

Identificación del recurso [\[enlace 1\]](#)

Taxonomía

Clase: Chondrichthyes
Subclase: Elasmobranchii
Orden: Squatiniformes
Familia: Squatinidae
Especie: *Squatina guggenheim*

Nombres comunes

Argentina: pez ángel, angelote, escuadro
Uruguay: angelito
Brasil: cacao-anjo
Nombre común en inglés: *angular angel shark*



Caracteres externos distintivos

Cuerpo achatado, cubierto de escamas y con espinas o tubérculos en la línea media del dorso. Cabeza ancha y relativamente corta, boca terminal, grande, armada con dientes fuertes, triangulares, de borde liso. Ojos en posición dorsal, pequeños. Los espiráculos, que se encuentran por detrás de los ojos, son más grandes que éstos. Cinco aberturas branquiales laterales, parcialmente cubiertas por las aletas pectorales. Tronco ancho y robusto (especialmente en las hembras), seguido por una cola semicilíndrica, que se adelgaza hacia el final, donde remata en una aleta heterocerca. Dos aletas dorsales pequeñas, implantadas sobre la cola. Las aletas pélvicas se funden con el tronco. Otro tanto ocurre con las pectorales, con excepción del extremo anterior, que queda libre, de lo cual deriva el nombre común de este pez. Coloración dorsal marrón oscuro, puede haber manchas blancas mas o menos difusas. Vientre blanco.

Distinción de especies similares en el área

Investigaciones desarrolladas en el sur de Brasil y Uruguay definieron la ocurrencia de tres especies en la región: *Squatina argentina*, *Squatina guggenheim* y *Squatina occulta*. Se ha comprobado que por lo menos las dos primeras habitan en aguas argentinas, siendo *S. guggenheim* la más costera y abundante. Esta especie se distingue de *S. argentina* porque tiene espinas o tubérculos en la línea media, la talla máxima y la de primera madurez sexual son menores, tiene un solo ovario funcional (los dos son funcionales en *S. argentina*) y vive en aguas de menor profundidad (Vooren y Da Silva 1991, Cousseau y Figueroa 2001) [\[enlace 2\]](#) [\[enlace 3\]](#).

Distribución geográfica y unidades poblacionales

S. guggenheim se distribuye desde Espírito Santo (23°S, Brasil) hasta el centro de la Patagonia (45° S, Argentina) entre 10 y 80 m de profundidad (Vooren y da Silva 1991, Cousseau y Figueroa 2001, Cousseau y Perrotta 2013) (Fig. 1). Paesch (2006) identifico el pez ángel como una especie ampliamente distribuida y muy abundante en la plataforma interna, lo que concuerda con lo observado por Díaz de Astarloa *et al.*, (1999) y medianamente distribuida (común o abundante) en la plataforma externa. Cousseau (1986) y Figueiredo (1977) la ubicaron en profundidades de hasta 150 m, mientras que Paesch (1995) la registró en todas las épocas del año entre los 34°30'S y 37°00'S, en profundidades de 100 a 200 m. Esta especie es una de las dominantes del grupo de especies residentes permanentes en la plataforma del sur de Brasil (Vooren, 1997), donde las hembras grávidas que habitan a profundidades mayores de 20 m la mayoría del año, migran durante primavera y verano a aguas más someras para parir. En Argentina el pez ángel forma parte del conjunto íctico capturado por la pesquería multiespecífica que se desarrolla en el ecosistema costero bonaerense, denominado "variado costero" o Asociación Íctica Demersal Costera Bonaerense (Carozza *et al.*, 2001).

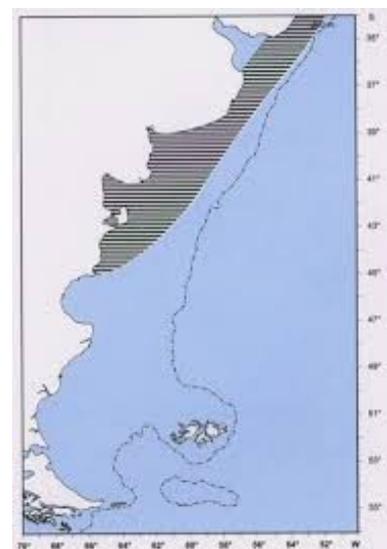


Figura 1. Distribución del pez ángel (*Squatina guggenheim*) en Atlántico sudoccidental. Tomado de Cousseau y Perrotta (2013).

Unidades poblacionales y de manejo

En Argentina, la administración de las pesquerías de pez ángel se realiza a partir de dos unidades de manejo: la primera corresponde al área del Tratado y es administrada en conjunto por la CTMFM y la segunda, correspondiente a El Rincón está a cargo de la Autoridad de Aplicación pesquera argentina. En Uruguay, la administración del recurso corresponde a la CTMFM.

Biología y Ecología

Crecimiento

Colonello *et al.*, (2006) [\[enlace 4\]](#) sobre la base del análisis de la información obtenida de campañas de investigación realizadas por el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) entre los 34° y 42°S en el periodo 2000 a 2003, estimaron a través del modelo de Gompertz el crecimiento embrionario del pez ángel. Los valores estimados para cada parámetro fueron los siguientes: $L_{\infty} = 257,7 \pm 11,7$; $K = 0,015 \pm 0,0016$ y $t_0 = -11,6 \pm 4,5$. El tamaño de nacimiento obtenido fue consistente con los calculados en estimaciones previas (250 mm LT, Cousseau 1973 [\[enlace 5\]](#), Sunyé y Vooren 1997).

Colonello (*op. cit.*) registraron en el Río de la Plata y su frente marítimo la presencia de neonatos en primavera – verano (diciembre-febrero) y en otoño (mayo) pero no en invierno (julio-agosto). Estimaron así mismo, de una talla de nacimiento de aproximadamente 270 mm, luego de un período de gestación de diez a doce meses lo cual coincide con lo observado por Sunyé y Vooren (1997) para la misma especie en el sur de Brasil. De acuerdo con la presencia estacional de neonatos observada en el Río de la Plata y su frente marítimo, los autores infieren que en esta región la época de nacimiento sería entre fines de primavera y verano (diciembre, febrero). Por su parte, Colonello (2005) determinó que la talla máxima observada en el Río de la Plata y su frente marítimo correspondió a 920 mm en hembras y 865 mm en machos. El autor estimó una LT_{50} en 715,2 mm para hembras (77,7 % de la LT máxima) y para machos LT_{50} en 720,2 mm (83,2 % de la LT).

