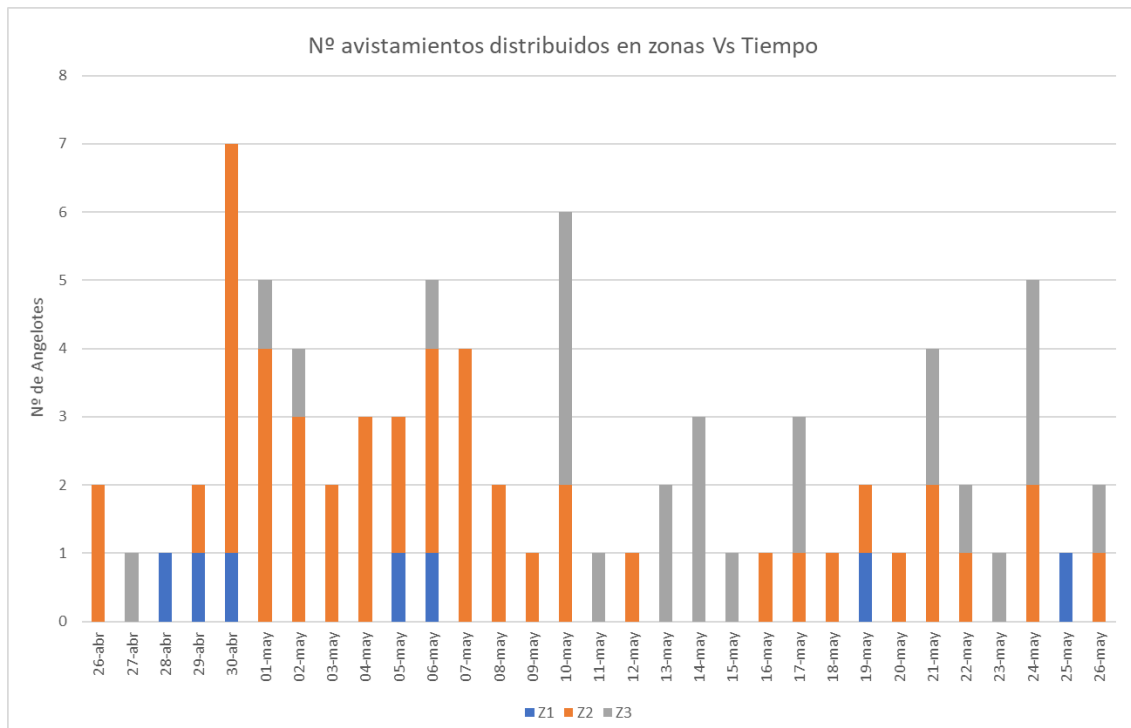


Figura 20. Gráfico de barras que muestra el número de avistamientos distribuidos en zonas, y en función del tiempo (día).

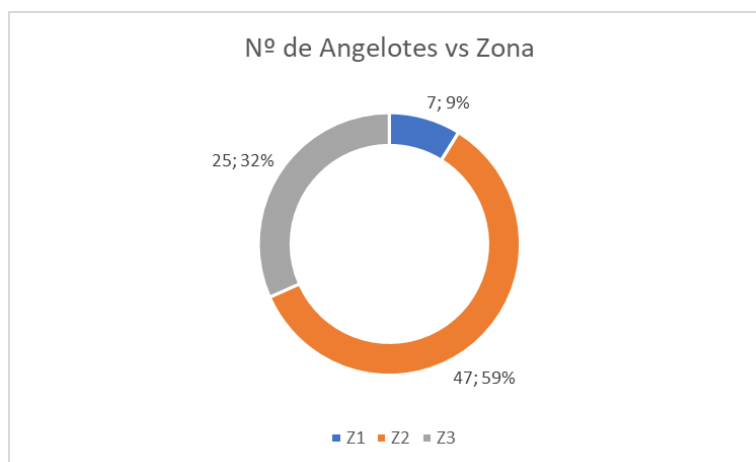


Figura 21. Gráfico circular que muestra el número de avistamientos en función de la zona.

