

Evaluación del estado de salud de la población del gerret (*Spicara smaris*) en la pesquería artesanal de Ibiza (Islas Baleares, España)

Julio del 2019

Informe preparado por Miguel Gómez (2019). Environmental Defense Fund.
Report prepared by Miguel Gómez (2019). Environmental Defense Fund.

Colaboradores: Kendra Karr, Willow Battista
Contributors: Kendra Karr, Willow Battista

Todas las opiniones de este reporte y en los materiales asociados son de los autores y no necesariamente representan la de los colaboradores o sus organizaciones. Cualquier posible error es del autor. Este reporte y materiales asociados son recursos para la toma de decisiones. Ni EDF, y tampoco los autores, aceptan responsabilidad por los resultados en el uso de este reporte.

Any views expressed in this report and associated materials are those of the authors and do not necessarily represent those of the contributors or their organizations. Any errors are those of the authors. This report and any supporting materials are decision-support resources. Neither EDF, nor the authors, take responsibility for any outcomes that result from the use of this report.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	DATOS Y MÉTODOS.....	1
3.	ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LAS CAPTURAS.....	2
3.1	Análisis de captura por temporadas.....	3
3.2	Análisis de capturas por meses	3
3.3	Análisis de captura por sitios de pesca	4
3.4	Comparativo en la tendencia de captura entre pesca artesanal y de arrastre	5
4.	ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE TALLAS.....	6
4.1	Distribución de tallas por temporada.....	6
4.2	Distribución de tallas por temporada y sitios de pesca.....	7
4.3	Distribución de tallas por meses y sitios de pesca	9
4.4	Distribución de tallas en la pesca de arrastre.....	10
5.	MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE POBLACIONES BASADOS EN TALLAS	10
5.1	Análisis de evaluación por talla promedio (L_{BAR}).....	11
5.2	Relación potencial de desove (SPR).....	12
5.3	Método Froese o de indicadores de sostenibilidad	13
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	14
7.	REFERENCIAS.....	15

1. INTRODUCCIÓN

Este estudio ha sido elaborado a petición del *Grup d'Acció Local Pesquer de Formentera i Eivissa* y el *Departament de Pesca del Consell Insular d'Eivissa* con el fin de realizar una evaluación del estado de salud de la población del gerret (*Spicara smaris*) en Ibiza. El estudio se realiza a partir de la información pesquera recopilada durante 6 temporadas de pesca (2012/2013 -2017/2018).

La pesca artesanal del gerret se realiza con un arte de tiro tradicional denominado localmente como *gerretera* o *artet*. La temporada de pesca del gerret comienza a inicios del mes de noviembre y se extiende hasta final de abril. La flota pesquera la componen 5 embarcaciones distribuidas en los puertos de Ibiza, San Antonio y Santa Eulalia. La *gerretera* es un arte selectivo donde el esfuerzo se dirige de manera bastante exclusiva hacia el gerret, pero también se capturan de forma minoritaria otras especies secundarias, algunas de ellas también de interés comercial. La pesca se efectúa cerca de la orilla entre los 10 y los 30 metros de profundidad. Generalmente existe una preferencia por parte de los pescadores de calar el arte de pesca al alba en fondos arenosos porque los peces son de un mayor tamaño y se encuentran en una mayor concentración. La preferencia por fondos de arena también está condicionada porque el arte de pesca es muy frágil y por tanto muy vulnerable a zonas rocosas. Por este motivo, los pescadores tienen que tener mucha precaución con la conveniencia del sentido de las corrientes, si éstas son desfavorables, el arte se puede dirigir hacia las rocas, pudiéndose quedar enganchado fácilmente y romperse. Las corrientes desfavorables reducen considerablemente las oportunidades de pesca de los pescadores. Durante el día, el gerret tiende a desplazarse a fondo mixtos de arena con otros substratos. Por las características biológicas del gerret, su ámbito de distribución geográfica se ve condicionado por la temperatura del agua, por lo que la temporada de pesca con artes de tiro tradicional coincide con los meses de invierno, dado que el gerret se encuentra a una menor profundidad y cerca de la costa. Cuando sube la temperatura en los meses de verano, el gerret migra a aguas más profundas, encontrándose fuera del alcance de los pescadores artesanales. A causa de estas migraciones estacionales provocadas por condiciones ambientales, el gerret también se captura con pesca de arrastre en aguas más profundas, aunque no es un objetivo directo de esta pesquería.

En base a la información pesquera recopilada recientemente, y con la finalidad de estudiar el nivel de explotación de *Spicara smaris* en Ibiza, se han utilizado métodos de análisis de población para información limitada. En este estudio se examina la tendencia en las capturas del gerret, así como la tendencia en el índice de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para generar una aproximación de la abundancia de la población durante estas 6 temporadas. Además, se ha implementado un análisis de distribución de frecuencia a partir de un muestreo de tallas de individuos, y 3 métodos de análisis de evaluación de poblaciones basados en tallas para estimar el grado de explotación de la especie durante las 6 temporadas:

1. El método de evaluación de talla promedio (LBAR), el método de evaluación basado en tallas y en la relación potencial de desove (SPR), y el método Froese o de indicador de sostenibilidad. Además, se realiza un análisis comparativo de la tendencia de captura y de las tallas entre la pesca artesanal y la de arrastre.

2. DATOS Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado a partir del aporte de información por parte del Consell Insular de Eivissa y el GALP d'Eivissa i Formentera. Los datos pesqueros fueron recopilados durante 6 temporadas de pesca (2012/2013-2017/2018).

Los datos que se utilizan para generar el análisis de tendencia de captura y de índice de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), se obtienen a partir de los estadillos de captura aportados mediante un base de datos en Excel, tanto para las 5 embarcaciones artesanales como para las embarcaciones de arrastre operando en la isla. Una de las embarcaciones artesanales deja de operar en diciembre del 2017, por lo que a partir de ese momento la información de captura y esfuerzo contempla 4 embarcaciones. A efectos prácticos, se ha sustraído del análisis la temporada 2012-2013 debido a que no ofrecía una lectura completa de la temporada, ya que se inició el registro de información en febrero del 2013, con la temporada de pesca bastante avanzada. Para los análisis de distribución de frecuencia se utilizan datos de muestreo de tallas por temporadas, también suministrados en una base de datos en formato Excel. Para la implementación de métodos de evaluación de poblaciones basados en tallas para pesquerías con datos limitados (L_{bar} , SPR, Froese), se utilizan también los datos de muestreos de tallas para cada de las 5 temporadas analizadas (2013/2014-2017-2018). Además, para complementar la entrada de información necesaria en los métodos L_{BAR} , SPR y Froese, se utilizan los parámetros de historia de vida del gerret obtenidos a partir de un estudio reciente de otolitos realizado por el Departamento de pesca del Consell d'Eivissa, y valores generales de la especie obtenidos en fishebase.org. Para el análisis de distribución de tallas de la pesca industrial se utilizan datos de un muestreo de tallas realizado en los meses de junio a noviembre del 2017, y suministrados mediante una base de datos en Excel. Más detalle sobre datos y métodos se explican en cada uno de los análisis.

3. ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

El análisis de la tendencia en la captura y de la tendencia en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de una temporada a otra pueden usarse como indicadores directos del rendimiento de la pesquería. Por ejemplo, en casos donde a lo largo de los años una captura empieza alto, se reduce y se estabiliza puede indicar que las capturas son sostenibles. Si la tendencia marca un declive continuado, entonces esta tendencia podría indicar que la población se encuentra sobreexplotada, posiblemente debido a un esfuerzo excesivo. Los análisis de tendencia de captura parten de la base de que la información de capturas y esfuerzo es confiable.

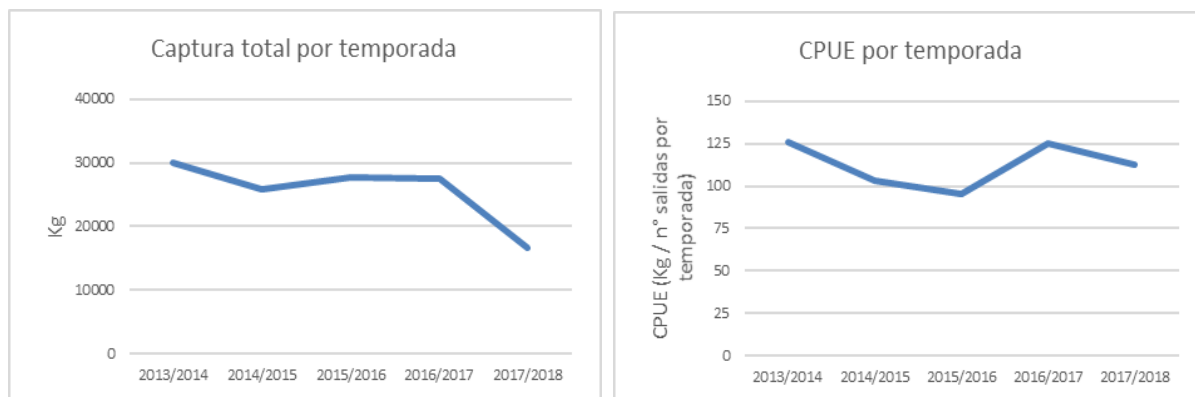
Para el análisis se utilizan los datos de capturas por temporada desde 2013-2014 hasta 2017-2018. La información se suministra en formato Excel a partir de las descargas diarias de las embarcaciones y de los sitios de pesca. Además, se muestra si la embarcación salió de puerto y pescó, o no pescó por condiciones desfavorables debido a las corrientes. Esto es importante para el cálculo CPUE, ya que se considera que el esfuerzo ejercido por la pesquería sea efectivo, es decir que haya salido de puerto, con independencia de si produjo actividad pesquera o no. Se incluyen los días que no se pesca para incorporar componente más social en la gestión y tan solo el biológico. El CPUE viene dado por el total de kilogramos capturados por el número de salidas de puerto en un tiempo (t) determinado. Para efectos de este análisis el CPUE será estimado por temporada y por meses.

La ecuación para el cálculo de captura por unidad de esfuerzo viene dada por:

$$CPUE_{efectiva,t} = \frac{Total\ S.\ smaris\ (Kg)}{n^{\circ}\ salidas_t}$$

3.1 Análisis de captura por temporadas

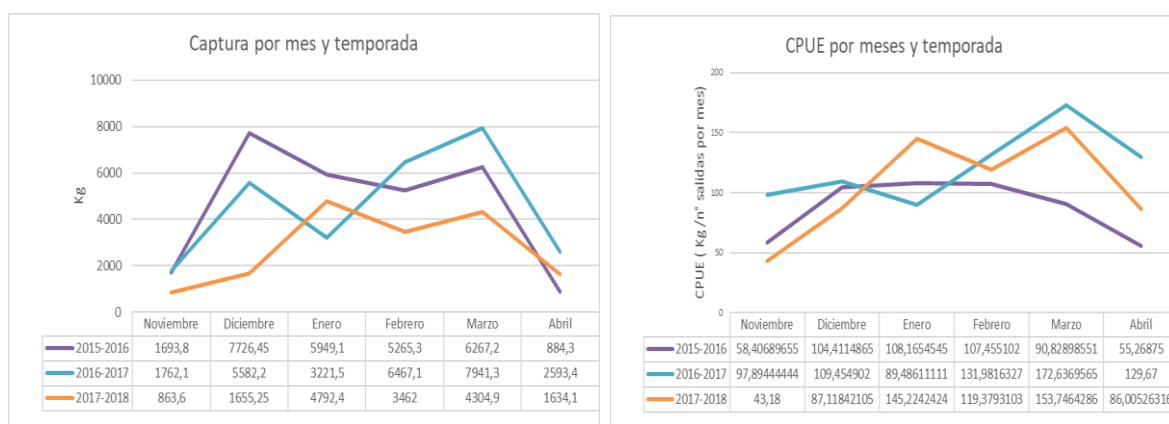
En primer lugar, se realiza un análisis de la captura total por temporada (CPUE_Efectiva.xls/CPUE_Efectiva_Total). El Plan de gestión de artes de tiro en las Islas Baleares establece una cuota anual de captura (TAC) de 30.000Kg.



Como se observa se ha producido un descenso en la captura total por temporada, incluso capturándose la mitad del TAC durante la temporada 2017-2018. Al parecer este descenso en la captura no viene provocado por una sobreexplotación de la población, sino que posiblemente se deriva por la falta de mercado hacia el gerret durante los últimos dos años. Además, la embarcación Joven Antonio deja de estar operativa a inicios de la temporada 2017-2018, por lo que el descenso de las capturas se puede ver agudizado posiblemente por esta reducción significativa del esfuerzo. Esto se puede constatar a partir del análisis CPUE para las mismas temporadas. A pesar de este descenso en las capturas, el CPUE se ha mantenido en los mismos niveles que temporadas anteriores. Inclusive para las temporadas 2016-2017 y 2017-2018, los índices CPUE son de los más altos de las 5 temporadas. La tendencia en la captura y el CPUE por temporada, sugiere que la población ha mantenido en niveles sostenibles de explotación durante estas 5 temporadas de pesca.

3.2 Análisis de capturas por meses

Se realiza un análisis de las capturas de gerret por meses para cada una de las temporadas, así como para el CPUE (CPUE_Efectiva.xls/CPUE_Efectiva_Total). A pesar de que el análisis se ha realizado para las 5 temporadas, a efectos de facilitar la visualización, en los gráficos se muestran las temporadas 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018.



