

2024

Informe de
INVESTIGACIÓN

099-24

NO-2024-115882859-APN-DNI#INIDEP
23/10/2024

Condición nutricional de hembras de anchoíta de los stocks patagónico y bonaerense durante la época reproductiva

Marta Estrada, Ezequiel Leonarduzzi y Karina A Rodrigues

Dirección: Pesquerías de Invertebrados y Ambiente

Área: Gabinete de Ecología Reproductiva de Organismos Marinos (ECOR)

Citar como:

Estrada M, Leonarduzzi E, Rodrigues KA. 2024. Condición nutricional de hembras de anchoíta de los stocks patagónico y bonaerense durante la época reproductiva. Inf Investigación INIDEP N° 099/24, 12 pp.



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO



Condición nutricional de hembras de anchoíta de los stocks patagónico y bonaerense durante la época reproductiva

Marta Estrada¹, Ezequiel Leonarduzzi¹ y Karina A. Rodrigues¹

¹ Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Resumen

En este estudio se compararon las características morfométricas y bioquímicas de dos poblaciones de anchoíta, del stock patagónico y del bonaerense en los años 2020 y 2021. Los resultados indicaron que los ejemplares del stock patagónico eran más grandes que los del bonaerense, sin diferencias significativas en los contenidos lipídicos en gónadas y músculos entre ambas poblaciones. Además, se observó una relación negativa entre la humedad y los lípidos en músculo, y una correlación positiva entre los lípidos en músculo y gónadas en el stock patagónico. Los índices de condición mostraron relación con los lípidos musculares, pero no con los de las gónadas, sugiriendo que las hembras con mayores reservas lipídicas podrían tener mayor éxito reproductivo.

Introducción

En la biología pesquera tradicional, se considera que todos los peces contribuyen de la misma manera en la capacidad de producir descendencia, siendo la producción de huevos y la tasa de supervivencia independientes de la edad, el tamaño corporal y la condición parental (Cardinale y Arrhenius 2000). Sin embargo, actualmente existe abundante bibliografía que demuestra la falta de relación directa entre la biomasa desovante de la población y el potencial reproductivo real (Marteinsdottir y Begg 2002; Marshall et al. 2003), dado que las características del *stock* reproductor, en cuanto estructura de edades y condición nutricional, influyen en la producción de huevos viables, tasa de supervivencia larvaria y reclutamiento (Trippel et al. 1997; Marshal et al. 1998).

El término condición se utiliza comúnmente para referirse al estado general de salud del animal o, principalmente, a las reservas nutricias o energéticas (Schulte-Hostedde et al. 2005). Se cree que una buena condición corporal es una consecuencia directa de la capacidad del animal para adquirir recursos, que luego pueden ser utilizados para satisfacer las demandas energéticas (Jakob et al. 1996); por lo tanto, los animales con mejor condición tendrían mayores probabilidades de supervivencia y de un futuro éxito reproductivo. Las hembras con una mala condición fisiológica al comienzo de la temporada de puesta podrían ver disminuida su capacidad reproductiva, llegando a incrementar su vulnerabilidad y por lo tanto la mortalidad natural (Wootton 1990; Dutil y Lambert 2000; Lambert y Dutil 2000).

Se ha observado que la composición bioquímica, y particularmente el contenido graso, varía entre los individuos de la misma especie, convirtiéndose en una característica común en los organismos de vida libre (Shulman y Love 1999). También se ha señalado en muchas especies que la capacidad de almacenar energía está influenciada por el tamaño del cuerpo, y que la acumulación de lípidos depende directamente de la adquisición de alimento (Schultz y Conover 1999; Lloret et al. 2008). La relación positiva de las reservas y la condición corporal con el tamaño indica que los peces más grandes (y presumiblemente más viejos) pueden hacer una mayor contribución reproductiva que los peces más pequeños. Otros resultados sugieren además que los peces más grandes, pueden reproducirse bajo un rango de condiciones ambientales más amplio que los más pequeños, lo cual permite eventualmente desovar en momentos más favorables y brindar más oportunidades de supervivencia de los primeros estadios de vida (Berkeley et al. 2004a). Así mismo, en los teleósteos marinos, los individuos más grandes suelen presentar estaciones reproductivas más extensas que los más jóvenes (Pedersen 1984; Lambert 1987; Macchi et al. 2004). Este conjunto de observaciones llevó a postular la hipótesis BOFFF (big old fat fecund female), donde se plantea que las hembras más grandes, viejas, gordas y fecundas

son esenciales para el mantenimiento exitoso de muchas poblaciones de peces de vida longeva (Marteinsdottir y Steinarsson 1998; Scott et al. 1999; Longhurst 2002; Berkeley et al. 2004a, b; Palumbi 2004).

Por otro lado, la condición nutricional puede cambiar según la región geográfica, las variaciones ambientales, la disponibilidad de presas o el comportamiento, tanto reproductivo como alimentario (Rätz y Lloret 2003; Hidalgo et al. 2008). Por ejemplo, en la anchoíta bonaerense (*Engraulis anchoita*) se ha observado una importante variación de la composición química, principalmente del contenido lipídico y del perfil de ácidos grasos relacionado con zona de captura (Massa et al. 2009; Fernández Compás y Massa 2010; Massa et al. 2013) y al tamaño de los individuos (Aizpún et al. 1979; Massa et al. 2009; Massa et al. 2013). Sin embargo, estos trabajos tuvieron un enfoque más tecnológico, ya que se agrupan los ejemplares para realizar las determinaciones de la composición proximal.

