

**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**GRADO EN CIENCIAS DEL MAR**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**CURSO ACADÉMICO 2015-2016**

TÍTULO:

**BIOLOGÍA DE *Macrourus berglax* EN AGUAS DE TERRANOVA**

AUTORA:

**Francisca Romero Peral**

## RESUMEN

El gran banco de Terranova, situado en la plataforma continental canadiense es uno de los caladeros más tradicionales y más importantes del mundo, originado como consecuencia de una convergencia de la corriente fría de Groenlandia y una rama de la Corriente del Golfo. El área que comprende este banco, fuera de la Zona Económica Exclusiva canadiense, está gestionada por NAFO en las Divisiones 3LNO de este organismo.

La pesquería más famosa de Terranova fue la del bacalao, que se extendió durante casi cinco siglos hasta el colapso de este recurso a primeros de los años noventa. Como ha ocurrido en otros caladeros, la sobreexplotación de especies clave resultó en cambios en la composición específica de la comunidad demersal y al desarrollo de nuevas pesquerías, dirigidas por ejemplo al fletán negro y granaderos en aguas profundas, y a la raya en aguas someras.

El Granadero de roca (*Macrourus berglax*, Lacépède, 1802) es un macrúrido de aguas profundas presente a ambos lados del Atlántico Norte. El granadero de roca se captura accidentalmente en la pesquería de fletán negro, aunque las cifras históricas de captura no son precisas porque en años pasados se registró como granadero (*Coryphaenoides rupestris*) (Murua *et al.*, 2005). En cualquier caso, la captura de granadero de roca llegó a alcanzar las 9000 t en el año 2000 en toda el área de regulación de la NAFO. Puesto que se trata de una especie longeva y de lento crecimiento, es necesario recoger información fiable para su monitorización.

Este estudio analizo las tendencias de biomasa, talla y peso medio de *M.berglax* en el área de estudio de la campaña española en 3NO, en relación con la temperatura media del fondo y la presión pesquera durante el periodo 1997-2014.

Los resultados obtenidos muestran que tanto la biomasa como la abundancia de *M.berglax* aumentan progresivamente desde 1997 hasta 2004 y a partir del 2005 disminuyen con oscilaciones. Además existe una gran variabilidad anual en la longitud pre-anal, con una media entre 12-17 cm, aunque el rango de tallas fue menor en los cuatro primeros años. A partir del 2002 aparecen más juveniles y además en todo el periodo estudiado las hembras son más abundantes que los machos. Las tasas de crecimiento por sexo son muy parecidas aunque las hembras alcanzan tallas muy superiores a las de los machos y además el peso medio anual de machos y hembras también es muy similar pero el de las hembras es superior.

Además los cambios observados en la biomasa, abundancia y peso medio no son explicados por cambios en la temperatura y por la presión pesquera.

**PALABRAS CLAVE:** *Macrourus berglax*; Terranova, biomasa; abundancia; crecimiento.

## **ABSTRACT**

The Grand Bank of Newfoundland, located on the Canadian continental shelf is one of the most traditional and most important fishing grounds in the world. The Grand Bank is situated on the very large and shallow plateau off Eastern Canada, and its productivity arises from the convergence of the Labrador Current flowing southwards and carrying cold water of low salinity and the Gulf Stream, which flows northwards and carries warm and saline water. The area comprising this Bank, outside the Canadian EEZ, is managed by NAFO divisions 3LNO of this organism.

The roughhead grenadier (*Macrourus berglax*, Lacepede, 1802) is deep-sea Macrourid species present on both sides of the North Atlantic. There is no regulated fishery but it is caught as bycatch in the Greenland halibut fishery, and historical catch data are not entirely accurate because it has sometimes been misidentified as *Coryphaenoides rupestris* (Murua *et al.*, 2005). Registered catches peaked in 2000 at nearly 9000 t, thus reliable information is needed to monitor this species.

This study analyzed trends in biomass, size and average weight of *M.berglax* in the study area of the Spanish 3NO demersal survey, in relation to the average temperature of the background and the fishing pressure during the period 1997-2014

The results obtained show that both the biomass and abundance of *M.berglax* increase progressively from 1997 to 2004 and from 2005 onwards they decrease with oscillations. There is a great variability of annual mean size with an average pre-anal fin length between 12-17 cm, although the range of sizes was lower in the first four years. From 2002 the length distribution shows a larger percentage of smaller fish and during the whole period females are more abundant than males. The rates of growth by sex are very similar although females reach sizes far higher than the males and also the annual mean weight of males and females is also very similar, but females is higher.

Also observed changes in biomass, abundance, and Middleweight are not explained by changes in temperature and the fishing pressure.

**KEY WORDS:** *Macrourux berglax*; Newfoundland, biomass; abundance; growth.

## ÍNDICE:

<b>1. Introducción</b> -----	5
<b>2. Material y métodos</b> -----	7
2.1 Área de estudio y diseño de la campaña-----	7
o Datos de captura-----	8
o Datos hidrográficos -----	8
2.2 Análisis de los datos -----	9
Estimación de biomasa -----	10
Estimación de abundancia -----	11
Distribución de tallas-----	13
Estimación peso medio -----	14
Estimación temperatura media del fondo -----	14
<b>3. Resultados</b> -----	15
3.1 Biomasa -----	15
3.2 Abundancia-----	16
3.3 Tallas -----	17
3.4 Talla-peso -----	19
3.5 Peso medio anual -----	21
3.6 Regresiones-----	22
<b>4. Discusión</b> -----	25
<b>5. Conclusión</b> -----	26
<b>6. Conclusion</b> -----	26
<b>7. Agradecimientos</b> -----	27
<b>8. Referencias</b> -----	27
<b>9. Anexos</b> -----	29

## **1. Introducción**

La pesca es una actividad muy antigua que ha sufrido cambios muy drásticos en su efectividad en un periodo de tiempo muy breve, provocando un rápido agotamiento de pesquerías anteriormente productivas. De ahí la necesidad de conocer la estructura poblacional de especies explotadas para una adecuada gestión de los recursos (Guerra y Sánchez, 1998).

Tras la II Guerra Mundial, los avances tecnológicos supusieron una diversificación y expansión de la actividad pesquera sin precedentes, ya que permitían pescar en zonas previamente inaccesibles debido a la falta de medios. A causa de la sobreexplotación, las flotas tuvieron que buscar y desarrollar pesquerías alternativas en aguas más profundas. En Terranova, el desarrollo de las pesquerías demersales supuso la explotación de otras especies distintas al bacalao, como la platija y limanda en aguas someras y el fletán negro en aguas profundas.

La pesca en aguas profundas supone un grave problema ya que afecta a especies vulnerables con ciclos biológicos lentos y tasas de productividad bajas. Esto es debido a que son especies longevas, de crecimiento lento, maduración a edad avanzada, tasa de mortalidad natural baja, reclutamiento potencial y desove intermitentes, y dinámica poblacional lenta. Hay muchas lagunas en el conocimiento de la biología de estas especies, que además están en muchos casos asociadas a montes submarinos y son por tanto muy sensibles a rápidas extinciones locales ante altas tasas de explotación. En estos casos la recuperación requiere un largo tiempo y en cualquier caso no es segura. (FAO, 2008).

El Gran Banco de Terranova, que también ha sufrido esta situación de sobreexplotación, es uno de los caladeros más tradicionales y más importantes del mundo. Lo conforman una serie de mesetas que son parte de la plataforma continental canadiense oriental, una de las más extensas del planeta. La mayor parte de esta plataforma tiene una profundidad que oscila entre los 50 y 200 m (con una extensión de 50-150 km de ancho), pero fuera del cantil continental se alcanzan rápidamente profundidades de 3000 m (Rose, 2007). Este caladero ha sido extremadamente productivo, debido a su extensión y condiciones hidrográficas. En el Gran Banco convergen la Corriente de Labrador (corriente oceánica fría profunda del océano Atlántico la cual fluye por el sur del océano Ártico a lo largo de la costa de Labrador y pasa alrededor de Terranova) y una rama de la Corriente del Golfo (corriente oceánica cálida superficial que procede del golfo de México y se dirige al Atlántico Norte). Esta

confluencia de corrientes da lugar a un área de upwelling que supone un aumento de los nutrientes y por tanto un aumento de la producción (Templeman, 2010).

La mayor parte del Gran Banco se encuentra dentro de la Zona Económica Exclusiva (en adelante ZEE) canadiense, pero la región conocida como “Cola” o “Nariz” del Banco está en aguas internacionales, gestionada por NEAFC (North East Atlantic Fisheries Commission), que a su vez recibe asesoramiento científico respecto al estado de los recursos y el ecosistema del Atlántico Noroeste de NAFO (North Atlantic Fisheries Organization).

La pesquería más icónica del Gran Banco ha sido la del bacalao, en la que ingleses, franceses, españoles y portugueses han participado durante casi cinco siglos, hasta su colapso en 1992. Entre las especies de reciente explotación en el Gran Banco a pesar de lo poco que sabemos de ellos se encuentran los granaderos.

El granadero de roca (*Macrourus berglax*, Lacépède, 1802) se encuentra principalmente en la plataforma y en el talud continental, predominantemente a profundidades de 400 a 1200 m (Snelgrove y Haedrich, 1985; de Cardenas *et al.*, 1996), aunque se han registrado individuos en profundidades de hasta 2700 m (Wheeler, 1969). Prefiere temperaturas en el rango 1° a 4°C, aunque se han registrado capturas a temperaturas de fondo por debajo de 0° C (Cohen *et al.*, 1990). Su alimentación principal se basa en anfípodos, poliquetos y crustáceos sobrenadantes aunque también incorporan en su dieta organismos como bivalvos, equinodermos, isópodos (en particular ofiuroideos) y ctenóforos (Cohen *et al.*, 1990).

Los granaderos han sufrido cierta presión pesquera en décadas recientes en la zona de regulación de la NAFO y por tanto se necesita una información fiable para su monitorización, ya que su pesca no está regulada y se considera captura accidental en la pesca de fletán negro (Murua *et al.*, 2005).

La campaña española de prospección de demersales denominada “3LNO GROUND FISH SURVEY” complementa las campañas llevadas a cabo por Canadá en su ZEE con el fin de recopilar datos para la evaluación de los recursos marinos en la división 3LNO del área de regulación de la NAFO. Estas campañas ponen especial énfasis en las especies objetivo (bacalao, camarón, fletán negro, gallinetas, granadero de roca, limanda amarilla, mendo, raya y tiburón negro) recogiendo los datos necesarios para poder estimar su abundancia, biomasa y estructura demográfica, y también relativos a ciertos parámetros hidrográficos, en especial salinidad y temperatura.