El análisis de tendencias de captura por meses indica que se ejerce un primer pico de capturas a inicio de temporada, entre diciembre y enero, seguido de un descenso en febrero y un segundo pico de capturas en marzo, coincidiendo con una mayor demanda por la feria del gerret en este mes. Durante las últimas dos temporadas, a medida que aumenta la captura hasta el mes de marzo, el CPUE también ha ido en aumento siendo especialmente alto en el mes de marzo, lo que representa un indicio de buena salud de la población. En el año 2015-2016, el CPUE fue en descenso a partir de febrero, lo que representa uno de los años más bajos en abundancia del gerret, aunque sus capturas totales casi alcanzan el TAC de 30.000Kg. El CPUE para la misma temporada es también el más bajo como se refleja en el gráfico de CPUE por temporadas mostrado anteriormente.

Los volúmenes de captura el mes de abril son normalmente bajos debido a que la temporada está llegando a su fin y se realiza un menor esfuerzo y el gerret se encuentra en una menor concentración en zonas costeras.

También se ha realizado un análisis de captura por embarcaciones y por puertos. Ver los resultados del análisis en (CPUE_Efectiva.xls/CPUE_Efectiva_Puerto). Este análisis indica también que las capturas totales y los índices de captura por unidad de esfuerzo son proporcionales en la mayoría de las embarcaciones. Cuando las capturas aumentan también lo hacen los CPUE. En algunos casos excepcionales como la embarcación Mureneta en la temporada más reciente 2017-2018, realizó unas capturas de gerret bastante altas en el mes de marzo, pero su CPUE es relativamente bajo en relación a otros meses. Es importante recordar que este CPUE puntual puede estar condicionado por el factor de que se contabiliza esfuerzo cuando las embarcaciones salen de puerto y no realmente cuando pescan por lo que este CPUE se puede ver subestimado por las dificultades de ejercer la pesca debido a condiciones ambientales.

3.3 Análisis de captura por sitios de pesca

Es importante destacar que, en este análisis de capturas por sitios de pesca, y con el fin facilitar el cálculo del esfuerzo por día a partir de la base de datos de capturas diarias (la misma o más de una embarcación puede pescar en el mismo sitio cada día), la unidad de esfuerzo se ha modificado para contabilizar los días que las embarcaciones ejercen la pesca pesca (“días de pesca”) y no únicamente cuando las embarcaciones salen de puerto cuando se sale de puerto (“salidas”). Ver análisis en (CPUE_captura.xls/CPUE_Sitios). Esta medida de esfuerzo nos ofrece también la posibilidad de visibilizar la tendencia de captura desde un punto de vista más biológico de la especie

La ecuación para el cálculo de captura por unidad de esfuerzo viene dada por:

$$CPUE_{captura_t} = \frac{Total\ S.\ smaris\ (Kg)}{días\ de\ pesca_t}$$

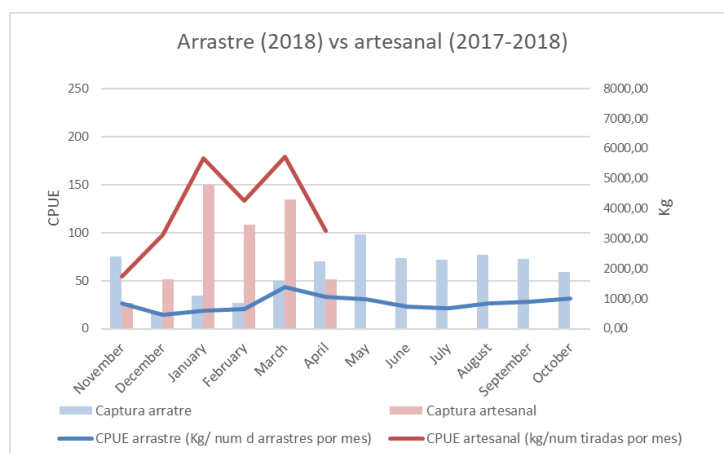
En el análisis se han incluido los sitios donde se realiza un mayor esfuerzo pesquero. Las embarcaciones tienen cierta fidelidad a los sitios de pesca dependiendo de su puerto base, por lo que el análisis de capturas por sitios y mes se muestra distribuido de la siguiente manera. Para las embarcaciones de Ibiza se ha incorporado Sa Caleta, Cala Jondal, Espardell y el Malvins, estos dos últimos se han unificado a efectos prácticos del análisis por estar muy cerca el uno de otro y se utilizan indistintamente. Para Santa Eulalia se ha incorporado La Chapa, Cala Llonga y Tagomago, y por último para San Antonio se ha incluido Cala Tarida. El

análisis por sitios muestra las capturas por temporada en cada uno de los sitios. Además, muestra la evolución de las capturas en todos los sitios de pesca por meses para cada una de las temporadas. A efectos de simplificar el tamaño de este reporte, los gráficos del análisis por sitios no se han incluido, pero se pueden consultar en (CPUE_captura.xls/CPUE_Sitios).

Del análisis de captura por sitios de pesca se desprende que las capturas están distribuidas de una manera bastante heterogénea de una temporada a otra sin seguir un patrón habitual por sitios de pesca. Esto puede ser debido de nuevo a las condiciones cambiantes de las corrientes, lo que condiciona el lugar de pesca en cada momento de la temporada, pero en general de nuevo se puede observar un incremento de capturas a inicios de temporada y otro en marzo, independientemente del sitio de pesca. Lo que sí se puede apreciar es que, dentro de la misma temporada, cuando la captura aumenta en unos sitios de pesca, en otros disminuye. De nuevo, esto puede ser debido a las condiciones cambiantes de las corrientes, pero este hecho también puede ser consecuencia de que las embarcaciones se mueven de sitio cuando observan que las capturas están disminuyendo. Este fenómeno plantea la posibilidad de que la propia pesquera opta por un sistema rotativo (consciente o no) para no sobreexplotar el recurso en sus propios caladeros. Cabe destacar que las embarcaciones de Santa Eulalia concentran la gran parte de su esfuerzo en La Chapa y Tagomago, dos sitios caracterizados por ser fondos mixtos. Como veremos más adelante, los fondos mixtos tienden a concentrar un mayor número de individuos de menor tamaño o inmaduros, lo que puede ser contraproducente a nivel productivo, ya que es a final de temporada, justo antes de la época reproductiva de la especie.

3.4 Comparativo en la tendencia de captura entre pesca artesanal y de arrastre

La pesca de arrastre, a pesar de no dirigir su esfuerzo al gerret, es una especie acompañante de la pesquería. Información recopilada sobre captura y esfuerzo para las temporadas desde 2012-2013 hasta el 2017-2018 nos permite realizar un análisis de tendencia de capturas y compararla con la tendencia de capturas de la pesca artesanal con artes de tiro (CPUE_Artet+arrastre.xls/CPUE). A efectos de simplificación de este reporte, solo se muestra para la temporada 2017-2018 porque la tendencia para la pesca de arrastre es similar para todas las temporadas.