Para profundizar nuestra comprensión actual sobre la dinámica energética de la anchoíta y los cambios de la condición nutricional influenciada por el tamaño del cuerpo a nivel individual, se propone como objetivo determinar la condición nutricional de las hembras, a partir del contenido lipídico y de humedad, en dos poblaciones distintas: la población bonaerense y la patagónica.

Materiales y Métodos

El material utilizado provino de 2 campañas de investigación realizadas con los buques pertenecientes al Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), en la región norpatagónica y bonaerense durante los años 2020 y 2021 respectivamente (Fig. 1). Estas campañas tuvieron como uno de sus objetivos principales, la evaluación de la biomasa total y la biomasa reproductora de anchoíta mediante el método de producción diaria de huevos durante la estación principal de puesta. Para tal fin, se realizaron lances de pesca para la captura de anchoíta en lugares donde se detectó acústicamente la presencia de cardúmenes.

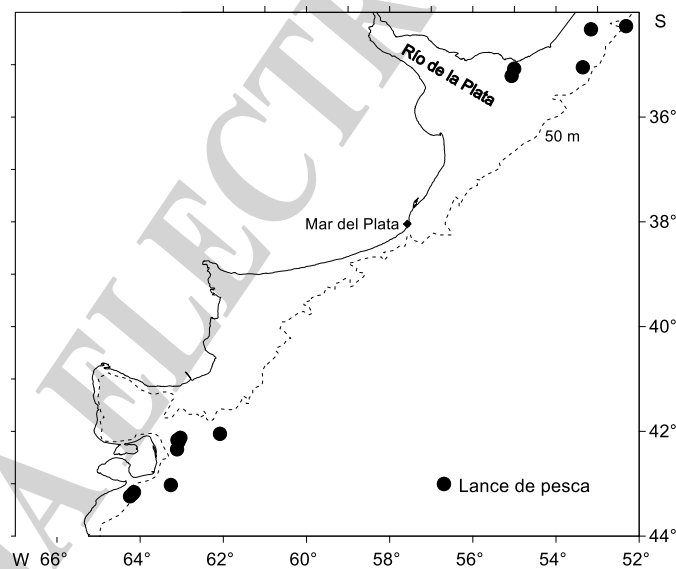


Figura 1. Ubicación de los lances de pesca donde se obtuvieron las muestras.

Una vez separada al azar la muestra de anchoíta, se seleccionaron las hembras adultas y se registraron los siguientes datos en cada ejemplar: longitud total (LT) en milímetros, peso total (PT), peso total viscerado (PE) y peso gonadal (PG) en gramos, y estado de madurez macroscópico. El grado de madurez gonadal se determinó empleando una escala de 5 estadios, validada histológicamente, siguiendo los criterios de (Brown-Peterson et al. 2011): I. inmaduro; II. En desarrollo; III. Con capacidad de desovar; IV. Regresión; V. Reposo. Posteriormente, el ejemplar



seleccionado fue colocado en bolsas de polipropileno cerradas al vacío. Las muestras fueron conservadas en cámara a -22 °C hasta su análisis en el laboratorio.

Se consideraron dos índices que estiman en forma general y aproximada la condición de la hembra y el estadio de madurez. Dichos índices fueron el factor de condición K de Fulton (K) y el índice gonadosomático (IGS), los cuales se calcularon de la siguiente manera:

$$K = \frac{\text{Peso total}}{\text{Longitud total}^3} \times 100 \quad \text{IGS} = \frac{\text{Peso gonadal}}{\text{Peso eviscerado}} \times 100$$

Se midieron componentes bioquímicos: lípidos y contenido de agua (humedad) en diferentes tejidos (gónadas y músculo). La extracción lipídica se realizó por el método Bligh y Dyer modificado por Undeland et al. (1998). La humedad se determinó por diferencia de peso al evaporarse el agua contenida en la muestra mediante convección natural de aire caliente a 105°C hasta peso constante (AOAC, 1995). Las determinaciones fueron expresadas como g/100g de tejido húmedo.

Se realizó un análisis de regresión entre las determinaciones bioquímicas y los atributos maternos y los índices de condición. Las regresiones (lineales o potenciales) se ajustaron utilizando el programa estadístico R (versión 2.15.0). Además, se realizó una comparación de medias (Test *t*) entre los valores de porcentaje de lípidos de la gónada, del músculo y la humedad del músculo de las hembras del *stock* patagónico y bonaerense.

Resultados

A partir del muestreo realizado se observó que los ejemplares de anchoíta del *stock* patagónico fueron más grandes que los del bonaerense (Tabla 1). El rango de tamaños mejor representado de este *stock* estuvo comprendido entre 168 mm y 183 mm (Fig. 2a). Con respecto al *stock* bonaerense, todos los rangos estuvieron representados de manera similar, aunque las frecuencias fueron más bajas (Fig. 2b). Además, en la Tabla 1 se observan los valores máximos y mínimos registrados de las variables morfométricas analizadas.

Tabla 1. Valores máximos y mínimos de las variables morfométricas utilizadas. N: número de ejemplares.