Este estudio investiga las tendencias de biomasa, abundancia, talla y peso medio de *Macrourus berglax*, que es el granadero dominante en el área de estudio de la campaña española en 3NO, en relación con la temperatura media del fondo y con la presión pesquera. Al contrario que en el caso de otras especies objetivo, no hay mucha literatura publicada sobre esta especie, y mucho menos basada en una serie temporal tan larga como la empleada en este trabajo, que abarca el periodo 1997-2014.

## 2. Material y Métodos

### 2.1 Área de estudio y diseño de la campaña

Los datos empleados en este estudio han sido facilitados por el Instituto Español de Oceanografía (IEO), en concreto por el Programa de Pesquerías Lejanas (CO Vigo), que

es responsable de la campaña de prospección de demersales denominada "3LNO GROUND FISH SURVEY"

Los datos abarcan un periodo de 20 años (1995 -2014). El área de estudio es la llamada Área de Regulación de NAFO (North Atlantic Fisheries Organization) 3NO, que es la región que queda fuera de la ZEE canadiense

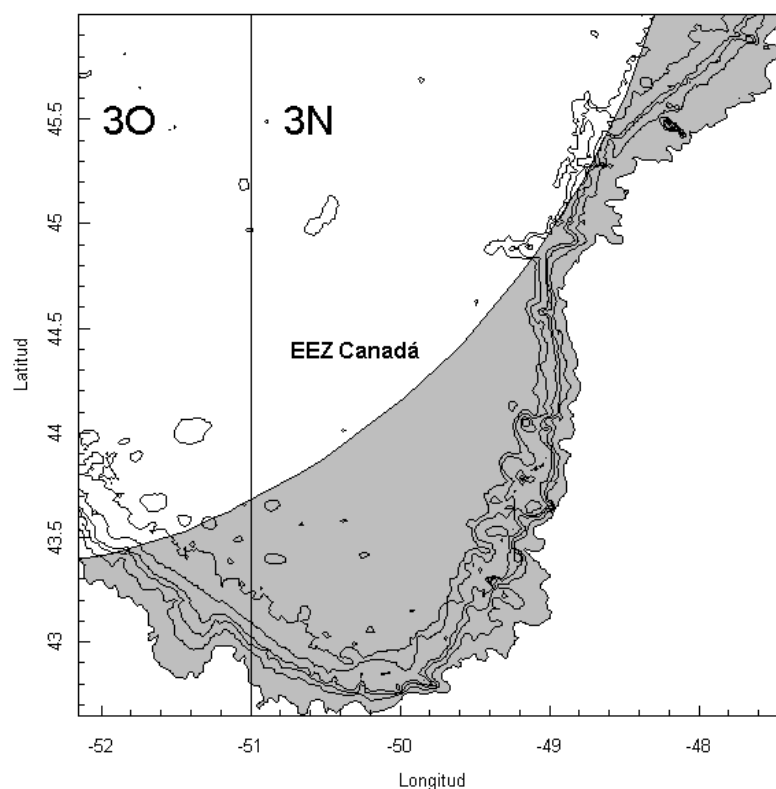


Figura 1: Área de prospección (sombreada en gris) de la campaña Platuxa, delimitada por la EEZ canadiense y la isobata de 1500 m. Se muestran además las isobatas de 100,200,500,700 y 1000 m.

correspondiente a las divisiones del mismo nombre (Figura 1). Esta campaña se diseñó teniendo en mente la que ya existía en aguas canadienses, descrita en detalle en Doubleday (1981).

La zona de estudio se estratificó en base a la hidrografía y la distribución de las principales especies comerciales (Doubleday, 1981). El área prospectada por España incluye 41 estratos, divididos a su vez en rectángulos que incluyen diez celdas de igual



superficie. Esto significa que el número de rectángulos y celdas incluidos en cada estrato varía según su superficie.

El tipo de muestreo es aleatorio estratificado y consta de 122 pescas diurnas estandarizadas, con 30 minutos de arrastre efectivo y un rango de profundidad de 40 - 1500 m. Las pescas se distribuyen aleatoriamente dentro de cada estrato, aunque no pueden coincidir dentro del mismo rectángulo. El número de pescas por estrato varía entre dos y veinte, en función del área del estrato. Durante los primeros 7 años la campaña se realizó a bordo del arrastrero comercial Playa de Menduiña y con un aparejo tipo “Pedreira” cuya apertura horizontal media se ha estimado en 19.2 metros para este estudio (A. Rodriguez, com. Pers.). Desde 2001 la campaña se lleva a cabo a bordo del B.O. Vizconde de Eza y con el mismo aparejo que usan los canadienses, un “Campelen 1800”, con 20 metros de apertura horizontal de media y una luz de malla mucho mejor, 40 mm en el copo (A. Rodriguez, com. Pers., Walsh and McCallum, 1997). El empleo de la misma metodología de muestreo y aparejo que los canadienses facilita la comparación y análisis conjunto de resultados, pero en 2001 fue necesario realizar la campaña a bordo de ambos barcos con el fin de comparar la capturabilidad entre ambos barcos y aparejos y calibrar los datos recogidos durante los primeros años a bordo del Playa de Menduiña.

- Datos de captura

La captura de cada lance se separa por especies y para la mayoría de ellas se registran tallas y peso por lance. Las especies objetivo (platija, bacalao, fletán negro, limanda amarilla, gallineta granadero berglax, tiburón negro, raya radiata y mendo) se muestrean de forma más exhaustiva, y además de las tallas se registran sexo, estado de madurez sexual y peso vivo. De bacalao, fletán y platija americana se recogen además gónadas y otolitos. Cada dos años se realiza también un muestreo de estómagos para analizar sus contenidos.

- Datos hidrográficos

En las celdas en que se efectúan los lances se registran temperatura, profundidad, salinidad, fluorescencia y densidad con una batisonda (CTD) SBE25.

## 2.2 Análisis de datos

Para nuestro estudio se ha seleccionado el *Macrourus berglax*. Aunque la campaña se inició en 1995, la escasez de datos de *M. Berglax* en los dos primeros años hizo aconsejable limitar el estudio al periodo 1997-2014. Los datos utilizados de *M. berglax* son: peso vivo individual por lance, talla, sexo y abundancia. De los perfiles hidrográficos se han seleccionado salinidad y temperatura porque pueden presentar una variabilidad anual importante debido a la confluencia de las corrientes de Labrador y el Golfo (Figura 2 y 3). El análisis de los datos se ha realizado íntegramente con el programa estadístico R (R Core Team, 2015).

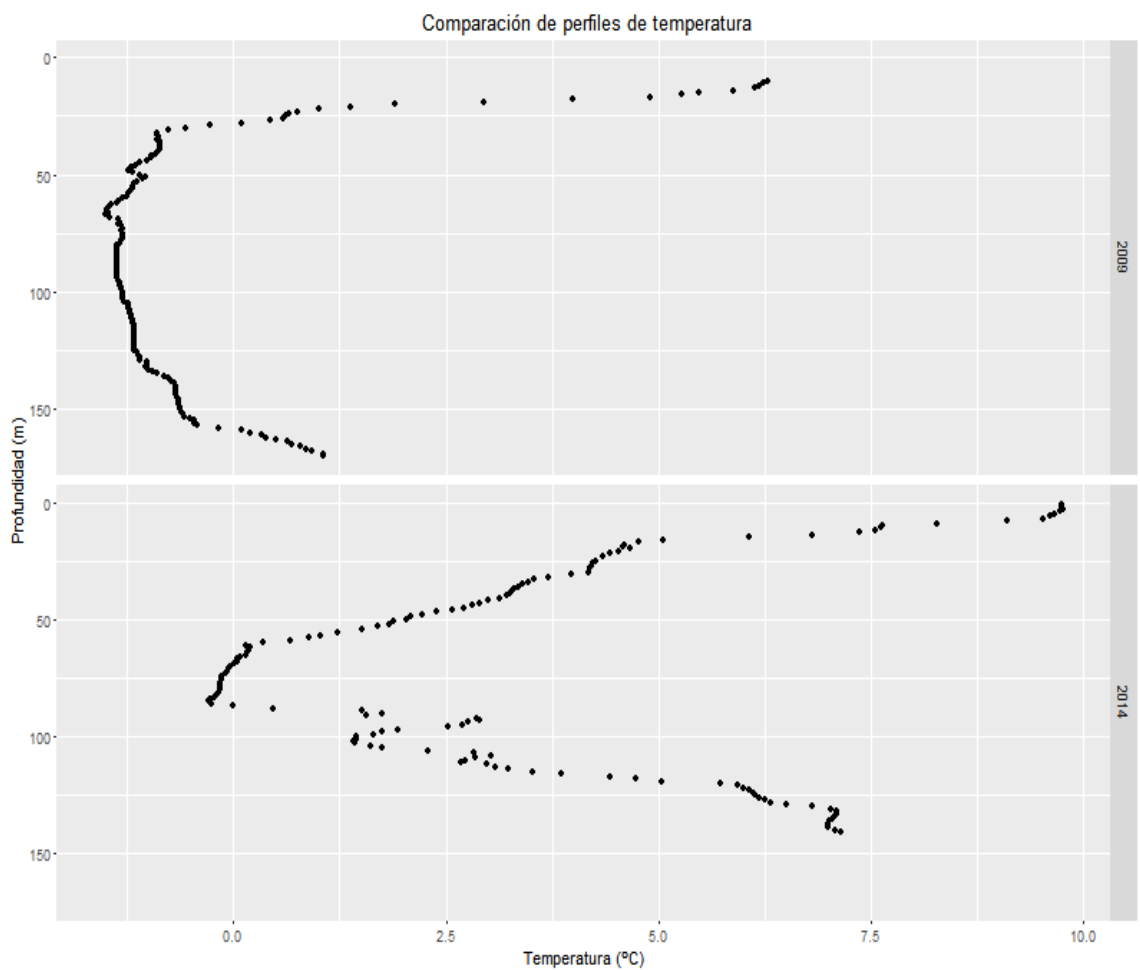


Figura 2: Comparación de la temperatura de 2009 y 2014 con la profundidad.