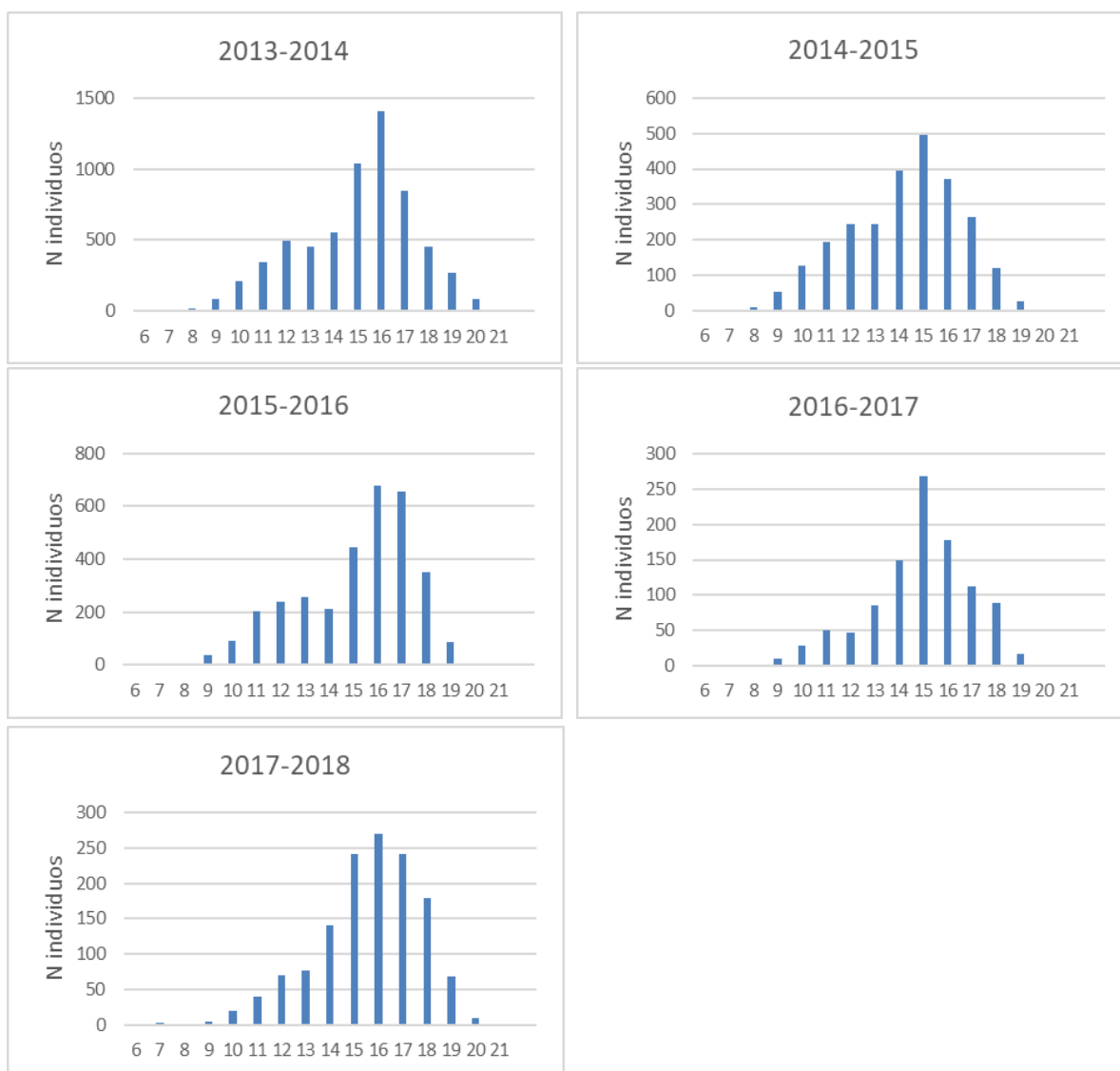
Del análisis comparativo entre la pesca de arrastre se puede observar que cuando el gerret se encuentra cerca de la costa en invierno y es capturado por los pescadores artesanales, las capturas de gerret en la pesca de arrastre disminuyen. Por otra parte, aunque el CPUE para la

pesca de arrastre tiene pequeñas oscilaciones a lo largo de todo el año, esta se mantiene bastante estable, viéndose también un descenso en los meses de invierno. De la comparativa en el total de las capturas podemos observar que las capturas totales al año por parte de la pesca de arrastre se encuentran muy equiparadas a las capturas por la flota artesanal en tan solo 6 meses de temporada.

4. ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE TALLAS

4.1 Distribución de tallas por temporada

En primer lugar, se ha realizado una distribución de frecuencia de tallas para cada una de las temporadas analizadas (2013/2014-2017/2018), con el fin de observar posibles variaciones en las estructuras de tallas de los individuos capturados de la población (medidas_gerret.xls/Gerret_Talla_Temporada). Las series de datos se han agrupado en rangos de frecuencias de 1cm (6-21cm).

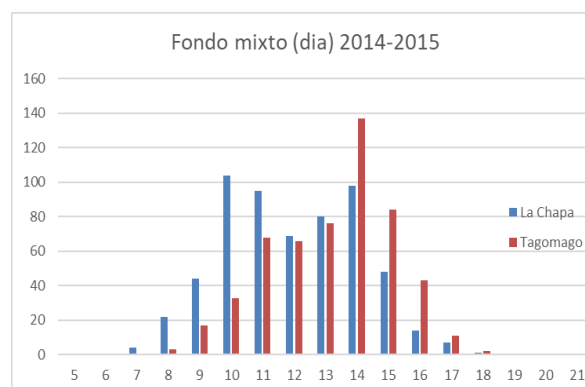
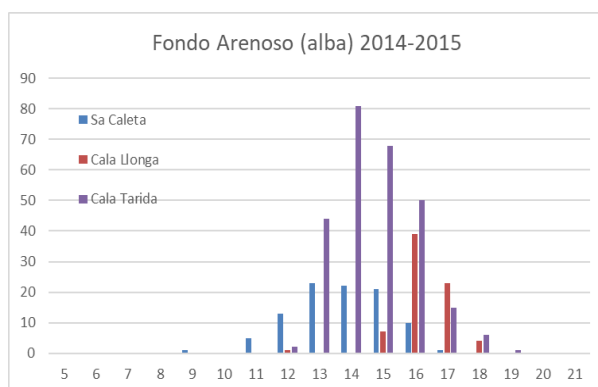
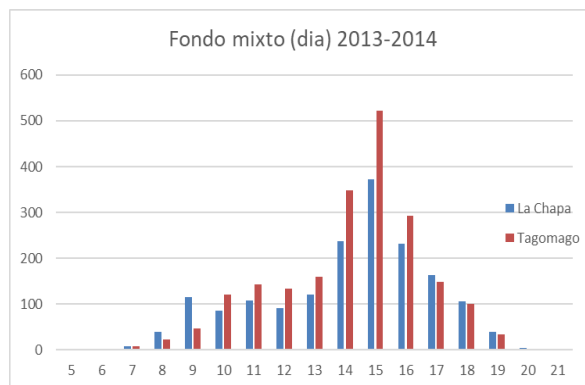
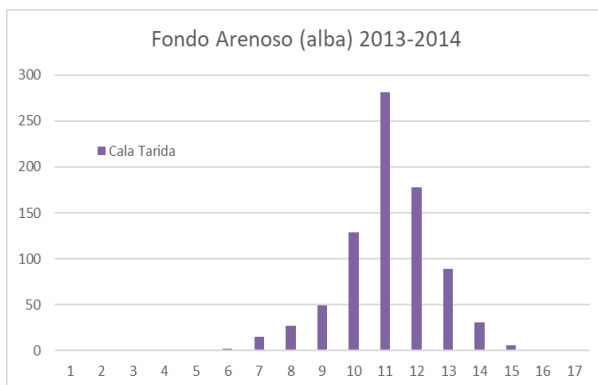


