



**INIDEP**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN  
Y DESARROLLO PESQUERO

# INFORME DE INVESTIGACIÓN

Número

052

Páginas

15

Fecha de aprobación

06 JUN 2018

Dirección

DIRECCIÓN DE PESQUERIAS DE INVERTEBRADOS, PECES  
PELAGICOS Y AMBIENTE MARINO

Programa / Gabinete

Medio Ambiente - Dinámica del Plancton Marino y Cambio Climático

Actividad

DPC 15.- Estudios de la condición nutricional de larvas de anchoíta.  
(EPEA)

## COMPARACIÓN ESTACIONAL DE LA CONDICIÓN NUTRICIONAL DE LARVAS DE ANCHOÍTA EN LA ESTACIÓN PERMANENTE DE ESTUDIOS AMBIENTALES. PERIODO 2003-2017

En este trabajo se estimó la condición nutricional de larvas de *Engraulis anchoita* empleando técnicas morfométricas. El estudio de la condición nutricional permite determinar el estado fisiológico de las larvas que es reflejo de las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestas. El material utilizado proviene de la Estación Permanente de Estudios Ambientales (EPEA) recolectado en 52 campañas durante el período 2003-2017. A cada campaña se le asignó una estación de año calendario. Las larvas recolectadas en la EPEA fueron fijadas a bordo en formaldehído 5% en agua de mar. Posteriormente, a cada larva se le midieron seis variables morfométricas: largo estándar (LS), ancho del cuerpo a nivel del cleitro (ACCI), ancho del cuerpo posterior al ángulo pectoral (ACPAP), ancho del cuerpo en la zona del ano (ACAN), largo de la cabeza (LCAB) y diámetro del ojo (DO). Se estudió la condición de los ejemplares mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) a lo largo del periodo estudiado, empleando las variables morfométricas normalizadas por la talla de las larvas. El ACP reveló que en otoño se hallan larvas de mayor talla y mayor ancho del cuerpo. Se determinó también el cociente ACAN/LS para cada ejemplar, observándose una media significativamente mayor durante el otoño (ANOVA  $F=56,97$ ;  $n=1208$ , Tukey  $p<0,0001$ ). Al estudiar la serie temporal se observó que el cociente ACAN/LS obtenido para las larvas de primavera era más variable que el correspondiente a las larvas de otoño. Durante el otoño las densidades de larvas fueron intermedias, detectándose los máximos valores durante la primavera. La comparación estacional de la condición nutricional de las larvas de *E. anchoita* permite determinar periodos de cría favorables para la especie y el estudio a largo plazo permitirá evaluar el posible efecto del cambio climático sobre el inicio de la ontogenia de esta especie.

Citar Indicando la fuente. El contenido no debe ser reproducido total o parcialmente sin la expresa conformidad del INIDEP

Institución

Cargo

SOLICITADO POR

PREPARADO POR

Firma:

Nombre: DIAZ, MARINA VERA

Firma:

Nombre: VALENCIA CARRASCO,  
CONSTANZA

Firma:

Nombre: NEGRI, RUBEN MARIO

APROBADO POR

Jefe de Programa / Gabinete

Dr. MARCELO PAJARO  
A/C DIRECCIÓN  
Pesquerías de Invertebrados,  
Peces Pelágicos y Ambiente Marino  
Director de área

Director Nacional de Investigación

Dr. OTTO C. WOHLER  
DIRECTOR  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION  
Y DESARROLLO PESQUERO  
INIDEP

Director del INIDEP



## COMPARACIÓN ESTACIONAL DE LA CONDICIÓN NUTRICIONAL DE LARVAS DE ANCHOÍTA EN LA ESTACIÓN PERMANENTE DE ESTUDIOS AMBIENTALES. PERIODO 2003-2017.

Marina Vera Diaz<sup>1,2</sup>, Constanza Valencia Carrasco<sup>1</sup> y Rubén Negri<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata (FCEyN, UNMdP)

### Introducción

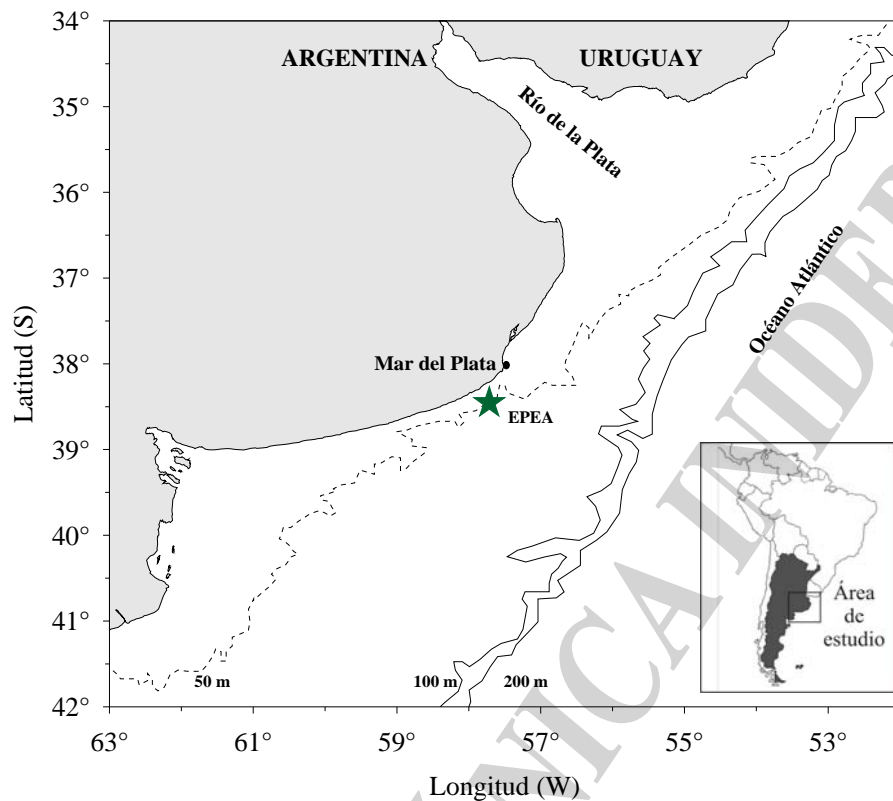
Los peces desovan, generalmente, en relación con los ciclos de producción primaria y secundaria y, consecuentemente, las abundancias del ictioplancton fluctúan a lo largo del año (Govoni, 2005). La mortalidad en los estadios embrionarios y larvales es uno de los principales determinantes de la abundancia de una cierta clase anual (Ciechomski et al., 1981), siendo tanto factores bióticos (inanición y predación) como abióticos (esencialmente hidrográficos) los que afectan la supervivencia de éstos. Ciertos factores, como la predación, son difíciles de medir; en contraste, la mortalidad por inanición puede ser estudiada a partir de la condición nutricional de las larvas. Sin embargo, es necesario tener presente que larvas no saludables pueden experimentar mayor mortalidad por predación o transporte hacia zonas desfavorables (Theilacker, 1978; Ferron y Leggett, 1994; Suthers, 1998).