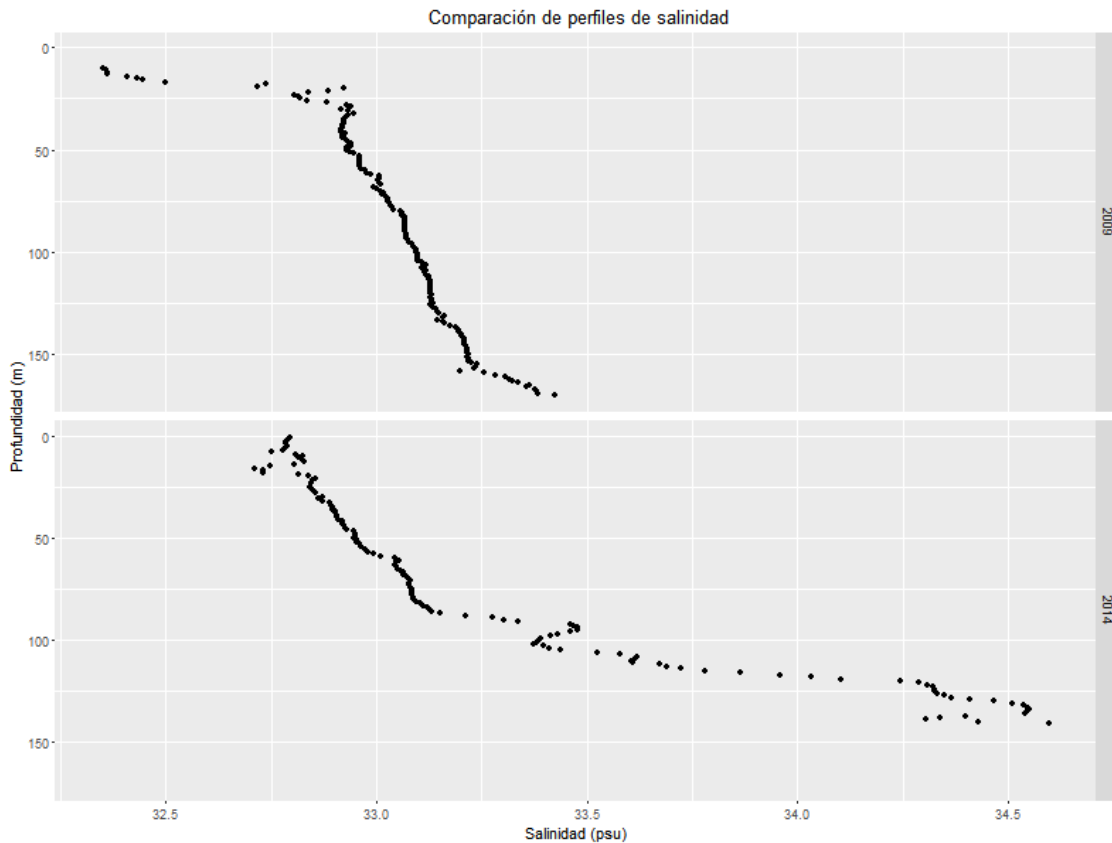


Figura 3: Comparación de la salinidad de 2009 y 2014 con la profundidad.

Puesto que la base de datos contiene los datos originales ha sido necesario aplicar los factores de calibración para recalcular las capturas y tallas de los granaderos capturados durante el periodo 1997-2001 por el “Playa de Mendiña” (D.González, com. pers).

- Estimación de biomasa

El primer paso que se ha realizado es la calibración de las capturas por lance (i), estrato (e) y año (j) obtenidas a bordo del “Playa de Mendiña” durante el periodo 1997-2001, donde 0.17025889 es el factor de calibración (D. González, com. pers.) (Ecuación 1).

$P_{c\ iej} = p_{iej} * 0.17025889$  , donde  $P_c$  es el peso calibrado en kg y  $p$  el peso de la muestra en kg.

Ecuación 1: Calibración de los pesos de muestra obtenidos con el barco Playa Mendiña (1997-2001).

A continuación se han estandarizado las capturas por lance, estrato y año, según la ecuación 2, teniendo en cuenta el cambio de la apertura de la red.

$$B_{iej} = \frac{Pc_{iej}}{v_{iej} * t_{iej} * ap}, \text{ donde } B \text{ es la biomasa en } \frac{Kg}{nm^2}, v \text{ la velocidad en } \frac{nm}{60min}, t \text{ el}$$

tiempo en min y ap la apertura del aparejo en nm.

**Ecuación 2:** Cálculo de la biomasa por milla cuadrada. Apertura Pedreira (0.0103671nm). Apertura Campelen (0.0113391nm).

La biomasa media por estrato y año se ha estimado con la Ecuación 3, extrapolándose a continuación al área de cada estrato (Ecuación 4).

$$\bar{B}_{ej} = \frac{\sum_{i=1}^{n^o} B_{iej}}{n^o_i}, \text{ donde } \bar{B} \text{ es la biomasa media en } \frac{Kg}{nm^2} \text{ y } n^o \text{ es el número de lances}$$

**Ecuación 3:** Cálculo de la biomasa media por estrato y año.

$$\bar{B}e_{ej} = \frac{\bar{B}_{ej} * a}{1000(kg)}, \text{ donde } \bar{B}e \text{ es la biomasa media extrapolada en T y } a \text{ es el area del estrato en } nm^2.$$

**Ecuación 4:** Cálculo de la biomasa media extrapolada por estrato y año.

Una vez estimadas las biomásas medias extrapoladas por estrato y año se calcula la biomasa anual (Ecuación 5) y su desviación estándar.

$$Ba_j = \sum_{i=1}^{N^o} \bar{B}e_{ej}, \text{ donde } Ba \text{ es la biomasa anual en T y } N^o \text{ el número total de estratos.}$$

**Ecuación 5:** Cálculo de la biomasa anual.

- Estimación de la abundancia

La abundancia anual y su desviación estándar se han calculado de igual forma que la biomasa, aunque primero ha habido que estimar el número de peces capturado por lance. Esta cifra no suele estar disponible en la base de datos a no ser que se hayan tallado todos los individuos capturados. La abundancia en los lances en los cuales el peso de la muestra de peces tallados era inferior a la captura se ha estimado con la Ecuación 6.

$N_{iej} = \frac{ntp_{iej} * pc_{iej}}{pt}$ , donde N es el número total de peces, ntp es el número total de peces tallados, pc es el peso total de captura en kg y pt es el peso de peces tallados en kg.

**Ecuación 6: Determinación del número total de peces para cada lance, estrato y año.**

Posteriormente se ha estimado el número de individuos por milla barrida mediante la ecuación 7.

$$A_{iej} = \frac{N_{iej}}{v_{iej} * t_{iej} * ap}, \text{ donde } A \text{ es la abundancia en individuos.}$$

**Ecuación 7: Determinación del número total de peces para cada lance, estrato y año.**

La abundancia media por estrato y año se ha estimado con la Ecuación 8, extrapolándose a continuación al área de cada estrato (Ecuación 9).

$\bar{A}_{ej} = \frac{\sum_{i=1}^{n^o} A_{iej}}{n^o_i}$ , donde  $\bar{A}$  es la abundancia media en  $\frac{ind}{nm^2}$  y  $n^o$  es el número de lances.

**Ecuación 8: Cálculo de la biomasa media por estrato y año.**

$\bar{A}e_{ej} = \bar{B}_{ej} * a$ , donde  $\bar{A}e$  es la abundancia media extrapolada en ind y a es el área del estrato en  $nm^2$ .

**Ecuación 9: Cálculo de la biomasa media extrapolada por estrato y año.**

Una vez estimadas las abundancias medias extrapoladas por estrato y año se calcula la abundancia anual (Ecuación 10) y su desviación estándar.

$Aa_j = \sum_{i=1}^{N^o} \bar{A}e_{ej}$ , donde Aa es la abundancia anual en ind y  $N^o$  el número total de estratos.

**Ecuación 10: Calculo de la biomasa anual.**

- Distribución de tallas

En los granaderos se usa la longitud hasta la aleta pre-anal (medición tomada desde la punta del hocico al primer radio de la aleta anal) porque las colas pueden sufrir daños durante la operación de pesca, dando lugar a medidas imprecisas (Figura 4). Los intervalos de talla son de 5 mm.

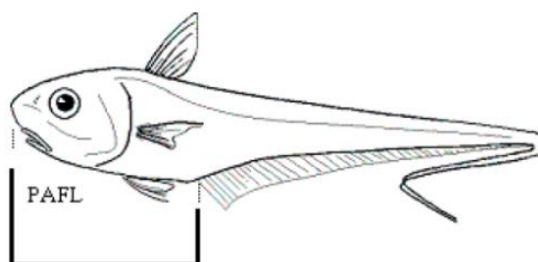


Figura 4: Dibujo explicativo de la longitud pre-anal de *Macrourus berglax*.

Debido al cambio de barco y aparejo en 2001 hubo que calibrar las tallas obtenidas antes de ese año. Esto se hizo en dos pasos.

Primero se aplicó la ecuación 11 a cada intervalo de talla, para obtener el factor de calibración y posteriormente se multiplica el intervalo de talla original por dicho factor, para obtener la talla calibrada (Ecuación 12).

$F_c = \exp(0.9757 - 0.0115 * L - 0.9002 * \log(L))$ , donde  $F_c$  es el factor calibración y  $L$  es el intervalo de tallas en cm.

Ecuación 11: Determinación del factor calibración.

$T_c = L * F_c$ , donde  $T_c$  son las tallas calibradas en cm.

Ecuación 12: Calibración de los datos de tallas.

Una vez calibradas las tallas registradas durante el periodo 1997-2001 se extrapolaron los muestreos de talla a las capturas totales de cada campaña.

Para ello se empleó el número de ejemplares medido en cada intervalo de talla, el peso de la muestra tallada y el peso de la captura por lance. Primero se calculó el porcentaje de individuos en cada intervalo de talla respecto al total de individuos tallado, y su porcentaje en peso de la muestra para su representación gráfica.

$N_{t_i} = P_i / p_t * n_{t_i}$ , donde  $N_t$  es el número total de individuos,  $P$  es el peso de la captura total por lance (kg),  $p_t$  es el peso de la muestra tallada (kg) y  $n_{t_i}$  es el número de individuos tallados en cada intervalo de talla.