Reproducción

S. guggenheim es una especie vivípara lecitotrófica (Colonello *et al.*, 2007). Las hembras tienen un sólo el ovario izquierdo funcional, pero ambos úteros están desarrollados y son funcionales. El ciclo reproductivo comprende dos periodos alternados, uno de maduración de ovocitos y otro de gestación. En el primero se prepara una camada de 4 a 8 ovocitos, los que pueden llegar a medir 5,5 cm de diámetro y a pesar 60 g. Durante este proceso, que abarca aproximadamente dos años, los “úteros” están vacíos. La ovulación tiene lugar entre octubre y diciembre y la gestación es de unos 12 meses de duración. Los embriones a término alcanzan los 27 cm de LT, el nacimiento tiene lugar entre primavera tardía y comienzo del verano, nacen entre 2 y 8 embriones (Cousseau y Perrotta 2013). Recientemente Colonello *et al.*, (2007) expuso que en hembras se distinguen cuatro estadios reproductivos: 1) juveniles, 2) hembras adultas sin embriones con ovocitos pequeños, 3) hembras adultas sin embriones con ovocitos grandes y 4) hembras con embriones. En base a los resultados de los índices gonadosomático y hepatosomático, los autores infirieron que los estadios 2 y 3 tienen una duración de un año cada uno. Asimismo, la ocurrencia conjunta de estos dos estadios, indicaría que el ciclo madurativo de los ovocitos abarca dos años previos a la gestación.

En esta especie la elevada talla de madurez (80%), los tres años del ciclo reproductivo en hembras (dos años de ciclo ovárico y uno de gestación), el bajo número de crías camada (Colonello *et al.*, 2007, Awruch *et al.*, 2008 [\[enlace 6\]](#)) y el arribo a la región costera de individuos adultos con fines reproductivos, demuestran su elevada sensibilidad a la explotación comercial intensiva (Colonello *et al.*, 2007). Por otra parte, los parámetros reproductivos (talla media de madurez sexual, fecundidad y fertilidad) varían con el aumento de latitud, siendo mayores en el Golfo San Matías (Awruch, 2000; Awruch *et al.*, 2008) y aguas adyacentes respecto de la región del Río de la Plata y su frente oceánico (Colonello *et al.*, 2007).

Alimentación

Colonello (2005) analizó los hábitos alimentarios de *S. guggenheim* a través del estudio de los contenidos estomacales de ejemplares adultos y juveniles. Observó que la dieta del pez ángel estuvo compuesta por 33 presas de las cuales la mayoría correspondió a teleósteos demersales, pero también se registró la presencia de condriictos, crustáceos decápodos y moluscos cefalópodos. La presa consumida en mayor proporción fue *Cynoscion guatucupa* (7,3%), seguida por *Prionotus nudigula* (1,7%), *Engraulis anchoita* (1,6%) y *Raneya brasiliensis* (1,5%). Se detectaron diferencias significativas en la composición dietaria entre los cuatro grupos, determinada por el consumo significativamente mayor de invertebrados por juveniles durante primavera-verano. El número de presas consumidas se incrementó con el aumento de la LT de los predadores. Asimismo, la LT de los teleósteos consumidos se incrementó con el aumento de la LT de los predadores, sin observarse teleósteos pequeños en la dieta de los individuos de mayor LT.

Es un predador visual de acecho, que permanece semienterrado en el fondo y que se alimenta principalmente en horas crepusculares. Consume gran cantidad de alimento en periodos de tiempo cortos, seguidos de largos periodos de digestión con ingesta poco o nula (Cousseau y Perrotta 2013).

Distribución de la especie en el área del Tratado

Hábitat

El área del Tratado constituye una zona reconocida por su alta productividad biológica. Se trata de un hábitat hidrológicamente complejo y dinámico con marcados gradientes horizontales y verticales de densidad [enlace 7] [enlace 8]. Los forzantes de esta variabilidad se vinculan a los cambios estacionales e interanuales de las descargas del Río de la Plata, los regímenes estacionales de los vientos fuertemente vinculados a las variaciones latitudinales del Centro de Alta Presión del Atlántico Sur, la vecindad en el borde de la plataforma con la convergencia de las mayores corrientes de contorno del Atlántico Sudoccidental (Malvinas y Brasil) así como al aporte de nutrientes desde el sudoeste del área transportados por las aguas subantárticas de la plataforma argentina. En el área del Tratado el hábitat costero de la especie queda demarcado topográficamente por el escalón de conformado por la isobata 50-60 metros, que separa el régimen costero del de plataforma. En relación con las masas de agua de plataforma Negri *et al.* 2016 [enlace 9] señalan que al sur de 38°S fluyen aguas de origen subantártico, y al norte de los 36,5°S se agregan aguas diluidas por la descarga del Río de la Plata y aguas de origen subtropical, predominantes en verano. Las aguas de origen subantártico, transportadas desde el sur, se extienden paralelas a la batimetría con dirección SO-NE con un rango de salinidad entre 33,5 y 34,2 ups. En el Agua Subantártica de Plataforma (ASaP) se distinguen tres componentes: la externa con salinidad entre 33,7 y 34,2 ups, que se ubica en la franja externa de la plataforma continental; la media sobre la plataforma central con un mínimo relativo de salinidad resultante del aporte de aguas diluidas por escurrimiento continental en el sur del continente; y la costera con valores de salinidad relativamente altos ($S > 33,8$), proveniente del este de El Rincón y que se origina en el interior del Golfo San Matías debido al efecto de la circulación restringida y al predominio de evaporación sobre la precipitación local. Las aguas de origen subtropical presentes son el Agua Tropical (ATr) y el Agua Central del Atlántico Sur (ACeAS), transportadas hacia el sur por la corriente de Brasil, que predominan durante el verano y el otoño. La más cálida y superficial es el ATr, con temperatura y salinidad superior a 18,5°C y 36 ups respectivamente, fluye por encima del ACeAS. El agua del Río de la Plata (ARdP) se mezcla con aguas de la plataforma continental formando una capa boyante de baja salinidad sobre las aguas de la plataforma continental de origen subantártico y subtropical, e induce una alta estratificación vertical, aislando a la capa profunda. La topografía, conjuntamente con los aportes de agua continental y las modificaciones debidas al intercambio con la atmósfera, generan un sistema ecológico y oceanográfico complejo. En el Río de la Plata el banco Barra del Indio constituye una barrera geomorfológica que divide al área en una parte interna y otra externa.

La parte interna corresponde a un régimen fluvial con aguas rivereñas, verticalmente mezcladas y la parte externa a un régimen mixohalino donde la intrusión de aguas de plataforma a lo largo del fondo, en forma de cuña salina, genera una estructura de dos capas con una fuerte estratificación vertical que va disminuyendo hacia el exterior del Río de la Plata. Las interfaces entre los regímenes mencionados originan dos frentes de salinidad, el de fondo como límite entre el régimen fluvial y el mixohalino, y el de superficie como límite entre el régimen mixohalino y las aguas de plataforma.

El ingreso a la plataforma del agua diluida del Río de la Plata y su variación estacional influye en el ecosistema de la plataforma modificando las propiedades físico-químicas del área la concentración de nutrientes y la productividad biológica. La distribución de la salinidad en superficie varía estacionalmente y es forzada por los vientos y la descarga continental. En otoño-invierno los vientos son continentales y la descarga de agua dulce alcanza valores máximos. En ese periodo se observa una deriva de aguas provenientes de la descarga del Río de la Plata en sentido noreste a lo largo de la costa de Uruguay. En primavera verano, muestran una extensión en dirección sudeste, hacia la costa de Argentina, como consecuencia de los vientos oceánicos y un mínimo en la descarga continental. Existen además áreas cuyas aguas están localmente modificadas por aportes continentales, que promueven la formación de frentes en el litoral costero, de importancia por sus implicancias biológicas.