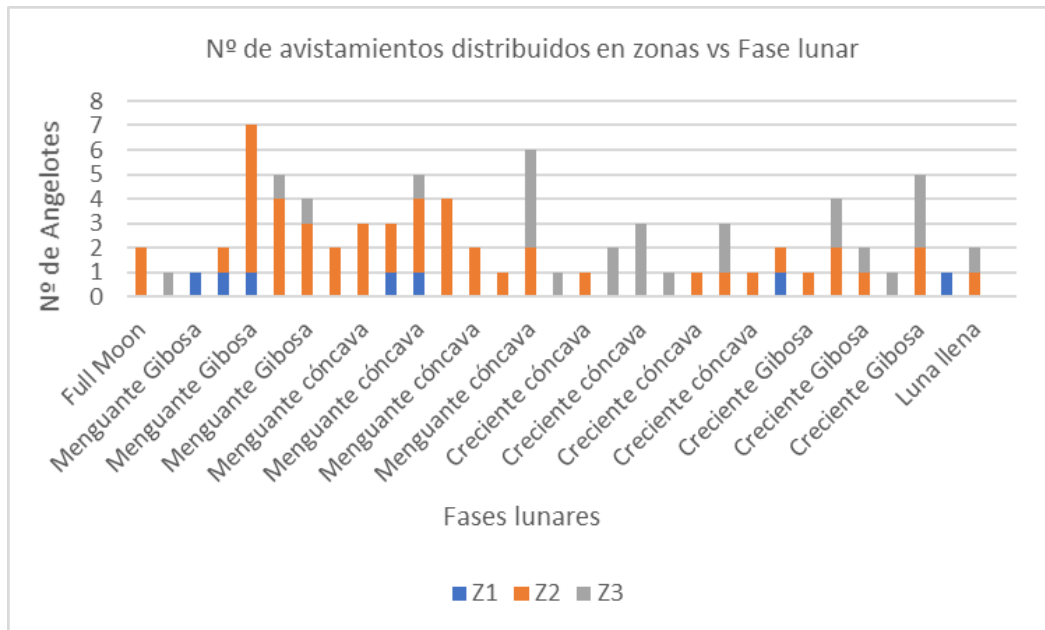


Figura 22. Gráfico de barras que muestra el número de avistamientos distribuidos en zonas, y en función de la fase lunar.

Los tres gráficos muestran como existe cierta preferencia por parte de los angelotes hacia la Zona 2, dado que el 59% (n=47) del total avistados se han encontrado en esa área. Por otro lado, la Zona 3 representa el 32% (n=25) del total avistamientos. Por último, la Zona 1 ha sido el área con el menor número de avistamientos, y representa el 9% (n = 7). Además, el tercer gráfico (figura X) muestra la falta de correlación entre las distintas fases lunares, el número de avistamientos, y la zona en la que se producen los mismos.