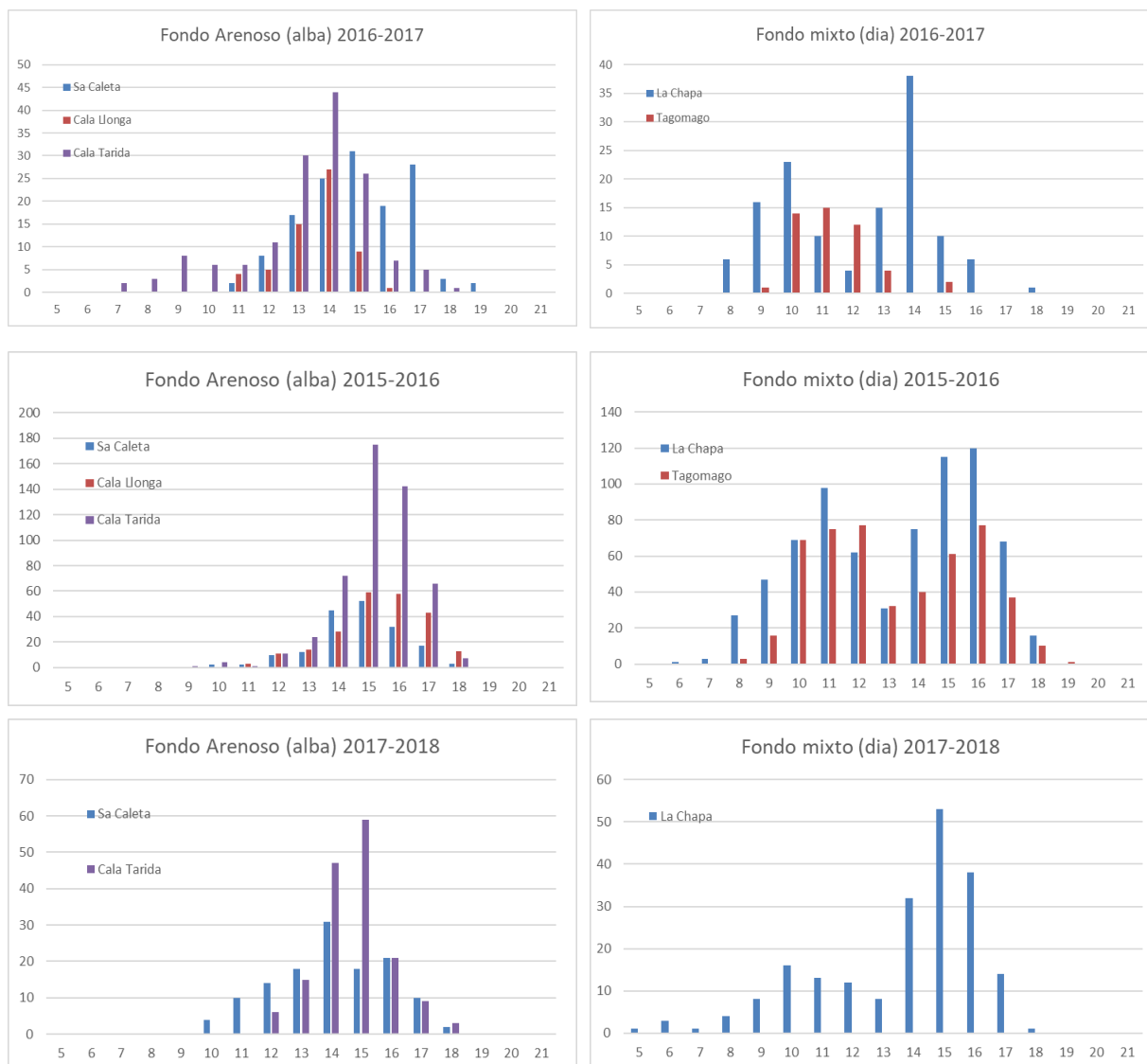
En general, el análisis refleja una distribución bimodal para todas las temporadas, generándose una frecuencia máxima para tallas de entre 14 y 15 centímetros. Esta información indica que un alto porcentaje de los individuos capturados por la pesquería son

maduros, siendo éstas hembras de mayor tamaño, justo y durante su cambio de sexo a machos, que se da aproximadamente entre los 15 y los 16 centímetros. Además, se observa otro claro pico de individuos capturados en torno a los 11 centímetros. Esto indica a pesquería está capturando un cierto porcentaje de individuos inmaduros o justo por debajo de adquirir la madurez sexual a hembras en torno a los 10-11cm, según observa en el muestreo de sexos. Aunque bien es cierto que se capturaron individuos inmaduros durante las 5 temporadas de pesca analizadas, también se observa una tendencia a la baja en la captura de inmaduros en temporadas recientes. Esto puede deberse a un descenso del esfuerzo pesca motivado por la falta de mercado, siendo las capturas más eficientes y selectivas hacia la captura de individuos de un mayor tamaño.

4.2 Distribución de tallas por temporada y sitios de pesca

A su vez se ha analizado la distribución de tallas por sitios de pesca con el fin de observar variabilidad en las tallas de los individuos capturados para cada una de las temporadas y según los fondos utilizados (medidas_gerret.xls/Arenoso-mixto). Así como en el análisis de tendencias de capturas y de capturas por unidad de esfuerzo, tan solo se realiza una evaluación para los sitios de pesca en el que se ejerce un mayor esfuerzo pesquero. La pesca al alba se realiza en fondos arenosos y durante el día en los fondos mixtos. Para el análisis se han diferenciado los histogramas para los sitios de pesca arenosos de Sa Caleta, Cala Llonga, Cala Jondal y Cala Tarida, y para fondos mixtos se han incluido Tagomago y La Chapa. Si no realizaron muestreos de tallas en algunos de los sitios de pesca en alguna de las temporadas, entonces esos sitios no se reflejan en los histogramas.





