ESTUDIO BIOECOLOGICO DE LAS ÁREAS DE CRÍA DEL ANGELOTE (Squatina squatina) EN LA ISLA DE TENERIFE.

IMPORTANCIA COMO ÁREAS CLAVE PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE



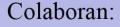
Foto: Jaime Ezequiel Rodríguez Riesco

Jacobo Marrero Pérez, Alejandro Escánez Pérez, Sergio Moreno Borges.

Realizado por:

Con el apoyo de:









GOCIACIÓN TONIZ



INDICE

| 1. | INTRODUCCIÓN. | 3 |
|----|--|------|
| | 1.1 ¿Qué es un criadero de tiburones? | 3 |
| | 1.2 El angelote, tiburón ángel o pez ángel (Squatina squatina) | 5 |
| | 1.3 Estado de conservación. | 7 |
| | 1.4 El angelote en Canarias. | 8 |
| 2. | METODOLOGÍA | 9 |
| | 2.1 Áreas de estudio | 9 |
| | 2.2 Metodología de estudio. | . 10 |
| | 2.3 Análisis de densidad, abundancia y clases de talla para cada área de estudio | . 13 |
| | 2.4 Análisis de la relación de la presencia de angelotes con la densidad de otras especies y con la biodiversidad de las distintas áreas estudiadas. | |
| | 2.5 Extracción de grasas y ácidos grasos para análisis de la dieta. | . 15 |
| | 2.6 Análisis estadístico de los ácidos grasos. | . 16 |
| | 2.7 Análisis de isótopos estables. | . 17 |
| 3. | RESULTADOS | . 18 |
| | 3.1 Abundancia. | . 18 |
| | 3.2 Densidad | . 19 |
| | 3.3 Variación de tallas en las distintas zonas de estudio. | . 20 |
| | 3.4 Relación de sexos y estados de comportamiento en las distintas zonas de estudio | . 21 |
| | 3.4 Cambios en la temperatura del agua a lo largo del periodo de estudio | . 22 |
| | 3.5 Abundancia proporcional de otras especies en las distintas áreas de estudio | . 24 |
| | 3.6 Análisis de ácidos grasos de crías de angelote y diferencias en la dieta | . 31 |
| 4. | ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN REALIZADAS | . 34 |
| 5. | CONCLUSIONES. | . 35 |
| 6. | BIBLIOGRAFÍA | . 38 |



1. INTRODUCCIÓN.

Muchas especies de tiburones emplean áreas de cría o criaderos ("nursery areas" en inglés), normalmente asociadas a aguas poco profundas, donde se desarrollan los estadios juveniles de la especie (Springer, 1967; Bass, 1978; Branstetter, 1990; Heupel et al., 2007). Sin embargo, y aunque el término "áreas de crías" viene utilizándose en la bibliografía sobre tiburones desde hace casi un siglo, apenas existen criterios consensuados que sirvan para identificar correctamente estas áreas, dificultando su correcta determinación en trabajos experimentales (revisado en Heupel et al., 2007). Considerando que los criaderos se consideran hábitat esenciales para la supervivencia de los peces (EFH, del inglés: "Essential Fish Habitat"), resulta fundamental la identificación precisa de las áreas de cría de tiburones, ya que éstas se ven cada vez más afectadas por el incremento de las poblaciones humanas en las zonas costeras y la pesca (Castro et al. 1999, Baum et al. 2003).

1.1 ¿Qué es un criadero de tiburones?

Springer en 1967, define los criaderos de tiburones como zonas donde nacen y se desarrollan los juveniles hasta que alcanzan la madurez sexual, destacando que esas áreas poseen suficientes recursos tróficos para permitir el correcto desarrollo de los juveniles. Basándose en esta definición, Bass incorpora en 1978 el concepto de criadero primario, donde las crías nacen y pasan las primeras etapas de su desarrollo, y criadero secundario, donde habitan individuos ligeramente mayores (juveniles) que no han alcanzado aún la madurez sexual. Sin embargo, la falta de criterios claros para diferenciar una de otra y los datos obtenidos para especies tropicales de tiburón, que se mueven entre áreas y permanecen en los criaderos por periodos que pueden durar años (eg. Castro, 1993), ha llevado a varios autores a rechazar esa distinción (revisado en Heupel et al., 2007). Branstetter (1990), basándose en la revisión llevada a cabo para los juveniles de las familias Carcharhinidae y Lamnidae, destaca que la disponibilidad de alimento no parece ser un factor limitante para los juveniles de tiburón, ya que las áreas de cría se encuentran asociadas a zonas de elevada productividad, dónde los juveniles encuentran suficientes recursos tróficos. En cambio, este autor introduce una nueva división en el concepto de criadero, atendiendo al grado de depredación al que están



sometidos los juveniles. Así, los criaderos se dividirían en: **criaderos protegidos**, que están poco frecuentados por tiburones adultos y **criaderos desprotegidos**, donde los juveniles cohabitan con éstos. Siendo los propios adultos los mayores depredadores de las crías (canibalismo).

La revisión llevada a cabo por Heupel et al. (2007) ofrece una definición unificada del concepto de criadero para elasmobranquios, pudiendo ser testada de forma sencilla en trabajos experimentales. Según estos autores, un área de cría debe cumplir tres condiciones para ser considerada como tal: (1) los juveniles deben encontrarse más fácilmente en estas áreas que en otras, (2) los juveniles tienden a permanecer en estas áreas o retornar a ellas, (3) el uso del área se mantiene a través de los años. Esta definición no ignora la importancia factores previamente descritos por otros autores, como son la abundancia de presas disponibles o el refugio frente a depredadores y permite distinguir entre: i) parideros, áreas donde las hembras paren o depositan los huevos, pero donde las crías no permanecen; ii) corredores migratorios, donde los juveniles se congregan para moverse de unas áreas a otras; y iii) criaderos o áreas de cría, donde los juveniles permanecen tras su nacimiento (pudiendo o no haber nacido en el área) durante largos periodos de tiempo durante su desarrollo, presumiblemente para aumentar su tasa de supervivencia (revisado en Heupel et al., 2007). Algunas especies de tiburones que utilizan áreas de cría donde se cumplen estos criterios son: Carcharhinus limbatus (Heupel & Hueter, 2002; Keeney et al., 2003; Heupel & Simpfendorfer, 2005a; Heupel & Simpfendorfer, 2005b), Negaprion bevirostris (Gruber et al., 2001) y Sphyrna lewini (Lowe, 2002).

Tras el reciente descubrimiento del uso de zonas costeras como áreas de cría por parte de *Squatina squatina* (Escánez et al., 2016), se abre la posibilidad de identificar nuevas áreas en Canarias e indagar sobre las relaciones y necesidades ecológicas de esta especie, así como obtener información biológica básica sobre las primeras etapas de su vida. Toda esta información es clave para proponer planes de gestión basados en áreas esenciales para la conservación de esta especie, que ayuden a prevenir el actual declive generalizado que sufren las poblaciones de angelote a nivel mundial.



1.2 El angelote, tiburón ángel o pez ángel (Squatina squatina).

Las especies de la *Familia Squatinidae* (Condrictios: Elasmobranchii: Squatiniformes: Squatinidae) se caracterizan por presentar el cuerpo ancho y comprimido dorso-ventralmente, los que los asemeja a los batoideos. Las aletas pectorales son muy grandes y en forma de ala, con los márgenes frontales superpuestos (Fig.1). Poseen dos pequeñas aletas dorsales sin espinas, posteriores a las aletas pélvicas, no poseen aleta anal y la aleta caudal tiene el lóbulo inferior ligeramente más largo que el superior (hipocercal) (Fig.1).

Los *Squatinidos* poseen toda la zona dorsal del cuerpo cubierta de dentículos dérmicos, algunos más o menos alargados, que forman espinas en la cabeza, en la línea media del dorso y/o el margen de las aletas pectorales. En los machos adultos se pueden observar dos pterigopodios (claspers) por debajo de las aletas pelvianas. Ventralmente, se pueden observar cinco hendiduras branquiales distribuidas a los costados de la cabeza, aunque asociadas directamente a ésta. La cabeza es ancha, con fosas nasales terminales y un par de barbillones sensoriales. Los ojos se sitúan dorso-lateralmente en la cabeza, son relativamente pequeños y sin membrana nictitante. Dorsalmente, pueden observarse dos espiráculos grandes cerca del nivel de los ojos (Fig. 1). La boca es grande y terminal, situada en la parte anterior de la cabeza. Los dientes son relativamente pequeños, lisos con la base ancha, y cúspide estrecha y recta, que se diferencian moderadamente a lo largo de la mandíbula (Ebert & Stehmann, 2013).



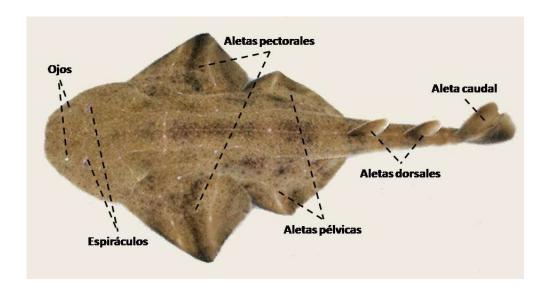


Figura 1. Esquema de una cría de *Squatina squatina*, mostrando algunas de sus características más representativas.

