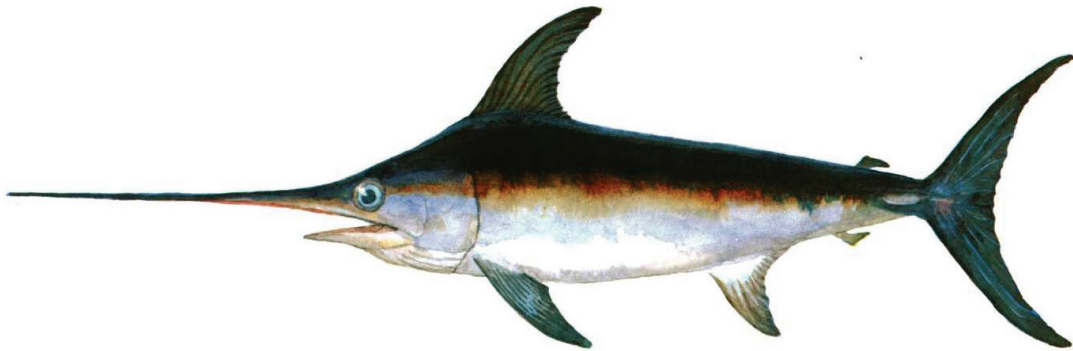


Sinopsis sobre la biología y el comportamiento del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus



Por ©[▲]: Jaime Mejuto, Blanca García-Cortés y Ana M. Ramos-Cartelle

[▲] La información incluida en este documento no puede ser reproducida total o parcialmente. Si desea citar partes de su contenido deberá citar a los autores y a la fuente de la que ha sido obtenida.

GENERALIDADES DESCRIPTIVAS, BIOLÓGICAS Y DE COMPORTAMIENTO DEL PEZ ESPADA

Esta breve sinopsis pretende ofrecer una visión resumida de las características biológicas y de comportamiento de esta especie que pueda servir para un mejor conocimiento general, tanto en los ámbitos científicos como divulgativos, así como para conocimiento del sector extractivo-pesquero. Muchos de los comentarios aquí resumidos proceden de conclusiones obtenidas en trabajos previos de los mismos autores o de otros autores. Información adicional puede ser obtenida dentro de esta web:

<http://www.co.ieo.es/tunidos/documentos/tesis/ASPECTOS%20BIOLÓGICOS%20Y%20PESQUEROS%20DEL%20PEZ%20ESPADA%20.pdf>

SINOPSIS DE LA CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PEZ ESPADA

Nombre científico: *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758. Único representante de la familia Xiphiidae y del género monotípico *Xiphias*. Su taxonomía ha cambiado a lo largo de la historia. Basándonos en estudios recientes, Nakamura (1985) propone la siguiente clasificación:

Filo: Chordata. Subfilo: Vertebrata. Superclase: Gnathostomata. Clase: Osteichthyes. Subclase: Actinopterygii. Infracase: Teleostei. Division: Euteleostei. Superorden: Actinopterygii. Orden: Perciformes. Suborden: Xiphiodei. Familia: Xiphiidae. Género: *Xiphias*.

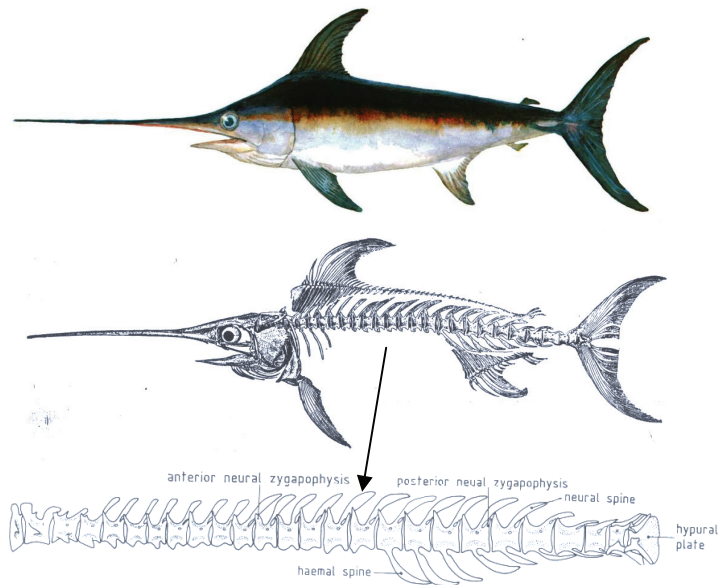


Figura 1. Aspecto de un adulto de pez espada de aproximadamente 150 cm de talla, desde la mandíbula inferior hasta la horquilla caudal (arriba), esqueleto (medio) y detalle vertebral (abajo).

Sinónimos: *Xiphias imperator* Bloch & Schneider, 1801; *Xiphias rondeletti* Leach, 1818; *Phaethonichthys tuberculatus* Nichols, 1923; *Xiphias estara* Phillips, 1932; *Xiphias thermaicus* Serbetis, 1951.

Nombres comunes más usados: emperador, pez espada (España, Cuba, Perú, México); peixe espada, espadarte (Galicia, Portugal, Brasil); águlhao (Brasil); swordfish, broadbill swordfish (Inglaterra, EEUU, Canadá, Australia, África del Sur); espadon (Francia, Bélgica, Canadá); albacora (Chile); svaerdfisk (Dinamarca); schwertfisch (Alemania); xiphias (Grecia); kuthira-meen (India); luinniasc (Irlanda); pesce spada (Italia); andaachi, dakuda, ginzasu, goto, hirakucha, hyu, io, izasu, kudamaki, medara, meka, mekajiki, mesara, okizaara, rakuda, shiutome, shutome, suzu, teppo, tsun (Japón); piscispas, pixxi spad (Malta); zwaardvisch (Holanda); broadbill (Nueva Zelanda); sverdfisk (Noruega); dugso, doguso, lumod, malasagi, malasugi, manumbuk, mayaspus (Filipinas); whang-sae-chi (Corea); bou sif (Túnez).

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS PRINCIPALES

Ojos laterales grandes, cuerpo alargado y cilíndrico en su corte transversal, oscuro en su parte dorsal y lateral, blanquecino en su parte ventral. Su espada en la mandíbula superior es extremadamente larga y con sección aplanada – oval, lo que lo diferencia de forma sustancial de otros peces de pico (Suborden Xiphoidei) que tienen sección cilíndrica en su espada.

En la zona caudal los adultos presentan una única quilla caudal, a cada lado del cuerpo, frente a las dos quillas que presentan todos los demás representantes de su suborden.

Puede alcanzar más de 400 cm de longitud total y 500 kilos de peso, pero en las capturas comerciales suele aparecer entre 100 y 200 cm de longitud entre el extremo de la mandíbula inferior y la horquilla de la aleta caudal (LJFL).

No presenta aletas pélvicas ni escamas cuando tiene morfología de adulto, aunque pueden aparecer escamas en las fases larvares, post-larvares y, de forma vestigial, en algunos individuos muy juveniles inferiores a 80 cm.