Variables morfométricas	<i>Stock</i> patagónico			<i>Stock</i> bonaerense		
	Mínimo	Máximo	N	Mínimo	Máximo	N
LT (mm)	138	192	86	124	171	22
PT (g)	12,17	47,08	86	9,56	32,55	22
PE (g)	10,79	38,87	86	9,4	28,9	22
PG (g)	0,36	11,34	84	0,34	2,16	18

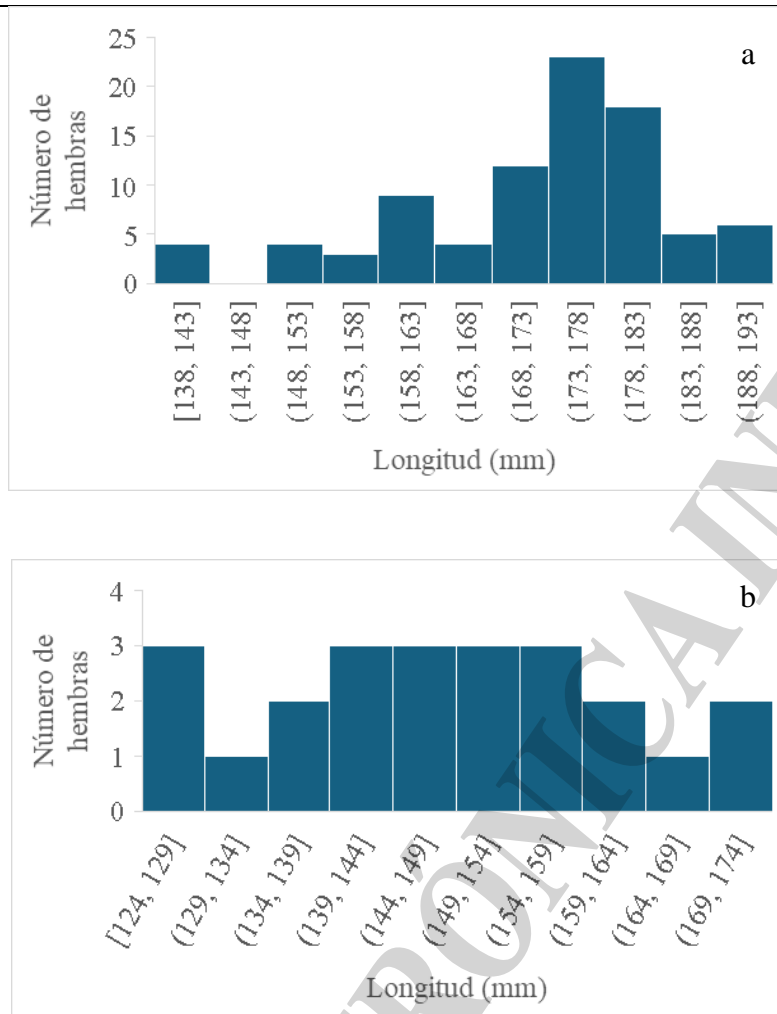


Figura 2. Histograma de frecuencias de longitudes, (a) stock patagónico, (b) stock bonaerense.

En cuanto a los análisis bioquímicos, de acuerdo con los resultados de test t, no se observaron diferencias significativas en los lípidos de la gónada y músculo ni en la humedad en músculo entre las dos poblaciones (Tabla 2). Cabe aclarar que para la comparación lipídica en las gónadas no se tuvieron en cuenta los ovarios hidratados (estadio 3) con el fin de evitar la subestimación lipídica debido al mayor contenido de agua de estos ovarios.

Tabla 2. resultados de la comparación de medias (Test t) entre los lípidos de la gónada, los lípidos del músculo y la humedad del músculo de las hembras del stock patagónico y bonaerense. N: número de ejemplares analizados.

	Lípidos gónada (%)		Lípidos músculo (%)		Humedad músculo (%)	
	patagónico	bonaerense	patagónico	bonaerense	patagónico	bonaerense
N	71	16	86	23	82	22
Máximo	10,1	8,3	11,9	9,5	82,3	76,0
Mínimo	1,7	1,9	1,0	1,6	57,8	68,1
Media	4,7	5,0	4,4	4,0	70,9	70,9
Desvío	1,8	1,6	2,6	2,3	4,2	2,2



En músculo, se analizó la relación entre la humedad y los lípidos, observándose una clara relación negativa entre ambos. Debido a que no hubo diferencias significativas entre las dos poblaciones en ambos componentes se procedió a realizar la regresión utilizando todos los datos en conjunto (Fig. 3).

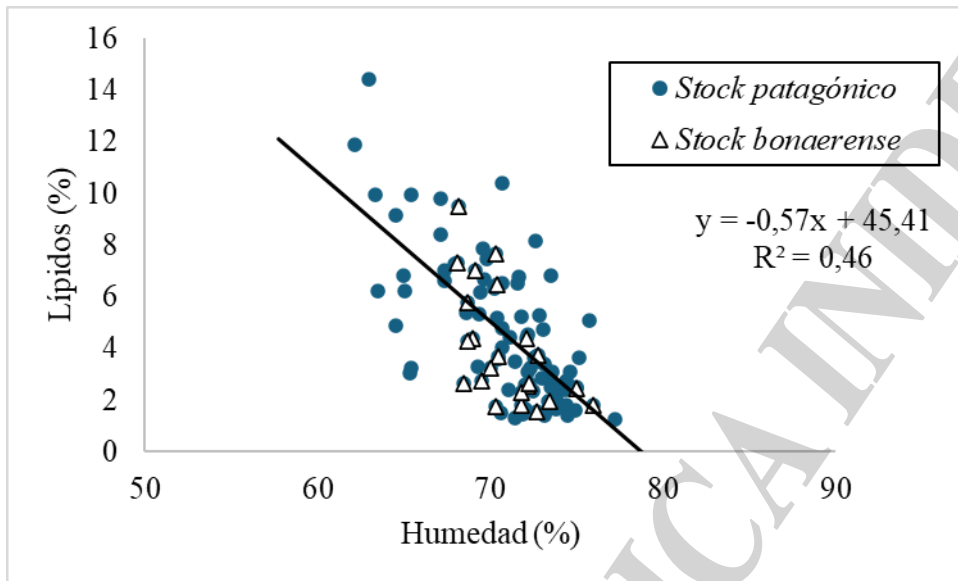


Figura 3. Relación entre los porcentajes de humedad y lípidos en músculo de las anchoítas de ambas poblaciones en conjunto.