○ Distribución ejemplares marcados

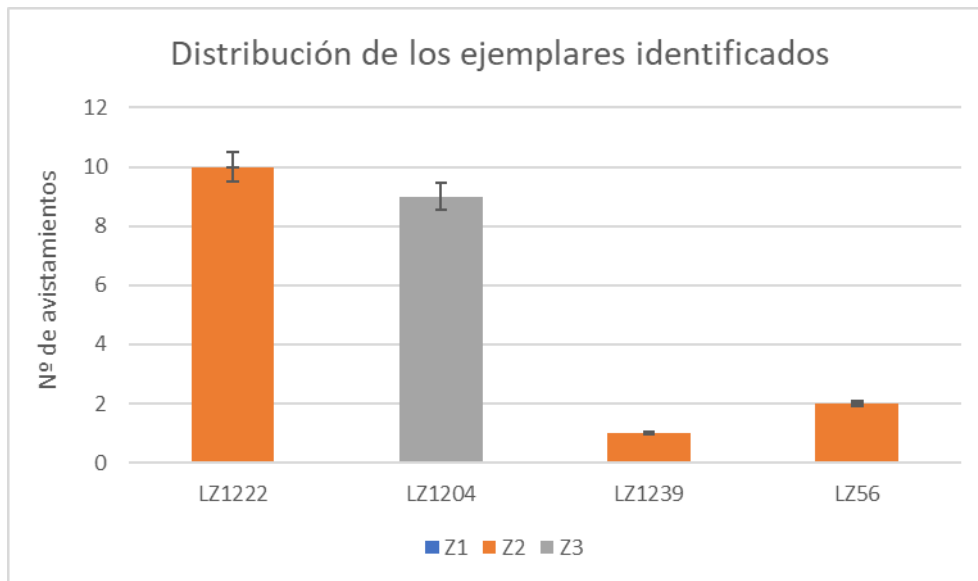


Figura 23. Gráfico de barras que muestra el número de avistamientos de los ejemplares identificados distribuidos por zona.

Este gráfico (Fig.23) muestra la distribución de los avistamientos de los ejemplares previamente marcados. Se puede observar cómo los ejemplares mostraron cierta fidelidad a una sola zona, 3 de ellos (LZ1222, LZ1239 y LZ56) se inclinaron por la zona 2, y el LZ1204 por la zona 3. Cabe resaltar los casos de los ejemplares LZ1222 y LZ1204, ambos fueron avistados numerosas veces, y ambos siempre se encontraban a muy poca distancia de donde fueron avistados en ocasiones anteriores.

DISCUSIÓN

Después de haber recogido los datos, haberlos clasificado y analizado estadísticamente, resulta necesario discutir los resultados para obtener unas conclusiones que expliquen la información obtenida durante todo el proceso.

Resulta importante mencionar que durante el estudio se tuvo que hacer frente a una serie de limitaciones, algunas de ellas derivadas de la metodología aplicada, y ya se hace mención en otros estudios, “los datos se basan en la detección visual de tiburones angelote a través del snorkel o el buceo: los tiburones angelote están muy bien camuflados y se entierran en la arena, por lo que es probable que algunos individuos pasen

desapercibidos durante los muestreos. Los censos con esnórquel solo se pudieron realizar a una profundidad de 5 m, pero los juveniles podrían encontrarse en aguas más profundas no cubiertas por el muestreo. Además, el mal tiempo puede producir rápidamente a una reducción de la visibilidad y eventos de contaminación que impiden el trabajo de inspección planificado” (Jiménez-Alvarado et al., 2020). Por otro lado, cabe mencionar que, durante el estudio, el 67,7% (n=21) de los días el equipo de muestreo se ha reducido a 2 personas, por lo que también se reducen las posibilidades de avistar ejemplares de angelote, puesto que el área muestreada es menor.

Por último, antes de discutir los resultados, es muy importante mencionar otra limitación que ha surgido durante el proceso de muestreo. Se trata de la sonda multiparamétrica YSI, la cual ha sufrido un fallo a los pocos días de iniciar el estudio, por tanto, solo se han podido obtener datos ambientales químicos del 38,7% (n=12) de los días. Así pues, para el análisis estadístico de estas variables se ha realizado una media con los datos obtenidos durante el resto de los muestreos.