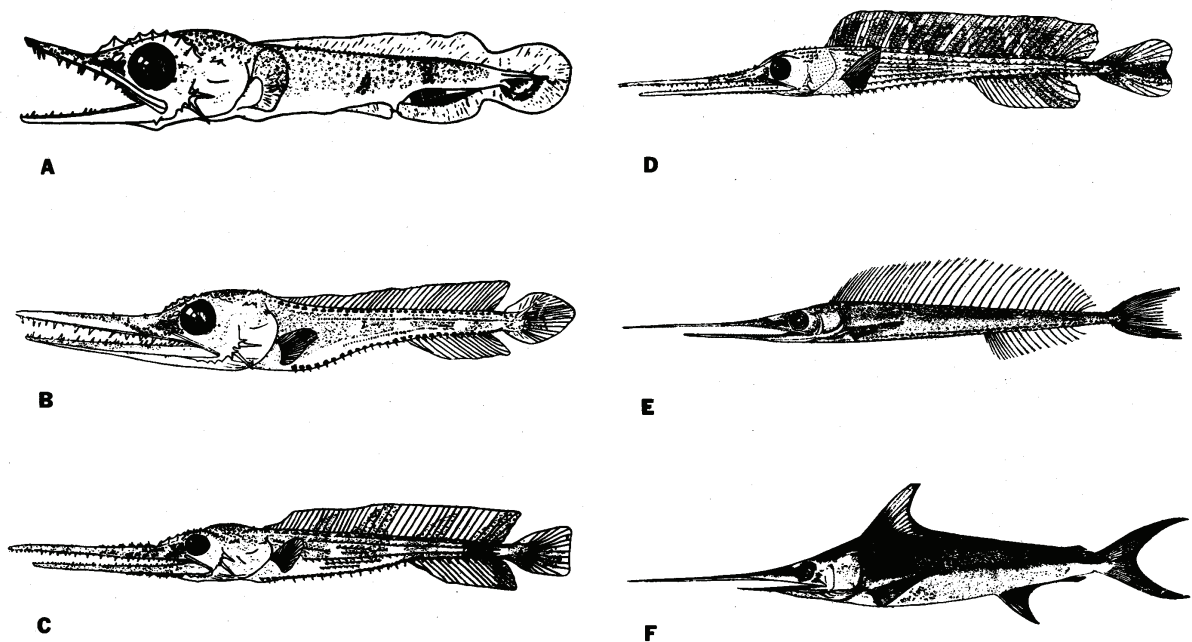


Figura 2. Larvas de pez espada: **(A)** 7,8 mm SL; **(B)** 14,5 mm SL; **(C)** 27,2 mm SL; **(D)** 68,8 mm SL; **(E)** 252 mm BL (longitud desde la parte posterior de la orbita a la base de la aleta caudal) ; **(F)** 580 mm BL. Los especímenes A, B, C y D fueron tomados de ARATA (1954); E y F son tomados de NAKAMURA *et al.* (1951). (Dibujo y pie tomado de PALKO *et al.*, 1981).

OTRAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

Su mandíbula inferior es muy puntiaguda y de corte redondeado. En individuos adultos la piel es relativamente fina y suave al tacto, sin embargo es posible ver escamas en individuos muy juveniles o en estados post-larvarios (menores de 70 cm de TL) raramente capturados con artes de pesca dirigidos.

En los adultos, la primera aleta dorsal es aparente y muy separada de la segunda dorsal que es muy pequeña y vestigial, situada en la parte caudal, aunque en individuos inferiores a 70 cm TL puede percibirse la primera aleta dorsal más prolongada hacia la zona caudal (o incluso unida a la segunda dorsal), cuya prolongación va desapareciendo progresivamente con el crecimiento hasta que alcanza la forma o apariencia corporal de adulto.

La sección transversal del cuerpo es la más redondeada de todos los peces de pico (suborden Xiphoidei). Sus ojos son grandes y redondos, adaptados a bajas luminosidades. Carece de dientes propiamente dichos aunque pueden verse unas filas de pequeños dentículos en individuos juveniles que irán desapareciendo progresivamente con el crecimiento. El ano es visible en la parte anterior de la primera aleta anal. No presenta caracteres externos que permitan la identificación del sexo, lo que debe hacerse mediante disección.

El pez espada sufre cambios morfológicos muy importantes desde su etapa post-larvaria (sobre 20 cm TL) hasta que alcanza su forma de adulto (sobre los 75 cm TL).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.

De forma general puede decirse que se encuentra en todos los océanos del mundo, con mayor probabilidad en regiones oceánicas de latitudes entre los 50° N y 50° S, aunque no exclusivamente.

De todos los peces de pico, es la especie que presenta una mayor tolerancia a diversas temperaturas. De amplísima distribución geográfica en todos los océanos del mundo, aparece en zonas oceánicas de aguas tropicales y templadas; incluso los individuos de grandes tallas puede alcanzar zonas frías durante periodos limitados. Puede observarse en temperaturas superiores a 13°C aunque preferentemente en zonas con temperaturas superficiales superiores a 16° C. Los individuos mayores (generalmente hembras) se encuentran principalmente en zonas templadas y las grandes hembras pueden aparecer incluso en aguas frías de ambos hemisferios (figura 3).

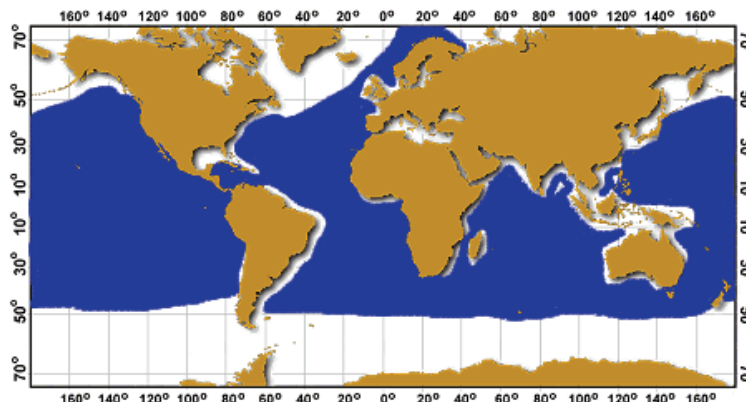


Figura 3. Área de distribución del pez espada (*Xiphias gladius*), cubriendo las áreas de distribución más frecuentes entre 50° N y 50° S y otras áreas de presencia conocida aunque más esporádica. Las mayores latitudes sólo suelen ser alcanzadas por grandes individuos, generalmente hembras.

En el Atlántico NW se distribuye hasta las zonas de convergencia producidas entre las corrientes del Golfo y Labrador, próximas a Canadá. En el Atlántico NE es observado en el periodo estival hasta el talud continental de caladeros del Oeste de Irlanda situados sobre el 52º N, pero seguramente puede alcanzar esporádicamente mayores latitudes de hasta los países nórdico-europeos. En décadas anteriores ha sido descrita su presencia ocasional, probablemente en época estival, en las proximidades de Suecia y Noruega donde Linnaeus observó esta especie. También observado esporádicamente en el Báltico y en aguas Danesas. No obstante la probabilidad de observarlo actualmente en estas áreas de aguas frías ha disminuido al reducirse la fracción adulta del stock formada por grandes ejemplares, generalmente hembras.