Áreas de concentración

Acorde a Colonello *et al.*, (2007) la presencia estacional de neonatos en la ZCP, permite sugerir que *S. guggenheim* realiza migraciones longitudinales estacionales entre 34° y 42°S. Estas migraciones producirían una mayor abundancia de individuos adultos hacia fines de primavera y comienzos de verano, los cuales presumiblemente se acercarían a la costa a reproducirse (Fig. 2). La abundancia del pez ángel en esta área fue mayor durante la primavera y verano que durante el invierno (Fig. 3).

Vogler *et al.*, (2008) [enlace 10] analizaron la influencia de la temperatura, la salinidad y la profundidad en la distribución del pez ángel en la ZCP con información proveniente de campañas de investigación realizadas en otoño-primavera de 1997-1998. La distribución en dicha zona estuvo significativamente asociada con la temperatura, tanto en primavera como en otoño. Las capturas más altas de la especie se registraron a temperaturas que variaron entre 13,2 y 18,5° C, durante la primavera y entre 7 y 15° C, en otoño. Asimismo, las mayores concentraciones (80% de la población) se ubicaron en un estrecho rango de salinidad (33,4-33,5 ups) principalmente en primavera.

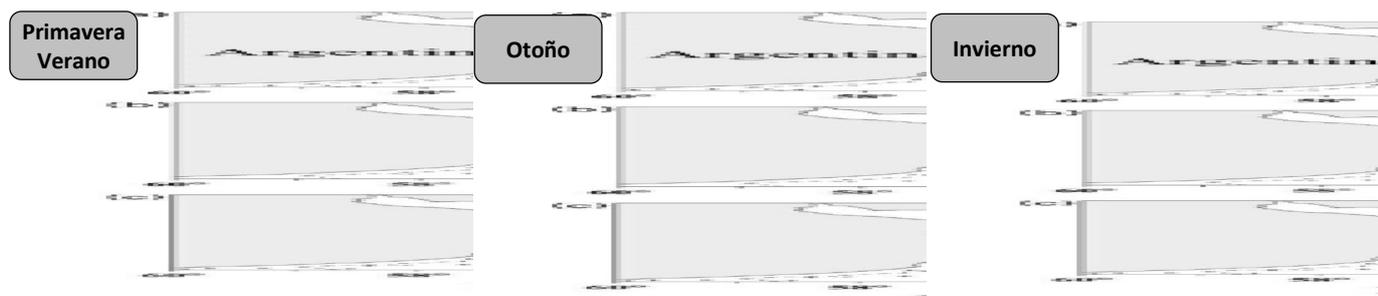


Figura 2. Distribución de neonatos y juveniles (>300 mm de LT) de pez ángel durante primavera y verano (diciembre y febrero), otoño (mayo) y invierno (agosto). Las cruces indican donde se tomaron muestras pero no se obtuvieron neonatos ni juveniles y los puntos indican la presencia de recién nacidos y/o juveniles. Tomado y modificado de Colonello *et al.*, (2007).

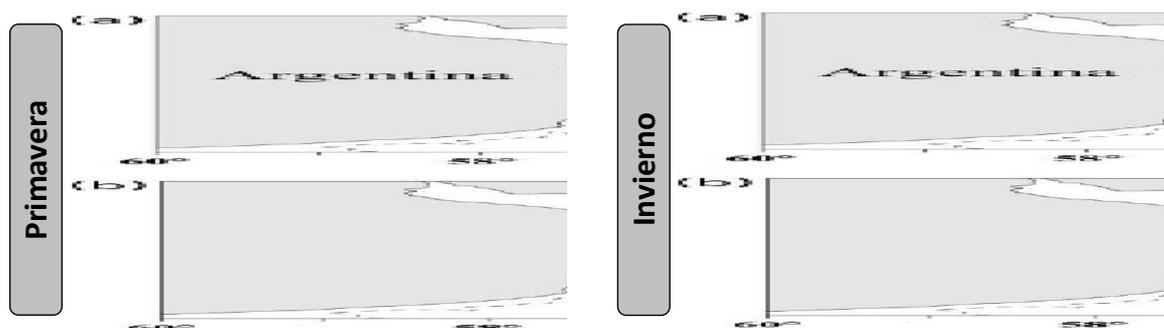


Figura 3. Densidad (Kg/km^2) de pez ángel durante a) primavera (noviembre-diciembre) y b) invierno (Julio-agosto). Tomado y modificado de Colonello *et al.*, (2007).

Explotación

El pez ángel, *Squatina guggenheim*, habita desde Espírito Santo (Brasil, 23°S) hasta el centro de la Patagonia (Argentina, 44°S) entre 10 y 80 m de profundidad. Más del 80% de los volúmenes anuales desembarcados de *S. guggenheim* corresponden a capturas realizadas entre 34° y 42°S a profundidades menores a 50 m (Fig. 4).

Junto con el gatuzo (*Mustelus schmitti*) y las rayas (familia *Rajidae*) son los condriictios más explotados en el área del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo (en adelante área del Tratado). Desde la costa hasta la isobata de 50 m el pez ángel es capturado principalmente por la flota industrial argentina como parte de la pesquería demersal multiespecífica conocida como “variado costero”¹ y por la flota uruguaya Categoría B (Fig.5).

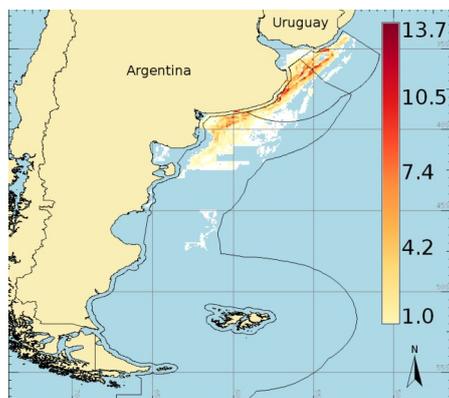


Figura 4: Zonas de pesca de pez ángel en 2008 por la flota argentina. La escala de colores indica capturas en kilogramos por cada unidad mínima de información (5 mi n x 5 mi n).



Figura 5. Rectángulos estadísticos de pesca con indicación de la región costera y de altura del Área del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo.

¹ Esta pesquería comprende un total de 46 especies, de las cuales 19 son peces cartilaginosos.

La historia reciente de esta pesquería indica que en 1994, la captura de pez ángel por la flota argentina representó más de 85% del total en el área del Tratado. El valor máximo registrado fue en 2008 con volúmenes del orden de las 5.000 t. Por su parte, los desembarques de esta especie de la flota uruguaya oscilaron entre las 135 y 443 t. En 2016 se registraron 2.205 y 66 t por Argentina y Uruguay respectivamente (Fig. 6).