La condición nutricional de las larvas es reflejo de las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestas, siendo útil su estudio para evaluar el estado fisiológico de las mismas. El seguimiento del estado larval a lo largo del tiempo permite detectar áreas y épocas favorables de supervivencia y crecimiento, brindando herramientas para el manejo de una población sometida a explotación pesquera ya que permite establecer periodos de veda apropiados.

La anchoíta Argentina, *Engraulis anchoita* (Hubbs y Marini, 1935) representa, en términos de la biomasa, el recurso pesquero de mayor importancia del Atlántico Sudoccidental (Hansen, 2004). Además cumple un papel central como soporte en la cadena trófica de diversas especies de gran importancia comercial (Angelescu, 1982; Hansen, 2000). Esta especie desova entre los 24° y 48°S, distinguiéndose dos poblaciones, una frente a la costa de la provincia de Buenos Aires (población norte) y otra en el sector norpatagónico (población sur). La población norte, que será objeto de estudio en este trabajo, presenta actividad reproductiva durante todo el año con un máximo en octubre y un pico secundario durante el otoño (Ciechomski, 1967; Ciechomski et al., 1986).

La Estación Permanente de Estudios Ambientales (EPEA), es una estación fija de muestreo en el marco del Proyecto "Dinámica del Plancton Marino y Cambio Climático" (DiPlaMCC) incluido en el Programa "Ambiente Marino" del INIDEP. El principal objetivo de este proyecto es el estudio a largo plazo de las variaciones en la comunidad del plancton (incluyendo bacterioplancton, fitoplancton, zooplancton e ictioplancton) en relación con los factores ambientales (físicos y químicos), así como detectar posibles patrones temporales predecibles. La EPEA se encuentra localizada a aproximadamente 13,5 millas náuticas (mn) de Miramar y a 27 mn de la ciudad de Mar del Plata (38°28'S-57°41'W, figura 1).

El objetivo del presente trabajo es estimar la condición nutricional de larvas de *E. anchoita* empleando técnicas morfométricas. Éstas se basan en el hecho de que las larvas que se encuentran en una condición deficiente son típicamente más delgadas, poseen un menor peso para una talla determinada y presentan una forma del cuerpo irregular con respecto a las larvas más saludables.



**Figura 1:** Sitio de estudio: Estación Permanente de Estudios Ambientales, 38°28'S-57°41'W (EPEA)

## Materiales y métodos

### Obtención de las muestras

El material utilizado proviene de la Estación Permanente de Estudios Ambientales (EPEA) recolectado en 52 campañas durante el período 2003-2017 (Tabla 1). Las muestras de plancton fueron colectadas mediante lances oblicuos con una red Bongo con malla de 300  $\mu\text{m}$  desde una profundidad de 40 metros a la superficie. Se colocó un flujómetro en la boca de la red para calcular el volumen de agua filtrada durante el arrastre. Las muestras fueron fijadas con formaldehído al 5% en agua de mar.

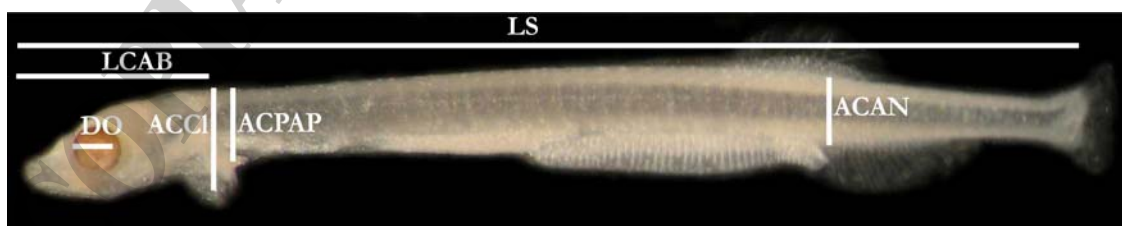
Se le asignó un día juliano a cada muestra, de acuerdo con la fecha en la que fue recolectada. Dado que la serie temporal es extensa, se consideró al día juliano de manera dependiente al año correspondiente.

**Tabla 1:** Detalle de las muestras utilizadas en este estudio, provenientes de campañas realizadas a la EPEA entre los años 2003 y 2017.

Campaña	Fecha	Estación	Campaña	Fecha	Estación
OB0103	27/03/2003	otoño	CC0906	30/10/2006	primavera
OB0303	16/05/2003	otoño	CC1206	29/11/2006	primavera
CC0303	02/07/2003	invierno	CC0107	01/03/2007	verano
CC0403	17/09/2003	invierno	CC0607	17/10/2007	primavera
CC0503	03/10/2003	primavera	OB0108	10/10/2008	primavera
CC0603	04/11/2003	primavera	OB0408	17/12/2008	primavera
CC0803	03/12/2003	primavera	CC0109	12/02/2009	verano
CC1003	18/12/2003	primavera	OB0409	23/03/2009	otoño
CC0104	12/01/2004	verano	OB0609	29/04/2009	otoño
CC0204	06/02/2004	verano	CC0809	10/06/2009	otoño
CC0604	28/04/2004	otoño	CC0909	26/06/2009	invierno
CC0804	28/05/2004	otoño	CC1109	06/08/2009	invierno
CC1004	28/06/2004	invierno	PD0510	05/07/2010	invierno
CC1204	21/07/2004	invierno	CC0110	19/08/2010	invierno
CC1404	31/08/2004	invierno	CC0510	08/10/2010	primavera
CC1704	24/09/2004	primavera	CC1010	28/12/2010	verano
CC0105	04/03/2005	verano	CC0311	27/01/2011	verano
CC0305	22/03/2005	otoño	OB0611	17/06/2011	otoño
CC0405	01/07/2005	invierno	OB0413	05/07/2013	invierno
CC0505	17/08/2005	invierno	AH0215	09/02/2015	verano
CC0705	15/09/2005	invierno	AH0315	28/04/2015	otoño
CC0905	28/10/2005	primavera	EH0116	06/10/2016	primavera
CC1005	22/11/2005	primavera	AH0716	12/10/2016	primavera
CC0206	15/02/2006	verano	AH0516	01/09/2016	invierno
CC0406	22/04/2006	otoño	PD0616	07/11/2016	primavera
CC0706	05/09/2006	invierno	EH0117	02/02/2017	verano

#### Tratamiento de las muestras en el laboratorio

Las muestras fueron analizadas bajo lupa binocular estereoscópica, separándose el ictioplancton del resto del plancton. Las larvas de anchoíta que no mostraron indicios de reserva vitelina (N=1208) fueron fotografiadas y medidas empleando una lupa Carl Zeiss equipada con analizador de imágenes y software AxioVision. De acuerdo a Díaz et al. (2009) se registraron las variables que se indican en la figura 2: Largo estándar (LS), Largo de la cabeza (LCAB), Ancho del cuerpo a nivel del cleitro (ACCI), Ancho del cuerpo posterior al ángulo pectoral (ACPAP), Ancho del cuerpo en la zona del ano (ACAN) y Diámetro del ojo (DO). Cuando el ojo se observó algo ovalado, el DO fue considerado como el promedio entre el diámetro máximo y el mínimo registrados.