En relación con el primer objetivo del estudio, el cual se ha basado en analizar la presencia de los angelotes durante un ciclo lunar completo, los resultados obtenidos muestran claramente que la presencia ejemplares juveniles de dicha especie en Playa Flamingo (Lanzarote) es alta. El primer dato interesante es que en el 100% (n=31) de los muestreos se ha avistado al menos un ejemplar de angelote, y en el 25,8% (n=8) se ha podido avistar 4 o más, tal y como se puede observar en la figura 20, así pues, se puede afirmar que, aunque el número de avistamientos ha sido irregular, su presencia es constante, al menos durante el ciclo lunar completo comprendido entre los meses de abril y mayo, coincidiendo así con la temporada de cría, comprendida entre abril y julio, la cual representa uno de los picos anuales de avistamientos identificados por Meyers et al. (2017). Otro aspecto que fortalece esta hipótesis es el que se refiere a los ejemplares identificados con los marcadores LZ1222 y LZ1204, los cuales fueron avistados al inicio de la campaña (26 y de 28 de abril), en el ecuador (10 y 13 de mayo), y al final de la misma (24 y 26 de mayo). Estos resultados sugieren que los angelotes permanecen en esta playa durante períodos prolongados, cumpliendo así con el segundo requisito propuesto por Heupel et al. (2007) para la identificación de una zona como área de cría, y coincidiendo así con los resultados de Barker et al. (in prep), que ya confirman la zona como un área de cría. Las siguientes campañas de marcaje, que serán llevadas a cabo por

Angel Shark Project, ofrecerán la oportunidad de seguir estudiando su presencia a escalas temporales superiores.

En cuanto al segundo objetivo del estudio, basado en estudiar una serie de variables y analizar cual puede tener una mayor influencia en la distribución de angelotes juveniles, los resultados muestran claramente que ninguna de las variables analizadas parece tener influencia sobre la distribución de los angelotes, al menos a esta escala temporal. Cabe mencionar que, como ya se ha comentado anteriormente, durante el estudio han surgido problemas técnicos inesperados con la sonda multiparamétrica YSI, por tanto, la imposibilidad de tomar datos ambientales químicos (DO%, Salinidad...) claramente ha podido afectar a los resultados obtenidos.

Por otra parte, con relación a los datos de depredación, se había especulado con la posibilidad de que los chuhcos amarillos (*Dasyatis pastinaca*), y las mantelinas (*Gymnura altavela*) pudieran ser depredadores para los ejemplares juveniles de angelote y a la vista de los resultados parece ser que no es así, o al menos su presencia no parece afectar a la distribución del angelote, tal y como se puede observar en las figuras 6, 7 y 8. En este sentido, es probable que el angelote no sea una presa objetivo de los chuchos, dado que además de haber constatado la presencia de esta especie en el 80,6% (n=25) de los muestreos, en los 16 primeros días, el número de avistamientos ha sido alto, con una mínima de 9 ejemplares, y una máxima de 22, reduciéndose drásticamente en los siguientes días. En el caso de existir una relación entre estas especies, se hubiera esperado un aumento considerable del número de avistamientos de angelotes tras la reducción de ejemplares de chucho, otro aspecto que ha podido afectar al resultado es el hecho de que los ejemplares de chucho avistados eran hembras preñadas, pudiendo afectar así a su dieta. En cuanto a las mantelinas, su presencia durante el estudio ha sido más escasa, siendo avistada solo en el 25,8% (n=8) de los muestreos, y en menor número, con una mínima de 1 ejemplar, y una máxima de 2, tal y como se puede observar en la figura 6, no existe ninguna relación entre el número de mantelinas, y la distribución de los juveniles de angelote. Con los datos obtenidos en este estudio.

Otra de las variables que se ha querido analizar han sido las distintas fases del ciclo lunar, y la iluminación asociada a cada día de muestreo. Dichas variables podrían haber estado relacionadas con la distribución debido a los cambios en las mareas, como ya comenta el estudio de Vianna et al. (2013), el cual argumenta que la fase lunar presenta influencia en la distribución vertical de los organismos, que tienden a incrementar su

profundidad durante la fase de luna llena, reduciendo así las probabilidades de detección. Además, los cambios en la iluminación también podrían haber tenido influencia en la capacidad de detección de los juveniles debido a los cambios en la visibilidad, y, por tanto, a la mayor dificultad para pasar desapercibidos en etapas con mayor iluminación. Pero, a la vista de los resultados aportados por los análisis estadísticos, parece ser que no ha existido tal relación, y, por tanto, estas variables no han tenido influencia en la distribución de los juveniles, tal y como se puede observar en las figuras 9 y 10.