El género *Squatina* engloba a 23 especies de hábitos bentónicos muy similares entre sí, que habitan las plataformas continentales y la parte alta del talud, desde aguas poco profundas (<1m) hasta alrededor de los 500 metros de profundidad. Se encuentran distribuidas en mares tropicales y templados de todo el mundo, ocupando áreas geográficas bien definidas (Compagno et al., 2005). Basándose en su distribución, se han diferenciado ocho grupos zoogeográficos diferentes. El grupo que abarca las zonas del noreste Atlántico, el Mediterráneo y el norte de África, incluye a las especies: *S.aculeata*, *S.oculata* y *S.squatina* (Compagno et al., 2005).

El angelote (*Squatina squatina*) se caracteriza por presentar colores que varían desde gris a rojizo o pardo verdoso a marrón-grisáceo en el dorso, con manchas pequeñas de color negro dispersas por el cuerpo (Compagno et al., 2005). No posee ocelos y es de color blanco en su parte ventral. Habita en aguas marinas templadas, sobre el fondo o cerca de éste, encontrándose en zonas costeras intermareales o submareales hasta más de 150 metros de profundidad (Compagno et al., 2005). Se asocia principalmente en sustratos fangosos o arenosos, donde se entierra prácticamente en su totalidad. Es una especie de hábitos nocturnos, que parece desarrollar comportamientos activos como la caza o la natación durante la noche, permaneciendo en reposo durante el día (Compagno et al., 2005; Narvaez, 2013; Escanez et al., 2016).



Las hembras alcanzan su madurez sexual con tallas que oscilan en Canarias entre los 102-120 cm para las hembras y 99,9-112 cm para los machos (Oaser et al., 2015), alcanzando tallas máximas que no suelen alcanzar los 100 cm, aunque se han registrado hembras de 200 cm (Meyers et al., 2016) y se especula con que puedan alcanzar los 244 cm (Compagno, 1984; Compagno et al., 2005). Son tiburones ovovivíparos, donde los dos ovarios son funcionales en la hembra (Osaer et al., 2015). Las hembras paren unas 7 a 25 crías, después de un periodo de gestación que dura de 8 a 10 meses (Compagno et al., 2005). Las períodos de alumbramiento tienen lugar entre diciembre y febrero en el Mediterráneo, y aparentemente más tarde a mayores latitudes (julio en Inglaterra) (Compagno et al., 2005). Se desconoce su esperanza de vida.

El angelote es un depredador de emboscada, que se alimenta de peces óseos como el *Bothus podas*, la merluza (*Merlucius merlucius*), la breca (*Pagellus erythrinus*), la pelua (*Citharus linguatula*) o el lenguado (*Solea solea*); cefalópodos como el calamar (*Loligo vulgaris*) o la sepia (*Sepia officinalis*); crustáceos como *Geryon tridens* o *Dromia vulgaris*; y rayas (Capapé, 1975; Compagno, 1984; Ellis et al., 1996; Compagno et al., 2005).

1.3 Estado de conservación.

La familia *Squatinidae* es la segunda familia de tiburones más amenazada del mundo y el angelote (*Squatina squatina*) está considerado como una de las 100 especies más amenazadas a nivel mundial (Dulvy et al., 2014). El área de distribución histórica del angelote abarcaba desde el norte de Noruega y Suecia hasta las aguas costeras de Marruecos, el Sahara y las Islas Canarias, incluyendo las aguas del Mediterráneo y el Mar Negro (Roux, 1989; Compagno et al., 2005). Esta especie era común en aguas del Noreste Atlántico, viéndose mermada su población en los últimos 50 años debido a la presión pesquera, provocada fundamentalmente por las artes de arrastre demersal. El angelote, al tratarse de una especie de hábitos bentónicos, es una especie muy sensible a la pesca de arrastre, trasmallos, cercos y palangres de fondo (Compagno, 1984; Compagno et al., 2005). Su carne se utilizaba para el consumo y se extraía aceite de su hígado, que se empleaba para la fabricación de tópicos (Compagno, 1984). Además, la degradación de los hábitats costeros, debido a la influencia humana, constituye asimismo una fuerte amenaza para este animal.





Debido a todos estos factores, y al hecho de que posee una dispersión restringida y una baja capacidad reproductora, la disminución drástica de su población ha sido notable y de hecho, ya se la ha declarado extinta en el Mar del Norte, Gran Bretaña y Francia (Rogers & Ellis, 2000; Quero & Cendrero, 1996; Quero, 1998; Capapé et al., 2000), se la considera localmente extinta en el Mar de Irlanda y Canal de Bristol, y casi desaparecida por completo en la totalidad de las aguas británicas (Rogers & Ellis, 2000) y en gran parte de su rango de distribución histórico.

1.4 El angelote en Canarias.

En Canarias, el angelote es considerado una especie abundante en la zona costera de todas las islas (0-100 m), principalmente en zonas de fondos arenosos y praderas de fanerógamas marinas (*Cymodosea nodosa*), pudiendo ocupar también fondos mixtos de arena, gravas y rocas (Brito, 2002). Aunque no existen datos concretos sobre su abundancia. Análisis sobre la diversidad genética del DNA mitocondrial de angelotes capturados en Gran Canaria, Tenerife y Lanzarote, muestran que poseen muy baja diversidad genética (Fitzpatrick et al., 2016), lo que no es algo negativo *per se*, aunque hace falta que se confirmen estos datos utilizando otras técnicas de análisis.

Gran parte del esfuerzo de investigación realizado en Canarias acerca de esta especie se ha llevado a cabo utilizando plataformas de ciencia ciudadana y/o reportes de buceadores, combinados con muestreos esporádicos llevados a cabo por investigadores (Narváez, 2013, Meyers et al., 2016). Estos estudios han descubierto que existe una segregación por clases de edad/sexo en los angelotes, (1) tanto con la profundidad, los individuos más pequeños suelen aparecer más cercanos a la costa, mientras que los de mayor tamaño aparecen más profundamente; (2) como temporal, siendo más frecuente avistar crías y hembras durante los meses de verano (Narváez, 2013, Meyers et al., 2016).

Aunque han sido propuestas diferentes áreas de Canarias como potenciales áreas de cría (Narváez, 2013, Meyers et al., 2016), el único estudio donde se obtienen las densidades (indv./ha) de angelotes y se estiman sus abundancias, comprobándose dos de los tres criterios propuestos por Heupel et al. (2007) para poder considerar a un área de



Estudio bioecológico de las áreas de cría del angelote (*Squatina* squatina) en la Isla de Tenerife.



cría como tal, es el realizado por Escánez y colaboradores en 2016. Estos autores demuestran que las crías de angelotes en la playa de las Teresitas (Tenerife) permanecen durante meses en ella, siendo más abundantes durante el verano y se estima la densidad media anual en 23,82±18,2 ind./ha, obteniéndose una abundancia total de 162,3 ± 124,31 juveniles para toda la playa. El tercer criterio propuesto por Heupel et al. (2007), no se pudo verificar en el trabajo realizado por Escánez et al. (2016), pero se tiene constancia de la presencia de angelotes en la playa de Las Teresitas al menos desde el año 1996 (Alonso et al., 1996), por lo que hasta la fecha, la playa de las Teresitas es la única área demostrada que se usa como criadero por parte del angelote.

2. MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1 Áreas de estudio.



Este estudio se llevó a cabo en cinco zonas escogidas de la Isla de Tenerife: (1) la playa de Las Teresitas (28°30′23″N 16°11′71″O), (2) el puertito de Güimar (28°17′39″N 16°22′24″O), (3) El Poris de Abona (28°09′09″N 16°25′54″O), (4) Abades (28°08′31″N 16°26′12″O) y (5) la playa de Las Vistas (28°03′00″N 16°43′21″O) (Fig. 2). Se exploraron asimismo dos áreas más en Tenerife: Puerto colón y la playa del Abama, pero al no encontrar angelotes en ninguna de ellas y debido a la necesidad de concentrar el esfuerzo en aquellas áreas donde sí hubiera animales, se decidió descartarlas.

Durante todo el periodo de estudio, se recogieron datos sobre variaciones de la temperatura del mar utilizando sensores de temperatura y luminosidad tipo HOBO.



Figura 2. Localización de las diferentes áreas de estudio en la Isla de Tenerife.

2.2 Metodología de estudio.

Entre febrero de 2017 y enero del 2018, se llevaron a cabo muestreos submarinos utilizando la metodología de transectos lineares de ancho fijo, para censos de peces e invertebrados. Siguiendo las indicaciones facilitadas por Escánez et al. (2016), para evitar cometer errores en la estimación del número de angelotes, todos

Estudio bioecológico de las áreas de cría del angelote (*Squatina* squatina) en la Isla de Tenerife.



estos trabajos se realizaron durante la noche, cuando es más sencillo localizar los animales. Durante cada sesión de muestreo, se realizaron replicas de 4 transectos (si era posible) de 50 m de longitud, donde una pareja de buceadores buscaba visualmente a los angelotes, cubriendo anchos de banda de 5 m a cada lado de la línea del transecto (500 m² en total). Además, se tomaron datos acerca del número de otras especies avistadas durante la realización de los transectos y que pudieran constituir parte de la dieta del angelote, o ser posibles depredadores o competidores.