En el Atlántico SW han sido descritas concentraciones estacionales en áreas oceánicas próximas a la ZEE de Uruguay y Argentina, en las zonas de convergencia entre las corrientes de Brasil y Malvinas. En el Atlántico SE han sido descritas concentraciones estacionales en las proximidades de África del Sur, aunque existe alta probabilidad de que estos individuos provengan del Océano Índico aprovechando los ciclos estacionales de la corriente cálida de Agulhas. Su presencia en estas regiones “límite” de su distribución está generalmente relacionada con sus migraciones estacionales y necesidades tróficas.

LA PESCA.

Se pescaba tradicionalmente con arpón desde varios siglos A.C. aprovechando los grandes ejemplares que nadaban en superficie y de forma casual en las almadrabas costeras usadas para capturar el atún rojo (*Thunnus thynnus*) desde hace miles de años. Recientemente, a partir de los años cincuenta y más intensamente a partir de los ochenta del siglo pasado, la pesca se realiza preferentemente en alta mar con palangres (de superficie o de profundidad dirigidos hacia atunes), redes de enmalle a la deriva y arpón y, esporádicamente, con otras artes industriales (arrastre pelágico, etc.) y artes deportivas.

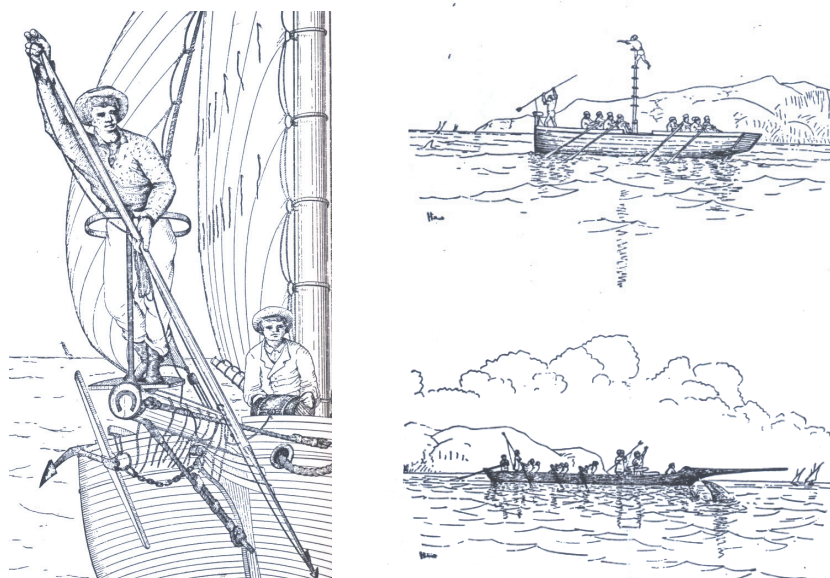


Figura 4. La pesca del pez espada con arpón, en Nueva Inglaterra (izquierda) y en el Mar Mediterráneo (derecha), sobre el año 1880 (tomado de GOODE, 1883).

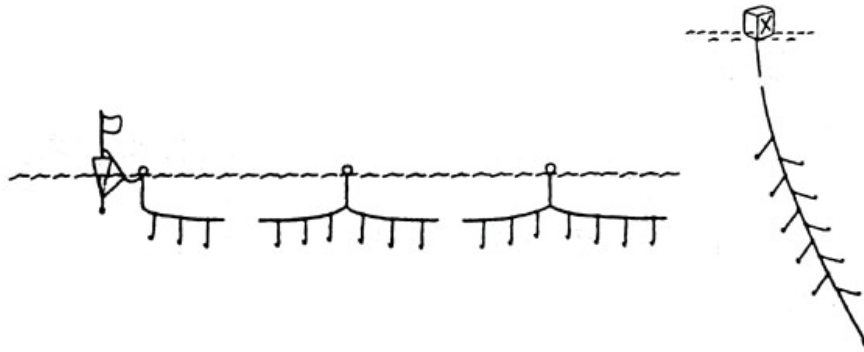


Figura 5. Diseño simplificado de una línea multi-anzuelos, precursora del arte de palangre, usada originalmente para la captura de pez espada, túnidos y otras especies (derecha). Simplificación de un palangre de superficie derivante usado por la flotas que capturan pez espada en las décadas más recientes (izquierda), (tomado de FAO.org).

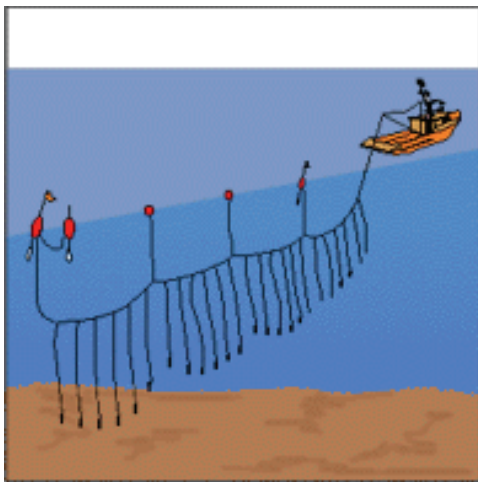


Figura 6. Esquema de un palangre de superficie moderno (izquierda, cortesía de New Zealand Fishing Industry Board) e izado de un pez espada por un palangrero español pescando en el Atlántico Sur (derecha).

HÁBITAT Y GENERALIDADES DE BIOLOGÍA.

El pez espada es la especie de peces de pico (suborden Xiphoidei) con una mayor tolerancia a la variación de temperatura, lo que se manifiesta en su amplia distribución geográfica en latitud y profundidad. La isoterma superficial de 13º C suele ser un condicionante importante en la distribución de esta especie aunque suele aparecer con mayor probabilidad con temperaturas superficiales superiores a 16º C. Es una especie pelágica oceánica (epipelágica y mesopelágica) generalmente capturada en la fracción superficial, pero que puede alcanzar cientos de metros de profundidad (existen

registros de hasta 1000 m) para alimentarse, soportando durante tiempo limitado temperaturas muy bajas.

Si bien el pez espada puede mantener su temperatura corporal más elevada que el medio en el que habita, sin embargo su sistema de compensación térmica no es tan eficaz como el de los atunes de aguas templadas. Por ello es altamente termo-dependiente y esta dependencia es mucho mayor cuanto menor sea su tamaño corporal (biomasa corporal). Los individuos pequeños tienden a mantenerse en aguas más cálidas (menor latitud y/o menor profundidad) mientras que los individuos más grandes tienen unas mayores posibilidades migratorias cosmopolitas.