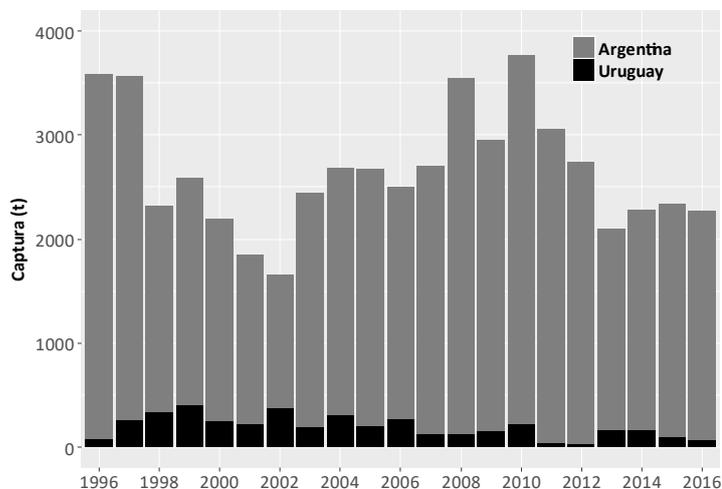


Figura 6. Capturas declaradas pez ángel por Argentina y Uruguay en el área del Tratado.

Esta especie es capturada en la región costera, principalmente en el rectángulo estadístico 3756. Al igual que lo indicado para el caso del gatuzo, el pez ángel es principalmente desembarcado por la flota argentina con esloras entre 18,23 y 24,99 m (Fig. 7). Asimismo, el área de distribución de las capturas por la flota uruguaya corresponde a la región costera. La flota que opera sobre el recurso es la denominada Categoría B cuya principal especie objetivo es la corvina (*M. furnieri*) y la pescadilla de calada (*C. guatucupa*) y su fauna acompañante (Fig. 8).

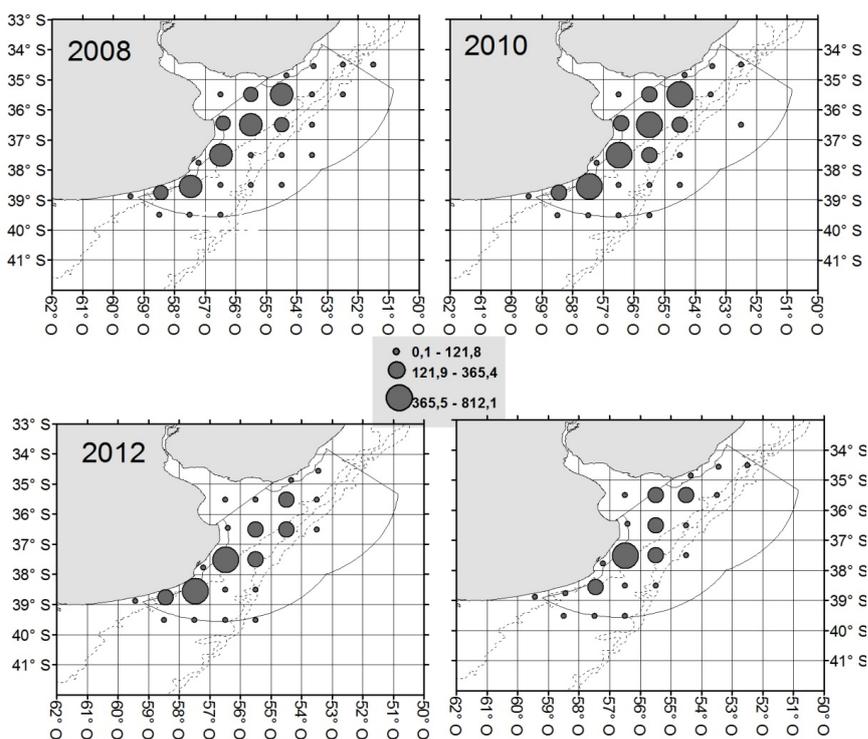


Figura 7. Rectángulos estadísticos donde se declararon capturas de pez ángel durante los años 2008, 2010, 2012 y 2014 por parte de la flota argentina.

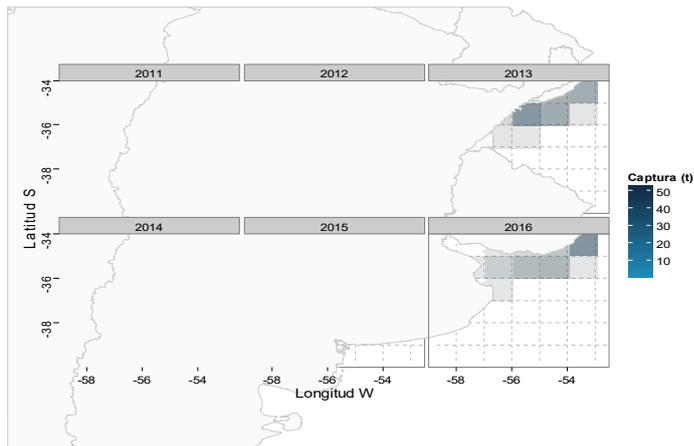


Figura 8. Captura (t) anual de pez ángel por cuadrángulo estadístico correspondiente al área de operación de la flota uruguaya.

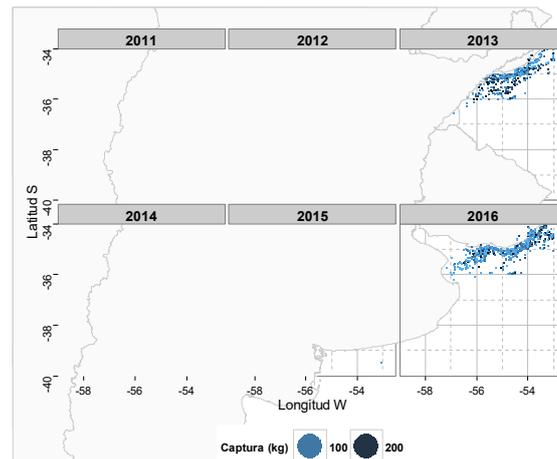


Figura 8. Continuación. Distribución de lance de pesca de la flota uruguaya con presencia de pez ángel por año.

Cabe consignar que, si bien esta especie es captura principalmente por las flotas que operan en la región costera, en menor proporción se observan capturas en rectángulos de pesca de altura de la flota argentina así como valores correspondientes a la flota Categoría A uruguaya (buques cuya principal especie objetivo es la merluza y su fauna acompañante que no pueden operar en el Río de la Plata) (Figuras 9 y 10). Porcentualmente las capturas de la Categoría B con relación al total de la captura varían entre el 90 y 93%. Esta categoría presenta embarcaciones con un promedio de 23 metros de eslora, 129 TRB y 415 HP en potencia de su motor principal.