Previo a la realización de los muestreos, uno de los investigadores se encargaba de fijar en la arena los límites de una cinta métrica con ayuda de piquetas, escogiendo un área al azar dentro de las distintas áreas de estudio. Para registrar el recorrido de cada uno de los transectos realizados, antes de comenzar el muestreo, se encendía un GPS que iba posicionado sobre una boya que arrastraba uno de los investigadores (Fig. 3). Al avistar un angelote, uno de los investigadores se encargaba de registrar su posición en el GPS, recogiéndose datos de la medida estimada del angelote y el comportamiento del animal al principio del avistamiento. Una vez tomados esos datos básicos, y siempre que fue posible, se capturaron los animales por buceadores previamente entrenados utilizando una red de mano circular, que se situaba sobre los animales enterrados y que se utilizó para transportar a los diferentes individuos hasta una cubeta reglada con agua (Fig. 3). Esta cubeta se trasladaba posteriormente hasta una mesa de trabajo situada en la arena de la playa (Fig. 3), donde otro equipo de investigadores se encarga de marcar y tomar el resto de los datos.



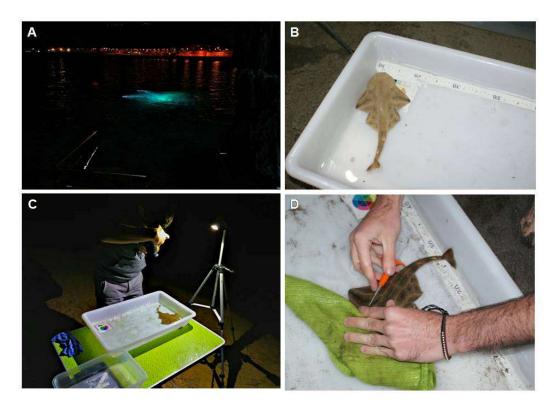


Figura 3. Metodología de búsqueda y marcaje de angelotes. A-) Detalle de los dos buceadores realizando uno de los transectos en el Puertito de Güimar con la boya del GPS al fondo. B-) Cría de angelote en la cubeta reglada con agua antes de ser trasladada a la mesa de trabajo. C-) Trabajo de fotoidentificación de una de las crías capturadas. D-) Detalle de la colocación del chip subcutáneo en una de las crías de angelote capturadas en Abades.

Una vez en la mesa de trabajo, se midió, pesó y determinó el sexo a cada uno de los angelotes capturados. Además, se tomaron pequeñas muestra de tejido para análisis de ácidos grasos e isótopos estables, y se sacaron fotografías de la zona dorsal de los animales para realizar el seguimiento de marcas naturales que pudieran utilizarse para la posible identificación individual. Para la correcta identificación de cada uno de los individuos capturados, se optó por colocar chips subcutáneos, ya que el uso de marcas externas tipo T-BAR había demostrado ser un método ineficaz y que podía llegar a provocar heridas en las crías. Esto se debe a que: (1) se pierden un número indeterminado de T-BARs, con lo que se crea incertidumbre en los datos, (2) crecen cantidades considerables de algas sobre la marca, por lo que se imposibilita la lectura del código (además de que se aumenta el peso de la marca y su resistencia al avance) y (3) se observó la aparición de heridas en algunos animales que llevaban marcados al menos un mes. Los chips ofrecieron a este respecto una serie de ventajas sobre las



marcas externas tipo T-BAR: (1) Son marcas internas, por lo que no pueden perderse si se colocan correctamente, (2) los códigos pueden leerse fácilmente por diferentes tipos de lectores de chips, funcionando incluso debajo del agua y (3) al ser punciones subcutáneas, se minimiza el riesgo de provocar heridas en los animales.

Todos los chips se colocaron en la aleta pectoral derecha de los juveniles de angelote, para evitar así realizar punciones cerca de la columna vertebral de los animales (Fig. 3).

2.3 Análisis de densidad, abundancia y clases de talla para cada área de estudio.

La densidad (nº de individuos/hectárea) fue calculada tanto para las crías de angelote, como para las especies más características de la comunidad y que se sospechaba podían formar parte de su dieta y/o ser posibles competidores o depredadores.

La abundancia total de angelotes en las distintas áreas de estudio fue calculada utilizando la fórmula:

$$\hat{N} = \frac{n}{a/A} = \frac{nA}{a}$$

Donde N representa la estima del número total de individuos, n el número de animales detectados durante los transectos, a el área muestreada y A el área total de estudio (Thomas et al., 2006).

Para investigar si existían diferencias en la talla entre las áreas de: Las Teresitas, El puertito de Güimar y Abades (donde se pudieron capturar y medir a más de cinco angelotes), se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con un nivel de significación de α =0,01.



2.4 Análisis de la relación de la presencia de angelotes con la densidad de otras especies y con la biodiversidad de las distintas áreas estudiadas.

Se comparó la densidad total de otras especies avistadas con la densidad de crías de angelotes avistadas. Además, siendo el guelde (*Atherina presbyter*) la especie sobre la que se ha observado depredar a las crías de angelote en varias de las zonas estudiadas (ver resultados, apartado 3.4) se comparó la densidad de gueldes con la de crías de angelote.

Para investigar la posible relación entre la presencia de angelotes con la estructura de la comunidad en cada una de las áreas estudiadas, se utilizaron diferentes índices de biodiversidad: (1) riqueza total, (2) índice de Margalef (riqueza específica), (3) índice de Shannon-Wiever (biodiversidad específica) e (4) índice de Simpson (dominancia proporcional).

- (1) Riqueza de especies (S): Es el número total de especies obtenido en un censo de la comunidad.
- (2) Índice de Margalef (D_{Mg}): Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969, 1995).

$$D_{Mg} = \underline{S-1}$$

$$1n N$$

Donde S es el nº de especies y N es el nº total de individuos.

(3) Índice de Shannon-Wiener (H'): Es un índice de equidad, que indica cómo están representadas las especies en una muestra, teniendo en cuenta todas las especies muestreadas. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev & Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una





sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \log_2 p_i$$

Donde: S = número de especies (riqueza), $p_i = p$ roporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i). Se obtiene de n_i/N , $n_i = n$ úmero de individuos de la especie i (i = 1, 2, 3,...), N = número total de individuos.

(4) Índice de Simpson (D): Es un índice de dominancia proporcional y muestra la probabilidad de que dos individuos obtenidos al azar de una muestra sean la misma especie. Tiene en cuenta las especies más representativas (las dominantes) de la muestra (Magurran, 1988; Peet, 1974).

$$D = rac{\sum_{i=1}^{S} n_i (n_i - D \frac{1}{2}) \max / N total}{N(N-1)}$$

Donde S = número de especies (riqueza), n_i = número de individuos de la especie i (i = 1, 2, 3,...), N = número total de individuos

Para investigar si existían diferencias en los índices de Shannon-wiever y los de Simpson entre cada una de las áreas estudiadas, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con un nivel de significación de α =0,01.

2.5 Extracción de grasas y ácidos grasos para análisis de la dieta.

A todas las muestras de las biopsias se le determinó la humedad mediante el desecado a 110°C hasta alcanzar peso constante, siguiendo los métodos oficiales de la Asociación de Química Analítica (AOAC, 2006).

La extracción de lípidos se realizó siguiendo el método modificado de Christie (1982) y el contenido lipídico fue determinado gravimétricamente tras una extracción con Cloroformo/metanol (2:1) utilizando como antioxidante Butilhidroxitolueno (BHT).





Después de efectuar los lavados en cloroformo-metanol, las muestras se hacen reaccionar con sales (KCL) con objeto de asegurar que la muestra no contiene agua, y tras centrifugar, se retira el sobrenadante que contiene los posibles restos que pudieran quedar. Seguidamente, se evapora en nitrógeno y se deseca al vacío para eliminar los restos del solvente. Este tratamiento permite cuantificar el extracto seco del lípido total (mg de lípido/mg de muestra). Una vez extraídos y pesados, los lípidos se resuspenden en concentraciones conocidas de cloroformo-metanol y BHT, son sellados en atmósfera de nitrógeno para minimizar los riesgos de la oxidación y conservados en botes de vidrio a -20 °C en oscuridad para evitar la fotooxidación.

Los ácidos grasos fueron obtenidos por transmetilazión por catálisis ácida de los lípidos totales (Christie, 1982). Este tratamiento permite separar las cadenas de ácidos grasos de las diferentes moléculas a los que están unidas, a la vez que se metilan haciéndose volátiles, pudiendo de esta forma ser inyectadas en el cromatografo de gases. Para ello, se colocó el lípido, previamente evaporado en nitrógeno, en una disolución de tolueno/metanol-sulfúrico, donde el metanol actúa como agente metilante y el tolueno actúa rompiendo los enlaces de las cadenas de ácidos grasos de las distintas moléculas. Para purificar la muestra se usó una cromatografía en capa fina (TLC); con lo que se obtuvo, después de la eliminación del agente de tinción, una muestra de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES) que se disolvieron en hexano. Tras la purificación, los esteres metílicos de los ácidos grasos fueron identificados y cuantificados mediante Cromatografía de gases (GC-ULTRA TRACE; Thermo Scientific) usando como estándar interno el ácido nonadecanoico (19:0). La identidad de los picos fue verificada mediante un equipo gases-masas (DSQII; Thermo Scientific).