Ecuación 13: Calibración de los datos de tallas.

Para la representación gráfica se usa el porcentaje de individuos en cada intervalo de tallas.

- Estimación peso medio

Las relaciones de longitud-peso por especie para cada año (j) y sexo (s) se han calculado mediante regresión lineal, calculando los valores de a y b gracias a la ecuación 14.

$W_{js} = a * L_{js}^b$ , donde W es el peso en Kg y a ,b son los parámetros de crecimiento.

**Ecuación 14: Determinación de los parámetros de crecimiento (a,b).**

A continuación se ha estimado el número total de individuos para cada año y sexo y se ha calculado el peso medio anual para cada sexo y su desviación estándar (Ecuación 15).

$\bar{W}_{js} = \frac{\sum W_{js} * nr_{js}}{nrt_{js}}$ , donde  $\bar{W}_{js}$  es el peso medio anual (kg), nr es el número de individuos y nrt es el número de individuos totales.

**Ecuación 15: Determinación del peso medio anual para cada sexo.**

- Estimación de la temperatura media del fondo

Para estimar la temperatura media del fondo se usó un método muy sencillo teniendo en cuenta los siguientes factores: a) el rango de profundidad de la campaña, entre 50 y 1500 m, b) la apertura vertical del aparejo varía generalmente entre los 3 y los 5.5 m, c) algunas especies pueden mostrar una distribución vertical en manchas que en ocasiones superan la apertura vertical del aparejo, d) la variabilidad anual de la influencia en el área de estudio de las corrientes de Labrador (fluye en dirección sur, y es agua fría, densa y poco salina) y la del Golfo (fluye hacia el norte y es agua cálida, fluida y más salina), especialmente obvia en la región más somera (Rose, 2007).

Se consideró que para un análisis preliminar basto con obtener la media de los registros más cercanos al fondo, y se estableció el corte en el 10% inferior, que coincide con la apertura vertical del aparejo en los lances más someros. Obviamente el número de registros empleados en la estimación de esta media aumenta con la profundidad, pero puesto que la variabilidad de la temperatura disminuye con la misma se asume que la media es representativa.

### 3. Resultados

#### 3.1 Biomasa

Durante el período 1997-2014, la biomasa total de *M.berglax* (Figura 5) fluctuó entre 1648 y 7839 t (1997 y 2004, respectivamente; Tabla 2). Entre los años 1997 y 2004 la tendencia fue ascendente, con un rápido incremento entre 2002 y 2004, pero desde 2005 ha disminuido con oscilaciones. En cualquier caso si consideramos el periodo de estudio completo la tendencia es ascendente, aunque con poca pendiente.

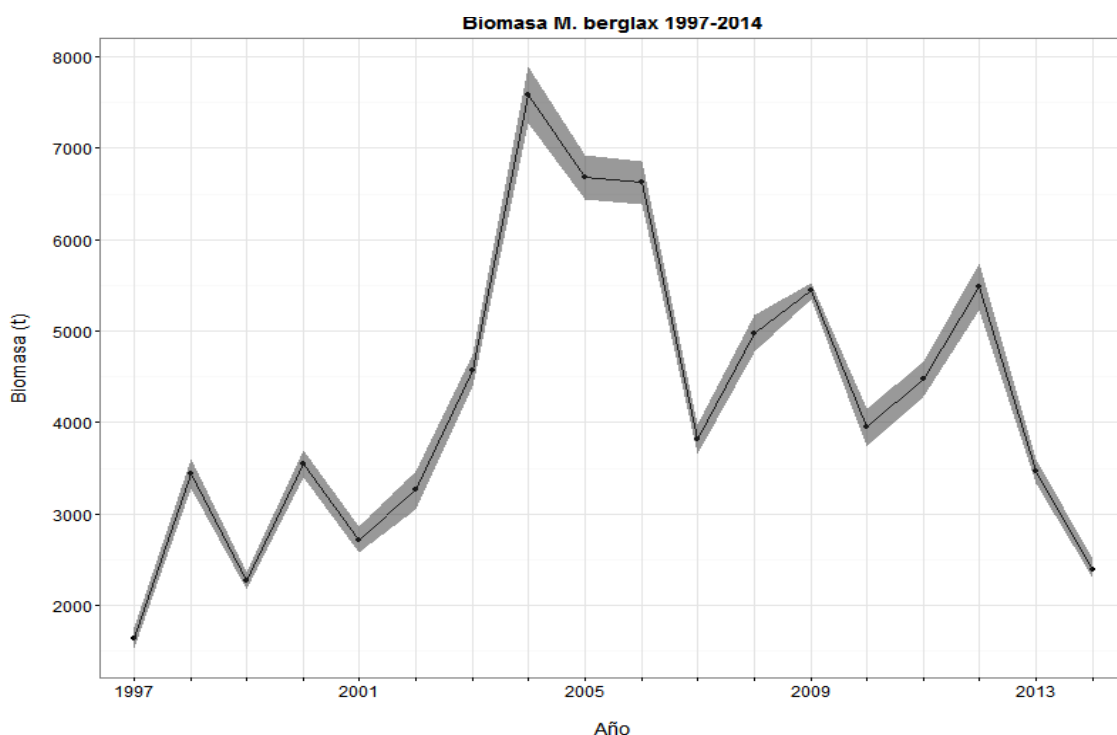


Figura 5: Tendencia de la biomasa estimada de *M.berglax* en el área de regulación de NAFO 3NO durante el periodo 1997-2014.

Año	Biomasa total (t) ± desv.estand	Año	Biomasa total (t) ± desv.estand
1997	1648 ± 809	2006	6972 ± 2084
1998	3445 ± 1046	2007	3839 ± 1182
1999	2282 ± 543	2008	4991 ± 1458
2000	3554 ± 1025	2009	5462 ± 1996
2001	5101 ± 1070	2010	3956 ± 1443
2002	3980 ± 2153	2011	4951 ± 1572
2003	4912 ± 1611	2012	5640 ± 1873



2004	7839 ± 3128	2013	3557 ± 758
2005	6706 ± 2183	2014	2402 ± 754

Tabla 2: Estimaciones de biomasa  $\pm$  desviación estándar anual de *M.berglax* en el área de regulación de NAFO 3NO durante el periodo 1997-2014.

### 3.2 Abundancia

La abundancia se ha estimado para el periodo 1998-2014 debido a la escasez de datos de *M.berglax* en 1997, en que la captura fue muy escasa y el muestreo insuficiente. Además también se eliminaron los datos en 2001 por un error en la toma de datos de tallas por lo que caben destacar dos periodos en los cuales la abundancia total de *M.berglax* (Figura 6) fluctuó entre 3891 y 14315 individuos (2014 y 2004, respectivamente; Tabla 3). Entre los años 1998 y 2004 la tendencia fue ascendente, con un rápido incremento entre 2002 y 2004, pero desde 2005 se puede observar una tendencia de disminución muy pronunciada.

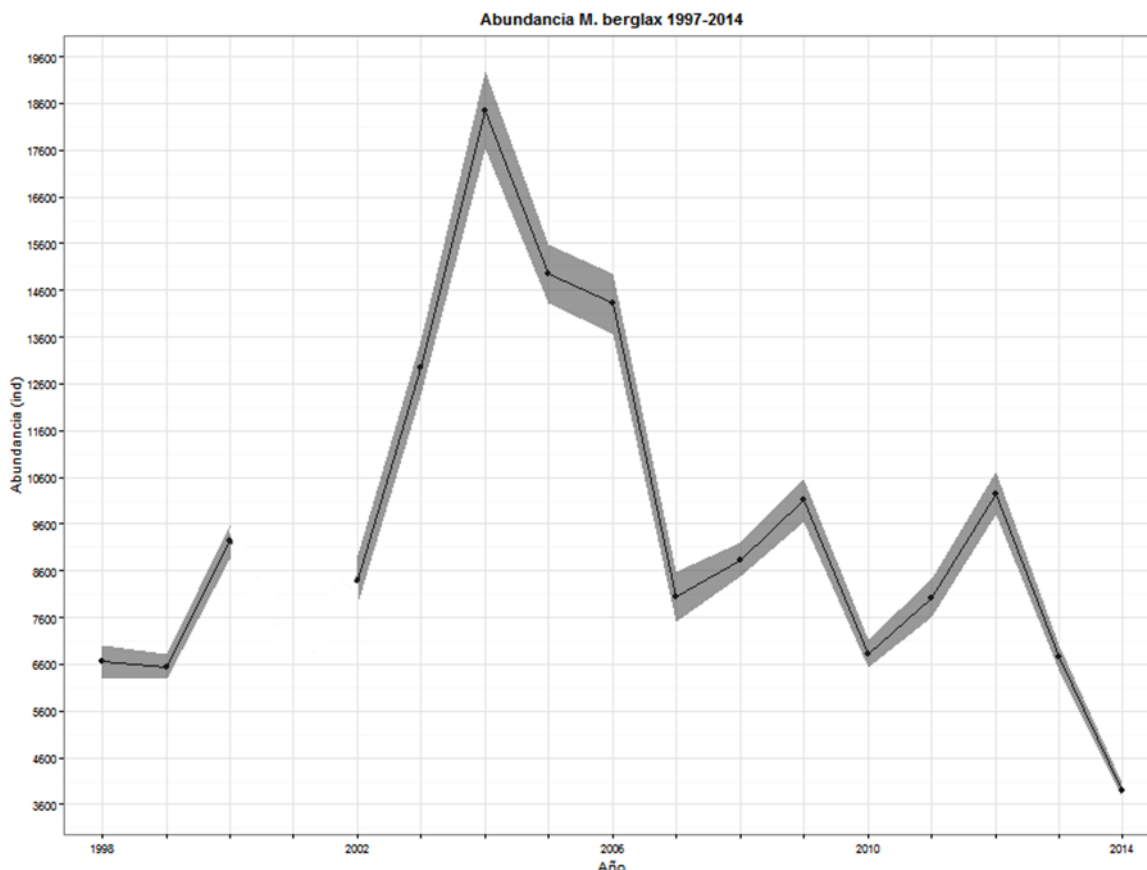


Figura 6: Tendencia de la abundancia de *M.berglax* en el área de regulación de NAFO 3NO durante el periodo 2006-2014.