En el *stock* patagónico, el contenido lipídico del músculo y los ovarios se relacionó de manera positiva y estadísticamente significativa ($p < 0,05$). Las hembras con mayor cantidad de lípidos en el músculo también presentaban una mayor cantidad en sus gónadas (Fig. 4). No se observó una regresión significativa con respecto al mismo análisis para el sector bonaerense, probablemente debido a la menor cantidad de datos analizados y a la gran variabilidad de los mismos.

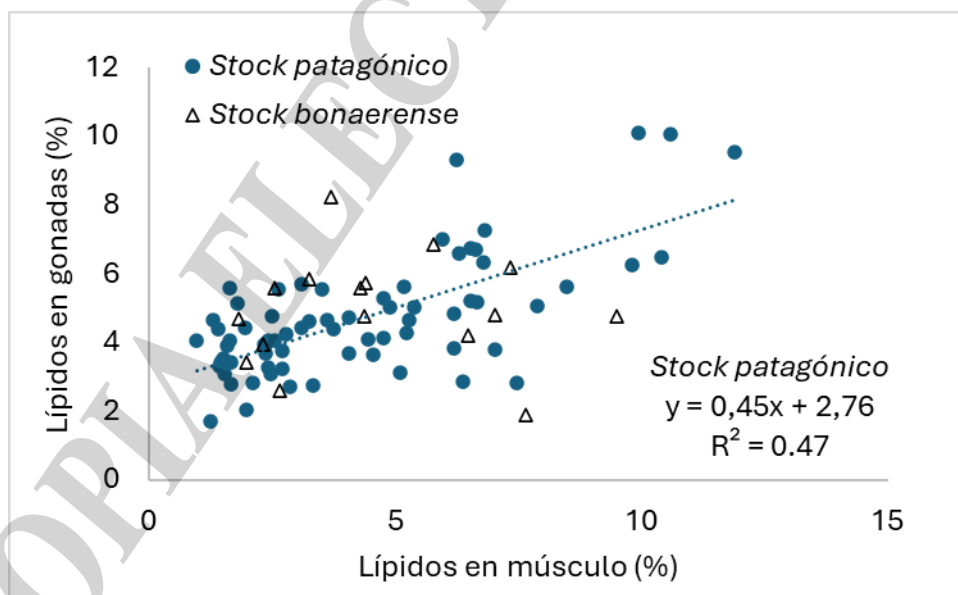


Figura 4. Relación entre el porcentaje de lípidos en músculo y en gónadas de las hembras de anchoíta de los *stocks* patagónico y bonaerense.

En cuanto a la relación con los atributos maternos, tanto los lípidos en músculo como en gónadas no se relacionaron con el peso eviscerado de las hembras (Fig. 5 y 6), es decir que, independientemente del tamaño, los individuos alcanzaron concentraciones lipídicas similares en sus ovocitos.

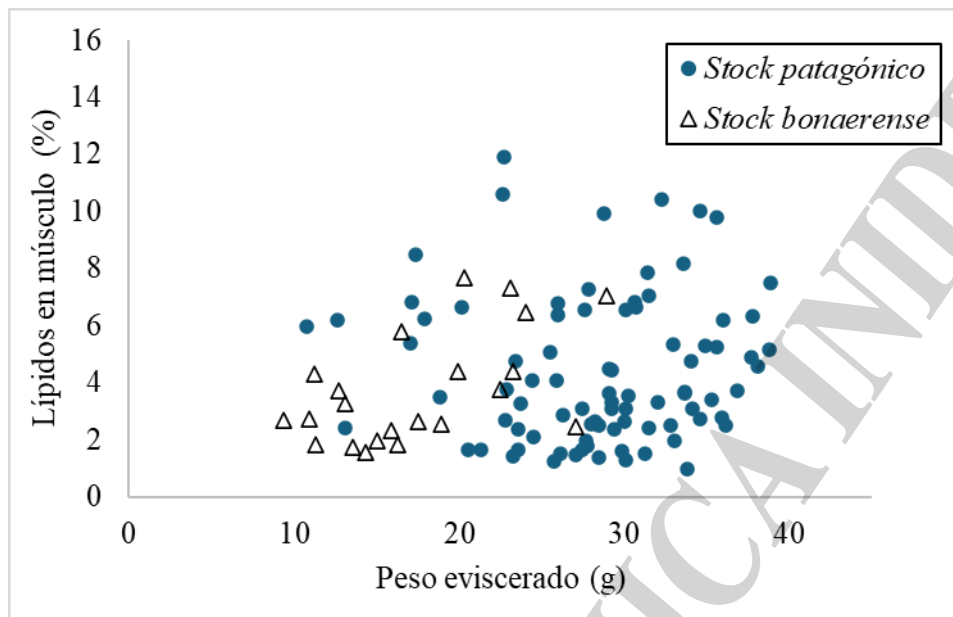


Figura 5. Relación entre el contenido lipídico del músculo y el peso eviscerado de las hembras de anchoíta de los *stocks* patagónico y bonaerense.