2.6 Análisis estadístico de los ácidos grasos.

Tanto las diferentes clases lipídicas, como los perfiles de ácidos grasos (FAs) fueron expresados en forma de proporciones relativas de cada clase lipídica o FAs en relación al total de clases lipídicas o FAs caracterizados. Los datos fueron normalizados utilizando la transformación del arco seno, recomendada para datos de proporción (MacDonald, 2009).



Para investigar si existían diferencias entre los diferentes angelotes analizados, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) de los datos transformados usando el paquete de análisis FATHOM para matlab (Jones, 2002; 2014). El objetivo del PCA es el de reducir la larga serie de variables correlacionadas originales (FAs) hasta un número pequeño de variables transformadas no relacionadas (PCs), manteniendo, dentro de lo posible, la misma información que las variables originales a la hora de explicar la varianza. Este tipo de análisis no permite la comparativa estadística, aunque permite la representación visual de la dispersión de los datos, de forma que se pueden buscar patrones de asociación. Para la comparativa estadística, se usaron MANOVAs no paramétricas basadas en permutaciones, con distancias euclídeas de la proporción de ácidos grasos. Para testear posibles diferencias entre los diferentes individuos analizados por zona de estudio y por sexo, usamos diseños ortogonales con 1000 permutaciones, en las que se consideraron los factores fijos: "Localidad" (3 niveles) y "Sexo" (2 niveles). Se estableció el nivel de significación a 0,05. Cuando fue necesario, se realizaron comparaciones por pares a posteriori usando permutaciones (Anderson, 2001, 2005; Anderson & Braak, 2003).

2.7 Análisis de isótopos estables.

Las muestras a analizar fueron deshidratadas en una estufa durante 48 horas a 45°C. Tras la deshidratación, las muestras fueron molidas en un mortero hasta obtener un polvo fino, que se emplazó en tubos de centrífuga y se procedió a realizar una extracción de los lípidos con 4 ml de ciclohexano por muestra durante una hora (este proceso de extracción se realizó tres veces). Tras las extracción, las muestras volvieron a secarse en estufa durante otras 48 h, previo a su envió al Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación (CACTI) de la Universidad de Vigo, para su posterior análisis en un espectrómetro de masas para la medida de relaciones isotópicas MAT 253, con interface de flujo continuo ConFlo III.



3. RESULTADOS.

Se realizaron un total de 70 transectos submarinos, durante 22 días de trabajo repartidos a lo largo del año, durante los cuales se avistaron un total de 54 crías de angelotes y 5 adultos. Se consiguieron marcar un total de 56 individuos (ya que se observaron varios individuos fuera de transecto. De las cinco HOBOs colocadas en las diferentes playas, se consiguieron recuperar tres y se perdieron dos, ya fuera porque fueron robadas o se extraviaran como consecuencia del efecto de las corrientes o las mareas. Un resumen pormenorizado del esfuerzo realizado en cada una de las zonas de estudio puede verse en la siguiente tabla (Tabla 1).

| Áreas de estudio | Días muestreados | Transectos realizados | № de angelotes avistados en transectos | Nº de angelotes marcados | Días de funcionamiento de los sensores HOBO |
|--------------------|---------------------|--------------------------|--|--------------------------------|---|
| Las Teresitas | 5 | 19 | 33 | 40 | 181 |
| Puertito de Guimar | 4 | 14 | 7 | 7 | Perdida |
| El Poris | 4 | 13 | 1 | 0 | 24* |
| Abades | 3 | 6 | 9 | 7 | Perdida |
| Las Vistas | 4 | 13 | 4 | 2 | 184 |
| Puerto colón | 1 | 3 | 0 | 0 | NO |
| Abama | 1 | 2 | 0 | 0 | NO |
| Total | 22 | 70 | 54 | 56 | 365 |

Tabla 1. Resumen de los días trabajados, nº de transectos realizados, nº de angelotes avistados, nº de angelotes marcados y días de funcionamiento de los sensores de temperatura y luz (HOBO), para cada una de las áreas estudiadas.

3.1 Abundancia.

La playa de las Teresitas presentó los mayores valores de abundancia total de angelotes, estimada para todo el periodo de estudio, con $236,25 \pm 105,15$ individuos, siendo el Poris el área donde se obtuvieron los valores más bajos, con 11,55 individuos. Hay que considerar sin embargo, que sólo se avistó a un angelote en la playa del Poris, debido entre otros factores al mal tiempo, por lo que debe interpretarse este dato con cautela. Un resumen pormenorizado de todos los datos obtenidos para cada localidad, junto con las características principales de cada una de ellas, puede verse en la tabla 2.



3.2 Densidad.

Las Teresitas presentó también los mayores valores de densidad de angelotes, con 34.7 ± 15.43 individuos por hectárea (ind./ha), aunque se obtuvieron valores muy similares para la playa de Abades, con 31.11 ± 25.24 ind./ha, siendo de nuevo la playa del Poris, con 5 ind./ha, donde se obtuvieron los valores más bajos (Fig.1, tabla 2). Un resumen pormenorizado de todos los datos obtenidos para cada localidad, junto con las características principales de cada una de ellas, puede verse en la siguiente tabla (tabla 2).

| Áreas de estudio | Densidad media de angelotes (ind./ha) | Abundancia de angelotes | Tipo de arena | Grado de protección frente al oleaje | Iluminación artificial | Presencia de posibles predadores naturales | Especies foráneas detectadas | Impacto por pesca |
|---|--|----------------------------|-------------------------|---|---------------------------|---|---|---------------------------------|
| Las Teresitas (28°30'23"N 16°11'71"O) | 34,67 ±15,43 | 236,25 ±105,15 | Rubia, artificial | Alta | No | SI (pulpo+ adultos de angelote) | SI (Langostino del Mediterráneo) | Bajo (en la bocana norte) |
| Puertito de Guimar (28°17'39''N 16°22'24''O) | 22,5 ±3,54 | 26,32 ±4,14 | Oscura, natural | Media | Si | NO | NO | Muy alto |
| EL Poris (28°09'09''N 16°25'54''O) | 5* | 11,55* | Oscura, natural | Nula | No | SI (fabiana) | NO | Medio |
| Abades (28°08'31''N 16°26'12''O) | 31,11 ±25,24 | 74,67 ±60,58 | Amarilla, natural | Baja | No | SI (adultos de angelote) | NO | Medio |
| Las Vistas (28°03'00"N 16°43'21"O) | 11,67 ±2,36 | 30,65 ±6,19 | Amarilla, artificial | Media | Si | SI (adultos de angelote) | SI (Lubinas escapadas de acuicultura) | Bajo |

Tabla 2. Resumen de los resultados obtenidos para cada una de las áreas estudiadas y características principales de las mismas.

Los valores de densidad máxima de angelotes se observaron durante el mes de octubre en la playa de Las Teresitas y en el mes de diciembre para la playa de Abades (con 60 ind./ha en ambos casos). Los valores mínimos de densidad se observaron durante los meses de junio y agosto en la playa de Las Vistas y en todos los muestreos llevados a cabo en el Poris (con 0 indv./ha en ambos casos), exceptuando el llevado a cabo en febrero en esta última playa. (Fig.4). La predominancia de días de mal tiempo



en la playa del Poris puede haber afectado estos resultados, por lo que deben interpretarse con precaución.

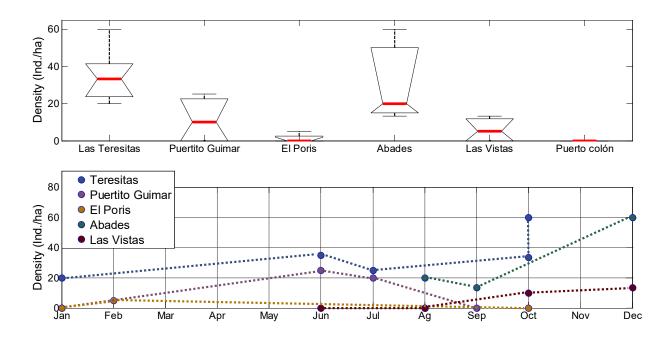


Figura 4: Densidad de crías de angelotes (*S. squatina*) en las playas investigadas. Panel superior: Diagrama de cajas que muestran la densidad estimada para todos los muestreos realizados en cada una de las playas, mostrando el 25, 50 (media) y 75 percentil (líneas arriba, centro y debajo de la caja). Los bigotes señalan los datos más bajos y más altos entre el rango intercuartil de 1,5 ("Inter-quartile range, IQR"). Panel inferior: Variación en la densidad de angelotes al mes para cada una de las playas investigadas.