Debido a su crecimiento diferencial entre sexos (las hembras alcanzan una talla mucho mayor y más rápidamente que los machos) la distribución espacio-temporal entre sexos es diferente. Los grandes peces espada son generalmente hembras y sólo éstas suelen alcanzar altas latitudes con temperaturas del agua del mar más bajas, generalmente para alimentarse en zonas de alta producción. En el Atlántico, los peces mayores de 200 cm (LJFL) capturados con palangre tienen una probabilidad aproximada del 90 % de ser hembras. Por el contrario, en las zonas cálidas de reproducción, las capturas más frecuentes son de tallas intermedias (120-150 LJFL) formadas predominantemente por machos, al menos en el caso de las capturas realizadas con palangreros de superficie. Por tanto, el peso medio de las capturas está altamente condicionado por la selección del área-época de pesca así como la profundidad del aparejo usado (y la temperatura asociada a estos factores). Diferencias de sólo escasos grados en la temperatura seleccionada pueden producir un cambio muy sustancial en el peso medio de la captura obtenida, especialmente en las zonas templadas de convergencia de corrientes.

El estudio de sus migraciones (en latitud y longitud) ha dado lugar a lo largo de las últimas décadas a diferentes hipótesis de comportamiento. El conjunto de estudios más recientes realizados en el Atlántico parecen indicar movimientos de expansión y contracción desde aguas cálidas y templadas hacia aguas templadas y frías, en base a un proceso biológico multifactorial complejo que podría simplificarse como de "alimentación-transición-reproducción" condicionado por el medio ambiente y los aspectos fisiológicos, con una base marcadamente estacional en muchas áreas. Esta migración no sería sincrónica en el espacio-tiempo para los diferentes grupos de talla-edad-sexo, sino dependiendo de su respectiva tolerancia térmica y de los procesos biológico-fisiológicos. Las diferencias más que palpables en los *sex-ratios* por clases de talla (% de hembras por grupo de talla) entre diferentes zonas oceánicas (regiones biológicas), parecen estar ligadas a estos procesos biológicos básicos que condicionarían la compleja estrategia vital y migratoria de esta especie, generalmente ligada a los sistemas de corrientes, a las temperaturas fisiológicamente más óptimas y a la disponibilidad de alimento.

En el Atlántico Norte han sido observadas migraciones transatlánticas de hasta 2700 millas náuticas en poco más de un año (asumiendo migración rectilínea entre el punto de marcado y de recaptura).

Además, el pez espada tiene migraciones verticales nictimerales (día-noche) en las capas superficiales, hasta varios cientos de metros, ligados con los cambios de luminosidad del medio. Durante el día suele desplazarse hacia aguas más profundas y asciende durante la noche, probablemente realizando el mismo movimiento que el de las presas de las cuales se alimenta. Se cree que este comportamiento es la base para tener una mayor o menor disponibilidad al palangre de superficie, variando esta disponibilidad según las diferentes fases lunares.

CRECIMIENTO

Los estudios de crecimiento de peces pretenden establecer una relación entre la talla de los individuos y su edad media. La información sobre la edad y el crecimiento del pez espada (*Xiphias gladius*) es uno de los parámetros más importantes para la evaluación de los stocks cuando se desean usar *modelos de evaluación estructurados por edad*. El crecimiento de una especie define su estrategia biológica, con frecuencia nos informa sobre el intervalo esperable de su mortalidad natural y condiciona la dinámica de la biomasa de la población en una situación sin pesca. Las denominadas *matrices de capturas por edad* (CAA) son por si mismas muy informativas. Pero además, permiten su modelado mediante métodos diversos para estimar las tasas de explotación sobre un stock y proponer medidas de ordenación.

El pez espada tiene un crecimiento diferencial según el sexo y se cree que raramente sobrepasa los 20-25 años de edad. En general, las hembras alcanzan mayor talla y más rápido que los machos, característica que parece común en todos los stocks de pez espada estudiados.

La mayoría de los estudios del crecimiento del pez espada se iniciaron en países del Atlántico Noroeste a mediados de los años ochenta del siglo pasado, usando cortes transversales de la segunda espina de la aleta anal para leer anillos que se asumieron como marcas anuales. La razón para seleccionar las espinas de esta aleta fueron diversas, pero sobretudo la facilidad y bajo coste para su obtención y procesado, presentar una estructura estable a lo largo de la vida del pez y formarse establemente en periodos más tempranos que la aleta dorsal.

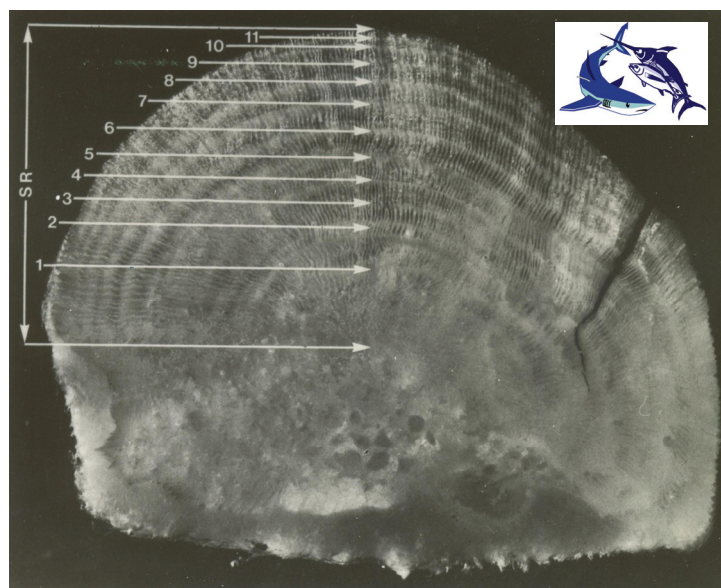


Figura 7. Lectura de un corte de una espina de aleta anal de un pez espada para la estimación de su edad.

Estudios posteriores se realizaron para el pez espada del océano Pacífico y, de forma más limitada en años más recientes, en el Océano Índico. Para el Mar Mediterráneo también se ha estudiado el crecimiento de esta especie que se asume perteneciente a un stock distinto a los dos definidos para el Atlántico, lo que se sustenta además en estudios diversos, incluidos los de marcado-recaptura y marcadores genéticos muy diferenciados para los peces de procedencia Mediterránea.

La mayoría de los estudios de crecimiento usando cortes de espinas de la aleta anal han usado la metodología inicialmente descrita por Berkeley and Houde (1983), más tarde perfeccionada por otros autores. Los resultados de los estudios en general fueron bastante similares para peces menores de 5 años de edad, salvo algunas diferencias muy llamativas en algún estudio del Pacífico con resultados poco plausibles y que no han podido ser corroborados. En general, en este tipo de especies de grandes migradores con amplias tasas de intercambio entre áreas, son poco esperables diferencias sustanciales en sus parámetros biológicos básicos como el crecimiento o a la reproducción, siendo estas diferencias frecuentemente motivadas por las distintas metodologías aplicadas entre investigadores o la distinta disponibilidad de muestras en los respectivos estudios generalmente enfocados sobre regiones muy limitadas.

Sin embargo, la mayoría de estudios realizados usando radios espinosos no han podido validarse estadísticamente al no poder generalizar con certeza razonable la relación entre la formación de los anillos leídos en las espinas (figura 7) con fases de crecimiento estacional como sería inicialmente esperable. El comportamiento ampliamente migratorio de esta especie y su selección de hábitats distintos durante los periodos de su ciclo anual o plurianual (e.g. alimentación vs. reproducción) hace difícil asumir y validar una hipótesis general sobre las causas por las que esos anillos son formados con un patrón regular-anual estable. Si bien en algunas áreas se han descrito comportamientos migratorios estacionales bastante marcados y estables entre años -con fidelidad entre las áreas de alimentación y puesta- sin embargo no parece que este comportamiento pueda de momento ser generalizable a todas las zonas estudiadas.