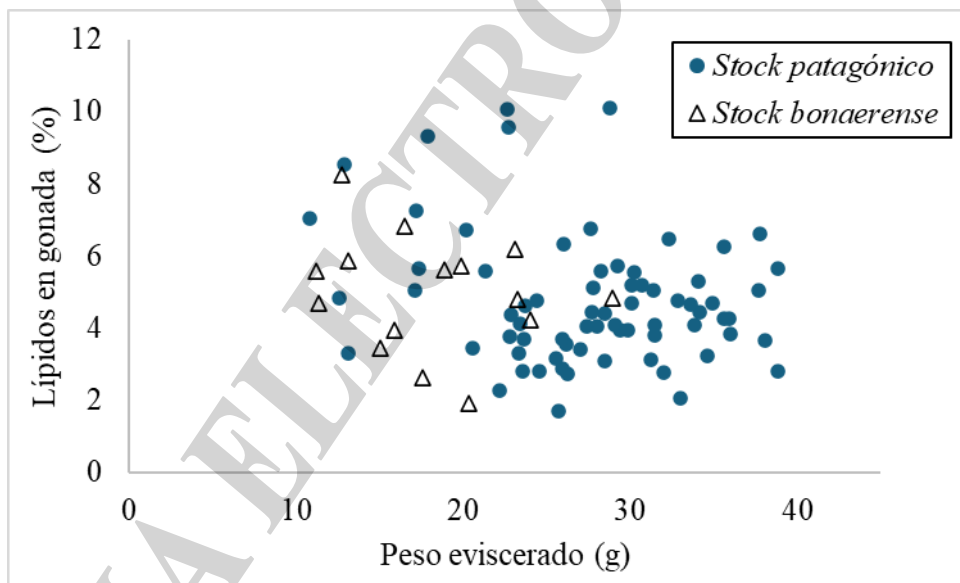


Figura 6. Relación entre el contenido lipídico de las gónadas y el peso eviscerado de las hembras de anchoíta de los *stocks* patagónico y bonaerense.

El factor de condición K reflejó de alguna manera la condición de las hembras. Se observaron relaciones estadísticamente significativas con los lípidos del músculo en las dos poblaciones analizadas (Fig. 7), aunque los coeficientes de determinación fueron bajos, especialmente en la población patagónica ($R^2=0,1$). Por otra parte, el K no se relacionó con los lípidos de las gónadas en ninguna de las dos poblaciones (Fig. 8).

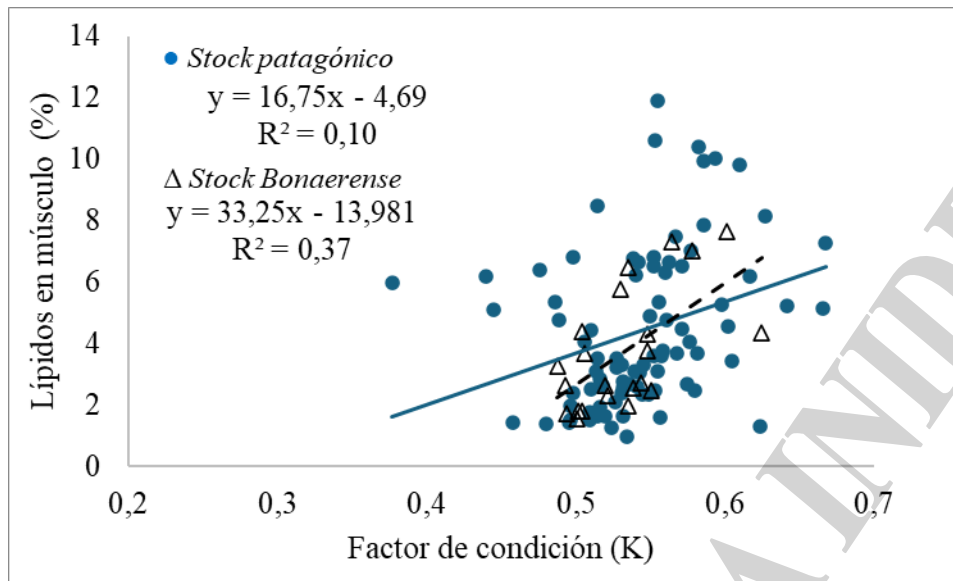


Figura 7. Relación entre el Factor de condición (K) y el contenido lipídico en músculo (línea sólida: *stock* patagónico, línea discontinua: *stock* bonaerense)

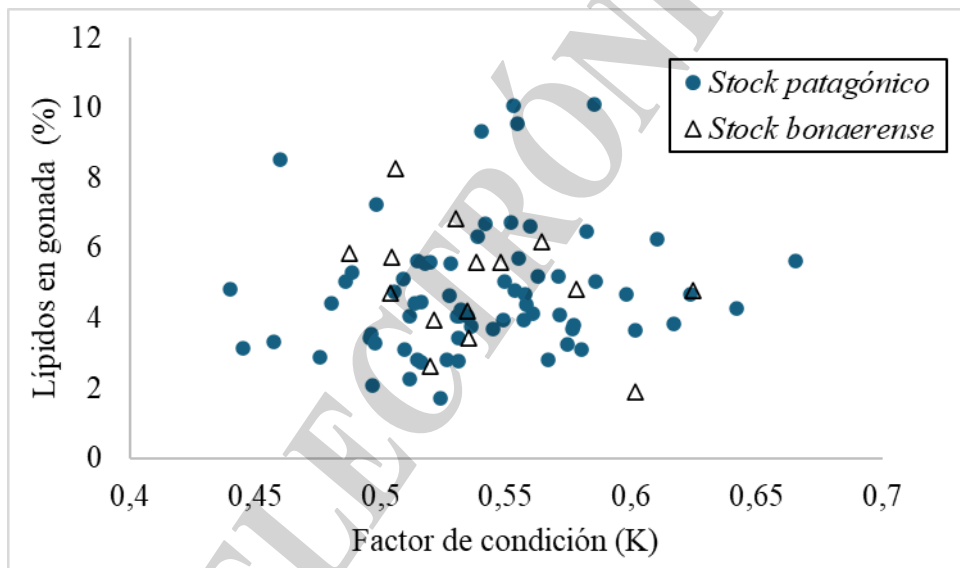


Figura 8. Relación entre el Factor de condición (K) y el contenido lipídico en gónadas de las hembras de anchoíta de los *stocks* patagónico y bonaerense.