3.3 Variación de tallas en las distintas zonas de estudio.

Se obtuvieron valores de longitud medias de $30,09 \pm 3,64$ (n=32 individuos) en la playa de Las Teresitas, $28,43 \pm 1,99$ (n=7) en el Puertito de Güimar, y $28,29 \pm 3,2$ (n=7) en Abades. La talla mínima registradas fue de 25 cm y la máxima de 38 cm (ambas crías de angelotes de Las Teresitas). El análisis de la correlación lineal entre la talla y el peso de los distintos ejemplares (n=46), mostró un coeficiente de correlación de Spearman de R^2 =0,906 (Fig. 5). Su p valor asociado (p<0,05), mostró que existe una correlación lineal entre la talla y el peso para las crías de angelotes (Fig.5). No se observaron diferencias significativas en la tallas de los angelotes capturados en Las Teresitas, Puertito de Güimar y Abades (Test de Kruskal-Wallis, p=0,379).



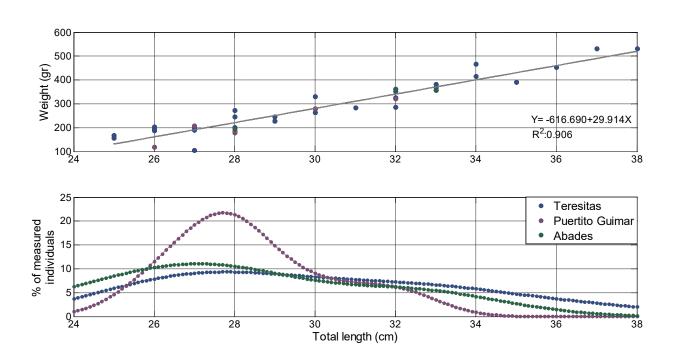


Figura 5: Relación talla-peso y distribución de clases de tallas para las crías de angelote que pudieron ser capturadas, medidas y pesadas en la playa de Las Teresitas, Puertito de Güimar y Abades. Panel superior: Correlación lineal entre la talla y el peso de los angelotes medidos y pesados por localidad. Panel inferior: Funciones de distribución del porcentaje de clases de tallas usando un modelo Gausiano de Kernel, para cada 0,1 cm de variación.

3.4 Relación de sexos y estados de comportamiento en las distintas zonas de estudio.

Se pudo determinar el sexo en 33 de las 48 crías de angelotes avistadas en la playa de Las Teresitas, distribuyéndose por sexos en: $14 \, \circlearrowleft$, $19 \, \circlearrowleft$ y 15 individuos indeterminados (Fig. 6). En el Puertito de Güimar, se pudo determinar el sexo en las 7 crías de angelote avistadas, siendo estas: $5 \, \circlearrowleft$ y $2 \, \circlearrowleft$ (Fig. 6). No se pudo determinar el sexo de la única cría de angelote avistada en El Poris. En Abades, se pudo determinar el sexo en los diez individuos avistados, distribuyéndose por clase de sexo/edad en: $3 \, \text{crías} \, \circlearrowleft$, $4 \, \text{crías} \, \circlearrowleft$ y $3 \, \circlearrowleft$ adultos de más de $1 \, \text{m}$ de longitud total (Fig. 6). En Las Vistas, se pudo determinar el sexo a $3 \, \text{de los} \, 5$ angelotes avistados, distribuyéndose por clase de sexo/edad en: $2 \, \text{crías} \, \circlearrowleft$, $1 \, \hookrightarrow$ adulta grávida y $2 \, \text{crías}$ indeterminadas (Fig. 6).



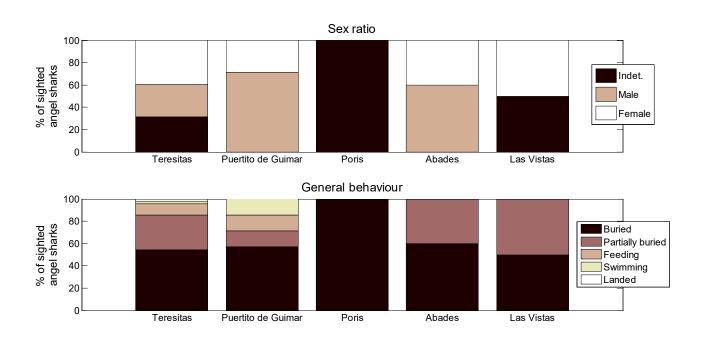


Figura 6: Proporción de sexos y comportamiento general de las crías de angelotes en el momento de ser avistadas.

En la mayor parte de las ocasiones y para todas las áreas estudiadas, el comportamiento de los individuos en el momento de ser avistados fue el de enterrado o parcialmente enterrado ("buried" ó "partially buried"), constituyendo en proporción al 70-100 % (Fig. 6). Sólo en las playas de Las Teresitas y el Puertito de Güimar, se observó a los angelotes nadando ("swimming") o alimentándose ("feeding"). Siendo en todos los casos de alimentación observados el guelde (*Atherina presbyter*) la presa sobre la que depredaban los angelotes.

3.4 Cambios en la temperatura del agua a lo largo del periodo de estudio.

De los 5 sensores de temperatura y luz colocados en las distintas áreas de estudio, se pudieron recuperar 3 y de éstos, sólo se pudieron analizar los datos obtenidos para los sensores colocados en Las Teresitas y en la playa de las Vistas, ya que el sensor colocado en el Poris sólo obtuvo registros de 24 días (Tabla 2).

Para la playa de Las Teresitas, se observaron cambios en la temperatura que variaron entre los 19-25 °C, correspondientes a los meses de enero y octubre



respectivamente (Fig. 7). Cabe destacar que se observaron oscilaciones en la temperatura de ~ 1 °C entre el día y la noche (Fig. 7).

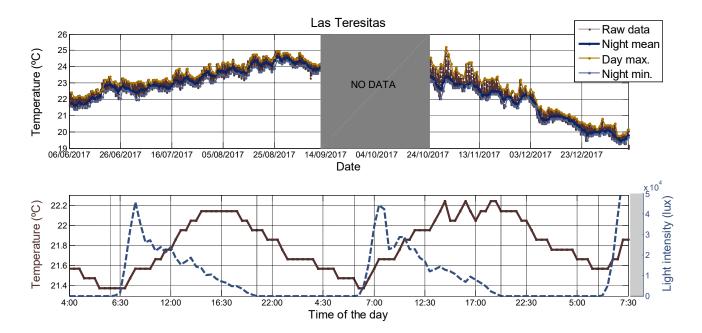


Figura 7: Variación de temperatura en la playa de las Teresitas durante el periodo de estudio. Panel superior: Variación en la temperatura por meses (°C), donde se han calculado los valores medios (utilizando los valores nocturnos), el máximo (valores diurnos) y el mínimo (valores nocturnos). Panel inferior: Variaciones en dos días consecutivos de los valores de intensidad lumínica ("Light intensity") (lux) y temperatura (°C).

Para la playa de Las Vistas, se observaron cambios en la temperatura que variaron entre los 21-28 °C, correspondientes a los meses de diciembre y octubre respectivamente (Fig. 8). Las variaciones en la temperatura entre el día y la noche en esta playa fueron de 2 °C (Fig. 8).



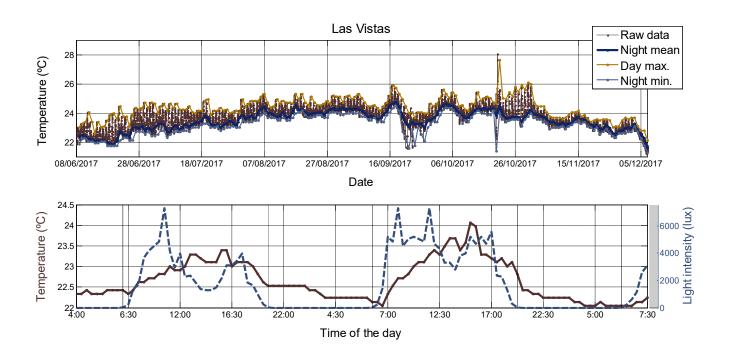


Figura 8: Variación de temperatura en la playa de las Vistas durante el periodo de estudio. Panel superior: Variación en la temperatura por meses (°C), donde se han calculado los valores medios (utilizando los valores nocturnos), el máximo (valores diurnos) y el mínimo (valores nocturnos). Panel inferior: Variaciones en dos días consecutivos de los valores de intensidad lumínica ("Light intensity") (lux) y temperatura (°C).

3.5 Abundancia proporcional de otras especies en las distintas áreas de estudio.

En todas las áreas muestreadas, a excepción del Puertito de Güimar, la especie más abundante fue el guelde (*Atherina presbyter*), con proporciones relativas frente a las otras especies de ~75% para la playa de Las Teresitas (Fig. 9), ~36% para El Poris (Fig. 10), ~68% para Abades (Fig. 11) y del 36% para la playa de Las Vistas (Fig. 12). En el Puertito de Güimar, la especie más abundante fue la salema (*Sarpa salpa*) (Fig. 13).