Para finalizar las conclusiones derivadas del segundo objetivo hay que mencionar las condiciones ambientales físicas (marea, visibilidad y condiciones del oleaje). Estas variables pueden haber influido en el desarrollo del muestreo debido a varios factores, como el aumento del área a muestrear como consecuencia de las mareas altas, o la gran dificultad para avistar ejemplares con condiciones de mala visibilidad y oleaje. Más allá de estos aspectos, autores como Medved y Marshall (1983) afirman que, en bahías, los tiburones se suelen mover a favor de las corrientes, es decir, hacia dentro de la bahía cuando sube la marea y hacia afuera de la bahía cuando baja, afectando así a su distribución vertical. El área de estudio (Playa Flamingo) presenta unas dimensiones reducidas en comparación con una bahía, y es posible que este efecto no se produzca bajo estas condiciones. Así pues, parece ser que dichas variables tampoco tienen influencia alguna sobre la distribución de los ejemplares juveniles.

Por último, el tercer objetivo de este estudio pretende analizar la distribución de los ejemplares identificados en las tres zonas en las que se ha dividido Playa Flamingo. Es importante destacar que las zonas 2 y 3 han sido las que mayor número de avistamientos han registrado, representando el 59% (n=47) y el 32% (n=21), como se puede apreciar en la figura 21, pero es importante mencionar que la zona 1 presenta unas dimensiones muy reducidas respecto a las zonas 2 y 3, esta diferencia se puede apreciar en la figura 2, y se debe a que la zona 1 se limita al espacio reservado y utilizado para la práctica de deportes subacuáticos. Sin embargo, las zonas 2 y 3 presentan dimensiones muy similares, y la diferencia entre ellas podría estar más relacionada con los cambios en el sustrato, y la influencia que estos pueden tener en la capacidad de los angelotes para enterrarse y pasar desapercibidos frente a sus presas. Llevar a cabo estudios sobre la granulometría de la arena como el de Baumgartner (2018) podrían ayudar a establecer la preferencia de los juveniles frente a diferentes tipos de sustrato. En cuanto a los ejemplares identificados, se han podido avistar un total de 4 (LZ1222, LZ1204, LZ1239,

LZ56), aunque los ejemplares LZ1239 y LZ56 ofrecen poca información, dado que solo han sido avistados una y dos veces respectivamente. Sin embargo, los ejemplares LZ1222 y LZ1204 resultan de gran interés, ambos han sido avistados repetidas veces, 10 y 9 veces respectivamente, pero lo más interesante es que en ambos casos, los ejemplares no han cambiado de zona entre los avistamientos, y se encontraban a escasos metros de la posición en que fueron vistos por última vez. Cabe destacar que el área de la zona 2 donde se ha avistado al LZ1222 se corresponde con un área de arena fina y blanda, mientras que la zona 3, donde se ha avistado al LZ1204, se corresponde con un área de sustrato mixto de roca negra y arena fina. Por tanto, parece ser que los diferentes ejemplares de juvenil de angelote presentan cierta preferencia por distintas zonas, y es posible que sus distintas preferencias se deban a las diferencias en los sustratos, sin embargo, sería necesario ampliar la escala temporal de este estudio y relacionarlo con estudios de granulometría como el de Baumgartner (2018), ya antes mencionado, con el fin de obtener un resultado más preciso de los factores que influyen en la elección de las distintas zonas disponibles.

CONCLUSIONES

Concluyendo con el estudio, este ha tenido cierto éxito con relación a sus objetivos, sobre todo para el primero y el último. Así pues, es posible extraer conclusiones que resultan interesantes de cara a la conservación del angelote (*Squatina squatina*) en Playa Flamingo (Lanzarote), y, por ende, en todo el archipiélago canario.