Año	Abundancia total (ind) ± desv.estand	Año	Abundancia total (ind) ± desv.estand
1998	6669 ± 350.8203	2007	8032 ± 536.0340
1999	6546 ± 261.8327	2008	8834 ± 362.7866
2000	9223 ± 348.6813	2009	10102 ± 450.3493
2002	8395 ± 523.8736	2010	6832 ± 288.7483
2003	12948 ± 575.6486	2011	8015 ± 396.2366
2004	18452 ± 823.9775	2012	10257 ± 447.7618
2005	14948 ± 632.8297	2013	6743 ± 270.2676
2006	14315 ± 638.6432	2014	3891 ± 158.4813

**Tabla 3:** Estimación de abundancia anual biomasa ± desviación estándar anual de *M.berglax* en el área de regulación de NAFO 3NO durante el periodo 1998-2014.

### 3.3 Tallas

La distribución de tallas de *M.berglax* durante el periodo 1998-2014 muestra una gran variabilidad anual (Figura 7). El rango de tallas es de 1.50 a 36 cm, y la talla media anual oscila entre 12 y 17 cm. La tendencia de la talla media es muy similar para machos y hembras. La talla media y el rango de tallas fueron menores en los primeros años, y aumentaron a partir de 2002. Se observa además una mayor presencia de juveniles a partir de 2004. La proporción de hembras es superior a la de los machos en casi todo el rango de tallas y todos los años observados, y su talla media es superior a la de los machos.

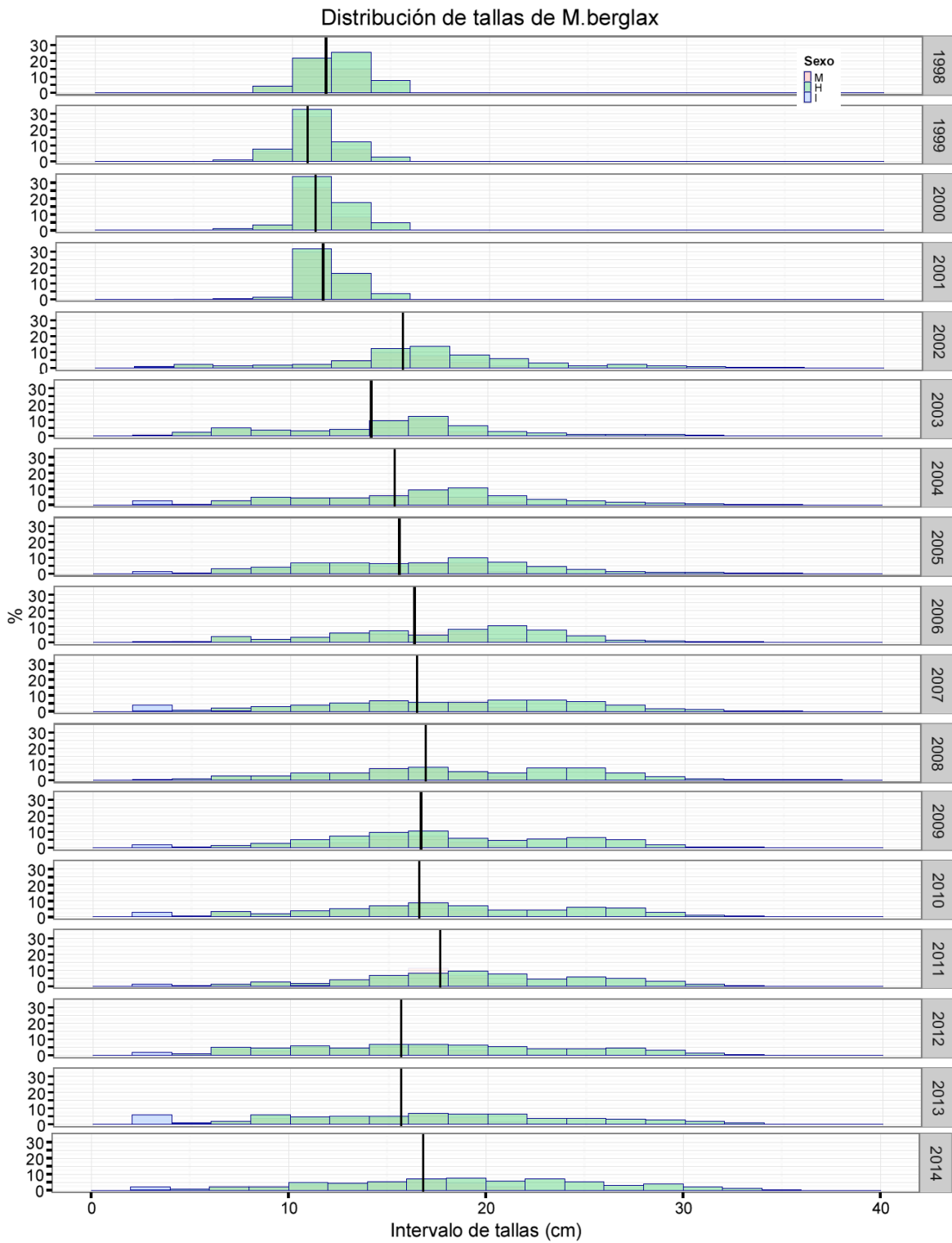


Figura 7: Tendencia de la distribución de tallas de *M.berglax* durante el periodo 1998-2014.

### 3.4 Talla-peso

El ajuste de la relación talla-peso de *M.berglax* para la serie temporal 1998-2014 se muestra en la Figura 8, Tabla 4. Las tasas de crecimiento por sexo son muy parecidas ya que el ajuste de ambas curvas se solapa, aunque las hembras alcanzan tallas muy superiores a las de los machos.

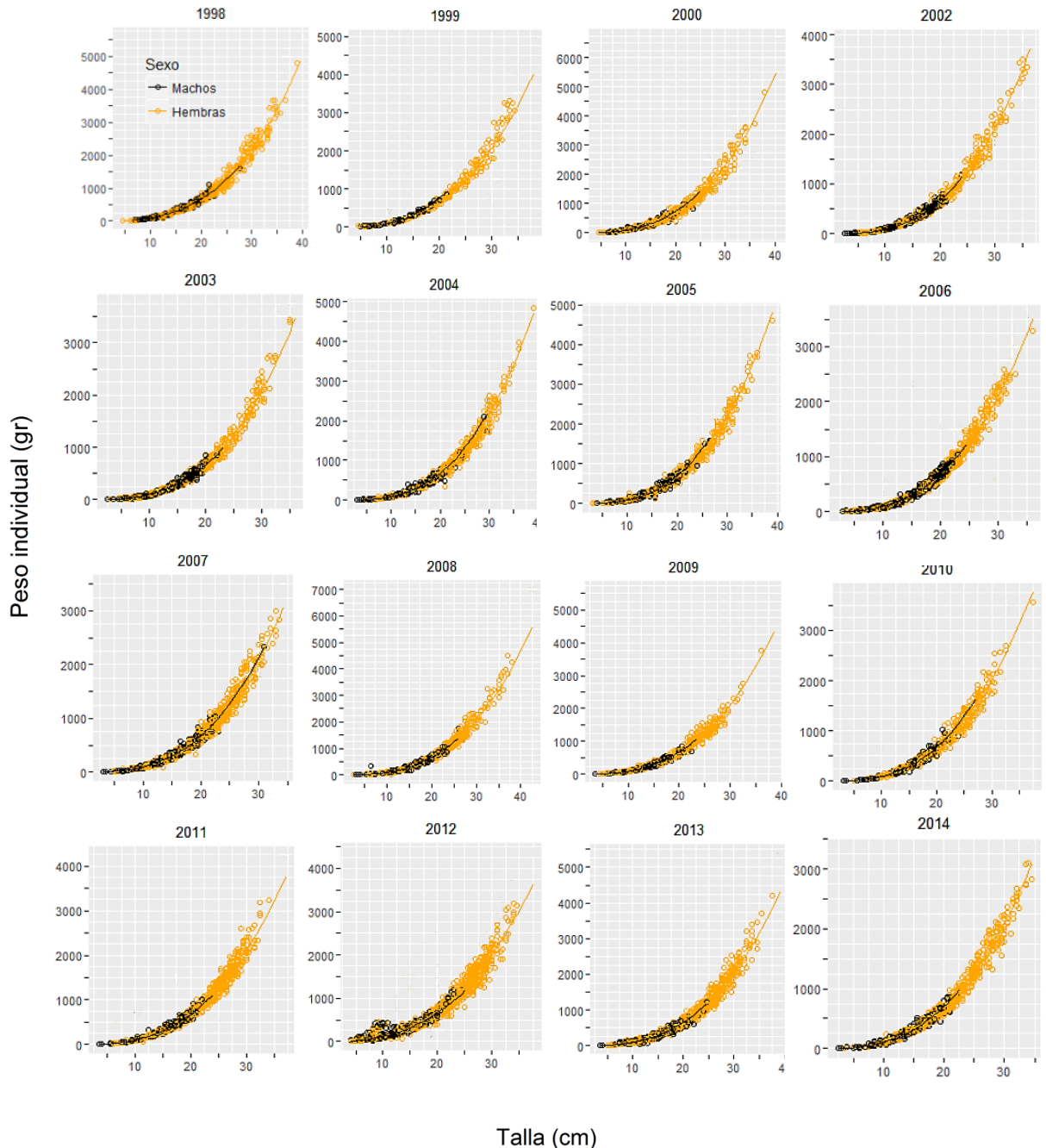


Figura 8: Relación talla-peso por sexo de *M.berglax* durante el periodo 1998-2014.

Hembras			Machos		
Año	A	B	Año	A	b
1998	0.34	2.618961	1998	0.12090639	2.875622
1999	0.21	2.841083	1999	0.06786576	3.106413
2000	0.22	2.952344	2000	0.08026284	3.039748
2002	1.13	2.873610	2002	0.10723894	2.915451
2003	0.63	2.841065	2003	0.13314988	2.837983
2004	0.55	2.949934	2004	0.08908326	2.980803
2005	0.53	2.969275	2005	0.06829353	3.078791
2006	0.74	2.826764	2006	0.12191362	2.877230
2007	0.98	2.827019	2007	0.14511615	2.817767
2008	0.86	2.846289	2008	0.11803635	2.874112
2009	1.06	2.857171	2009	0.11045681	2.907350
2010	1.16	2.789266	2010	0.11450130	2.896360
2011	1.45	2.779148	2011	0.18893998	2.731695
2012	0.80	2.704780	2012	0.21718747	2.684644
2013	0.94	2.828116	2013	0.14319340	2.811472
2014	1.62	2.759395	2014	0.16215165	2.794280

Tabla 4: Estimación de los coeficientes de crecimiento de *M.berglax* durante el periodo 1998-2014.