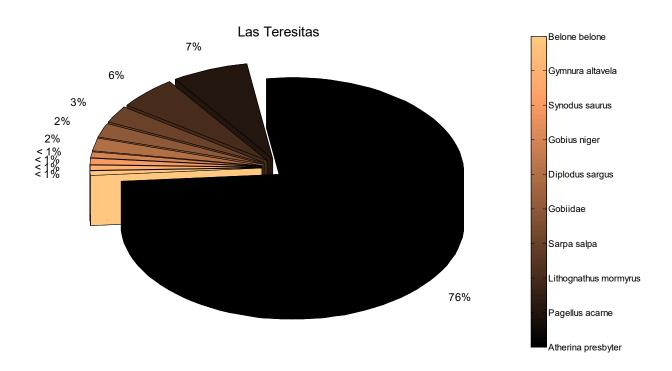


Figura 9: Abundancia proporcional de las 10 especies más abundantes para la playa de Las Teresitas.

Guelde (Atherina presbyter), besugo (Pagellus acarne), herrera (Lithognathus mormyrus), salema (Sarpa salpa), góbidos (Gobiidae), sargo blanco (Diplodus sargus), gaboso (Gobius niger), lagarto (Synodus saurus), mantellina (Gymnura altavela) y aguja (Belone belone).



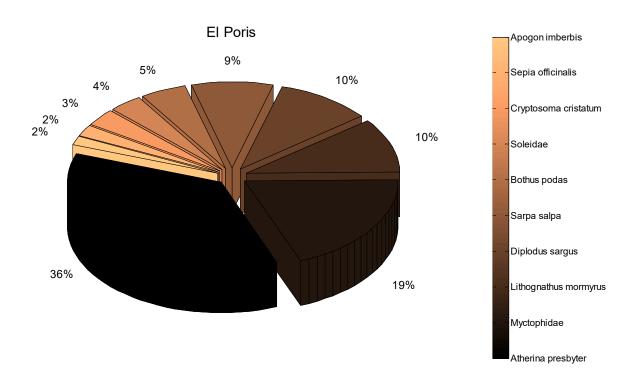


Figura 10: Abundancia proporcional de las 10 especies más abundantes para la playa del Poris.

Guelde (Atherina presbyter), myctófidos (Myctophidae), herrera (Lithognathus mormyrus), sargo blanco (Diplodus sargus), salema (Sarpa salpa), tapaculo (Bothus podas), lenguados (Soleidae), cangrejo de arena (Cryptosoma cristatum), choco (Sepia officinalis) y alfonsito (Apogon imberbis).



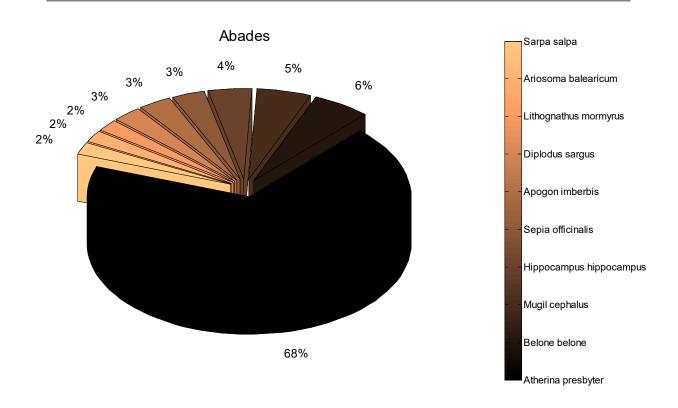


Figura 11: Abundancia proporcional de las 10 especies más abundantes para la playa de Abades.

Guelde (Atherina presbyter), aguja (Belone belone), lisa (Mugil cephalus), caballito de mar (Hippocampus hippocampus), choco (Sepia officinalis), Alfonsito (Apogon imberbis), sargo (Diplodus sargus), herrera (Lithognathus mormyrus), congrio balear (Ariosoma balearicum) y salema (Sarpa salpa).



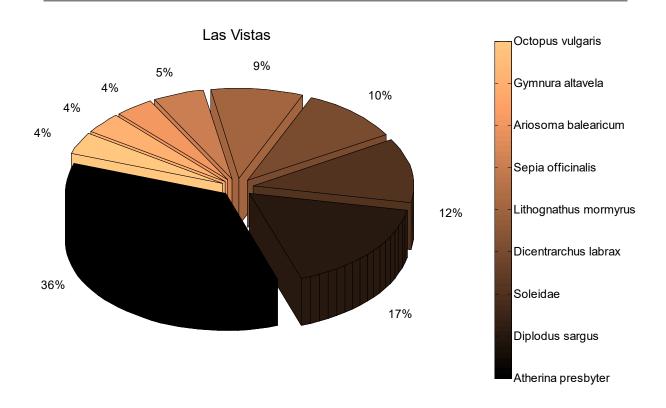


Figura 12: Abundancia proporcional de las 9 especies más abundantes para la playa de Las Vistas.

Guelde (Atherina presbyter), sargo (Diplodus sargus), lenguado (Soleidae), lubina (Dicentrarchus labrax), choco (Sepia officinalis), congrio balear (Ariosoma balearicum), mantelina (Gymnura altavela) y pulpo (Octopus vulgaris).



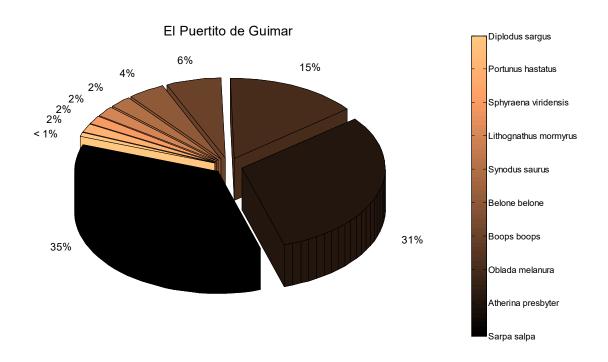


Figura 13: Abundancia proporcional de las 10 especies más abundantes para El Puertito de Güimar.

Salema (Sarpa salpa), guelde (Atherina presbyter), galana (Oblada melanura), boga (Boops boops), aguja (Belone belone), lagarto (Synodus saurus), herrera (Lithognathus mormyrus), bicuda (Sphyraena viridensis), cangrejo cornudo (Portunus hastatus) y sargo (Diplodus sargus).

Como puede observarse en las figuras 9 y 11, y en los índice de Shannon-Wiever calculados (Tabla 3, valores marcados con un asterisco), las áreas donde se observa una mayor dominancia en la abundancia proporcional del guelde frente al resto de especies (para los casos de Las Teresitas y Abades), son también aquellas donde se observa una mayor densidad de crías de angelote.



| Áreas de estudio | DENSIDAD DE OTRAS ESPECIES (nº total de otras especies avistadas por hectárea) | RIQUEZA TOTAL (nº de especies diferentes avistadas) | Indice de Margalef (RIQUEZA ESPECÍFICA) | Indice de Shannon (BIODIVERSIDAD ESPECÍFICA) | Indice de Simpson (DOMINANCIA) |
|--------------------------|--|---|--|--|--------------------------------------|
| Las Teresitas | 6001 | 18 | 17,87 | 0,70* | 0,85 |
| Puertito de Guimar | 3390 | 17 | 16,85 | 1,11 | 0,90 |
| EL Poris | 2390 | 14 | 13,83 | 1,20 | 0,89 |
| Abades | 1191 | 10 | 9,81 | 0,95* | 0,75 |
| Las Vistas | 637 | 8 | 7,8 | 1,28 | 0,94 |

Tabla 3. Resumen de los resultados de densidad total de otras especies, riqueza total, índice de Margalef (Riqueza específica), índice de Shannon-Wiever (Biodiversidad específica) e índice de Simpson (índice de dominancia), para cada una de las áreas estudiadas. Nótese la similitud en los valores del índice de Shannon-Wiever para las playas de Las Teresitas y Abades (marcados con un asterisco).

Los análisis de la correlación lineal entre la densidad de presas potenciales (ind./ha) y la densidad de angelotes, y entre la densidad de gueldes y la densidad de angelotes, mostraron valores en los coeficientes de correlación de Spearman de R²=0,017 y R²=0,126, respectivamente (Fig. 14). Sus p valor asociados (p=0,128 y p=0,106), mostraron que no existe una correlación lineal entre la densidad de presas potenciales o de gueldes, frente a la densidad de crías de angelotes (Fig.14). No se observaron diferencias significativas en los índices de Shannon-Wiever ni de Simpson calculados para cada muestreo realizado (n=20) entre las distintas zonas de estudio (Test de Kruskal-Wallis, p=0,210 y p=0,360 respectivamente).



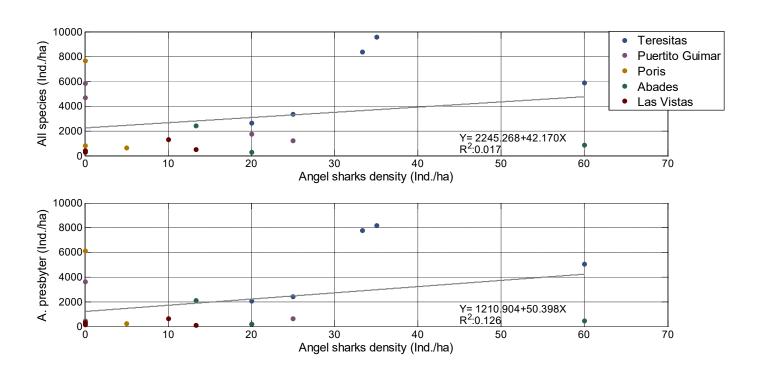


Figura 12: Relación entre la densidad de crías de angelotes y la densidad de presas. Panel superior: Correlación lineal entre la densidad de crías de angelotes y la de presas potenciales. Panel inferior: Correlación lineal entre la densidad de crías de angelotes y la de gueldes (A. presbyter).