Al realizar el análisis de distribución de frecuencias de tallas por temporada y por sitios de pesca, resulta interesante observar que los sitios arenosos presentan una distribución sesgada hacia la izquierda con una moda o de frecuencia máxima para las tallas de individuos en torno a los 14-15 centímetros. Este hecho indica que el gran porcentaje de individuos en los fondos arenosos capturados son maduros y de mayor tamaño. Tan sólo en Cala Tarida se presenta una distribución bimodal para las temporadas 2015/2016 y 2016/2017. A diferencia, los fondos mixtos presentan una distribución bimodal para todas las temporadas. Por tanto, en fondos mixtos el número de individuos de menor tamaño aumenta, inclusive observándose la captura de que un gran número de individuos inmaduros en Tagomago y La Chapa durante las temporadas 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017. Es importante destacar que se observa un aumento en el tamaño de individuos en la temporada 2017/2018 en La Chapa, siendo esta de fondo mixto. Es posible que esto sea consecuencia de un menor esfuerzo pesquero en este sitio de pesca debido a la salida de la pesquería la embarcación Joven Antonio que realizaba su actividad pesquera de una manera habitual en este sitio. El aumento del número de individuos inmaduros o hembras de menor tamaño en fondos mixtos, verifica la prevalencia de los pescadores a efectuar los esfuerzos de pesca al alba y en fondos arenosos donde el gerret se encuentra en un mayor número y también que también

son de un tamaño que en fondos mixtos. A efectos de gestión, el hecho de que los pescadores dirijan sus esfuerzos al alba, a priori repercute en una gestión pesquera más sostenible, ya que la gran proporción de individuos capturados son maduros y de un mayor lo que favorece las capacidades reproductivas de la población. Por lo que siempre que sea posible, y cuando las condiciones ambientales lo permitan, se ejerza el esfuerzo pesquero al alba en fondos arenosos.

4.3 Distribución de tallas por meses y sitios de pesca

Con el fin de analizar las variaciones de tallas en los sitios de pesca a medida que avanza la temporada, se ha procedido a realizar un análisis de distribución de frecuencia de tallas por meses en los sitios de pesca donde se ejerce un mayor esfuerzo pesquero. Para este análisis se han sumado por meses los individuos con un mismo rango de talla en todas las temporadas (medidas_gerret.xls/medidas_gerret_sitio_mes).



El análisis por sitios de pesca y por meses reitera que, de manera predominante, los fondos arenosos sustentan capturas de individuos de un mayor tamaño para todos los meses del año, especialmente en Cala Llonga y Cala Tarida. En el caso de Sa Caleta y Cala Jondal, a pesar de

ser fondos arenosos, las tallas muestran una distribución bimodal con un aumento de individuos más pequeños durante febrero Sa Caleta y diciembre en Cala Jondal. De nuevo, este análisis nos muestra un aumento de individuos más pequeños para los fondos mixtos de La Chapa y Tagomago. En este sentido es importante resaltar que esta reducción en el tamaño de los individuos se ve acentuado en los meses finales de la temporada, capturando un mayor número de hembras justo antes del inicio del periodo reproductivo que se produce en mayo y abril. A efectos de gestión, resultaría importante realizar un monitoreo cercano a final de la temporada en fondos mixtos ya que un posible aumento del esfuerzo pesquero en Tagomago y La Chapa durante esta época del año puede representar una mayor captura de hembras, lo que supone una mayor vulnerabilidad a la sobreexplotación de la especie al perder capacidad reproductiva.

4.4 Distribución de tallas en la pesca de arrastre

Con el fin de representar el impacto de la pesca de arrastre en la pesca del gerret, se analizan las tallas de los individuos capturados por esta pesquería (medidas_arrastre.xls/Análisis_Frecuencias). El análisis de distribución de tallas se acota al periodo de muestreo realizado durante los meses de junio a noviembre del 2017.



El análisis de frecuencia de rango de tallas en la pesca de arrastre refleja que la totalidad de los individuos capturados por esta pesquería son adultos con una distribución de tallas sesgada a la izquierda y con un pico máximo de captura de individuos de 15 centímetros. Si bien es cierto la pesca de arrastre no considera el gerret como objetivo principal de sus capturas, e inclusive la flota pesquera se encuentra a unos niveles mínimos, un posible aumento del esfuerzo pueda llevar a un volumen de capturas más elevado, lo que generaría un mayor impacto en la población del gerret de Ibiza. Además, hay que tener en consideración que, a efectos del cambio climático, las capturas de gerret por parte de la pesca de arrastre podrían aumentar por cambios de comportamiento del gerret, al buscar éste aguas más frías en zonas más profundas durante todo el año.

5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE POBLACIONES BASADOS EN TALLAS

Los métodos tradicionales de evaluación de poblaciones o “stocks” requieren extensas series de datos de las pesquerías. No obstante, en la actualidad se utilizan múltiples métodos de evaluación de poblaciones con una información disponible más limitada y que sirven para estimar el grado de explotación de la población. Estos métodos resultan de mucha utilidad

para generar límites de captura u otros métodos de control en torno a indicadores de referencia, como por ejemplo la mortalidad por pesca. Por tanto, los datos existentes y disponibles marcarán los métodos de evaluación de poblaciones que se utilicen. Estos métodos de evaluación de información limitada son relativamente simples, pero requieren un gran cuidado en la interpretación debido al alto grado de supuestos que se requieren para su aplicación. Por este motivo se recomienda el uso de múltiples metodologías para poder contrastar sus resultados e incrementar el grado de fiabilidad.

En el caso de la pesquería del gerret se han obtenido datos a partir de muestreo del tamaño de una proporción de los individuos capturados por la pesquería durante 6 temporadas de pesca distintas, por lo que se utilizarán métodos de evaluación de poblaciones basados en tallas. Prácticas sostenibles generalmente requieren que los pescadores capturen una proporción reducida de individuos juveniles, así la mayor parte pueden alcanzar la madurez y reproducirse al menos una vez, lo que reduce el riesgo de sobrexplotación de la población. Por tanto, un muestreo de tallas de individuos capturados durante una temporada de pesca puede usarse para calcular indicadores de sostenibilidad de la pesquería. En el caso del gerret se utilizan 3 métodos de evaluación de poblaciones distintos:

1. Evaluación de talla promedio (L_BAR)
2. Relación potencial de desove (SPR)
3. Froese o de indicadores de sostenibilidad

5.1 Análisis de evaluación por talla promedio (L_BAR)

Para el análisis por talla promedio (LBAR) se utiliza el muestreo de tallas de individuos para determinar la tasa de mortalidad por pesca (Ault et al. 2005, Gedamke y Honeig, 2005).