En primer lugar, y respecto al primer objetivo, se puede afirmar que, aunque el número de avistamientos ha sido irregular, su presencia es constante, al menos durante el ciclo lunar completo comprendido entre los meses de abril y mayo. Además, dos de los ejemplares marcados se han visto durante toda la campaña de muestreos, y, por tanto, ambos han permanecido en esta playa al menos durante este periodo, cumpliendo así el segundo requisito de Heupel et al. (2007) para identificar una zona como área de cría.

En cuanto al segundo objetivo, se ha visto que ninguna de las variables tiene influencia alguna en la distribución de los ejemplares juveniles de angelote, al menos a esta escala temporal. A nivel de variables químicas, los problemas con la sonda multiparamétrica han mermado la calidad del estudio.

Por último, el tercer objetivo se ha llevado a cabo con éxito, ya que se ha comprobado como 2 de los ejemplares marcados (LZ1222 y LZ1204) han permanecido en sus respectivas zonas durante repetidos avistamientos (n=10 y n=9). Así pues, de esta información se puede extraer la conclusión de que los juveniles de angelote parecen tener cierta preferencia por ciertas zonas en las que permanecen. Futuros estudios referentes a la granulometría de la playa podrían ayudar a entender que factores influyen en la elección del área por parte de los ejemplares.

REFERENCIAS

- Awruch CA, Lo Nostro FL, Somoza GM, Di Giacomo E. 2008. Reproductive biology of the angular angel shark *Squatina guggenheim* (Chondrichthyes: Squatinidae) off Patagonia (Argentina, southwestern Atlantic). *Cienc Mar* 34:17–28
- Barker, J., Bartoli, A., Clark, M., Dulvy, N.K., Gordon, C., Hood, A., Jiménez Alvarado, D., Lawson, J. & Meyers, E. 2016. Plan de Acción para el Angelote en las Islas Canarias. ZSL.
- Barker, J. Angel shark breeding áreas in the waters off Canary Islands. (In prep).
- Barton, E.D., Arístegui, J., Tett, P., Cantón, M., Braun, J., Hernández-León, S., Nykjaer, L., Almeida, C., Almunia, J., Ballesteros, S., Basterretxea, G., Escánez, J., García-Weill, L., Hernández-Guerra, A., López-Laatzee, F., Molina, R., Montero, M.F., Navarro-Pérez, E., Rodríguez, J.M., Van Lenning, K., Vélez, H and Wild, K. 1998. The transition zone of Canary Current up-welling region. *Progresses in Oceanography*. 41:455–504.
- Baumgartner, E.S. 2018. Identifying potential Angelshark (*Squatina squatina*) nursery areas and the environmental factors determining their distribution in the Canary Islands.
- Beck, M. W., Heck, K. L., Able, K. W., Childers, D. L., Eggleston, D. B., Gillanders, B. M., Weinstein, M. P. 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience*, 51:633–641.
- Bini, G. 1967. Atlante dei pesci delle coste Italiane, vol. I. Leptocardi, Ciclostomi, Selaci. *Mondo Sommerso Editrice*.
- Bini, G. 1968. Atlante Dei pesci delle coste italiane, vol. IV. *Mondo Sommerso Editrice*.
- Brito, A., Falcón, J.M., Aguilar, N and Pascual, P. 2001. Fauna Vertebrada Marina. In: Fernández- Palacios JM, Martín-Esquivel JL. *Naturaleza de las Islas Canarias: Ecología y Conservación*. Ed. Turquesa, Santa Cruz de Tenerife. 219–229.
- Budker P. 1958. La viviparité chez les sélaciens. *Traite Zool* 13: 1755–1790
- Capapé, C., Quignard, J.P. and Mellinger, J. 1990. Reproduction and development of two angel sharks, *Squatina squatina* and *S. oculata* (Pisces: Squatinidae), of Tunisian coasts: semi-delayed vitellogenesis, lack of egg capsules, and lecithotrophy. *Journal of Fish Biology* 37: 347–356.