El índice gonadosomático no se relacionó con los lípidos de la gónada en ninguna de las dos poblaciones analizadas (Fig. 9).

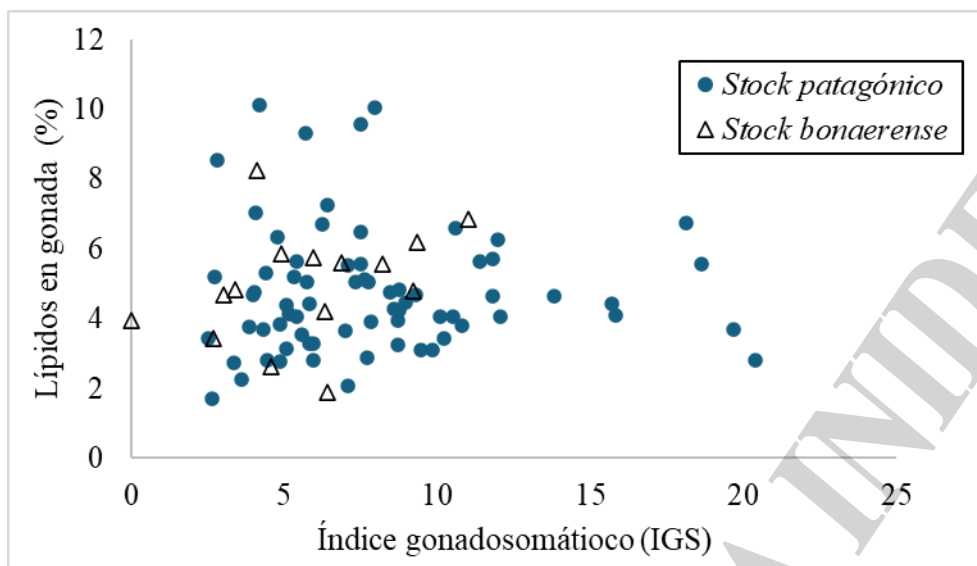


Figura 9. Relación entre el índice gonadosomático (IGS) y el contenido lipídico en las gónadas de las hembras de anchoíta de los *stocks* patagónico y bonaerense.

Discusión

Un rasgo reproductivo bastante general en muchas especies marinas que habitan aguas templado-frías es que suelen desovar durante la primavera o principios de verano, con el fin de sincronizar la eclosión larval con los picos de producción planctónica. Es por ello que, el desarrollo gonadal (crecimiento primario y comienzo de la vitelogénesis ovocitaria), suele ocurrir durante los meses de invierno cuando el alimento en general es escaso (Jobling 1995). Durante este proceso se produce la incorporación de lípidos y proteínas dentro de los ovocitos en crecimiento (Tyler y Sumpter 1996), por lo que es de esperar cambios en los tamaños y en la composición bioquímica en los diversos tejidos u órganos que contienen estas moléculas (Jobling 1995).

A diferencia de lo observado por Massa et al. (2013), quienes registraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido lipídico de anchoítas capturadas en dos zonas latitudinalmente diferentes (entre los 34° 35' S y 40° 19' S), en este estudio no se detectaron diferencias en el contenido lipídico entre las dos zonas estudiadas, aún con mayor diferencia latitudinal que el trabajo mencionado. Dichos autores mencionaron que las diferencias podrían explicarse por el tamaño de los ejemplares, siendo los ejemplares del sector sur más grande y con mayor contenido lipídico que los del norte. En este sentido, en muchas especies de peces se ha señalado que la capacidad de almacenamiento de la energía depende del tamaño corporal, y que la acumulación de lípidos está directamente relacionada con la dieta (Schultz y Conover 1999; Lloret et al. 2008). Por ejemplo, según Bacha y Amara (2009) en su estudio de la dieta de la anchoíta, *Engraulis encrasicolus*, en tres regiones de la costa de Argelia, los hábitos alimentarios cambian cuando aumenta el peso de los ejemplares. Durante el primer año de vida, las anchoítas comen casi exclusivamente copépodos (principalmente presas de tamaño pequeño y mediano); a medida que las anchoítas crecen, los copépodos son gradualmente sustituidos en la dieta por grandes crustáceos como decápodos y anfípodos (Saito y Murata 1998). Sin embargo, en este estudio no se observó un cambio en la concentración lipídica en el músculo debido al aumento del tamaño (tomando como ejemplo al peso eviscerado). Estos resultados indicarían que, en el rango de peso de los ejemplares estudiados, todas las hembras mantendrían una alimentación similar.

En la ciencia pesquera y en los estudios ecológicos, los índices de condición se usan ampliamente para expresar las reservas de energía almacenadas en peces individuales. Sin embargo, es importante



validar el vínculo entre los índices de condición y el contenido de lípidos y proteínas. Como se mencionó anteriormente, la salud de los peces puede evaluarse mediante una amplia variedad de criterios o indicadores, que van desde mediciones básicas utilizadas como estimadores de las reservas de energía, usando índices (biométricos) como el factor de condición y el índice hepatosomático, hasta mediciones bioquímicas más complejas, como la composición proximal (proteína, lípidos, etc.). También se suele utilizar como indicador la evaluación de enfermedades infecciosas (infecciones parasitarias, virósicas, fúngicas o bacterianas), el daño físico, ciertos parámetros sanguíneos, análisis histopatológicos y la relación ARN/ADN (Lloret et al. 2012; Lloret et al. 2014).