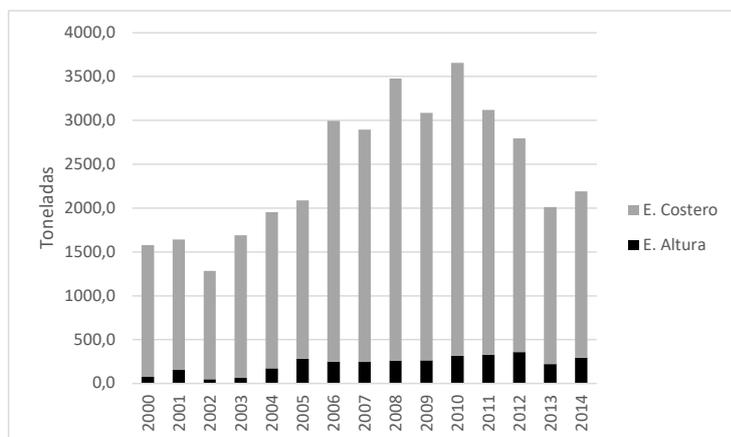


Figura 9. Evolución de los desembarques anuales de pez ángel (*S. guggenheim*) declarados por la flota argentina, provenientes de los rectángulos estadísticos incluidos en el Área del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo.

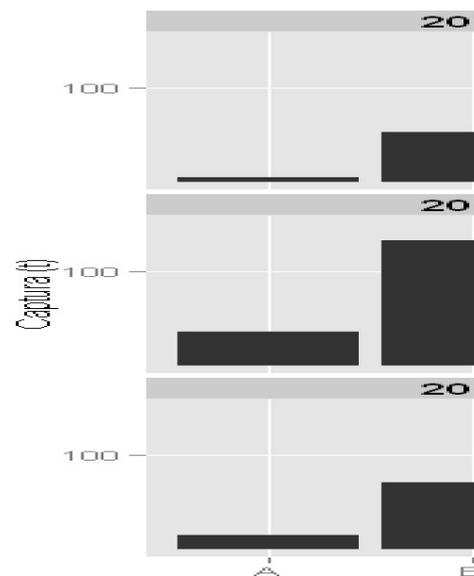


Figura 10. Capturas de *S. guggenheim* por la flota Uruguaya discriminada por Categoría. Periodo 2011-2016.

Con el fin de disponer de los índices de abundancia de pez ángel el GT realizó una recopilación de índices previamente estimados a partir de datos de la estadística pesquera y campañas de investigación realizadas en la región costera (profundidades menores a 50 m) del área del Tratado. Algunos de dichos índices se encuentran en distinto grado de desarrollo (Tabla 1).

Tabla 1. Índices y modelos aplicados a la evaluación de abundancia del pez ángel en el área del Tratado.

Modelos corridos		Modelo Schaefer	Modelo Schaefer
Ajuste		Máxima verosimilitud	Inferencia Bayesiana
PEZ ÁNGEL	Período eval.	1983-2016	1983-2016
	Índices	1-Flota argentina nominal ponderado con esfuerzo en horas (1992-2016) 2-Campaña estandarizado (1994-2013) 3-Flota argentina nominal ponderado con esfuerzo en horas (1992-2016), y campaña estandarizado (1994-2013) 4-Flota argentina nominal con esfuerzo en días (1992-2016) 5-Flota argentina nominal con esfuerzo en días (1992-2016), y campaña estandarizado (1994-2013)	1-Flota argentina nominal ponderado con esfuerzo en horas (1992-2016) 2-Flota argentina nominal con esfuerzo en días (1992-2016)
	B_{inicial}	B ₁₉₈₃ K	libre

Luego de valorar las distintas series de abundancia disponibles y de evaluar el comportamiento de los distintos modelos y ajustes el GT acordó utilizar, a fin de describir las variaciones en la biomasa poblacional de pez ángel, estimar las capturas biológicamente aceptables (CBA) para 2017 y realizar las proyecciones considerando distintos escenarios de explotación, el modelo logístico de biomasa excedente de Schaefer, ajustando sus parámetros por inferencia Bayesiana utilizando la serie de CPUE nominal en días, correspondiente a la flota argentina, para el período 2004-2016.

Estado del recurso

Modelo global

El modelo de Schaefer fue utilizado para determinar indicadores de productividad del stock: Rendimiento Máximo Sostenible RMS y la biomasa que lo mantiene B_{RMS} . Asimismo, se estimaron indicadores del estado presente del stock: la fracción de biomasa actual, B_{2017} en función de B_{RMS} y la fracción de la biomasa actual en función de la biomasa virgen. En su versión dinámica, el modelo se expresa de la siguiente manera:

$$B_{t+1} = \left[B_t + rB_t \left(1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t \right]$$

A los efectos de definir un modelo estadístico con los datos observados (captura y CPUE) se supuso que:

$$I_t = qB_t \exp(\varepsilon_t)$$

Donde ε_t es el error de observación y tiene distribución normal centrada con varianza σ y q es el coeficiente de capturabilidad.

Ajuste de los parámetros por inferencia Bayesiana

Los parámetros del modelo, su incertidumbre y los indicadores de desempeño de la estrategia de manejo se estimaron con métodos Bayesianos. Estos métodos permiten usar de una forma sencilla información previa sobre los parámetros para construir las distribuciones a posteriori de los mismos, actualizando la información a priori con la obtenida de los datos. En este marco estadístico, la probabilidad de la hipótesis dados los datos o distribución de probabilidad posterior $Pr\{H_i/data\}$ fue estimada con la siguiente ecuación (Hilborn y Mangel 1997):

$$Pr\{H_i/data\} = \frac{L\{data/H_i\}Prior\{H_i\}}{\sum_j L\{data/H_j\}Prior\{H_j\}}$$

Esta metodología incorpora incertidumbre al modelo determinista de Schaefer e incertidumbre sobre los índices de CPUE observados mediante variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas de forma multiplicativa que representan respectivamente el error del proceso y el error de observación. Se utiliza en este caso la reparametrización realizada por Meyer & Millar (1999) para realizar inferencia Bayesiana denominada *Modelo de Espacios de Estado*. Los espacios de estado se refieren a las observaciones de la serie de tiempo observada de CPUE_t "estados" y a la serie de tiempo no observada B_t . Estos estados se suponen que siguen un modelo de transición estocástica. Si se asume que la biomasa anual es un porcentaje de la capacidad de carga se puede plantear la siguiente reparametrización: $P_t = B_t/K$. el motivo de utilizar esta reparametrización es acelerar el muestreo de Gibbs. Por otra parte, se supone que la incertidumbre tiene una distribución Log-Normal con los parámetros que se detallan a continuación. Bajo estos supuestos el nuevo modelo se puede expresar de la siguiente forma:

$$\begin{cases} P_1 | \sigma^2 = \exp(u_1) \\ P_t | P_{t-1}, r, K, \sigma^2 = \left(P_{t-1} + r P_{t-1} (1 - P_{t-1}) - \frac{C_{t-1}}{K} \right) \exp(u_t) \\ CPUE_t | P_t, q, \tau^2 = (q K P_t) \exp(v_t) \end{cases}$$

donde u_t y v_t son variables aleatorias i.i.d. normales con media 0 y varianza σ^2 para u_t y varianza τ^2 para v_t para cada instante t . Por el teorema de Bayes tenemos que la distribución a posteriori de los parámetros se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{P(K, r, q, \tau^2, \sigma^2, P_1, \dots, P_N / CPUE_1, \dots, CPUE_N)}{P(K, r, q, \tau^2, \sigma^2, P_1, \dots, P_N) P(CPUE_1, \dots, CPUE_N / K, r, q, \tau^2, \sigma^2, P_1, \dots, P_N)} \propto$$