Capapé, C., Seck, A. A., Gueye-Ndiaye, A., Diatta, Y., & Diop, M. 2002. Reproductive biology of the smoothback angel shark, *Squatina oculata* (Elasmobranchii: squatinidae), from the coast of Senegal (Eastern tropical Atlantic). *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 82, 635–640.

CMS/Sharks/MOS3/Inf.10. 2018. Concerted Action for the Angelshark (*Squatina squatina*). *3rd Meeting of the Signatories to the Sharks MOU (MOS3)*. 10–14 December 2018, Monaco. 11 pp.

Compagno, L. J. V. 1984. FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. FAO Fisheries Synopsis No. 125, Volume 4, Part 1.

Compagno, L., Dando, M. and Fowler, S. 2005. A field guide to the sharks of the world. *Harper Collins Publishers Ltd., London*.

CONVENTION on the conservation of European wildlife and natural habitats. 1982. *Official Journal of the European Communities*, No L 38 /3.

Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., Cavanagh, R. D., Kyne, P. M., Harrison, L. R. White, W. T. 2014. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife*, 3, e00590.

Ebert, D. A., & Compagno, L. J. V. 2013. *Sharks of the world: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 1. Cow, frilled, dogfish, saw, and angel sharks (Hexanchiformes, Squaliformes, Pristiophoriformes, and Squatiniformes)*. Rome: FAO.

Ellis JR, Barker J, McCully Phillips SR, Meyers EKM, Heupel M. Angel sharks (*Squatinidae*): A review of biological knowledge and exploitation. *J Fish Biol*. 2021. 98: 592–621. <https://doi.org/10.1111/jfb.14613>

European Union (EU). 2015. *Regulation 2015/2102 of the European Parliament and of the Council of 28 October 2015 amending Regulation (EU) No 1343/2011 on certain provisions for fishing in the GFCM (General Fisheries Commission for the Mediterranean) Agreement area*. <http://data.europa.eu/eli/reg/2015/2102/oj>

European Union (EU). 2019. *Council Regulation 2019/124 of 30 January 2019 fixing for 2019 the fishing opportunities for certain fish stocks and groups of fish stocks, applicable in Union Waters and, for Union fishing vessels, in certain non-Union waters*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0124&from=EN>

Ferretti, F., Morey, G., Serena, F., Mancusi, C., Fowler, S.L., Dipper, F., & Ellis, J. 2015. *Squatina squatina*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T39332A48933059*. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-1.RLTS.T39332A48933059.en>

Godoy, I. El medio natural canario. *Consejería de educación, universidades, cultura y deporte del Gobierno de canarias, Dirección general de ordenación e innovación educativa*.

Haroun, R. 2001. El mar canario. In: Fernández- Palacios JM, Martín-Esquivel JL (eds) *Naturaleza de las Islas Canarias: Ecología y Conservación*. Ed. Turquesa, Santa Cruz de Tenerife. 103-107.