Por lo tanto, debido a la falta de información existente, y para poder utilizar los índices de condición como tal, previamente se debe corroborar si estos indicadores estiman la condición real de los individuos. Sobre la base de los resultados de las regresiones lineales simples entre los índices IGS y K y los lípidos en músculo, se pudo observar que el K estimaría parcialmente la condición de los peces. Por otra parte, el IGS, que refleja el estadio de madurez del individuo, no evidenció una relación significativa con la condición nutricional de la hembra.

La humedad suele ser un indicador de la condición nutricional, ya que el agua es un producto de la oxidación de los ácidos grasos y es reemplazada por la incorporación de lípidos de reserva. La mayor parte del peso húmedo del músculo correspondió al agua, representada en promedio por un 70,9%. Tal como se mencionó previamente, el contenido de agua presente en los tejidos sigue una tendencia opuesta al contenido de los componentes orgánicos, debido a que la proporción de agua se incrementa cuando la energía es consumida, y muchas veces es considerada un indicador de la condición de los individuos (Lambert y Dutil 2000; Dutil et al. 2003; Alonso-Fernandez y Saborido-Rey 2011). Es por esta razón que la medición de humedad en los tejidos permite estimar de manera razonable el contenido lipídico presente en los mismos (Yeannes y Almandos 2003; Leonarduzzi et al. 2014; Domínguez-Petit 2007; Lloret et al. 2008; Hartman y Margraf 2008).

Nuestros análisis también revelaron que las hembras que tenían mayores reservas de lípidos en sus músculos también contaron con mayores reservas lipídicas en sus gónadas, lo que indicaría que esas hembras reproductoras tienen una mejor condición energética durante la temporada reproductiva. Estos resultados sugieren además que los peces con mayor energía en sus músculos pueden reproducirse bajo un rango de condiciones ambientales más amplio que los de menor energía, lo cual permite eventualmente desovar en momentos más favorables y brindar más oportunidades de supervivencia de los primeros estadios de vida. La diferencia en la condición nutricional de las hembras de anchoíta podría eventualmente afectar el potencial reproductivo de esta especie. Este es un concepto que en realidad involucra un conjunto de rasgos reproductivos, la mayoría de ellos variables, que incluyen por ejemplo la longitud o edad de primera maduración, la extensión del período reproductivo, fecundidad, frecuencia de puesta, condición de los desovantes, calidad de los huevos, supervivencia larval, etc. Es decir, no se limita sólo al número de ovocitos que producen los ovarios, por tal motivo, es de gran importancia el estudio de los factores que influyen tanto la producción de huevos como la viabilidad de los mismos.

Bibliografía

- Aizpún de Moreno JE, Moreno VJ, Malaspina AM. 1979. Variaciones en la composición bioquímica proximal de la anchoíta durante tres temporadas de pesca (1975-1977). *Rev Invest Desarr Pesq.* 1(1): 44-53.
- Alonso-Fernández A, Saborido-Rey F. 2011. Maternal influence on the variation of the reproductive cycle of *Trisopterus luscus* (Gadidae). *Cienc Mar.* 37: 619-632.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official methods of analysis. 16th ed. Arlington, VA, USA. 1234 p.
- Bacha M, Amara R. 2009. Spatial, temporal and ontogenetic variation in diet of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) on the Algerian coast (SW Mediterranean). *Estuar Coast Shelf Sci.* 85: 257-264.