**Figura 2:** Larva de anchoíta de 12 mm LS. Se indican las variables morfológicas empleadas. LS: Largo estándar, LCAB: Largo de la cabeza, ACCI: Ancho del cuerpo a nivel del cleitro, ACPAP: Ancho del cuerpo posterior al ángulo pectoral, ACAN: Ancho del cuerpo en la zona del ano, DO: Diámetro del ojo.



### Análisis estadístico

Se determinó el cociente ACAN/LS para cada ejemplar y se comparó mediante un ANOVA, seguido de comparaciones de Tukey cuando se encontraron diferencias significativas.

Con el fin de determinar si existieron diferencias morfológicas entre individuos durante las distintas estaciones del año y entre años, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para evaluar el comportamiento de todas las variables morfométricas. Para esto, previo al ACP las variables fueron normalizadas por la talla según la ecuación 1 de acuerdo a Leonart et al. (2000) y Diaz (2010). Este método de normalización se basa en la estandarización de todas las variables morfométricas obtenidas a una talla hipotética de referencia (LS<sub>0</sub>), teniendo en cuenta las relaciones alométricas entre esas variables y el largo estándar de las larvas, empleando la ecuación potencial 2.

$$VM_{-N} = VM_i \left[ \frac{LS_0}{LS_i} \right]^b$$
 **Ecuación 1:** Variable morfométrica normalizada (VM<sub>-N</sub>), donde, VM<sub>i</sub> valor de una cierta variable morfométrica del individuo i con un largo estándar LS<sub>i</sub>; LS<sub>0</sub>: largo estándar de referencia; b: coeficiente alométrico.

Para obtener una cierta variable morfométrica normalizada (VM<sub>-N</sub>) se aplicó la ecuación 1 a cada variable (VM<sub>i</sub>) correspondiente a una larva "i" de LS<sub>i</sub> (mm) que fue estandarizada a una talla de referencia de 7 mm (LS<sub>0</sub>) utilizando el coeficiente alométrico b obtenido a partir de la ecuación 2 para la variable en cuestión y el LS.

$$VM = aLS^b$$
 **Ecuación 2:** Ecuación potencial para la relación largo estándar (LS) y las variables morfométricas de los ejemplares (VM).

De este modo, un dato particular observado (LS<sub>i</sub>; VM<sub>i</sub>) se convierte en un valor teórico (LS<sub>0</sub>; VM<sub>-N</sub>). Esta nueva variable obtenida VM<sub>-N</sub> es independiente de la talla del individuo, de modo que las variaciones observadas en la forma de los ejemplares se deben a su condición física, y no a su talla.

### **Resultados**

Durante el otoño se encontraron las larvas con mayor rango de tallas con respecto a las otras estaciones del año (Figuras 3 y 4). El LS de otoño durante todo el periodo estudiado varió entre 2,56-23,55 mm, presentando un promedio de 7,62±3,33 mm. Las tallas registradas durante la primavera se encontraron comprendidas entre 2,75-14,01 mm LS con un promedio de 5,40±2,12 mm. El invierno presentó un rango de tallas entre 2,59-15,67 mm y un promedio de 5,65±2,40 mm. Por último, en verano las larvas presentaron un rango comprendido entre 2,56-12,36 mm y un promedio de 9,14±20,27 mm.

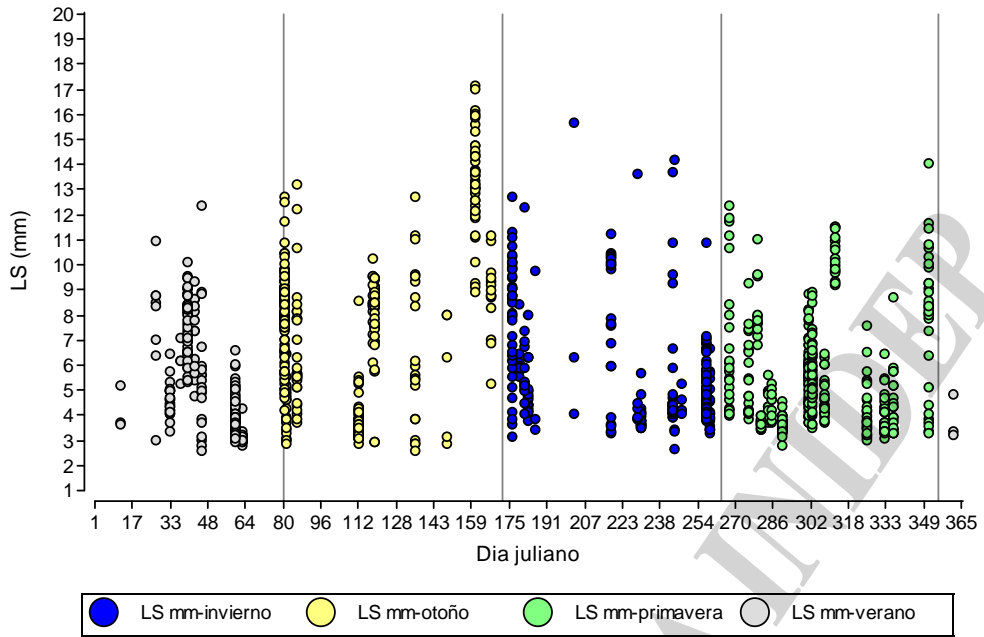


Figura 3. Distribución de las tallas de larvas de anchoíta por día juliano durante el periodo 2003-2017. Los colores indican la estación calendario del año.