### 3.5 Peso medio anual

La estimación de peso medio individual de *M.berglax* de machos y hembras durante el intervalo de tiempo 1998-2014 (Figura 9; Tabla 5) muestra una distribución muy similar. Cabe destacar que el peso medio individual de las hembras siempre es superior a los machos y además se observan bastantes outsiders debido a que ocasionalmente aparecen hembras de un gran tamaño.

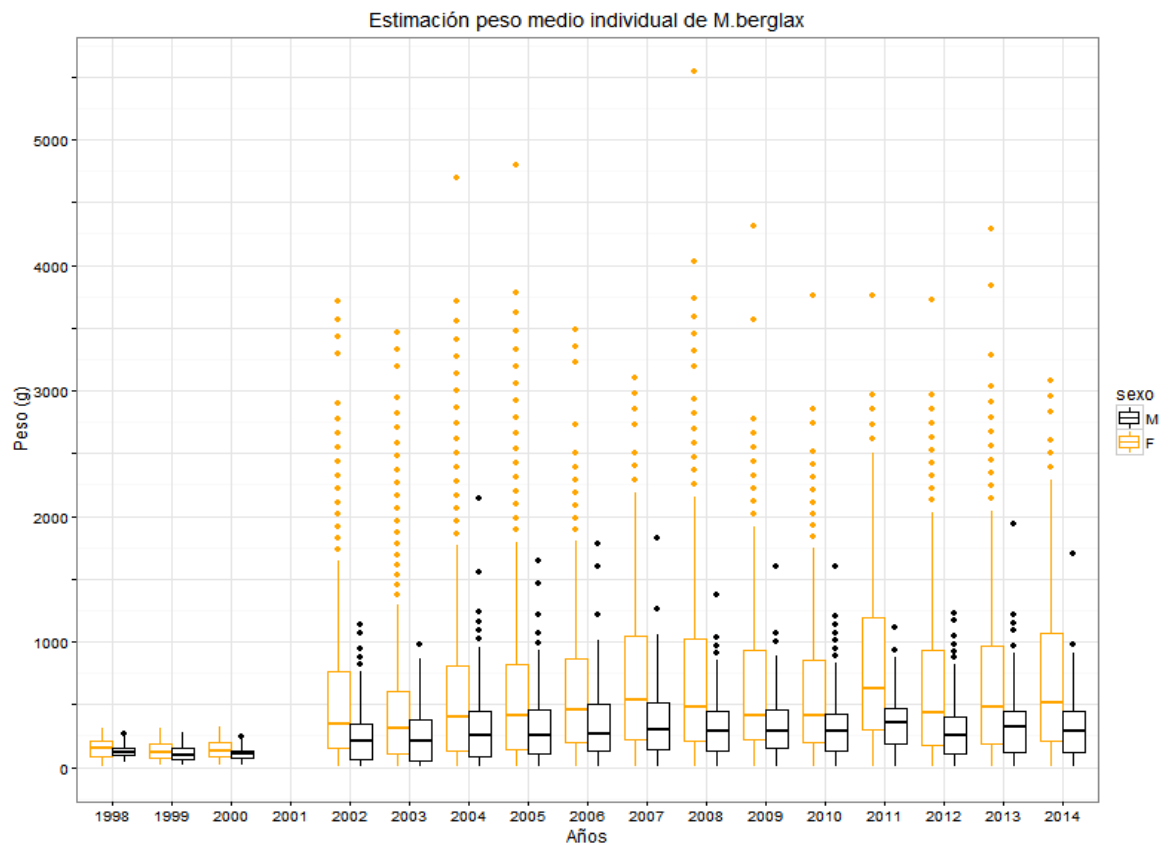


Figura 9: Estimación del peso medio individual por sexo (F: Hembra; M: Machos) y años de *M.berglax* durante el periodo 1998-2014.

Machos		Hembras	
Año	Peso medio (kg) $\pm$ desv.estand	Año	Peso medio (kg) $\pm$ desv.estand
1998	0.34 $\pm$ 0.36	1998	0.39 $\pm$ 0.50
1999	0.21 $\pm$ 0.22	1999	0.24 $\pm$ 0.31
2000	0.22 $\pm$ 0.21	2000	0.26 $\pm$ 0.28
2002	1.13 $\pm$ 1.36	2002	0.89 $\pm$ 1.25
2003	0.63 $\pm$ 0.79	2003	0.53 $\pm$ 0.81
2004	0.55 $\pm$ 0.73	2004	0.41 $\pm$ 0.48
2005	0.53 $\pm$ 0.62	2005	0.47 $\pm$ 0.51
2006	0.74 $\pm$ 1.09	2006	0.55 $\pm$ 0.64
2007	0.98 $\pm$ 1.08	2007	0.82 $\pm$ 0.82
2008	0.86 $\pm$ 1.24	2008	0.60 $\pm$ 0.59
2009	1.06 $\pm$ 1.35	2009	1.00 $\pm$ 0.80
2010	1.16 $\pm$ 1.94	2010	0.84 $\pm$ 0.87

2011	$1.45 \pm 153$	2011	$1.20 \pm 1.39$
2012	$0.80 \pm 118$	2012	$0.56 \pm 0.53$
2013	$0.94 \pm 1.07$	2013	$0.78 \pm 0.64$
2014	$1.62 \pm 2$	2014	$1.09 \pm 1.04$

Tabla 5: Estimación del peso individual por sexo y años de *M.berglax* durante el periodo 1998-2014.

### 3.6 Regresiones

Se han llevado a cabo regresiones lineales múltiples con el fin de determinar esa variabilidad de la biomasa, abundancia y peso medio individual debida a la temperatura del fondo y la presión pesquera (Figura 10,11 y 12; Tabla 6, 7 y 8). La correlación no es significativa para ninguno de los datos aunque la variabilidad de la biomasa observada es explicado un 23% por la temperatura y la presión pesquera; la variabilidad de la abundancia es explicada un 0.53% y la variabilidad del peso medio individual es explicado un 0.33%.

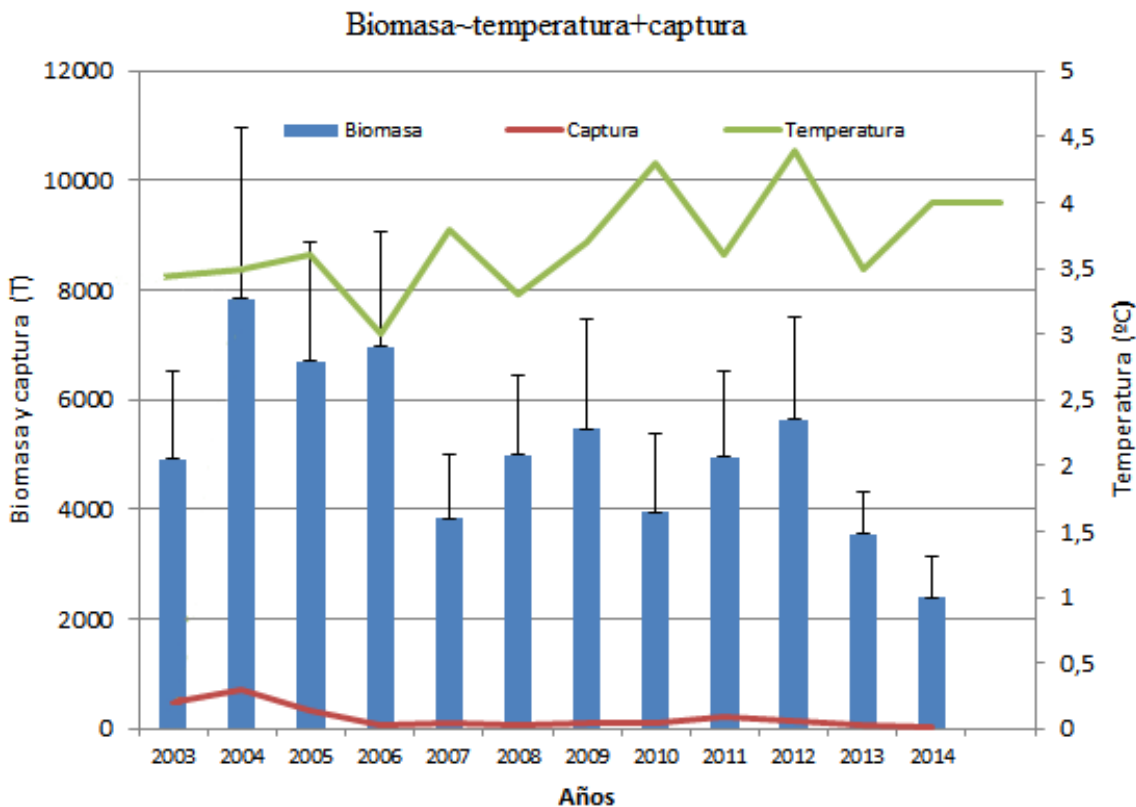


Figura 10: Representación de biomasa-temperatura-captura de *M.berglax* durante el periodo 2003-2014.

Coefficients	Estimate	Error	t-value	Pr (>/t/)
Biomasa	4386.732	1150.914	3.812	0.00414
Temperatura	-36.774	174.570	-0.211	0.83785
Captura	4.439	2.123	2.091	0.06606
Residual standard error		Multiple R-squared	Ajusted R-squared	p-value
1364		0.3718	0.2322	0.1234

Tabla 6: Datos de la regresión lineal múltiple de biomasa-temperatura-captura de *M.berglax* durante el periodo 2003-2014, donde la variabilidad de la biomasa es explicado por la temperatura y por la captura un 23%.