Se realizó el supuesto de que las distribuciones a priori de los parámetros r , K , σ^2 y τ^2 , son independientes a priori entonces dicha distribución conjunta de los parámetros es:

$$P(K, r, q, \tau^2, \sigma^2, P_1, \dots, P_N) = P(K)P(r)P(q)P(\tau^2)P(\sigma^2)P(P_1, \dots, P_N)$$

$$P(P_1, \dots, P_N) = P(P_1 / \sigma^2) \prod_{t=2}^{t=N} P(P_t / P_{t-1}, K, r, \sigma^2)$$

La verosimilitud de los datos queda en función del modelo definido anteriormente como se presenta a continuación:

$$P(CPUE_1, \dots, CPUE_N / K, r, q, \tau^2, \sigma^2, P_1, \dots, P_N) = \prod_{t=1}^{t=N} P(CPUE_t / q, \tau^2, P_t)$$

Remplazando en la fórmula de la distribución posterior finalmente se obtiene:

$$P(K, r, q, \tau^2, \sigma^2, P_1, \dots, P_N / CPUE_1, \dots, CPUE_N) \propto$$

$$P(K)P(r)P(q)P(\tau^2)P(\sigma^2)P(P_1 / \sigma^2) \prod_{t=2}^{t=N} P(P_t / P_{t-1}, K, r, \sigma^2) \prod_{t=1}^{t=N} P(CPUE_t / q, \tau^2, P_t)$$

Sobre la base de resultados obtenidos en evaluaciones anteriores se optó por ajustar el modelo con distribuciones a priori lognormal para r y K , no informativa para q e inversas gama para σ^2 y τ^2 .

Se estimó la distribución de probabilidad posterior de los siguientes parámetros: la capacidad de carga, la tasa intrínseca de crecimiento, el coeficiente de capturabilidad, sigma, tau y el error estándar de la valoración de la biomasa anual. Las distribuciones de probabilidad posterior de los parámetros fueron estimadas con simulaciones de las cadenas de Markov-Monte Carlo (MCMC). Se realizaron un total de 1.000.000 de simulaciones usando el software OpenBUGS con un "quemado" inicial de 100.000 vectores de parámetros.

Resultados

Los resultados de las simulaciones MCMC (Markov Chain Monte Carlo) mostraron un buen ajuste del modelo a los datos de CPUE (Fig. 11).

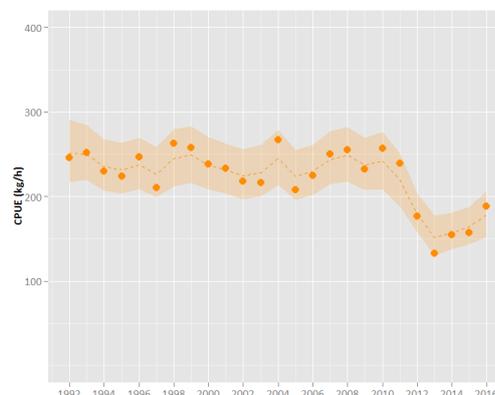


Figura 11. Ajuste del modelo de Schaefer por inferencia bayesiana a los datos de CPUE (1992-2016). Serie flota argentina.

En la Tabla 2 se presentan los estimados de los parámetros del modelo y los cálculos de los indicadores de productividad del recurso. En la Figura 12 se presenta la tendencia de la biomasa total estimada por el modelo y la tasa de explotación correspondiente. Se observó que entre 2013 y 2015 la biomasa total estimada estuvo por debajo del PRB (B_{RMS} 21.310 t) recuperándose a partir de dicho año.

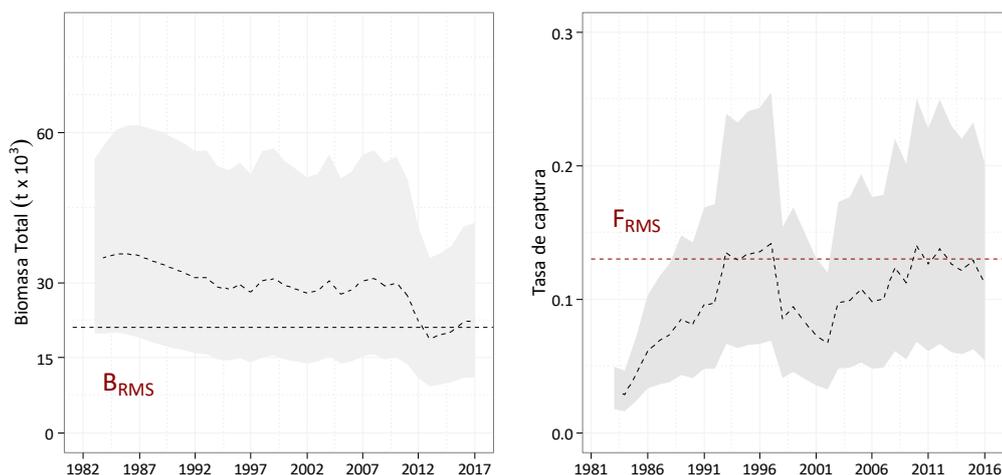


Figura 12. Ajuste del modelo de Schaefer por inferencia bayesiana a los datos de biomasa total de pez ángel (1983-2016). Serie flota argentina.

Tabla 2. Estimadores de los parámetros del modelo de Schaefer: K capacidad de carga, r tasa intrínseca de crecimiento; q coeficiente de capturabilidad, σ^2 : varianza del error del modelo, τ^2 : varianza de la CPUE, Parámetros de diagnóstico: Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), CR_{2017} : Captura de reemplazo, que permite que la biomasa de 2017 sea igual a la de 2016, biomasa correspondiente al RMS (B_{RMS}), B_{2017} , biomasa estimada a 2017, B_{2017}/B_{RMS} : proporción de la biomasa en 2017 respecto de la biomasa RMS, B_{2017}/K : proporción se la Biomasa actual en función de K , F_{RMS} tasa de explotación para el RMS.