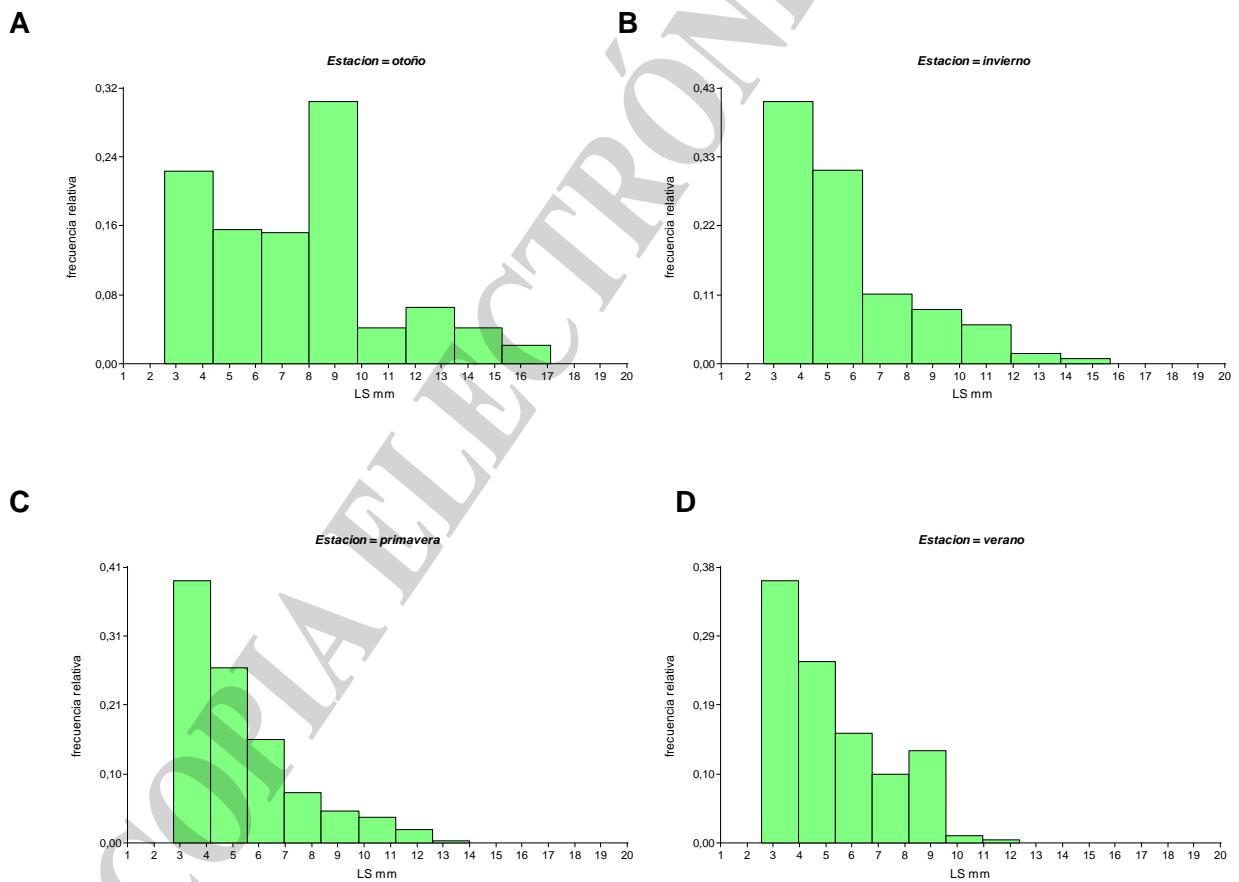
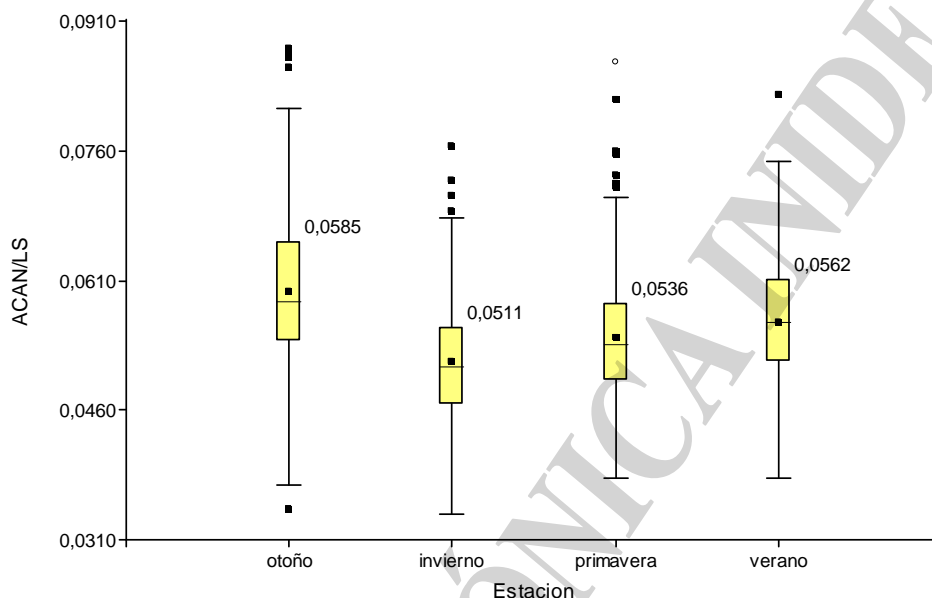


Figura 4. Frecuencia relativa de tallas de larvas de anchoíta por estación del año durante el periodo 2003-2017 para cada estación calendario: (A) Otoño, (B) Invierno, (C) Primavera y (D) Verano.

Se compararon los valores medios del cociente ACAN/LS obtenidos para cada estación del año mediante un ANOVA, seguido de comparaciones de Tukey observándose diferencias significativas entre estaciones del año ( $F=56.97$ ;  $n=1208$ ;  $p<0.001$ , Tabla 2). El valor medio obtenido para el otoño fue significativamente superior a las restantes estaciones y el obtenido para el invierno fue el menor (Figura 5, Tabla 2). En el panel superior de la Figura 6 se muestran los datos por individuo y en el panel inferior la media por día juliano con su respectivo desvío estándar. Se observa, en general, para el cociente ACAN/LS una tendencia ascendente en otoño y primavera y una tendencia descendente en invierno respecto del avance de la estación del año.



**Figura 5.** Variación del cociente ACAN/LS con su respectivo valor medio. Los datos corresponden al periodo estudiado (2003-2017).

**Tabla 2.** Test de Tukey para las estaciones del año. Letras diferentes indican diferencias altamente significativas ( $p<0.01$ )

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ACAN/LS $\mu\text{m}$	1207	0,13	0,13	13,78