Como parámetros de entrada, se utiliza la talla máxima estimada de la población (L_{inf}), junto a parámetro de crecimiento Von Bertalanffy (K) y la Mortalidad natural (M). Además, el método utiliza la distribución de frecuencias de tallas para calcular la talla mínima de los individuos en que la probabilidad de captura (selectividad) de esos mismos individuos por el arte de pesca es máxima (L_c), la cual es la talla con una mayor frecuencia de captura (la moda), y finalmente la talla promedio de toda la muestra de tallas (L_{bar}).

A partir de los parámetros de entrada LBAR calcula la mortalidad total (Z), y de éste se obtiene la mortalidad por pesca (F):

$$Z = k(L_{inf} - L_{BAR}) / (L_{BAR} - L_c); \quad F = Z - M$$

Asumiendo que la mortalidad por pesca a un máximo rendimiento sostenible $F_{msy} = M$, se establece como regla general que el punto de referencia es $F/M = 1$. Por tanto, cuando $F/M \leq 1$ es indicador de buen estado de salud de la población y cuando $F/M > 1$ sugiere que la población está sujeta a cierta sobreexplotación y se recomienda establecer o modificar las reglas de control de captura para reducir la presión pesquera, y en la medida de lo posible reducir la distancia hacia el punto de referencia de $F/M = 1$.

LBAR está sujeto a importantes supuestos: K , M , y reclutamiento son constantes, así como la población se encuentra en equilibrio.

Datos:

LBAR (Length_Based_Models_Parametros_Ibiza.xls/Lbar_MeanLenght) se ha realizado a partir del muestreo de tallas de individuos capturados para cada una de las temporadas

(2013/2014-2017/2018). Estudios de otolitos determinan gran variedad de K entre individuos inmaduros y maduros. En el estudio se utiliza el valor calculado para la población adulta de $K = 0.252/\text{año}$ y $L_{inf} = 22.1\text{cm}$ (la talla mayor observada en los muestreos es 21.1cm), ya que LBAR estima la mortalidad en base a individuos con talla igual o superior a L_c (estimado en 14 o 15cm para todas las temporadas), los cuales supuestamente se encuentran en estado de madurez.

Resultados:

En la siguiente tabla se muestran los resultados de L_c , L_{bar} , F y F/M para las temporadas de pesca desde 2013/2013 hasta 2017/2018.

Temporada	L_c	L_{bar}	F	F/M
2013/2014	15	15.95	0.74	0.85
2014/2015	14	15.06	0.79	0.91
2015/2016	15	15.91	0.82	0.95
2016/2017	14	15.11	0.70	0.81
2017/2018	15	16.09	0.50	0.58

LBAR estima que la relación F/M para todas las temporadas resulta por debajo de 1 ($F=M$) por lo que el análisis determina que la población no estaría sujeta a una presión pesquera excesiva y por tanto se encuentra dentro de unos índices de productividad sostenibles. Inclusive, durante la temporada más reciente (2017-2018), la mortalidad por pesca ha sido reducida considerablemente con respecto a temporadas anteriores. Por tanto, LBAR refleja que las medidas de gestión planteadas por medio del plan de gestión de artes de tiro para Baleares están siendo exitosas por lo que no resulta preocupante la necesidad de proceder a su modificación. No obstante, se recomienda seguir con el muestreo de tallas por temporadas para realizar seguidamente LBAR y poder dar continuidad a la estimación de la mortalidad por pesca, y poder seguir utilizándose como indicador de rendimiento de la pesquería.

5.2 Relación potencial de desove (SPR)

La relación potencial de desove o SPR (Spawning Potential Ratio por sus siglas en inglés) utiliza parámetros de historia de vida y un estimado de la mortalidad por pesca para calcular la relación potencial de desove. SPR parte de la base de que un número suficiente de peces debe sobrevivir hasta determinada edad para que permita un potencial de desove suficiente para asegurar la sostenibilidad de la población. SPR estima la producción actual de huevos en relación a la máxima producción teórica de huevos sin explotación pesquera. La producción de huevos de una población sin explotación se calcula a partir de la mortalidad por pesca (M) y parámetros de crecimiento Von Bertalanffy, talla de primera madurez y la relación talla-peso de la especie. La producción de huevos de la especie sujeta a un régimen de explotación se calcula con los mismos parámetros anteriores, pero además se utiliza la talla más capturada por la pesquería (L_c). Para más información sobre la metodología, se muestran las funciones utilizadas el modelo (Length_Based_Models_Parametros_Ibiza.xls/SPR_YPR 17-18). En nuestro caso calculamos SPR para toda la población adulta, pero puede ser también calculado solo para la población de hembras adultas.

Se puede considerar que la población se encuentra en buen estado de explotación cuando SPR se encuentra en un 0.3-0.4 (30-40%).

SPR está sujeto a importantes supuestos: K , M , y el reclutamiento son constantes, así como la población se encuentra en equilibrio.

Datos:

SPR se estima a partir de los datos de muestreos de talla para la última temporada 2017-2018 y la mortalidad de pesca calculada por LBAR para la misma temporada ($F=0.58$). Como en LBAR se utiliza la mortalidad natural ($M=0.87$), la talla máxima ($L_{inf}=22.1$), la tasa de crecimiento Von Bertalanffy ($K=0.252/\text{año}$) para edad adulta, y la talla teórica a edad 0 ($t_0=-1.89$) calculada a partir del estudio de otolitos. Además, se introducen los parámetros para el cálculo de peso a partir de la talla ($W_a=0.00197$, $W_b=2.695$) estimados para la costa este de España (1995), procedentes de fishebase.org. W_a y W_b nos convierten datos en tallas en biomasa, ya que en teoría los peces de mayor tamaño son más fecundos, por lo que en este modelo asumimos que la fecundidad es proporcional al peso. En nuestro caso al no disponer de datos de fecundidad de la especie utilizamos los mismos valores de W_a y W_b ($f_a=0.00197$, $f_b=2.695$) dada la relación proporcional peso y fecundidad. En el modelo también se introducen una aproximación de las tallas al 50 y 95% de madurez ($L_{95\%}=10\text{cm}$ y $L_{95\%}=11\text{cm}$) y de selectividad al 50 y 95% ($S_{50\%}=13\text{cm}$ y $S_{95\%}=15\text{cm}$).

Resultados:

En el análisis de SPR para la temporada 2017-2018 se estima que el potencial de desove de la población del gerret se encuentra en 0.75 (75%) cuando la mortalidad por pesca es de 0.58, por lo que es claramente superior al 0.3-0.4. En este caso se puede justificar que el número de individuos inmaduros que permanecieron en el agua durante la temporada permite una reproducción suficiente de la población para mantener su sostenibilidad bajo la actual presión pesquera ejercida sobre la población del gerret en Ibiza. De nuevo, todo indica que las medidas regulatorias están siendo efectivas al mantenerse una captura baja de individuos inmaduro: Al igual que LBAR, se recomienda que se siga usando SPR como indicador de rendimiento de la pesquería del gerret para próximas temporadas.