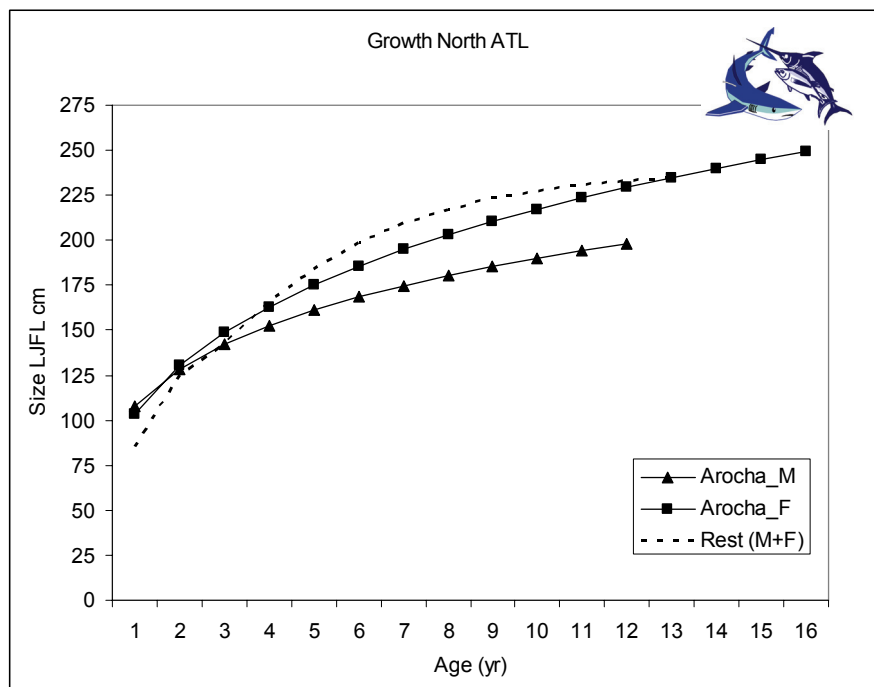


Figura 8. Algunas recientes estimaciones de la relación entre la talla (LJFL) y la edad (años) del pez espada del Atlántico Norte. **(A)** edad-talla por sexo (machos=M, hembras=F) obtenidas a partir del análisis de espinas de la aleta anal (Arocha *et al.* 2003). **(B)** edad-talla (sexos combinados) a partir de datos de marcado-recaptura disponibles en ICCAT procedentes de los programas nacionales de marcado (Restrepo 1990).

Del conjunto de estudios de crecimiento del Atlántico Norte se puede deducir que el pez espada presenta crecimiento relativamente rápido y diferencial según el sexo. Se cree que raramente sobrepasa los 25 años de edad. En general las hembras alcanzan mayor talla máxima que los machos y los individuos de mayor talla son generalmente hembras, incrementándose esa probabilidad cuanto mayor sea el individuo, característica que parece ser común en todos los stocks de pez espada estudiados en los diferentes océanos.

En el Atlántico Norte se han obtenido valores de talla máxima teórica ($L_{inf.}$) de hasta 375 cm y 300 cm, para hembras y machos respectivamente, aunque este valor es sensible al tipo de ajuste aplicado a los datos, especialmente en el caso de los machos. Observaciones realizadas en el Atlántico Norte han reportado tallas de hasta 338 cm desde la punta de la mandíbula inferior hasta la horquilla de la cola (LJFL) y 440 kg peso vivo en el año 2011, aunque se han descrito ejemplares incluso mayores a lo largo de la historia de hasta 536 kg en el Océano Pacífico.

Considerando el conjunto de estudios disponibles usando “partes duras”, promediando sus estimaciones y combinado ambos sexos, se podría generalizar que el pez espada suele alcanzar una talla LJFL sobre los 97 cm (equivalente a unos 10 kg peso vivo) en su primer año de vida, 160 cm (equivalentes a unos 53 kg peso vivo) a los 5 años de edad y sobrepasaría los 200 cm a los 9 años de edad. Sin embargo debe recordarse que este crecimiento difiere entre sexos y estudios.

El crecimiento diferencial por sexo explica en parte el diferente sex-ratio observado entre tallas, ya que los individuos de mayor talla tienen mayor probabilidad de ser hembras. Este crecimiento diferencial por sexo tiene además implicaciones sobre biomasa individual de cada edad-sexo, sobre las posibilidades migratorias más o menos cosmopolitas de cada sexo y sobre sus patrones de distribución espacio-temporal (ver página 13).

Otros estudios de crecimiento han usado otolitos-*sagittae* o frecuencias de talla. Los estudios basados en la lectura de los pequeños otolitos (del tamaño de un grano de arroz, figura 9) no han sido muy frecuentados entre los investigadores debido a la enorme dificultad y alto coste que representa su obtención en buques comerciales, así como la más compleja preparación, lectura e interpretación con relación a las espinas de la aleta anal.

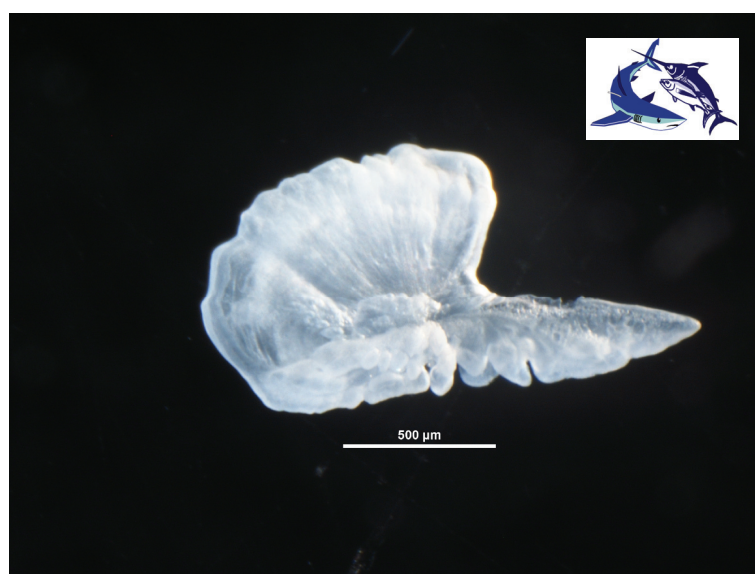


Figura 9. Otolito de un pez espada de 83 cm de talla LJFL (Autor: Pablo Quelle Eijo)

Como método alternativo a los estudios anteriores se han empleado datos de marcado y recaptura obtenidos mediante los programas nacionales realizados dentro del marco de la ICCAT. Si bien estos datos aportan información de gran utilidad, evitan las subjetivas interpretaciones en las lecturas de los anillos y permiten una validación indirecta de las estimaciones de crecimiento obtenidas mediante otras técnicas; sin embargo presenta la limitación de generalmente no disponer del dato de sexo asociado a la mayoría de las observaciones de marcado-recaptura. Por tanto, las estimaciones de crecimiento a partir de datos de marcado-recaptura sólo han podido ser obtenidas para sexos combinados.