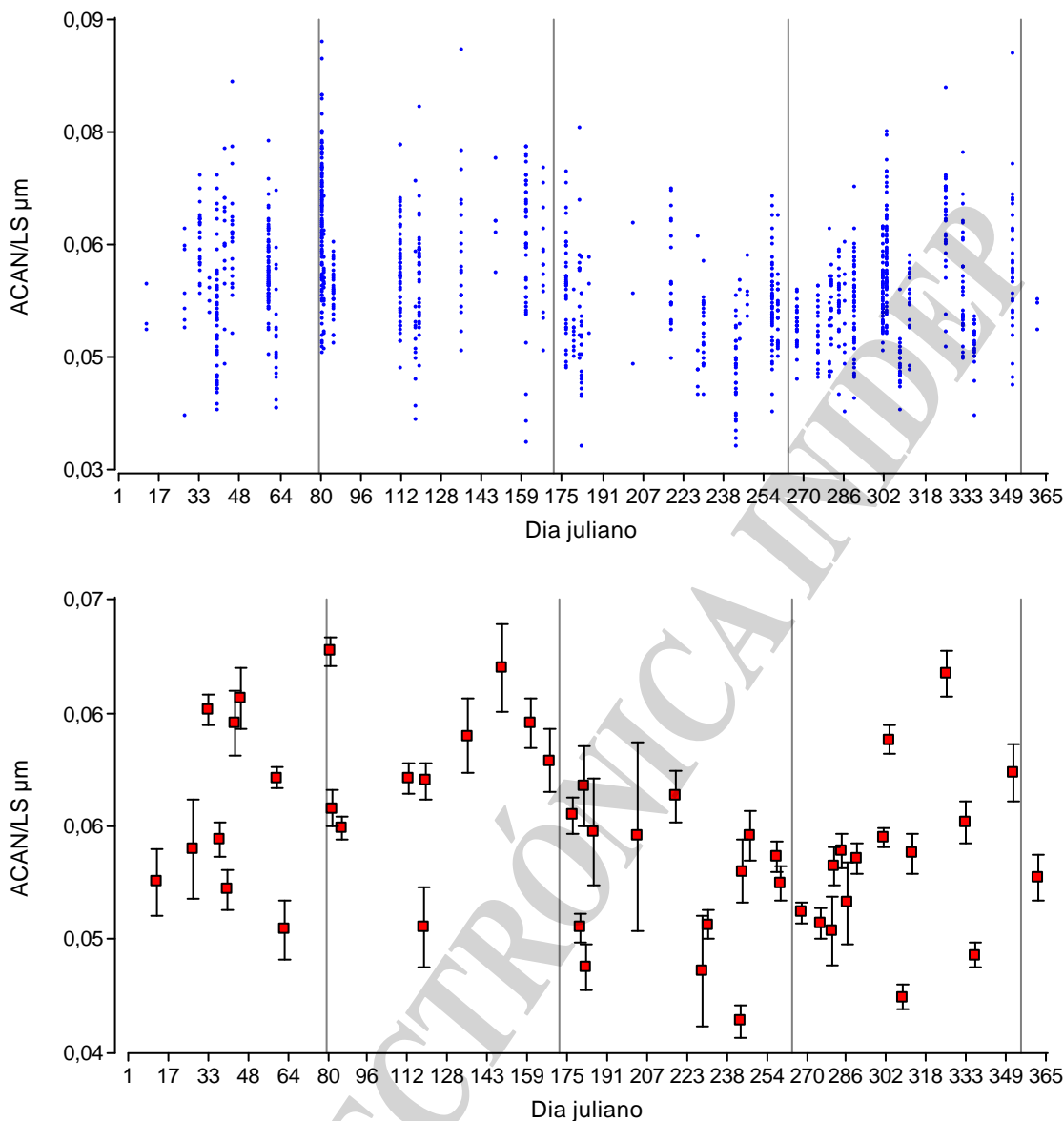
#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	3	3,6E-03	60,66	<0,0001
Estacion	0,01	3	3,6E-03	60,66	<0,0001
Error	0,07	1203	5,9E-05		
Total	0,08	1206			

#### Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=0,00202

Error: 0,0001 gl: 1203

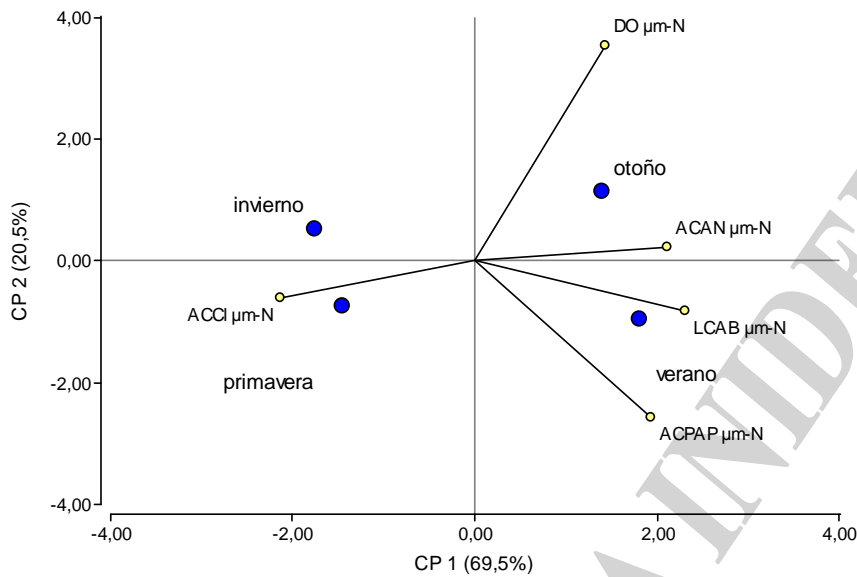
Estacion	Medias	n	E.E.	
invierno	0,0511	246	4,9E-04	A
primavera	0,0536	412	3,8E-04	B
verano	0,0562	212	5,3E-04	B
otoño	0,0585	337	4,2E-04	C



**Figura 6.** Variación del cociente ACAN/LS en función del día juliano. En el panel superior se muestran los datos por individuo y en el panel inferior la media por día juliano con su respectivo desvío estándar. Las líneas verticales separan las estaciones del año.

Se estudió la condición de los ejemplares mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) a lo largo del periodo estudiado. Para ello, previo al ACP, todas las variables morfométricas fueron estandarizadas a una talla de referencia de 7 mm. En la figura 7 se muestra el Gráfico biplot del ACP obtenido empleando las variables morfométricas normalizadas. Los primeros dos componentes principales del análisis explicaron el 90% de la variabilidad observada (tabla 3). Las variables que caracterizaron positivamente al CP1 fueron los anchos del cuerpo (ACPAP y ACAn) largo de la cabeza y el diámetro del ojo. Los anchos del cuerpo son las variables más relacionadas con la condición y las que explicaron la mayor parte de la variabilidad observada para el primer componente principal. El CP2 fue explicado positivamente por la altura del cuerpo al nivel del ano y el diámetro del ojo y negativamente por los anchos del cuerpo a nivel del cleitro y posterior a la aleta pectoral.

El ACP reveló que las larvas recolectadas en otoño, primavera y verano estaban caracterizadas por mayores anchos del cuerpo.



**Figura 7.** Gráfico Biplot de los dos primeros componentes principales obtenidos del ACP realizado empleando las variables morfométricas registradas en las larvas de anchoíta. Los vectores indican dirección y tasa de cambio de cada una de las variables. Los datos fueron agrupados por estación del año (círculos azules). LCab: Largo de la cabeza, ACCI: Ancho del cuerpo a nivel del cleitro, ACPAP: Ancho del cuerpo posterior al ángulo pectoral, ACAN: Ancho del cuerpo en la zona del ano, DO: Diámetro del ojo. -N: indica que las variables morfométricas fueron normalizadas.

**Tabla 3:** Autovalores y autovectores obtenidos en el análisis de componentes principales empleando las variables morfométricas normalizadas para las larvas colectadas en la EPEA.