5.3 Método Froese o de indicadores de sostenibilidad

Por último, se realiza el análisis Froese (Froese_Sustainability Indicators_Gerret_Ibiza.xls), que proporciona tres indicadores de sostenibilidad basados en la distribución de tallas de los individuos capturados y la talla máxima de captura (L_{inf}). Froese estima el porcentaje de individuos maduros capturados, el porcentaje de los individuos capturados que se encuentran en un rango de talla óptima de captura, y el porcentaje de los individuos capturados con una capacidad reproductiva máxima o “*mega-spawners*”.

El objetivo de estos indicadores de sostenibilidad de Froese es tener el 100% de individuos adultos, el 100% de individuos dentro del rango óptimo de captura ($L_{opt} \pm 10\%$), y el 0% de “*mega-Spawner*”.

Datos:

El método Froese utiliza la distribución de frecuencia de tallas, la talla de primera madurez ($L_m=10\text{cm}$), la tasa de crecimiento de la especie en su etapa adulta ($K=0.252$), la mortalidad por pesca ($M=0.87$), la talla teórica a edad 0 ($t_0=-1.89$) y los parámetros para el cálculo de peso a partir de la talla ($W_a=0.00197$, $W_b=2.695$).

Froese está sujeto a importantes supuestos:

K , M y el reclutamiento son constantes, así como la población se encuentra en equilibrio.

Resultados:

A partir de ecuaciones empíricas (Froese, 2004), el método nos calcula la talla óptima de captura a partir de los parámetros de mortalidad y crecimiento, que generalmente es mayor que la talla de primera madurez. En nuestro caso se estima una talla óptima de captura de 11cm, ligeramente superior al aproximado de 10cm de la talla de primera madurez. Froese también nos calcula la talla mínima para individuos con gran capacidad reproductiva (“mega-spawners”) en 12.1cm. Tanto L_{opt} y por consecuencia L_{mega} pueden estar subestimadas debido a que Froese asume una tasa de crecimiento (K) constante. En el caso del gerret la K para individuos inmaduros es bastante más elevada, por lo que L_{opt} sería potencialmente más elevada. Por tanto, los indicadores de sostenibilidad L_{opt} y L_{mega} no se ajustarían satisfactoriamente a la realidad de la pesquería del gerret. En el caso del gerret, dado que el indicador de sostenibilidad del % de individuos adultos es muy elevado acercándose a 100%, este indicador nos sugiere que la pesca del gerret es sostenible.

El método Froese nos calcula los siguientes indicadores de sostenibilidad para cada una de las temporadas:

Temporada	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
% Maduros	81.6	75.4	82.4	86.9	89.8
% Entre $\pm 10\%$ de la talla óptima	20.6	26.8	21.5	17.6	13,5
% Mega-Spawners	74.4	65.8	74.5	78.6	84.3

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Existe cierta proporcionalidad en la tendencia de las capturas y la tendencia CPUE, las cuales además se han mantenido estables a lo largo de las últimas temporadas. Además, un ligero aumento de las capturas y del CPUE a final de temporada indica que la población del gerret se encuentra en buen estado de salud. Del análisis de tendencia de capturas por puerto, se observa que las embarcaciones tienen fidelidad a ciertos sitios de pesca, que son donde realizan el mayor esfuerzo. Por esto, se recomienda mantener la cooperación entre embarcaciones para implementar mecanismos de rotación del esfuerzo entre los sitios de pesca con el fin de no sobreexplotar los mismos.

El estudio comparativo entre la tendencia en las capturas entre la pesca artesanal y la pesca de arrastre muestran que esta última tiene un volumen de captura proporcional e incluso mayor en las últimas temporadas. No obstante, la gran parte de los individuos capturados por la pesca de arrastre son adultos y machos por lo que gran porcentaje de los individuos capturados se encuentran en la fase final de su vida, lo que no supondría un serio problema en la capacidad reproductiva de la especie. A pesar de ello, se recomienda un monitoreo constante de las capturas de arrastre con el fin de verificar que no se capturan individuos de tamaños más pequeños, especialmente con el efecto que pueda causar en cambio climático y un posible cambio en la temperatura del agua que haga migrar en una mayor cantidad y con más frecuencia a individuos más pequeños de la población, especialmente juveniles y hembras en plena capacidad reproductiva.

De la distribución de tallas y del método Froese, se estima que el gran porcentaje de individuos capturados son adultos (80-90%). Este es un indicador importante de la sostenibilidad del recurso. No obstante, se recomienda realizar el calado al alba y en fondos arenosos siempre que sea posible, porque los individuos capturados son de un mayor tamaño que los capturados en fondos mixtos. Esto resultaría especialmente importante a final de

temporada, justo antes del inicio de la fase reproductora de la especie en los meses de mayo y junio.

Los métodos de evaluación de poblaciones por tallas L_{BAR} , SPR y Froese nos indican que la especie no está sujeta a un nivel de explotación que comprometa la sostenibilidad del recurso. La mortalidad por pesca ha sido la adecuada en la gran mayoría de las temporadas, incluso se ha reducido en las dos últimas temporadas, motivada posiblemente por una reducción de la demanda en el mercado. A su vez, SPR nos muestra que la mortalidad por pesca tampoco compromete la capacidad reproductiva de la especie ya que una cantidad suficientes de individuos de la población permanecen en el agua a final de temporada para asegurar la sostenibilidad de la población.

Se recomienda seguir realizando un monitoreo de las capturas y del esfuerzo, así como el muestreo de tallas de los individuos para seguir utilizando las de tendencia de la captura, mortalidad por pesca y de relación potencial reproductiva de la especie como indicadores de rendimiento de la pesquería del gerret en las próximas temporadas. En base a los resultados obtenidos en la evaluación de estos indicadores de rendimiento, se sugiere realizar una gestión adaptativa por medio de los lineamientos marcados por el Plan de gestión de artes de tiro.

7. REFERENCIAS

Ault, J, S Smith, and J Bohnsack. "Evaluation of Average Length as an Estimator of Exploitation Status for the Florida Coral-Reef Fish Community." *ICES Journal of Marine Science* 62, no. 3 (May 2005): 417–23. doi:10.1016/j.icesjms.2004.12.001.

Froese, R. (2004). "Kept it simple: three indicators to deal with overfishing". *Fish and Fisheries* 5, no. 2 (March 2004): 86-91. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2004.00144.x>

Gedamke, Todd, and John M. Hoenig. "Estimating Mortality from Mean Length Data in Nonequilibrium Situations, with Application to the Assessment of Goosefish." *Transactions of the American Fisheries Society* 135, no. 2 (March 2006): 476–87. doi:10.1577/T05-153.1.