- Berkeley SA, Chapman C, Sogard SM. 2004a. Maternal age as a determinant of larval growth and survival in a marine fish, *Sebastes melanops*. *Ecology*. 85: 1258-1264.
- Berkeley SA, Hixon MA, Larson RJ, Love MS. 2004b. Fisheries sustainability via protection of age structure and spatial distribution of fish populations. *Fisheries*. 29: 23-32.
- Cardinale M, Arrhenius F. 2000. The relationship between stock and recruitment: are the assumptions valid? *Mar Ecol Prog Ser*. 196: 305-309.
- Domínguez-Petit R. 2007. Study of the reproductive potential of the *Merluccius merluccius* in the Galician shelf. [PhD dissertation]. Vigo: Universidade de Vigo. 253 p. doi:10261/4377.
- Dutil JD, Lambert Y. 2000. Natural mortality from poor condition in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Can J Fish Aquat Sci*. 57(4): 826-836.
- Dutil JD, Lambert Y, Chabot D. 2003. Winter and spring changes in condition factor and energy reserves of wild cod compared with changes observed during food deprivation in the laboratory. *ICES J Mar Sci*. 60: 780-786.
- Fernández Compás AS, Massa AE. 2010. Relación entre la composición química y el área geográfica de captura de la anchoíta bonaerense en la primavera del 2004, 2006 y 2008. *Inf Invest INIDEP*. 43/2010: 17 p.
- Hartman KJ, Margraf FJ. 2008. Common relationships among proximate composition components in fishes. *J Fish Biol*. 73: 2352-2360.
- Hidalgo M, Massutí E, Moranta J, Cartes J, Lloret J, Oliver P, Morales-Nin B. 2008. Seasonal and short spatial patterns in European hake (*Merluccius merluccius* L.) recruitment process at the Balearic Islands (western Mediterranean): The role of environment on distribution and condition. *J Mar Syst*. 71: 367-384.
- Jakob EM, Marshall SD, Uetz GW. 1996. Estimating fitness: a comparison of body condition indices. *Oikos*. 77: 61-67.
- Jobling M. 1995. Environmental biology of fishes. *Fish Fish Ser*. 16. London: Chapman & Hall. 455 p.
- Lambert TC. 1987. Duration and intensity of spawning in herring *Clupea harengus* as related to the age structure of the population. *Mar Ecol Prog Ser*. 39: 209-220.
- Lambert Y, Dutil JD. 2000. Energetic consequences of reproduction in Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning level of somatic energy reserves. *Can J Fish Aquat Sci*. 57(4): 815-825.
- Leonarduzzi L, Rodrigues KA, Macchi GJ. 2014. Proximate composition and energy density in relation to Argentine hake females (*Merluccius hubbsi*) morphometrics and condition indices. *Fish Res*. 160: 33-40.
- Lloret J, Demestre M, Sanchez-Pardo J. 2008. Lipid (energy) reserves of European hake (*Merluccius merluccius*) in the north-western Mediterranean. *Vie Milieu*. 58(1): 75-85.
- Lloret J, Faliex E, Shulman GE, Raga JA, Sasal P, Muñoz M, Casadevall M, Ahuir-Baraja AE, Montero FE, Repullés-Albelda A, Cardinale M, Rätz HJ, Vila S, Ferrer D. 2012. Fish health and fisheries: implications for stock assessment and management. The Mediterranean example. *Rev Fish Sci*. 20: 1-16.
- Lloret J, Shulman GE, Love MR. 2014. Condition and health indicators of exploited marine fishes. UK: John Wiley & Sons. 247 p.
- Longhurst A. 2002. Murphy's law revisited: longevity as a factor in recruitment to fish populations. *Fish Res*. 56: 125-131.
- Macchi GJ, Pájaro M, Ehrlich M. 2004. Seasonal egg production pattern of the Patagonian stock of Argentine hake (*Merluccius hubbsi*). *Fish Res*. 67: 25-38.
- Marshall CT, Kjesbu OS, Yaragina NA, Solemdal P, Ulltang Ø. 1998. Is spawner biomass a sensitive measure of the reproductive and recruitment potential of Northeast Arctic cod? *Can J Fish Aquat Sci*. 55: 1766-1783.
- Marshall CT, O'Brien L, Tomkiewicz J. 2003. Developing alternative indices of reproductive potential for use in fisheries management: case studies for stocks spanning an information gradient. *J Northwest Atl Fish Sci*. 33: 161-190.



- Marteinsdottir G, Begg GA. 2002. Essential relationships incorporating the influence of age, size and condition on variables required for estimation of reproductive potential in Atlantic cod *Gadus morhua*. Mar Ecol Prog Ser. 235: 235-236.
- Marteinsdottir G, Thorarinsson K. 1998. Improving the stock-recruitment relationship in Icelandic cod (*Gadus morhua* L.) by including age diversity of spawners. Can J Fish Aquat Sci. 55: 1372-1377.
- Massa AE, Fernández Compás AS, Pennisi Farell SC, Manca EA. 2013. Composición química y perfil de ácidos grasos de la anchoíta bonaerense en función del tamaño de los ejemplares y la zona de pesca. Rev Invest Desarr Pesq. 23: 161-174.
- Massa AE, Fernández Compás AS, Yeannes M, Manca EA. 2009. Determinación de la composición química y ácidos grasos de *Engraulis anchoita* en función de la zona de captura y algunas variables biológicas. Actas del XII Congreso CYTAL-AATA, Facultad de Ciencias de la Alimentación, UNER, Entre Ríos, Argentina.
- Palumbi SR. 2004. Why mothers matter. Nature. 430: 621-622.
- Pedersen T. 1984. Variation in the peak spawning of Arcto-Norwegian cod (*Gadus morhua* L.) during the time period 1929-1982 based on indices estimated from fishery statistics. Flødevigen rapportserie. 301-316 p.
- R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Available from: <http://www.R-project.org>
- Rätz HJ, Lloret J. 2003. Variation in fish condition between Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks, the effect on their productivity and management implications. Fish Res. 60: 369-380.
- Saito H, Murata M. 1998. Origin of the monoene fats in the lipid of midwater fishes: relationship between the lipids of myctophids and those of their prey. Mar Ecol Prog Ser. 168: 21-33.
- Schulte-Hostedde AI, Zinner B, Millar JS, Hickling GJ. 2005. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. Ecology. 86: 155-163.
- Schultz ET, Conover DO. 1999. The allometry of energy reserve depletion: test of mechanism for size-dependent winter mortality. Oecologia. 119: 474-483.
- Scott BE, Marteinsdottir G, Wright PJ. 1999. Potential effects of maternal factors on spawning stock-recruitment relationships under varying fishing pressure. Can J Fish Aquat Sci. 56: 1882-1890.
- Shulman GE, Love RM. 1999. The biochemical ecology of marine fishes. Adv Mar Biol. 36: 350 p.
- Trippel EA, Kjesbu OS, Solemdal P. 1997. Effects of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes. En: Chamber R, Trippel A, editores. Early life history and recruitment in fish populations. London (UK): Chapman and Hall. p. 31-62.
- Tyler CR, Sumpter JP. 1996. Oocyte growth and development in teleosts. Rev Fish Biol Fish. 6: 287-318.
- Undeland I, Harrod M, Lingnert H. 1998. Comparison between methods using low-toxicity solvents for the extraction of lipids from herring (*Clupea harengus*). Food Chem. 61: 355-365.
- Wootton RJ. 1990. Ecology of teleost fishes. London (UK): Chapman and Hall. 404 p.
- Yeannes MI, Almandos ME. 2003. Estimation of fish proximate composition starting from water content. J Food Compos Anal. 16: 81-92.