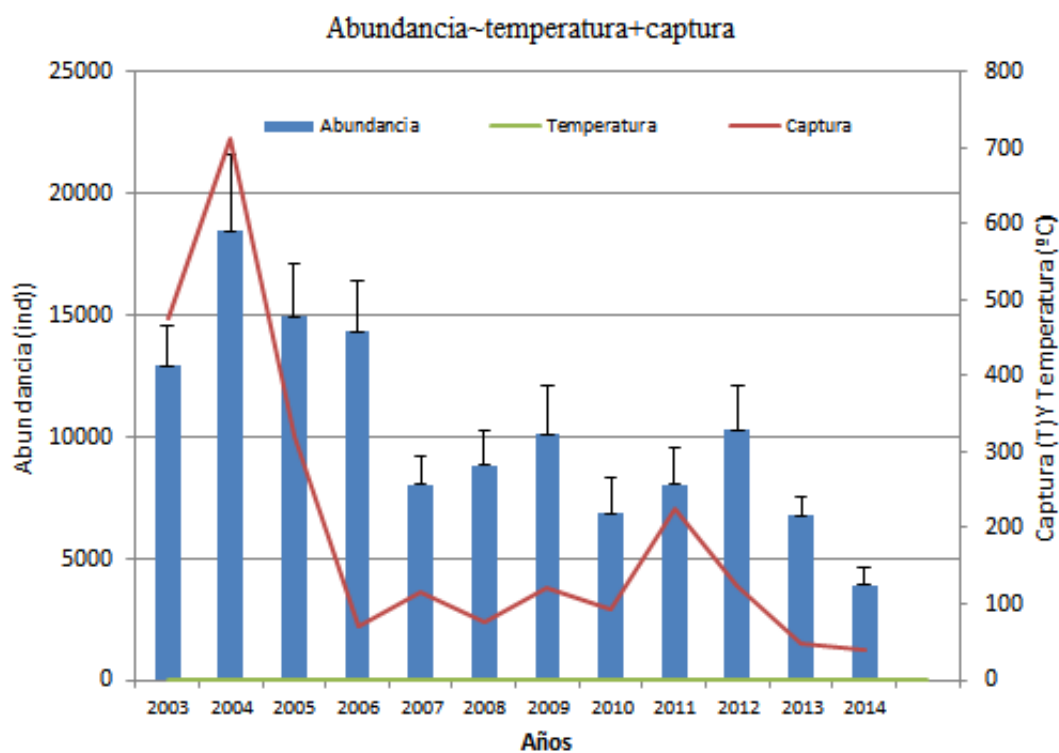


Figura 11: Representación de abundancia-temperatura-captura de *M.berglax* durante el periodo 2003-2014.

Coefficients	Estimate	Error	t-value	Pr (>/t/)
Abundancia	8806.728	2395.362	3.677	0.0051**
Temperatura	-288.007	363.327	-0.793	0.4483
Captura	14.305	4.418	1.238	0.0102*



Residual standard error	Multiple R-squared	Ajusted R-squared	p-value
2838	0.6173	0.5323	0.01327

Tabla 7: Datos de la regresión lineal múltiple de abundancia-temperatura-captura de *M.berglax* durante el periodo 2003-2014, donde la variabilidad de la abundancia es explicado por la temperatura y por la captura un 53%.

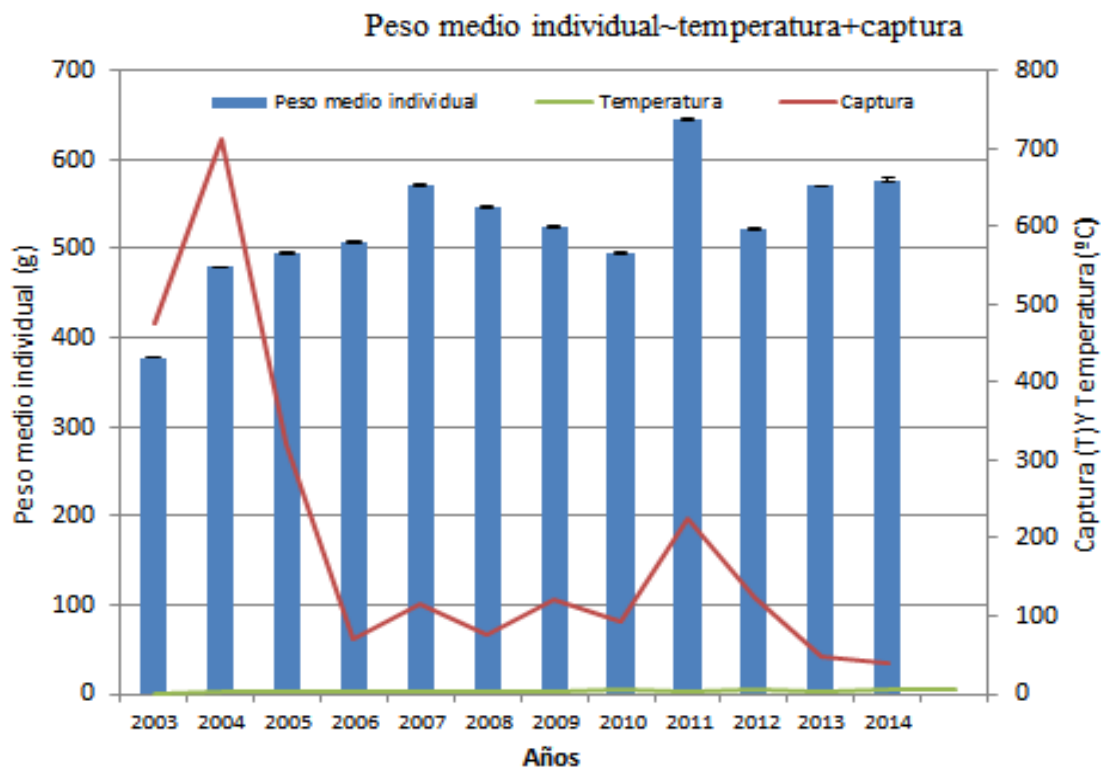


Figura 12: Representación de peso medio individual-temperatura-captura de *M.berglax* durante el periodo 2003-2014.

Coefficients	Estimate	Error	t-value	Pr (>/t/)
Peso medio individual	496.46201	45.53695	10.902	1.74e-06***
Temperatura	11.20431	6.90702	1.622	0.139
Captura	-0.12695	0.08399	-1.511	0.165

Residual standard error	Multiple R-squared	Ajusted R-squared	p-value
53.95	0.4522	0.3305	0.0663

Tabla 8: Datos de la regresión lineal múltiple de biomasa-temperatura-captura de *M.berglax* durante el periodo 2003-2014, donde la variabilidad de la biomasa es explicado por la temperatura y por la captura un 33%.

#### 4. Discusión

La población de *M.berglax* mostró una tendencia ascendente tanto de biomasa como de abundancia entre los años 1998 y 2004, pero a partir del 2005 estas disminuyeron con oscilaciones. En cualquier caso si consideramos el periodo de estudio completo la tendencia de biomasa es ascendente, aunque con poca pendiente. La de la abundancia, sin embargo, es ligeramente decreciente. A la vista de la tendencia del peso medio individual y la frecuencia de tallas se puede interpretar como un menor número de individuos pero de mayor tamaño.

Es difícil explicar estas tendencias con los datos empleados en este estudio y el análisis realizado. La temperatura apenas explica la variabilidad observada en la biomasa. Teniendo en cuenta que *M.berglax* aparece en un amplio rango de profundidades y que las temperaturas se estabilizan con el aumento de profundidad quizás habría sido aconsejable realizar el análisis por estratos de profundidad para buscar una posible relación entre biomasa y temperatura. Estudios previos han encontrado correlación entre abundancia de *M.berglax* y cambios en la salinidad relacionados con la Oscilación del Atlántico Norte, que también afecta a la temperatura del fondo en aguas someras (Devine *et al.*, 2008).

En lo que se refiere al impacto de la presión pesquera, existen datos de capturas de granadero rupestris y de roca en el Atlántico Norte desde los años 60, pero las de granadero de roca fueron insignificantes hasta la década de los 80, cuando las capturas de *Coryphaenoides rupestris* disminuyeron drásticamente (Devine y Haedrich, 2008). Es difícil interpretar la relación entre la biomasa de *M. berglax* y las capturas oficiales durante el periodo de estudio: hay bastante paralelismo entre ellas a pesar del descenso drástico de capturas en 2001 y la presión pesquera no explica apenas la variabilidad observada, aunque el aumento de la talla y el peso medio puede ser consecuencia de la reducción de la presión pesquera (Neat y Burns, 2010). Igualmente, las tendencias oscilantes observadas en biomasa y abundancia a partir de 2005 pueden deberse a una estabilización a niveles inferiores en comparación con los de la población virgen (Neat y Burns, 2010). Quizás igual que en el caso de la temperatura habría sido mejor analizar los datos de biomasa y peso medio en relación con la temperatura y esfuerzo pesquero de décadas anteriores.

Respecto a la distribución de tallas de *M.berglax* existe una variabilidad anual principalmente a partir del 2002 donde la talla media y el rango de tallas fueron menores en los primeros años, y aumentaron a partir de 2002 con una presencia de

juveniles mayor a partir de 2004. Sería interesante comprobar si la distribución de tallas es similar en todo el rango de profundidad en el que se encuentra *M. berglax*, o por el contrario es diferente en función de a qué profundidad ha sido mayor la presión pesquera. Neat y Burns (2010) observaron una mayor talla media en especies de granadero en la parte superior del talud, y más abundancia de juveniles en la parte inferior. El aumento de la talla media podría ser consecuencia de una menor presión pesquera y la mayor abundancia de juveniles, debida a la reducción de las poblaciones de predadores. La proporción de hembras, la relación talla peso y el peso individual es superior a la de los machos en casi todo el rango de tallas y todos los años observados, al contrario que lo observado por Jørgensen (1996) en Groenlandia, donde la proporción de machos era superior a la de hembras y las tasas de crecimiento de ambos sexos eran muy similares.

## **5. Conclusión**

Se han investigado las tendencias de la biomasa, abundancia y estructura de tallas de *M.berglax* en aguas de Terranova entre 1997 y 2014. El periodo de estudio se caracteriza por un aumento de la biomasa hasta 2005 y una disminución a partir de esa fecha.

No se observa una relación clara de la biomasa, abundancia y peso medio individual de esta especie con la temperatura y presión pesquera. Aunque la situación actual no es mucho peor que la existente cuando se iniciaron las campañas de evaluación habría que investigar las causas del declive observado desde 2005. Futuros análisis podrían basarse en datos desagregados por estratos de profundidad basados en temperatura media del fondo y presión pesquera, así como incluir datos de temperatura, salinidad y capturas muy anteriores a los datos de la campaña, con el fin de investigar si efectivamente las tendencias actuales se deben a la actuación de diversos factores en el pasado. Igualmente sería interesante analizar las tendencias y distribución de las presas habituales de *M. berglax*.