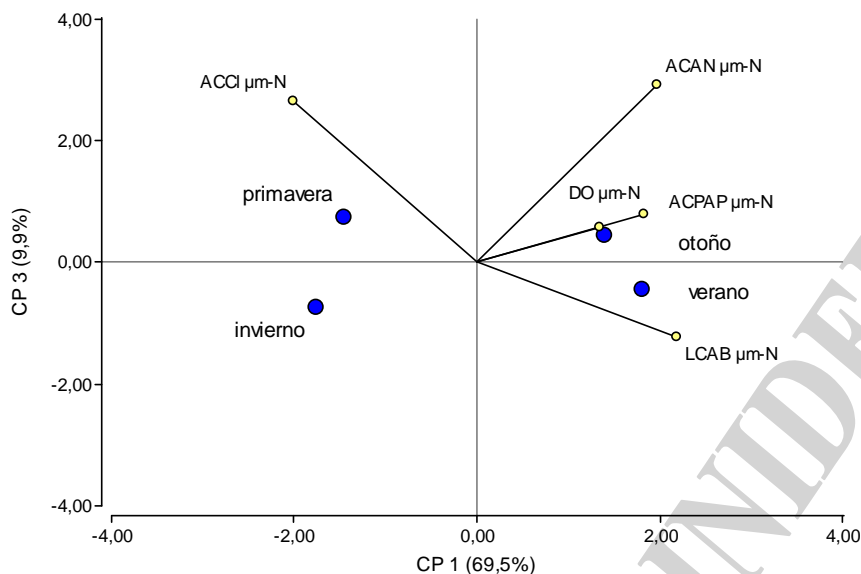
#### Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	3.48	0.70	0.70
2	1.03	0.21	0.90
3	0.50	0.10	1.00
4	0.00	0.00	1.00
5	0.00	0.00	1.00

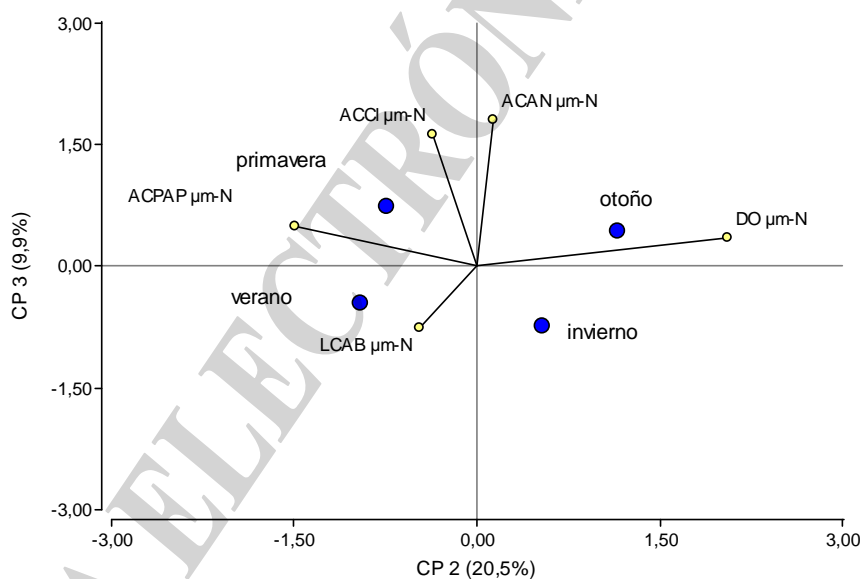
#### Autovectores

Variables ( $\mu\text{m}$ )	CP1	CP2	CP3
ACCI $\mu\text{m-N}$	-0,48	-0,14	0,62
ACPAP $\mu\text{m-N}$	0,43	-0,57	0,19
ACAN $\mu\text{m-N}$	0,47	0,05	0,69
LCAB $\mu\text{m-N}$	0,52	-0,18	-0,29
DO $\mu\text{m-N}$	0,32	0,79	0,14

El CP3 explicó el 10% de la variabilidad observada (Tabla 3, Figuras 8 y 9). En todos los gráficos biplot se observa que las larvas recolectadas en el invierno estuvieron caracterizadas por las menores magnitudes en todas las variables. De este modo podría considerarse que en esta estación del año se encontrarían en una pobre condición nutricional en comparación con las larvas colectadas en las otras estaciones del año.



**Figura 8.** Gráfico Biplot de los componentes 1 y 3 obtenidos del ACP realizado empleando las variables morfométricas registradas en las larvas de anchoíta. Los vectores indican dirección y tasa de cambio de cada una de las variables. Los datos fueron agrupados por estación del año (círculos azules).



**Figura 9.** Gráfico Biplot de los componentes 2 y 3 obtenidos del ACP realizado empleando las variables morfométricas registradas en las larvas de anchoíta. Los vectores indican dirección y tasa de cambio de cada una de las variables. Los datos fueron agrupados por estación del año (círculos azules).

## Discusión

Las técnicas morfométricas representan una herramienta sencilla de obtener que no requiere equipamiento sofisticado ni costoso con una gran potencialidad para el estudio de la condición nutricional de las larvas de peces (Diaz et al., 2009). Esta metodología se basa en que las larvas que se encuentran en una condición deficiente son típicamente más delgadas y poseen un menor peso para una talla determinada y presentan una forma del cuerpo irregular con respecto a las larvas más saludables o en mejor condición (Ciechowski et al., 1986; Ferron y Leggett, 1994). Por otra parte, la altura del cuerpo a nivel del cleitro (como ha sido registrada en este estudio) incluye, entre otras estructuras, la altura del tubo digestivo y del hígado, tejidos que han demostrado ser altamente sensibles a la condición larval (Theilacker, 1978).

En el análisis de componentes principales se observó que las larvas obtenidas en invierno estaban caracterizadas por valores menores de las variables relacionadas con la condición nutricional: ancho del cuerpo a nivel del cleitro (ACCI-N), ancho del cuerpo posterior al ángulo pectoral (ACPAP-N) y ancho del cuerpo en la zona del ano (ACAN-N) lo que daría evidencias de una condición menos favorable con respecto a las larvas recolectadas en las restantes estaciones del año. Cabe mencionar que se ha observado un gradiente continuo en la condición de las larvas provenientes de las diferentes estaciones del año, debido a la gran variabilidad individual que presentan las larvas en el mar. Sin embargo, el estudio morfométrico permitió distinguir que las larvas recolectadas en el invierno presentaron una condición nutricional más pobre con respecto de las obtenidas en las restantes estaciones del año. Adicionalmente el cociente ACAN/LS medio obtenido para el invierno fue significativamente menor con respecto a las otras estaciones del año. Por el contrario, el ACAN/LS medio obtenido para las larvas recolectadas durante el otoño fue el mayor registrado. Al estudiar la serie temporal se observó que el cociente ACAN/LS obtenido para las larvas de primavera era más variable que el correspondiente a las larvas de otoño.