- Heithaus, M. 2007. Nursery areas as essential shark habitats: a theoretical perspective. Florida International University.
- Heithaus, M. R., Wirsing, A. J., & Dill, L. M. 2012. The ecological importance of intact top-predator populations: A synthesis of 15 years of research in a seagrass ecosystem. *Marine and Freshwater Research*. 63, 1039–1050.
- Heupel, M., Carlson, J. K., & Simpfendorfer, C. 2007. Shark nursery areas: Concepts, definition, characterization, and assumptions. *Marine Ecology Progress Series*. 337: 287–297.
- Kinney, M. J., & Simpfendorfer, C. A. 2009. Reassessing the value of nursery areas to shark conservation and management. *Conservation Letters*. 2, 53–60.
- Kyne, PM, Jabado, RW, Rigby, CL, et al. The thin edge of the wedge: Extremely high extinction risk in wedgefishes and giant guitarfishes. *Aquatic Conserv: Marine and Freshwater Ecosystems*. 2020. 30: 1337– 1361. <https://doi.org/10.1002/aqc.3331>
- Lawson, J. M., Pollom, R. A., Gordon, C. A., Barker, J., Meyers, E. K. M., Zidowitz, H. Dulvy, N. K. 2020. Extinction risk and conservation of critically endangered angel sharks in the Eastern Atlantic and Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz222>
- Medved RJ, JA Marshall. 1983. Short-term movements of young sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus* (Pisces, Carcharhinidae). *Bulletin of Marine Science*. 33: 87-93.
- Meyers, E.K.M., Tuya, F., Barker, J., Alvarado, D.J., Castro- Hernández, J.J., Haroun, R. and Rödder, D. 2017. Population structure, distribution and habitat use of the Critically Endangered Angelshark, *Squatina squatina*, in the Canary Islands. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. DOI: 10.1002/aqc.2769.
- Morey, G, Barker, J., Hood, A., Gordon, C., Bartolí, A., Meyers, E.K.M., Ellis, J., Sharp, R., Jimenez-Alvarado, D. & Pollom, R. 2019. *Squatina squatina*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2019*: e.T39332A117498371.
- Osaer, F., Narváez, K., Pajuelo, J. G., & Lorenzo, J. M. 2015. Sexual development and maturity scale for the angel shark *Squatina squatina* (Elasmobranchii: Squatinidae), with comments on the adequacy of general maturity scales. *Aquatic Biology*. 1, 117–132.
- OSPAR Commission. 2008. Case Reports for the OSPAR List of Threatened and/or Declining Species and Habitats. *OSPAR Biodiversity Series*. 261 pp.
- OSPAR Commission. 2010. Background document for angel shark *Squatina squatina*. *OSPAR Commission*. UK. 471:2010.
- Pascual, J.J. 2004. Littoral Fishermen, Aquaculture, and Tourism in the Canary Islands: Attitudes and Economic Strategies. In: Boissevain, J and Selwyn, T. 2004. Contesting the Foreshore: Tourism, Society, and Politics on the Coast. *MARE Publication Series No. 2*. Amsterdam University Press.
- Sansón, M., Reyes, J and Afonso-Carrillo, J. 2001. Flora marina. In: Fernández-Palacios JM, Martín- Esquivel JL (eds) *Naturaleza de las Islas Canarias: Ecología y Conservación*. Ed. Turquesa, Santa Cruz de Tenerife, 193–198.

Shephard S, Wögerbauer C, Green P, Ellis JR, Roche WK. 2019. Angling records track the near extirpation of angel shark *Squatina squatina* from two Irish hotspots. *Endangered Species Research*. 38:153-158. <https://doi.org/10.3354/esr00943>

Tonachella, N. 2010. Focus on GFCM-SAC priority species status (p. 44). Rome, Italy: FAO/GFCM.

Tuya, F and Haroun, R.J. 2009. Phytogeography of Lusitanian Macaronesia: biogeographic affinities in species richness and assemblage composition. *European Journal of Phycology*. 44:405–413.

UNEP/MAP-SPA/RAC, 2018. SAP/RAC: SPA-BD Protocol - Annex II: List of endangered or threatened species.

Vianna GMS, MG Meekan, JJ Meeuwig, CW Speed. 2013. Environmental influences on patterns of vertical movement and site fidelity of grey reef sharks (*Carcharhinus amblyrhynchos*) at aggregation sites. *plos one* 8(4): e60331. <https://doi:10.1371/journal.pone.0060331>

WEB:

España a Través de los Mapas. 2021. Retrieved 5 May 2021, from https://www.ign.es/espmap/mapas_ma_eso/MedioESO_Mapa_06.htm

<https://www.google.com/maps/d/viewer?ie=UTF8&hl=es&t=h&msa=0&ll=28.859446085698963%2C13.853846037231438&spn=0.143996%2C0.307617&z=15&mid=1PpZ4KOR0a7vMB9uF3izLXhl-418> (Fecha de acceso: 05/05/2021)