REPRODUCCIÓN

El pez espada es una especie gonocórica que carece de signos externos conocidos diferenciadores del sexo. Su fertilización es externa careciendo de órganos copuladores. Las gónadas pareadas y alargadas se sitúan dentro de la cavidad ventral, anteriormente al ano a ambos lados del recto y unidas mediante tejido conectivo al intestino.

Las gónadas son fácilmente identificables con algo de experiencia y un corte transversal, pero suelen producirse más errores de identificación en peces pequeños por lo que en estos casos deben tomarse precauciones especiales. En peces muy pequeños las gónadas masculinas son incluso difícilmente visibles, confundiendo con el tejido conectivo de la zona intestinal. La gónada femenina izquierda suele ser de mayor peso (+26% aproximadamente) que la gónada derecha.



Figura 10. Gónadas de peces espada de ambos sexos, sobre 150 cm de talla LJFL. **(A)**: gónadas femeninas de unos 300 gramos ambas (arriba) y gónadas masculinas (abajo). **(B)**: corte transversal de una gónada femenina en estado de reposo (no madura). **(C)**: corte transversal de una gónada masculina en estado de reposo (no madura).

En el Atlántico Norte, el 50 % de las hembras habían sido descritas hasta ahora como potencialmente maduras sobre los 175 cm LJFL (sobre 5 años de edad) mientras que los machos tenían una maduración más temprana y con menor talla que las hembras.

Sin embargo, según estudios recientes, esta talla de primera madurez de las hembras podría rondar los 146 cm. La diferencia de primera maduración sexual entre machos y hembras, más temprana para los machos, parece mantenerse en todos los stocks de pez espada estudiados.

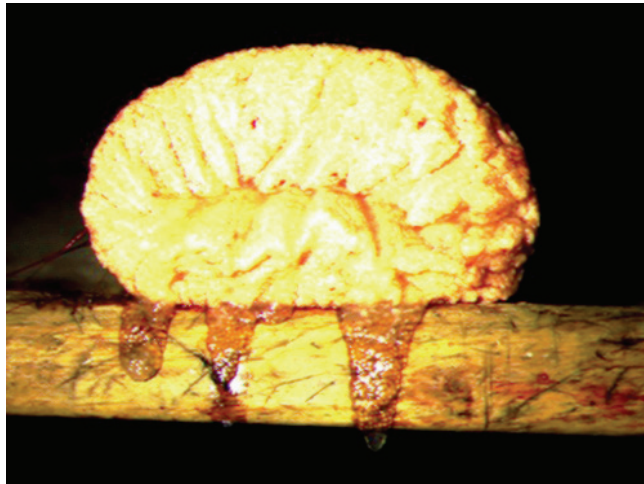


Figura 11. Corte transversal de una gónada de unos 5 kg perteneciente a un pez espada hembra de unos 180 cm LJFL, conteniendo millones de huevos maduros.

En el Mediterráneo, la maduración en ambos sexos se creía mucho más temprana que en otras áreas estudiadas. Sin embargo, los recientes estudios del Atlántico muestran una diferencia menos marcada en este parámetro biológico que la previamente descrita. No obstante, la talla de primera madurez debe considerarse como una condición necesaria pero no suficiente para iniciar el proceso de maduración y puesta. Estos procesos sólo se desencadenan cuando los factores externos medioambientales y los fisiológico-energéticos son favorables.

Cada hembra produce millones de huevos (ovocitos) que empiezan siendo "primordiales" (sobre 160 micras de diámetro o menores). Sólo cuando los factores son favorables, se inicia un proceso hormonal que desencadena la maduración final de estos ovocitos hasta alcanzar antes de la puesta entre 1,5 y 2 mm (1-30 millones de huevos por puesta dependiendo de la talla-peso de la hembra). Los huevos son liberados por "lotes" mediante procesos parciales de puesta que se cree duran varios días y que extienden el proceso de puesta de la hembra durante meses.

La fecundación es externa. Si bien no se han descrito fenómenos de "apareamiento", diversas observaciones indican que la captura de hembras maduras o en puesta suele conllevar el avistamiento e incluso la captura con arpón de machos merodeadores o en cortejo durante la misma operación de pesca, tanto en palangreros como en arponeros, lo que sugeriría cierto proceso de atracción hormonal y persecución. Por tanto, son conocidos rituales de cortejo en esta especie, tanto los descritos por pescadores desde hace décadas o incluso siglos, así como los observados por científicos más recientemente.

La puesta se produce en aguas cálidas en torno a los 24-29° C, pero parece que la temperatura superficial no es por sí sola un indicador adecuado para definir las áreas potenciales de puesta. La isoterma de 25°C a 50 metros de profundidad ha sido propuesta en el Atlántico y otros océanos como un indicador probablemente más adecuado para definir las áreas potenciales de puesta del pez espada, generalmente coincidentes con zonas de termoclina relativamente profundas (en torno o superior a 100 metros de profundidad) generalmente situadas en las regiones occidentales de los océanos. En el Mediterráneo, las áreas de reproducción hasta ahora descritas han sido muy amplias y van desde Baleares e Italia hasta Creta. En el Atlántico Norte se ha descrito puesta en zonas del Caribe y sus proximidades. En el Atlántico Sur se han descrito zonas oceánicas del Atlántico Suroeste (al Oeste de 10°-15° W) próximas a la corriente cálida de Brasil con termoclina muy profunda (100-150 m). Sin embargo son precisas investigaciones adicionales para estudiar o descartar otras posibles zonas de reproducción de esta especie (especialmente en la zona Este del Atlántico). En las zonas de

reproducción se han descrito capturas de machos relativamente más abundantes que las hembras, al menos a partir de los muestreos realizados a bordo de palangreros de superficie.

La distribución de las larvas se ha descrito generalmente en aguas con temperatura superficial entre 24 y 29 °C, pero la fuerte deriva producida por las corrientes puede llevar a errores al asumir las áreas de presencia de larvas como áreas potenciales de reproducción.

OTROS PARÁMETROS Y COMPORTAMIENTOS RELACIONADOS CON PROCESOS REPRODUCTIVOS

La variabilidad del sex-ratio (o proporción de individuos de cada sexo) y del sex-ratio por clase de talla del pez espada fue señalada como un elemento característico de esta especie desde mediados del siglo pasado. Sin embargo, su interpretación biológica no fue dilucidada hasta finales del siglo XX.

Estudios realizados entre los años 1960 y 1990 identificaron diferencias sustanciales del sex-ratio por clase de talla entre algunas de las regiones analizadas del Atlántico. Posteriores investigaciones ya relacionaron los patrones de sex-ratio y del sex-ratio por talla con la temperatura de las masas de aguas superficiales, dando lugar a la tesis “*size-temperature mediated sexual segregation*”.