3.6 Análisis de ácidos grasos de crías de angelote y diferencias en la dieta.

En los perfiles de los ácidos grasos del tejido de los crías de angelote analizadas (n=9), podemos observar picos que indican altas proporciones de: C 15:1, C 16:1, C 18:0 DMA, C 18:0, C 18:1, C 18:2n6, C 20:1, C 20:2n6, C 20:4n6, C 20:5n3, C 22:0, C 22:1n11 y 1n8, C 22:5n3, C 24:0 y C 22:6n3 (Fig.14). En el medio marino, los ácidos 20:5n3 esenciales más importantes son el (EPA, del grasos "eicosapentaenoicacid"), el 22:6n3 (DHA, del inglés "docosahexanoicacid") y el 20:4n6 (ARA, del inglés "arachidonicacid") todos ellos presentes en las muestras de crías de angelotes analizadas $(0.98\pm0.43\%, 3.36\pm1.15\% \text{ y } 5.86\pm3.75\%, \text{ respectivemente})$ (Fig.14).



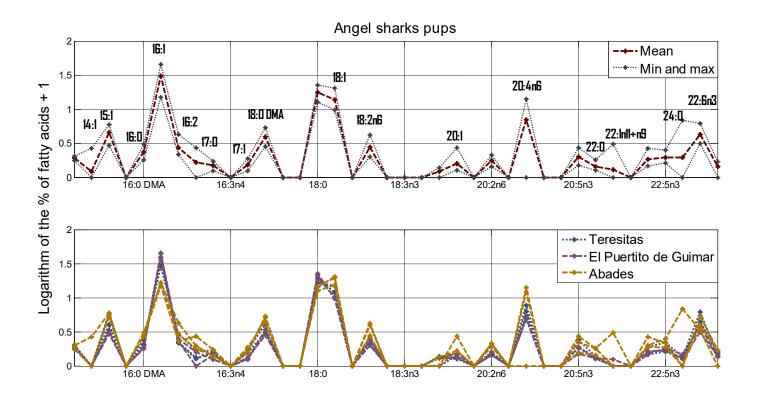


Figura 14: Proporción de ácidos grasos en las crías de angelotes, expresados como el Logaritmo del porcentaje de ácidos grasos presentes en el tejido +1. Panel superior: Media, mínimo y máximo. Panel inferior: Diferenciado por área de estudio.

Obsérvese la gran variabilidad que existe entre los diversos individuos capturados en Abades para todos los picos.

Agrupando por familias de ácidos grasos, vemos que en las crías de angelotes dominan los ácidos grasos monoinsaturados, representando un 54,16±13,89% del total, seguidos de los saturados (16,12±5,18%) y, por último, de los poliinsaturados (14,99±5,39%).

Los análisis de componentes principales (PCA, del inglés "Principal Component Analysis") muestran que no existen grandes variaciones en cuanto a composición de ácidos grasos entre los diferentes sexos o en función de las distintas zonas de estudio (Fig. 15).



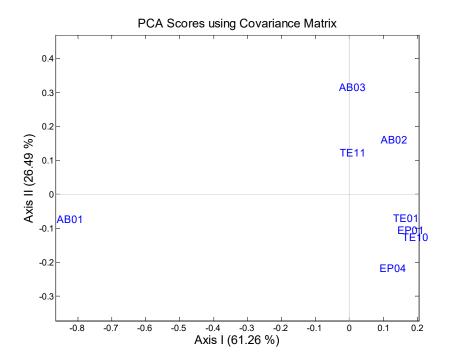


Figura 15: Análisis de componentes principales de la proporción de ácidos grasos de las crías de angelote. AB=individuos capturados en Abades, TE=individuos capturados en Las Teresitas y EP=individuos capturados en El Puertito de Güimar.

Los análisis de la varianza realizados para obtener estadísticos asociados, permitieron comprobar que no existen diferencias significativas dependientes de la zona de estudio (Las Teresitas, Puertito de Güimar y Abades), ni relacionadas con el sexo (machos y hembras) (Non parametric-permutation-based-MANOVA, p=0,172 y p=0,160 respectivamente) en cuanto a la proporción de ácidos grasos presentes en las crías de angelote.



4. ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN REALIZADAS.

Un resumen de las actividades de divulgación realizadas durante la realización de este proyecto, puede verse en la siguiente tabla:

Actividad/Público Colegio/Entidad 1. Colegio Hispano Británico. Charla sobre el angelote (Squatina squatina) en Canarias La Laguna. (05/04/2017) para alumnos de tercero de la ESO. 2. CEIP, Fernando III el Santo. Charla sobre el angelote (Squatina squatina) en Canarias. La Cuesta (28/04/2017) Varios cursos 3. Colegio Decroly y CEIP, Actividad a pie de playa para que alumnos de los dos Fernando III el Santo. Playa de las colegios pudieran ver crías de angelotes en su hábitat Teresitas (10/05/2017) natural. Asimismo, se repartieron fliers preparados por los alumnos. Varios cursos. 4. Colegio Decroly Charla sobre el angelote (Squatina squatina) en Canarias. La Laguna (12/05/2017) Varios cursos 5. Ayt. Santa Cruz de Tenerife. (II Charlas sobre el angelote, proyección de vídeos, entrega jornadas de divulgación de trípticos. Todos los públicos. angelote realizadas en la playa de Las Teresitas). (12/08/2017) 6. La Palma Isla Azul (2 ª edición "TIBURONES ANGEL, **ESTUDIO** Charla Y CONSERVACIÓN". Todos los públicos. del Festival del mar de La Palma). La

otros.

MAPAMA. (26/10/2017)

Puerto

(01/09/2017)

Naos.

7. Talleres de participación para

regular las actividades dentro de las zonas ZEC (Zonas de Especial

Conservación) organizadas por el



Palma.

Presentación del proyecto y resultados preliminares. Gestores turísticos, técnicos medioambiente, biólogos y



5. CONCLUSIONES.

Las principales conclusiones extraídas tras el análisis de los datos obtenidos en este estudio son:

- Se confirma que Las Teresitas cumple con la tercera condición propuesta por Heupel et al. (2007) para considerar una localidad como un área de cría, como ya defendía Escánez et al. (2016) para esta playa. Las mayores densidades de crías observadas en este estudio: 34,67 ind./ha, frente a las obtenidas en el estudio de Escánez et al. (2016): 28,8 ind./ha, se debe a que estos autores realizaron más esfuerzo de búsqueda durante meses donde la densidad de angelotes era mínima en la playa. Al comparar los resultados obtenidos para los mismos meses, se obtienen una estima de la abundancia de 252,3 ±194,6 crías de angelote para las Teresitas durante 2014-2015 (datos extraídos de los datos de Escánez et al., 2016) y de 236,25 ±105,15 para 2017, por lo que se puede considerar que el número de hembras que eligen la playa de Las Teresitas para parir a sus crías y el número de ellas que se desarrollan en la playa, se mantiene. Esta es la primera vez que se hace un seguimiento de la densidad poblacional del angelote en un área, pudiéndose hacer comparativas entre años en un hábitat esencial para la conservación del angelote, con lo que se demuestra la importancia de hacer estudios con metodologías estandarizadas que permitan evaluar de forma fiable el estado de conservación de su población en áreas sensibles.
- Se confirman dos de los criterios propuestos por Heupel et al. (2007) para considerar Abades como un criadero de angelotes: (1) se observan densidades mayores que en otras zonas, con 31,11 ±25,24 ind./ha, siendo valores de densidad muy similares a los obtenidos en Las Teresitas; (2) se han observado crías de angelote desde agosto hasta diciembre, y el análisis de la distribución de las clases de talla, indica que las crías de Abades incrementan su tamaño, lo que indica que permanecen en el área. Dada la duración de este estudio (un año), no se ha podido demostrar el tercer criterio propuesto por Heupel et al. (2007), en el que postula que el uso del área se mantiene a lo largo de los años y no se



tienen datos de años anteriores. Se desconoce si existe canibalismo en esta especie y si la presencia de machos adultos en Abades tiene algún efecto perjudicial en las crías. Se necesitan más estudios para confirmarlo.