Leonarduzzi *et al.* (2017), quienes estudiaron la densidad de huevos y larvas de anchoíta en la EPEA para el periodo 2000-2017, determinaron que las densidades de larvas de anchoíta resultaron significativamente mayores en primavera con respecto a las densidades registradas en invierno (tabla 4). En otoño se observaron densidades intermedias de larvas de esta especie.

**Tabla 4:** Densidades promedio y condición de larvas de anchoíta obtenidas en las diferentes estaciones del año en la EPEA. Estado de condición nutricional obtenida mediante estudios morfométricos, empleando Análisis de Componentes Principales (ACP), y mediante estudios bioquímicos, empleando el índice ARN/ADN estandarizado (RDs). L A/m<sup>3</sup>: larvas de anchoíta/m<sup>3</sup>.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Periodo	Referencia
<b>Media L A/m<sup>3</sup></b>	2,03	1,43	4,49	1,34	2000-2017	Leonarduzzi et al. 2017
<b>Mediana L A/m<sup>3</sup></b>	0,40	0,33	1,95	0,82		
<b>Condición ACP</b>	Favorable				2003-2004	Diaz <i>et al.</i> 2011a
			Favorable		2008-2011	Diaz <i>et al.</i> 2011b
		Desfavorable				Este trabajo
<b>Condición RDs</b>	2,42	1,07	1,77	2,26	2009-2017	Do Souto et al. 2017

Con respecto a las variaciones estacionales en la condición nutricional de las larvas de anchoíta en la EPEA empleando la misma metodología que en este estudio, Diaz *et al.* (2011a) observaron en el período 2003-2004 una condición favorable en primavera y Diaz *et al.* (2011b) para el periodo 2008-2011 favorable en otoño (tabla 4). Es posible que la menor densidad de larvas en primavera del periodo (2008-2011) resultara en la disminución de la competencia intra-específica por el alimento disponible y, por lo tanto, una mejor condición nutricional de las larvas. Por otra parte, Diaz *et al.* (2009) han encontrado una reducción en el factor de condición cuando las densidades de larvas fueron extremadamente altas para la zona de El Rincón. Del mismo modo,



durante la primavera, en la EPEA podrían estar actuando factores densodependientes que conducirían a una condición nutricional algo más pobre cuando se observa una coincidencia temporal de altas densidades larvales y concentraciones moderadas o bajas de huevos y nauplii de copépodos.

Apoyando los resultados aquí presentados, Do Souto et al. (2017) observaron que la condición larval fue significativamente menor durante el invierno en el período 2009-2017 empleando el índice ARN/ADN. Do Souto et al. (2017) establecieron que el otoño y la primavera serían las estaciones más favorables para el crecimiento y la condición de las larvas de anchoíta en la EPEA. Por el contrario, las bajas densidades larvales, así como la pobre condición observada indicarían que el invierno representa un periodo poco propicio para las larvas de esta especie.

Es sabido que las larvas de peces que cuentan con una disponibilidad adecuada de presas (en términos de calidad y cantidad) se garantizan una mayor tasa de crecimiento y una condición nutricional privilegiada (Zenitani et al., 2007). Díaz et al. (2016) detectaron una relación positiva entre el índice RDs y la abundancia de nauplii de copépodos. Las larvas de crustáceos de pequeña talla, principalmente de copépodos, se registran en la bibliografía como alimento de los primeros estadios de *E. anchoíta* en la población bonaerense (Viñas y Ramírez, 1996; Sato et al., 2011). Por otra parte, Viñas y Ramírez (1996) han demostrado que las larvas de anchoíta pueden alimentarse también, aunque en menor medida, de huevos de copépodos, tintínidos, dinoflagelados, larvas de moluscos y diatomeas. Conway et al. (2009) han demostrado que las larvas de *Engraulis encrasicolus* pueden adaptarse con éxito su dieta a una diversidad de presas cambiante tolerando cambios bastante radicales en el entorno de alimentación sin que su supervivencia se vea perjudicada.

Cabe destacar que en el presente trabajo no se han cuantificado huevos y nauplii de copépodos que representan las principales presas de las larvas de anchoíta. Estudios previos en la estación han demostrado que los huevos de copépodos presentan abundancias medias de 2700 ind/m<sup>3</sup> y las nauplii 7300 ind/m<sup>3</sup> durante todo el año, sin mostrar un claro patrón estacional (Viñas, datos sin publicar). Zenitani et al., (2007) han observado en estudios de laboratorio que las concentraciones de nauplii mayores a 5000 ind/m<sup>3</sup> garantizan una alta supervivencia de las larvas de *Engraulis japonicus*. De este modo, estas concentraciones de huevos y nauplii de copépodos en conjunto podrían proveer alimento suficiente para garantizar la supervivencia durante todo el año para las larvas de anchoíta en la EPEA. En trabajos anteriores, Díaz et al. (2011 a y b) ya han sugerido que probablemente la disponibilidad de presas sea apropiada durante todo el año en la EPEA y por consiguiente las condiciones ambientales en esta estación sean propicias para la supervivencia y el crecimiento de las larvas de anchoíta. De este modo, las densidades bajas o intermedias de larvas les permitirían evitar o reducir la competencia entre ellas por el alimento. Por otra parte, el desfase temporal de los picos de producción larval de anchoíta y de los demás grupos del ictioplancton también les permitiría reducir la competencia inter-específica, así como con otros grupos del zooplancton que predan sobre los mismos organismos.

Se requerirán futuros estudios de las relaciones tróficas en el área de estudio para establecer las tramas tróficas que involucran a las larvas de anchoíta. Con este fin, desde 2015 se están recolectando en la EPEA muestras necesarias para realizar estudios de isótopos estables de C y N que serán utilizados como marcadores nutricionales.

Una de las principales limitaciones que presentan las técnicas morfométricas es la dependencia con la talla de las larvas, lo que proporciona una fuente de variabilidad adicional que se superpone con los efectos de la inanición sobre las variables estudiadas. Por este motivo, se debe tener precaución al interpretar los resultados (Suthers et al., 1996). La remoción del efecto de la talla puede ser lograda aplicando transformaciones matemáticas. El uso de un rango acotado de tallas podría ser de utilidad para reducir el efecto de la talla (Suthers, 1998). Para solucionar este inconveniente, en el presente estudio se ha realizado una normalización de los datos de acuerdo a Leonart et al. (2000) y Díaz (2010). Este método relativiza las variables registradas de todos los



individuos a una misma talla y de este modo las diferencias morfológicas se deben únicamente a la condición de los ejemplares independientemente de su talla.