Numerosos estudios realizados a partir de 1990 finalmente resolvieron el dilema. Esos estudios en general describían patrones de sex-ratio por talla similares entre algunas de las regiones y flotas analizadas dentro del Atlántico y también dentro de otros océanos. Pero al mismo tiempo mostraban en otros casos una llamativa variabilidad en el sex-ratio por clase de talla, sobre todo entre algunas de las regiones analizadas. Estudios realizados por investigadores españoles finalmente demostraron la similitud de sex-ratios por clase talla existente entre algunas de las regiones, e identificaron clusters característicos entre ellas, y no sólo dentro del Atlántico. Estos patrones de sex-ratio por talla observados en las distintas regiones del Atlántico podían además agruparse en tres grandes grupos característicos relacionados con aspectos ambientales y de comportamiento de la especie, denominados “*spawning*”, “*feeding*” y “*transitional*”, que fueron propuestos y considerados como regiones biológicas.

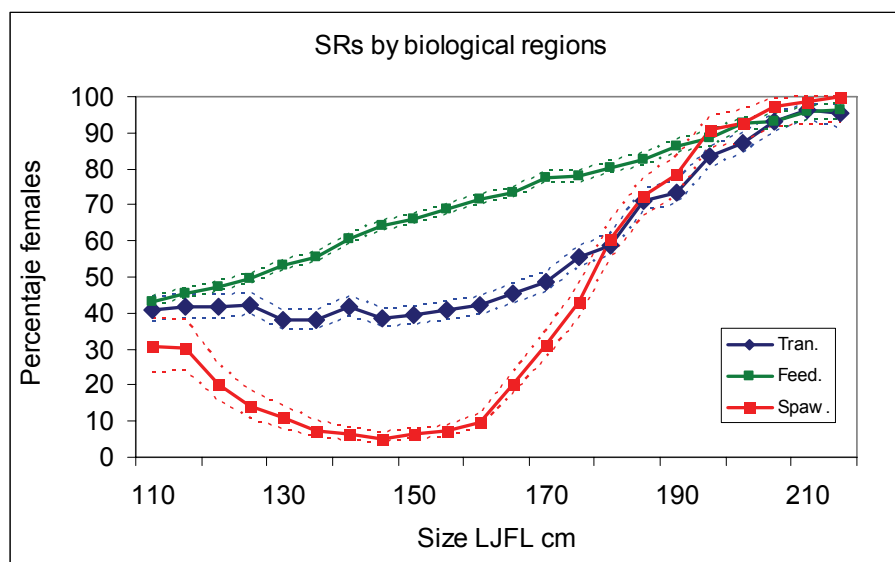


Figura 12. Patrones sex-ratio medios identificados para tallas LJFL entre 110-215 cm (líneas coloreadas continuas) y sus respectivos intervalos de confianza del 95% (líneas coloreadas discontinuas). Tran.= transition. Feed.= feeding. Spaw.= reproduction-spawning. (Según Mejuto et al., 1998; Mejuto 2007).

Similares patrones a estos fueron posteriormente identificados en el Índico, Pacífico y Mediterráneo. Esta estructuración en “*regiones biológicas*” fue posteriormente apoyada por análisis genéticos de DNAm, al poder identificarse que las regiones de “reproducción” y “alimentación”, dentro de un mismo stock, eran mucho más próximas genéticamente entre ellas y dentro de cada una de ellas que frente a muestras de cualquier otra región comparada. En las áreas tipo “*spawning*” aparecen hembras con gónadas maduras y una evidente mayor prevalencia de los machos en rangos de talla intermedios, con temperaturas de las capas superficiales generalmente superiores a 24°C y termoclina profunda. El inusual patrón de sex-ratio por talla observado en las áreas “*spawning*” se ha demostrado como debido a la elevada concentración de machos de tallas intermedias en la captura (varias veces más abundantes que las hembras) en las zonas de reproducción debido a los comportamientos de “cortejo” y “emparejamiento” para la fertilización de los huevos liberados en la puesta por las hembras; comportamiento de cortejo que habían sido observados y descritos por pescadores muchas décadas antes. Los estudios realizados parecen confirmar la estructuración del pez espada y su comportamiento diferencial por sexo -que no es exclusivo del Atlántico sino una característica biológica intrínseca de esta especie- condicionada por sus requerimientos ambientales en las capas epipelágicas donde habita, de forma que éstos le permitan o favorezcan sus procesos fisiológicos y biológicos básicos. Las diferencias entre los sex-ratio por talla parecen apoyar la tesis de que la migración horizontal del conjunto de la fracción de hembras suele ser (probabilísticamente hablando) geográficamente más amplia, mientras que la migración de los machos sería en general más restringida y condicionada por su menor biomasa corporal media y por el complejo comportamiento reproductivo de esta especie.

ALIMENTACIÓN

Como en el caso de la mayoría de los depredadores que ocupan este nivel trófico elevado, el pez espada se alimenta de una gran variedad de presas dependiendo de la disponibilidad de alimento en su zona de actividad. Frecuentemente las altas concentraciones de pez espada coinciden con la abundancia de peces óseos muy diversos, entre ellos los pequeños pelágicos (caballas, jureles, anchoas, etc.), moluscos cefalópodos (potas, calamares y pulpos) y, en menor medida, crustáceos y otros invertebrados.

Tradicionalmente se ha considerado como depredador muy activo que localiza su presa preferentemente por la vista. No obstante, el estímulo olfativo parece jugar un papel más importante de lo que se pensaba al menos a la hora de decidir el ataque final a la presa. Se estima que el pez espada precisa una dieta diaria sobre 1%-2% de su biomasa corporal y que en el conjunto anual precisaría un aporte de entre 3 y 6 veces su peso corporal.