- •A la luz de los resultados obtenidos, no puede confirmarse que el Puertito de Güimar sea un criadero de angelotes, ya que, aún habiéndose obtenido densidades de 22,5 ±3,54 crías de angelote por hectárea y observarse crías durante los meses de junio y julio, la distribución de las clases de talla indica que las crías no permanecen en el área. Pudiendo deberse esto a: (1) la baja abundancia proporcional de gueldes observada, por lo que las crías se desplazan a zonas más productivas; (2) la intensa actividad de pesca con caña desde costa, pudiéndose capturar accidentalmente a las crías; (3) otros motivos no considerados. Se requiere de más estudios en la zona para tratar de dilucidar por qué las crías no permanecen en el área.
- La baja proporción de crías observadas en El Poris de Abona y la playa de Las Vistas, no permite confirmar ni desmentir si son áreas de cría de angelotes o no. La ausencia de datos de densidad de crías de angelotes para otras islas o en otras áreas que no sean Las Teresitas o las estudiadas aquí, no permite realizar comparativas fiables.
- Cabe destacar los bajos resultados obtenidos en la Playa de las Vistas, tanto en cuanto a densidad de otras especies como a riqueza total y específica. Esto parece estar relacionado con la alta densidad de lubinas (*Dicentranchus labrax*) escapadas de acuicultura encontradas en la playa, pudiendo ser una especie competidora, que depreda sobre los mismos recursos tróficos que las crías de angelotes y acaba desplazándolas. Sin embargo, y aunque hacen falta más estudios para demostrar esta relación, debería de considerarse el efecto de los escapes de acuicultura como una amenaza prioritaria en los planes de conservación del angelote, ya que al menos en este estudio, parece afectar negativamente a un hábitat sensible, como es un potencial área de cría.



• El análisis mediante ácidos grasos no mostró diferencias significativas en la ecología trófica del angelote entre las zonas de estudio o relacionadas con el sexo (p=0,172 y p=0,160 respectivamente). Aunque sólo pudieron analizarse una parte de las biopsias disponibles. Estos resultados parecen indicar que las crías de angelote, indistintamente de la zona de estudio, se están alimentando de lo mismo. Las diferencias observadas en la composición de presas en las distintas áreas estudiadas, hace sospechar que el angelote es un depredador generalista, no centrando su alimentación en ningún tipo de presa en particular, aunque hacen falta realizar más análisis para confirmar esta hipótesis.



6. BIBLIOGRAFÍA.

- ALONSO, C., MONTARROSO, R. & GUILABERT, J. L. (1996). Squatina squatina, reproducción y distribución en la playa de Las Teresitas. Universidad de La Laguna.
- ANDERSON, M. J. & BRAAK, C. T. (2003). Permutation tests for multifactorial analysis of variance. Journal of statistical computation and simulation 73, 85-113.
- ANDERSON, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. Austral Ecology 26, 32-46.
- ANDERSON, M. J. (2005). Permutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland, Auckland.
- BAEV, P.V. & L.D. PENEV. (1995). BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, Sofia-Moscow, 57 pp.
- BASS, A. J. (1978). Problems in studies of sharks in the Southwest Indian Ocean. In Sensory biology of sharks, skates and rays. (ed. M. R. F. Hodgson E.S.), pp. 545–594. Office of Naval Research, Department of the Navy, Arlington, VA.
- BAUM, J. K., MYERS, R. A., KEHLER, D. G., WORM, B., HARLEY, S. J. & DOHERTY, P. A. (2003). Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. Science 299, 389-392.
- BRANSTETTER, S. (1990). Early life-history implications of selected carcharhinoid and lamnoid sharks of the northwest Atlantic. In Elasmobranchs as living resources: advances in biology, ecology, systematics and the status of the fisheries. (ed. G. S. H. Pratt H.L. Jr., Taniuchi T.), pp. 17–28. NOAA Tech Rep 90, National Marine Fisheries Service, Silver Spring, MD.
- BRITO, A. (2002). Peces de las Islas Canarias: catálogo comentado e ilustrado. Francisco Lemus.
- CAPAPÉ, C., TOMASINI, J. A. & QUIGNARD, J. P. (2000). Les elasmobranches pleurotrémes de la cote du Languedoc (France Méridionale): observations biologiques et demographiques. Vie et milieu 50, 123-133.
- CHRISTIE, W. W. (1982). A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. *Journal of Lipid Research*, **23**, 1072-1075.
- CASTRO, J. I., WOODLEY, C. M. & BRUDEK, R. L. (1999). A preliminary evaluation of the status of shark species. Food & Agriculture Org.





- COMPAGNO, L. J. V. (1984). Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species know to date. FAO Fisheries Synopsis. No.125, Volume 4, Part 1.
- COMPAGNO, L. J. V., DANDO, M. & FOWLER, S. (2005). Sharks of the world. Princeton University Press, Princeton.
- EBERT, D. A. & STEHMANN, M. F. W. (2013). Sharks, batoids, and chimaeras of the North Atlantic. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 7. 523 pp.
- ESCÁNEZ, PÉREZ, A., CRESPO TORRES, A., RODRÍGUEZ RAMALLO, S., OÑATE, M. & MARRERO PÉREZ, J. (2016). Estudio del primer área de cría del angelote (Squatina squatina) descubierta en Canarias. Chronica naturae 6, 50-62.
- GRUBER, S. H., DE MARIGNAC, J. R. C. & HOENIG, J. M. (2001). Survival of juvenile lemon sharks at Bimini, Bahamas, estimated by mark-depletion experiments. Transactions of the American Fisheries Society 130, 376-384.
- HEUPEL, M. R., CARLSON, J. K. & A., S. C. (2007). Shark nursery areas: concepts, definition, characterization and assumptions. Marine Ecology Progress Series 337, 287-297.
- HEUPEL, M. R. & HUETER, R. E. (2002). Importance of prey density in relation to the movement patterns of juvenile blacktip sharks (Carcharhinus limbatus) within a coastal nursery area. Marine and Freshwater Research 53, 543-550.
- HEUPEL, M. R. & SIMPFENDORFER, C. A. (2005a). Quantitative analysis of aggregation behavior in juvenile blacktip sharks. Marine Biology 147, 1239-1249.
- HEUPEL, M. R. & SIMPFENDORFER, C. A. (2005b). Using acoustic monitoring to evaluate MPAs for shark nursery areas: the importance of long-term data. Marine Technology Society Journal 39, 10-18.
- JONES, D. L. (2002). Users manual for FATHOM: a Matlab toolbox for multivariate ecological and oceanographic data analysis. *See http://www.rsmas.miami.edu/personal/djones/dnload/fathom.pdf*.
- JONES, D. L. (2014). The Fathom Toolbox for MATLAB: software for multivariate ecological and oceanographic data analysis. College of Marine Science, University of South Florida, Tampa, FL, USA. *Petersburg, FL, USA*.
- KEENEY, D. B., HEUPEL, M., HUETER, R. E. & HEIST, E. J. (2003). Genetic heterogeneity among blacktip shark, Carcharhinus limbatus, continental nurseries along the US Atlantic and Gulf of Mexico. Marine Biology 143, 1039-1046.





- LOWE, C. G. (2002). Bioenergetics of free-ranging juvenile scalloped hammerhead sharks (Sphyrna lewini) in Kāne'ohe Bay, Ō'ahu, HI. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 278, 141-156.
- MAGURRAN, A. E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University. Press, New Jersey, 179 pp.
- MARGALEF, R. (1969). El ecosistema pelágico del Mar Caribe. Memoria de laSociedad de Ciencias Naturales La Salle, 29, 5-36.
- MARGALEF, R. (1995). Ecología. Barcelona, Omega.
- MCDONALD, J. H. (2009). Handbook of biological statistics, Sparky House Publishing Baltimore, MD.
- MEYERS, E. K. M., TUYA, F., BARKER, J., JIMÉNEZ ALVARADO, D., CASTRO HERNÁNDEZ, J.J., HAROUN, R., RÖDDER, D. (2017). Population structure, distribution and hábitat use of the Critically Endangered Angelshark, Squatina squatina, in the Canary Islands. Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst. https://doi.org/10.1002/aqc.2769
- NARVÁEZ, K. (2013). Aspectos biológicos y ecológicos del tiburón ángel Squatina squatina (Linnaeus 1758) en la Isla de Gran Canaria Phd thesis, Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- OASER, 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 adequancy of general maturity scales. Sexual and Early Development in Aquatic Organisms 1, 117-132.
- PEET, R.K. (1974). The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5: 285-307.
- QUERO, J.C. & CENDRERO, O. (1996). Incidence de la pèche sur la biodiversité ichtyologique marine: le bassin d'Arcachon et le plateau continental sud Gascogne. Cybium 20, 323-356.
- QUERO, J. C. (1998). Changes in the Euro-Atlantic fish species composition resulting fromfishing and ocean warming. Italian Journal of Zoology 65, 493-499.
- ROGERS, S. I. & ELLIS, J. R. (2000). Changes in the demersal fish assemblages of British coastal waters during the 20th century. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil 57, 866-881.
- ROUX, C. (1989) Squatinidae. In: Whitehead P.J.P, Bauchot M.L, Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. (eds) *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*, vol 1. UNESCO, Paris, pp 148-152.



Estudio bioecológico de las áreas de cría del angelote (*Squatina* squatina) en la Isla de Tenerife.



- SPRINGER, S. (1967). Social organization of shark populations. In Sharks, skates and rays (ed. M. R. W. Gilbert P.W., Rall D.P.), pp. 149–174. John Hopkins Press, Baltimore, MD.
- THOMAS, L., BUCKLAND, S. T., BURNHAM, K. P., ANDERSON, D., R., LAAKE, J. L., BORCHERS, D. L., & STRINDBERG, S. (2002). Distance sampling. *Encyclopedia of environmetrics*.