	Media	Desvío	MC_error	Percentil 2.5	Mediana	Percentil 97.5
r	0,26	0,086	0,002	0,123	0,248	0,461
K	42.620	10.510	277,2	25.930	41.420	65.920
q	0,009	0,003	9,07E-05	0,004	0,008	0,016
σ^2	0,012	0,006	6,88E-05	0,004	0,011	0,028
τ^2	0,008	0,005	3,24E-05	0,002	0,007	0,021
RMS						
	2.643	729,6	19,23	1.516	2.537	4.333
CR_{2017}						
	2.485	591,3	13,91	1.439	2.445	3.773
B_{2016}						
	22.140	7.947	245,3	10.940	20.710	41.080
B_{2017}						
	22.440	8.151	252,9	11.010	20.990	41.840
B_{RMS}						
	21.310	5.256	138,6	12.970	20.710	32.960
B_{2017}/B_{RMS}						
	1,046	0,222	0,007	0,646	1,037	1,492
B_{2017}/K						
	0,523	0,111	0,003	0,323	0,518	0,745
F_{RMS}						
	0,130	0,043	0,001	0,062	0,124	0,230

A fin de visualizar la evolución de las biomásas y el estado actual de la población de pez ángel se utilizó diagramas de Kobe con los índices referenciales del RMS Biomasa total (B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca (F/F_{RMS}) estimados mediante el modelo global (Fig. 13).

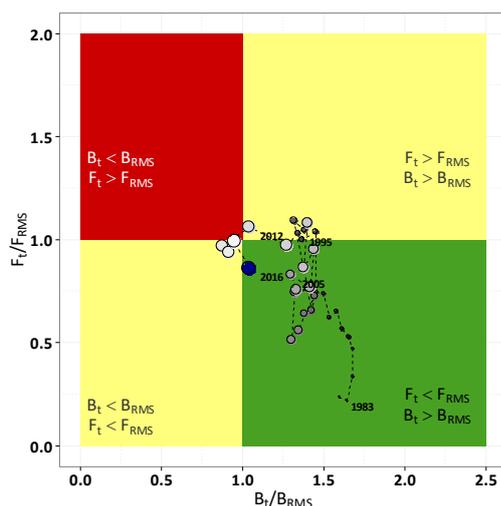


Figura 13. Estado actual de la población de pez ángel con relación a los PBR del RMS

Proyecciones de biomasa

A fin de realizar las proyecciones de la biomasa poblacional de pez ángel, se consideraron distintos escenarios de explotación constante correspondientes al mantenimiento de la captura de reemplazo (CR) y distintos incrementos y decrementos porcentuales de la misma, los que permitirían, de mantenerse constantes el resto de los supuestos inherentes a la evaluación, aumentar o disminuir la biomasa poblacional. A modo de referencia se indica, para cada caso el punto biológico de referencia estimado (B_{RMS}) (Fig. 14).

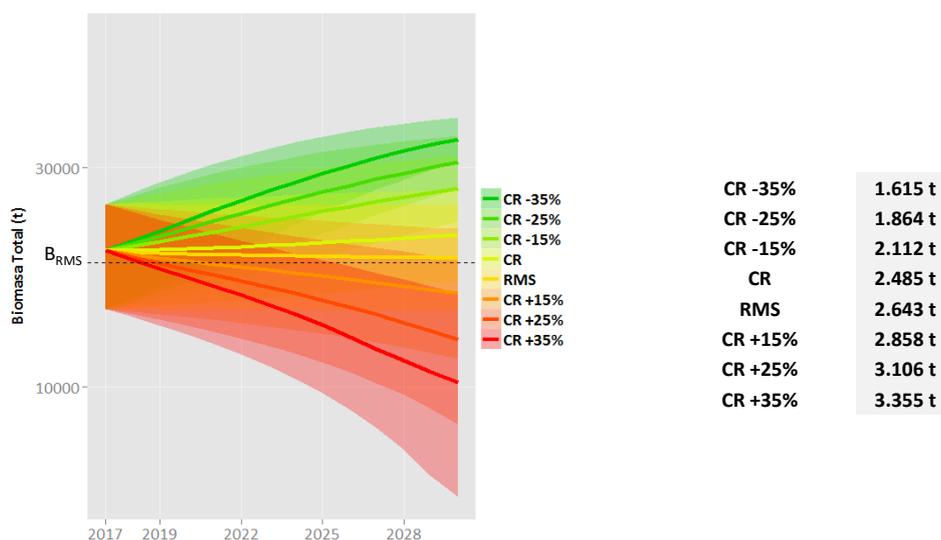


Figura 14. Proyecciones de la biomasa total de pez ángel, realizada a tasa de explotación constante correspondiente al valor de Captura de Reemplazo, RMS y distintos incrementos y decrementos de la misma.

Recomendaciones de manejo

A partir del trabajo conjunto desarrollado en las reuniones del corriente año el GT Condrictios acordó formular las siguientes recomendaciones de captura para pez ángel en el año 2017 en el área del Tratado.

Modelo Global*		
Índice	CR ₂₀₁₇	RMS
CPUE nominal t/días, flota argentina 1992-2016 -	2.485	2.643

RMS	2.643
CR ₂₀₁₇	2.485
B ₂₀₁₇	22.440
B _{RMS}	21.310
B ₂₀₁₇ /B _{RMS}	1,046
B ₂₀₁₇ /K	0,523
F _{RMS}	0,130

¿Qué nos dice el modelo aplicado sobre el estado del stock? Podrían establecerse para 2017, niveles de explotación correspondientes al RMS, del orden de las 2.650 t como captura total permisible. Los resultados indican que la biomasa poblacional actual se encuentra a niveles ligeramente superiores al correspondiente a la biomasa óptima.

CBA estimada para 2017: 2.650 t

* Modelo dinámico de Schaefer: Indicadores del estado actual del recurso: Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), CR₂₀₁₇: Captura de reemplazo, que permite que la biomasa de 2017 sea igual a la de 2016, biomasa correspondiente al RMS (B_{RMS}), B₂₀₁₇, biomasa estimada para 2017, B₂₀₁₇/B_{RMS}: proporción de la biomasa en 2017 respecto de la biomasa RMS, B₂₀₁₇/K: proporción de la biomasa actual en función de K, F_{RMS} tasa de explotación para el RMS.

Comercialización²

En Argentina, al pez ángel se lo comercializa fresco para consumo interno, pelado, sin cabeza y sin vísceras con el nombre de “pollo de mar”. Se lo procesa en forma de pencas, saladas y secas, tanto para el mercado interno como para la exportación. De los hígados se extrae aceite (Cousseau y Perrotta 2013).

En cuanto a volumen físico las exportaciones argentinas de pez ángel en el período 2013-2016 han promediado las 427 t manteniéndose estable con un máximo en 2014 de 532 t. La participación del pez ángel en el total de las exportaciones de productos pesqueros no superó el 0,15% en el periodo considerado (Fig. 15).

El precio promedio por tonelada de las exportaciones argentinas de pez ángel descendió levemente entre 2013 y 2016, alcanzando en esos años valores, expresados en dólares estadounidenses (USD) FOB, de 3.440 y 2.932, respectivamente. En 2013, las exportaciones de esta especie alcanzaron un valor de USD 1.527.000, equivalente a un 0,10 % del total exportado en concepto de productos pesqueros mientras que, en 2016, el valor de las exportaciones de pez ángel (USD 1.078.000) contribuyó en un 0,06% al total exportado.