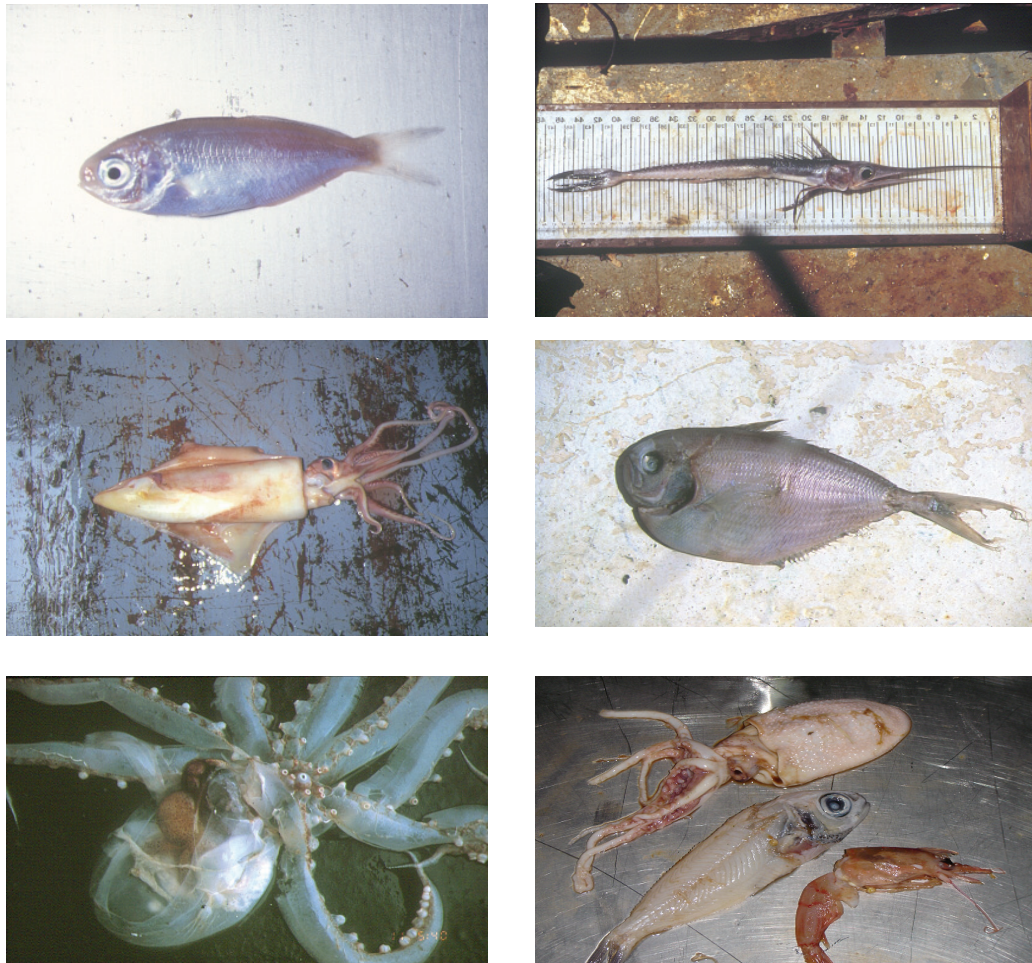


Figura 13. Algunos de los tipos de presas observados más frecuentemente en los contenidos estomacales del pez espada, incluyendo en ocasiones a juveniles de su propia especie (arriba, derecha).

ESTRUCTURA DE LOS STOCKS

Diversas fuentes de información han sido manejadas por los científicos para proponer una estructura de los stocks del pez espada en el Atlántico y Mediterráneo. Se han revisado datos sobre marcado-recaptura, zonas de puesta conocidas, distribución de las larvas, tendencias de los reclutamientos, distribución de tallas entre flotas-áreas, distribución de las pesquerías, datos de CPUE y, más recientemente, datos genéticos basados en DNA mitocondrial y nuclear. Del conjunto de la información disponible se ha concluido que el pez espada está estructurado en varios stocks más o menos aislados entre ellos. Por una parte, los stocks del Atlántico Norte y Atlántico Sur (separados convencionalmente por el paralelo 5º Norte), con un posible nivel de intercambio entre ellos en la región tropical y con alguna posible comunicación con el stock del Océano Índico al nivel de África del Sur en relación con las fluctuaciones estacionales de la corriente cálida de Agulhas. El stock del Mediterráneo sería otra unidad claramente independiente, con cierto nivel de mezcla local en la zona atlántica del Estrecho de Gibraltar, aunque sin contribuir significativamente desde un punto de vista genético al stock del Atlántico Norte. No obstante estos aspectos son objeto de una profunda investigación actualmente y los criterios ahora definidos podrían ser parcialmente modificados en el futuro, si existieran nuevas evidencias que lo aconsejaran.

PREDADORES Y COMPETIDORES

Los jóvenes peces espada han sido observados en los contenidos estomacales de muchas especies de peces, tales como tiburones pelágicos, marlines, atunes y en general en las grandes especies predatoras del sistema pelágico oceánico. Se cree que es mucho menos vulnerable cuando es adulto, aunque puede ser atacado por tiburones diversos, especialmente marrajos, tintoreras, martillos, etc.

Además son atacados a lo largo de su vida por mamíferos dentados, como la orca *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758) y especialmente por la falsa orca *Pseudorca crassidens* (Owen, 1846) de importante nivel de depredación sobre el pez espada en las zonas de aguas cálidas de varios océanos. Así mismo, se cree que puede ser atacado por grandes cefalópodos.

Además, el pez espada es atacado frecuentemente por un pequeño tiburón mordedor *Isistius brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) denominado "sacabocados", "tollo", "pitillo", capaz de morder el músculo del pez espada y sacar un corte perfecto, profundo y ovalado, muy característico.



Figura 14. Ejemplar de *Isistius* (arriba izda.), detalle de su mandíbula (abajo izda.) y pez espada mostrando múltiples mordeduras de *Isistius*, alguna de ellas incompleta o fallida (derecha).

Esta acción del *Isistius* se ve favorecida por el tipo de piel relativamente frágil del pez espada. Frecuentemente el pez espada es capturado portando estas heridas y/o con las cicatrices residuales indicadoras de haber sufrido estos ataques. Dado que la distribución geográfica de esta especie de tiburón "sacabocados" es tropical, las mordeduras y cicatrices encontradas en los peces espada capturados en zonas templadas y frías han sido usadas como una de las primeras evidencias para postular la procedencia de dichos peces espada desde las aguas cálidas a bajas latitudes hacia aguas templadas y frías de mayor latitud para sus fines tróficos.

FAUNA ASOCIADA SIMBIONTE Y PARÁSITA

Varias especies de rémoras han sido descritas sobre el pez espada. En un estudio realizado en las áreas próximas al Golfo de Guinea, la especie de rémora más frecuentemente observada fue *Remora brachyptera* (Lowe, 1839) y de forma esporádica *Remora remora* (Linnaeus, 1758) y *Remora osteochir* (Cuvier, 1829), aunque las dos últimas aparecían con mayor prevalencia sobre otras especies de peces grandes pelágicos en zonas similares. Numerosos parásitos han sido descritos en relación con el pez espada, ligados a sus branquias, vísceras, cavidad abdominal o músculo: trematodos (*Tristoma* spp., *Hirudinella* spp., *Ophistodena* spp.), cestodos (*Fistulicola* spp., *Pelichnibothrium* spp., *Ceratobothrium* spp., *Phyllobothrium* spp., *Scolex* spp., *Hepatoxylon* spp., *Tentacularia* spp., *Sphyricephalus* spp., *Dasyrhynchus* spp., *Nybelinia* spp., *Rhadinorhynchus* spp.); nematodos (*Maricostula* spp., *Hysterothylacium* spp., *Anisakis* spp.), copépodos (*Pennella* spp., *Caligus* spp.).



Figura 15. Parte exterior visible de *Pennella instructa* sobre la piel de un pez espada (izda.) y dibujo de su estructura corporal una vez sacada de un pez espada (derecha).

El género *Penella* es posiblemente el ectoparásito más frecuentemente observado por los pescadores y comercializadores por tratarse de un parásito muy visible en el exterior del cuerpo del pez espada. Es un parásito de aspecto tubular negruzco, con un penacho en su extremo externo. Penetra por la piel y a través del músculo alcanza las zonas vascularizadas internas de donde se alimenta. Es incluso frecuente observar varios ejemplares de *Pennella* parasitando a un mismo pez espada. En general, la ocurrencia de parásitos es mucho mayor en el pez espada del Mediterráneo que en el del resto de regiones estudiadas.