## **6. Conclusion**

It has been estimated the evolution of biomass, abundance and size structure of *M. berglax* in waters of Newfoundland between 1997 and 2014. The study period is characterized by an increase of biomass until 2005 and a decrease thereafter. There is no clear relationship between the trends of biomass, abundance and mean individual

weight of this species versus temperature and fishing pressure. Although the current situation is not worse than that in 1997, when the survey started, it would be interesting to investigate the causes of the decline observed since 2005. Future analysis could be based on data disaggregated into depth strata, based on mean bottom temperature and fishing pressure, and include as well temperature, salinity and catch data from a larger period than that covered by the survey. This would allow us to investigate if current trends are due to past impacts. Similarly it would be very interesting to investigate trends and distribution of the main prey species for *M.berglax*.

## 7. Agradecimientos

Agradecer al Instituto Español de Oceanografía y en concreto al Programa de Pesquerías Lejanas (CO Vigo), responsable de la campaña de prospección de demersales en NAFO 3NO, por facilitarme los datos empleados en este estudio pero en especial a Elena Guijarro por la atención prestada a pesar de la distancia, y a José Luis Sánchez Lizaso por su ayuda durante la realización de este trabajo.

A mis compañeros, a mis amigos y sobre todo a mis familiares por animarme y ayudarme en estos 4 fantásticos años.

## 8. Referencias

- Cohen, D.M., Inada,T., Iwamoto,T., y Scialabra, N. (1990). FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO Fish. Synop. 125(10). Rome: FAO. 442 p.
- De Cárdenas, E., Casas, J.M., Alpoim, R., y Murua, H.( 1996). Preliminary Results of the european Longline Suuvey in the NAFO Regulatory Area. *NAFO SCR Doc.* 96/34 Ser. No N2709, 6p.
- Devine, J. A., and Haedrich, R. L. (2008). Population trends and status of two exploited Northwest Atlantic grenadiers, *Coryphaenoides rupestris* and *Macrourus berglax*. Grenadiers of the World Oceans: Biology, Stock Assessment, and Fisheries, 63.
- Doubleday, W.G (1981). *Manual on Groundfish Surveys in the Northwest Atlantic*. Dartmouth, Canada.
- FAO. (2008) Deep-sea fisheries in the high seas: a trawl industry perspective on the International Guidelines for the Management of Deep-sea Fisheries in the High Seas. FAO Fisheries and Aquaculture Circular 1036. Rome. 23p.

- Guerra, A.S., Sanchez.Lizaso, J.L (ed) (1998). Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos. Acribia editorial.260 pp.
- Jørgensen, O.A.(1996). Distribution and biology of grenadiers (Macrouridae) in West Greenland Waters. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 18: 7–29.
- Murua, H., González, F. y Power, D (2005). A Review of the fishery and the investigations of Roughhead grenadier (*Macrourus berglax*) in Flemish Cap and Flemish Pass. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, **37**: 13-27. doi:10.2960/J.v37.m567
- Neat, F. y Burns, F. (2010). Stable abundance, but changing size structure in grenadier fishes (Macrouridae) over a decade (1998–2008) in which deepwater fisheries became regulated. Marine Scotland-Science, Marine Laboratory, P.O. Box 101, 375 Victoria Road, Aberdeen AB11 9DB, UK
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rose, George A. *Cod: The ecological history of the North Atlantic fisheries*. Breakwater books, 2007.
- Snelgrove, P.V.R., y Haedrich, R.L. (1985). Structure of the deep demersal fish-fauna off Newfoundland. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 27: 99–107.
- Templeman, N.D (2010). Ecosystem Status and Trends Report for the Newfoundland and Labrador Shelf. *Fisheries and Oceans Canada / Pêches et Océans Canada Science Branch / Direction des sciences* PO Box 5667, 80 East White Hills Road St. John's, NL, Canada A1C 5X1.
- Walsh, S.J. y McCallum, B.R. (1997). Performance of the Campelen 1800 Shrimp Trawl during the 1995 Northwest Atlantic Fisheries Centre Autumn Groundfish Survey. *NAFO Sci. Coun. Studies*, 29: 105-116.
- Wheeler, A. (1969). The fishes of the British Isles and Northwest Europe: Anacanthini (p. 255.259). MacMillan and Co. Ltd., London England, 613 p.

## 9. Anexos

1995		2001		2002		2014	
		Playa de Mendiña		Calibración		Vizconde de Eza	
		Pedreira				Campelen 1800	
División	Estrato	Área (mm <sup>2</sup> )	Rango de profundidad	Número de celdas	Número de pescas		
3N	357	164	275-366	40	2		
3N	358	225	185-274	50	3		
3N	359	421	93-183	110	7		
3N	360	2783	57-91	860	20		
3N	374	214	57-91	240	2		
3N	375	271	>56	420	3		
3N	376	1334	>56	400	10		
3N	377	100	93-183	30	2		
3N	378	139	185-274	40	2		
3N	379	106	275-366	30	2		
3N	380	96	275-366	30	2		
3N	381	144	185-274	50	2		
3N	382	343	93-183	180	4		
3N	723	155	367-549	50	2		
3N	724	124	550-731	40	2		
3N	725	105	367-549	30	2		
3N	726	72	550-731	20	2		
3N	727	96	367-549	60	2		
3N	728	78	550-731	40	2		
3N	752	131	732-914	40	2		
3N	753	138	915-1097	40	2		
3N	754	180	1098-1280	50	2		
3N	755	385	1281-1463	110	4		
3N	756	101	732-914	30	2		
3N	757	102	917-1097	30	2		
3N	758	99	1098-1280	30	2		
3N	759	127	1281-1463	40	2		
3N	760	154	732-914	40	2		
3N	761	171	915-1097	50	2		
3N	762	212	1098-1280	60	2		
3N	763	261	1281-1463	70	3		
3O	353	269	57-91	340	3		
3O	354	246	93-183	130	3		
3O	355	74	185-274	30	2		
3O	356	47	276-366	20	2		
3O	721	65	367-549	20	2		
3O	722	84	550-731	30	2		
3O	764	100	732-914	30	2		
3O	765	124	915-1097	30	2		
3O	766	144	1098-1280	40	2		
3O	767	158	1281-1463	40	2		
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>10342</b>	<b>&lt;56-1463</b>	<b>4020</b>	<b>122</b>		

Tabla 1: Estratificación del área a prospectar y número de pescas necesarias en cada estrato.

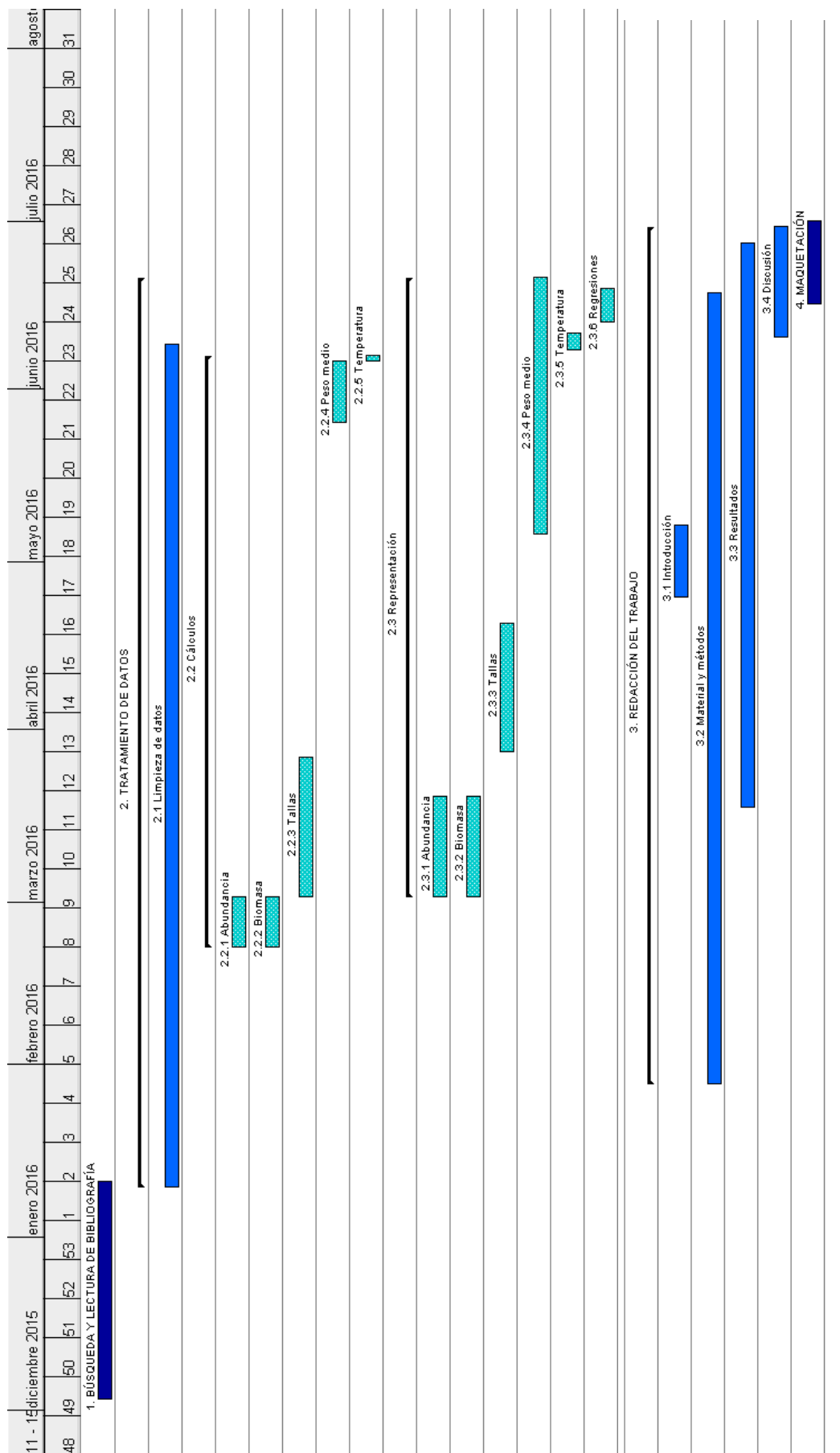


Figura 12: Diagrama de Gant.