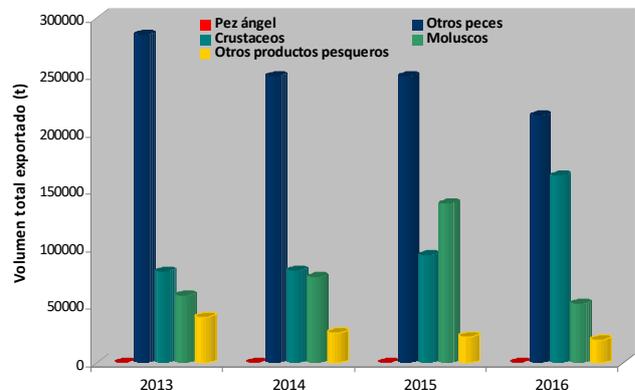


Figura 15. Contribución del pez ángel al volumen total (t) de productos pesqueros exportados por Argentina en el período 2013-2016.

El principal destino de las exportaciones argentinas de pez ángel en 2016 ha sido Brasil totalizando casi el 99% del total exportado. El pez ángel en *filetes congelados* fue el mayo producto exportado en un total de 370 t a un precio promedio de USD 2.839).

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- Acha, E.M., M. Orduna, K. Rodrigues, M.I. Militelli, M. Braverman. 2012. Caracterización de la zona de “El Rincón” (Provincia de Buenos Aires) como área de reproducción de peces costeros. Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero, 21: 31-43.
- Awruch C.A. 2000. Biología del tiburón ángel *Squatina guggenheim* Marini, 1936 (Elasmobranchii, Squatinidae) en el Golfo San Matías, Pcia. de Río Negro, Argentina. Trabajo de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 67 pp.
- Awruch C.A., F.A. Nostro, G.M. Somoza y E. Di Giácomo. 2008. Reproductive biology of the angular angel shark *Squatina guggenheim* (Elasmobranchii, Squatinidae) off Patagonia (Argentina, southwestern Atlantic). Cienc. Mar., 34 : 17-28.
- Carozza C.R., L. Navarro, A.J. Jaureguizar & M. Bertolotti. 2001. Asociación íctica costera bonaerense “variado costero” Informe I. Informe Técnico Interno INIDEP Nº 48, 28 p.

² La información para el desarrollo de este punto proviene de los informes anuales argentinos sobre comercialización de productos pesqueros elaborados por la Dirección de Economía Pesquera de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura [[Exportaciones e Importaciones pesqueras – Informes anuales](#)]. El volumen exportado por Argentina incluye no sólo las capturas correspondientes al área del Tratado, sino también aquéllas realizadas en las aguas propias adyacentes y pueden incorporar desembarques correspondientes a otras unidades de manejo, como por ejemplo el pez ángel capturado en El Rincón.

- Colonello J.H. 2005. Ecología reproductiva y hábitos alimentarios de *Squatina guggenheim* (Chondrichthyes: Squatinidae) en el Distrito Biogeográfico Bonaerense, entre 34 y 42 S. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, 183 pp.
- Colonello J.H., L.O. Lucifora y A.M. Massa. 2006. Reproduction of the angular angel shark (*Squatina guggenheim*): geographic differences, reproductive cycle and sexual dimorphism. ICES J.Mar.Sci., 64:131-140.
- Cousseau, M.B. 1986. Estudios biológicos sobre peces costeros con datos de dos campañas de investigación realizadas en 1981. VI. El gatuso (*Mustelus schmitti*). Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo 1: 60-65.
- Cousseau M.B. y D.E. Figueroa. 2001. Las especies del género *Squatina* en aguas de Argentina (Pisces: Elasmobranchii: squatinidae). Neotrópica 47: 85-86.
- Cousseau, M.B., R.G. Perrotta. 2013. Peces marinos de Argentina: biología, distribución, pesca. Mar del Plata, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero INIDEP. 193 pp.
- Díaz De Astarloa, J.M., A. Aubone y M.B. Cousseau. 1999. Asociaciones ícticas de la plataforma costera de Uruguay y norte de Argentina, y su relación con los parámetros ambientales. Physis 57: 29-45.
- Guerrero, R.A., E.M. Acha, M.B. Framiñan, C.A. Lasta. 1997. Physical oceanography of the Rio de la Plata estuary, Argentina. Continental Shelf Research, 17: 727-742.
- Negri, R.M., Molinari, G., Carignan, M., Ortega, L. Ruiz, G.M., Cozzolino, E., Cucchi-Colleoni, A.D., Lutz, V., Costagliola, M., García, A., Izzo, S., Jurquiza, V., Salomone, A., Odizzio, M., La Torre, S., Sanabria, M., Hozbor, M-V., Peressutti, S.R., Méndez, S., Silva, R., Martínez, A., Cepeda, G., Viñas, M.D., Diaz, M.V., Pájaro, M., Mattera B., Montoya, N., Berghoff, C., Leonarduzzi, E. 2016. Ambiente y Plancton en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya en un escenario de cambio climático (marzo, 2014). Frente Marítimo, 24: 251-316.
- Paesch, L. 1995. Análisis de la distribución espacio temporal y de la variación de la abundancia de los elasmobranchios en la Zona Común de Pesca Argentino Uruguaya. Tesis Licenciatura en Oceanografía Biológica, Facultad de Ciencias, Montevideo, 136 pp.
- Paesch, L. 2006. Estructura de la comunidad de elasmobranchios demersales en el Rio de la Plata y su frente marítimo. Tesis de Maestría-Biología, opción Ecología. Facultad de Ciencias, Montevideo. 138 pp.
- Piola, A.R., A.L. Rivas. 1997. Masas de agua en la plataforma continental. Pp. 119-132. In: Boschi, E. (Ed.). El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros. Antecedentes Históricos de las Exploraciones en el Mar y las Características Ambientales. Mar del Plata, Argentina, El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros. v.1.
- Piola, A.R., E.J.D. Campos, O.O. Möller, Jr. M.Charo, C. Martínez. 2000. Subtropical shelf off Eastern South America. J Geophys Res, 105:6565-6578.
- Sunyé P.S. y C.M. Vooren. 1997. On cloacal gestation in angel sharks from southern Brazil. Journal of Fish Biology 50: 86-94.
- Vögler R., A.C. Milessi y R.A. Quiñones. 2003. Trophic ecology of *Squatina guggenheim* on the continental shelf off Uruguay and northern Argentina. Journal of Fish Biology 62: 1254-1267.
- Vooren, C.M. 1997. Demersal elasmobranchs. Pp 141-146 In: Seeliger, U., C. Odebrecht & J.P. Castello (eds) Subtropical convergence environments: the coast and sea in the southwestern Atlantic.
- Vooren C.M. y K.G. da Silva. 1991. On the taxonomy of the angel sharks from southern Brazil, with the description of *Squatina occulta* sp. N. Revista Brasileira de Biología 51: 589-602.
- Wohler, O.C., P. Cedrola y M.B. Cousseau. 2011. Contribuciones sobre biología, pesca y comercialización de tiburones en Argentina. Aportes para la elaboración del Plan de Acción Nacional. Consejo Federal Pesquero, Buenos Aires. 224 pp.