Catalán (2003) estableció que el análisis multivariado empleando variables morfométricas representa una de las mejores técnicas de estudio de la condición nutricional, ya que permite el uso de diversas variables registradas sobre un mismo individuo en forma simultánea permitiendo así obtener nuevas variables (o componentes principales) para realizar comparaciones entre individuos. Los resultados aquí obtenidos mostraron las mismas tendencias que los realizados empleando la relación ARN/ADN. Si bien los índices bioquímicos permiten realizar un análisis cuantitativo más minucioso y sensible, los métodos morfométricos representan una herramienta simple y factible de obtener, proporcionando información de gran potencial.

La importancia de este tipo de estudios radica en que permiten determinar la existencia de zonas favorables para el crecimiento y la supervivencia de las larvas, brindando herramientas para el manejo integral de una población sometida a explotación pesquera. Si bien *E. anchoita* constituye un recurso poco explotado en la actualidad, presenta una gran potencialidad pesquera para el futuro (Pastous Madureira et al., 2009). Por otra parte, en 2011 se concretó la certificación de la pesquería de la población bonaerense de anchoíta (Acta 31/2011 del Consejo Federal Pesquero), y actualmente se discute su importancia como especie piloto para aplicar el enfoque ecosistémico en el manejo de la pesquería, hechos que refuerzan la necesidad de realizar estudios interdisciplinarios tendientes a profundizar los conocimientos sobre la anchoíta.

Adicionalmente el estudio de la condición nutricional de las larvas de *E. anchoita* sostenido a largo plazo permitirá evaluar el posible efecto del cambio climático sobre la ontogenia temprana de esta especie.

## Conclusiones

- Se estimó la condición nutricional de larvas de *Engraulis anchoita* empleando técnicas morfométricas en 52 campañas durante el período 2003-2017 realizadas a la EPEA.
- A cada larva (n=1208) se le midieron seis variables morfométricas: largo estándar (LS), ancho del cuerpo a nivel del cleitro (ACCL), ancho del cuerpo posterior al ángulo pectoral (ACPAP), ancho del cuerpo en la zona del ano (ACAN), largo de la cabeza (LCAB) y diámetro del ojo (DO). Se determinó el cociente ACAN/LS para cada ejemplar.
- Los mayores valores medios del cociente ACAN/LS fueron observados durante el otoño y los mínimos durante el invierno.
- El ACP reveló que las larvas recolectadas en invierno presentaron los menores anchos del cuerpo, variables estrechamente relacionadas con la condición nutricional.
- Durante el otoño las densidades de larvas fueron intermedias, detectándose los máximos valores durante la primavera y los mínimos durante el invierno.
- Durante la primavera, en la EPEA podrían estar actuando factores densodependientes que conducirían a una condición nutricional algo más pobre cuando se da una coincidencia temporal de altas densidades larvales y concentraciones moderadas o bajas de huevos y nauplii de copépodos.
- Las bajas densidades larvales, así como la pobre condición observada durante el invierno indicarían que esta estación del año representa un periodo poco propicio para el crecimiento y la supervivencia de las larvas de *E. anchoita*.



## Bibliografía

- Angelescu, V.** 1982. Ecología trófica de la anchoíta del Mar Argentino (Engraulidae, *Engraulis anchoíta*). Parte II. Alimentación, comportamiento y relaciones tróficas en el ecosistema. Contrib. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq. (Mar del Plata), Nº 409, 83 pp.
- Catalán, I.A.** 2003. Condition indices and their relationship with environmental factors in fish larvae. Departament D'Ecologia (p. 265). Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Ciechomski, J.D.** 1967. Present state of the investigations on the Argentine Anchovy *Engraulis anchoíta* (Hubbs, Marini). California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports XI. 58-66.
- Ciechomski, J.D.d.; Ehrlich, M.D.; Lasta, C.A.; Sánchez, R.P.** 1981 Distribución de huevos y larvas de peces en el Mar Argentino y evaluación de los efectivos de desovantes de anchoíta y de merluza. Contr.INIDEP, 383, 59-79.
- Ciechomski, J.D.; Sánchez, R.P.; Alespeiti, G.; Regidor, H.** 1986. Estudio sobre el crecimiento en peso y factor de condición en larvas de anchoíta, *Engraulis anchoíta* Hubbs and Marini. Variaciones regionales, estacionales y anuales. Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero. (5): 183–193.
- Conway, D.V.P.; Coombs, S.H.; Smith, C.** 1998. Feeding of anchovy *Engraulis encrasicolus* larvae in the northwestern Adriatic Sea in response to changing hydrobiological conditions. Marine Ecology Progress Series, 175: 35-49.
- Diaz, M.V.** 2010. Análisis espacio-temporal del estado nutricional de larvas de anchoíta *Engraulis anchoíta*. Relación con las características hidrográficas y la disponibilidad de alimento. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires, 282 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1834/3548>.
- Diaz, M.V.; Pájaro, M.; Diovisalvi, N.; Genzano, G.; Hozbor, M.C.; Negri, R.; Rodríguez, C. y Viñas, M.D.** 2011 (a). Estudio de la condición nutricional de larvas de anchoíta en la Estación Permanente de Estudios ambientales (EPEA). Serie temporal 2003-2004. Informe de investigación INIDEP 022-2011. 24 pp.
- Diaz, M.V.; Pájaro, M.; Sánchez, R.P.** 2009 Employment of morphometric variables to assess nutritional condition of Argentine anchovy larvae *Engraulis anchoíta* Hubbs & Marini, 1935. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 44, 539-549.
- Diaz, M.V.; Saia, J.; Soroet, S.; Pájaro, M.; Negri, R.** 2011 (b). Comparación estacional de la condición nutricional de larvas de anchoíta en la Estación Permanente de Estudios ambientales (EPEA). Periodo 2008-2010. Informe de investigación INIDEP 105-2011. 16 pp.
- Do Souto, M.; DIAZ, M.V. y Brown, D.** 2017. Variaciones estacionales en el crecimiento y condición nutricional de larvas de anchoíta en la Estación Permanente de Estudios ambientales (EPEA). Informe de investigación INIDEP 095-2017. 20 pp.
- Ferron, A.; Leggett, W.C.** 1994. An appraisal of condition measures for marine fish larvae. Advances in Marine Biology. 30: 217-303.
- Govoni, J.J.** 2005. Fisheries oceanography and the ecology of early life histories of fishes: a perspective over fifty years. Scientia Marina. 69(1): 125-137.



- Hansen, J. E.** 2000. Anchoíta (*Engraulis anchoita*). Síntesis del estado actual de las pesquerías marítimas argentinas y de la Cuenca del Plata. Años 1997-1998, con la actualización de 1999. Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata: 205-216
- Hansen, J.E.** 2004. Anchoíta (*Engraulis anchoita*). El mar argentino y sus recursos pesqueros. R. P. Sánchez, S. I. Bezzi and E. E. Boschi. Mar del Plata, Publicaciones especiales INIDEP. Tomo 4: 101-115.
- Leonarduzzi, E.; Pájaro, M.; DIAZ, M.V. y Negri, R.** 2017. Abundancia de huevos y larvas de anchoíta en la Estación Permanente de Estudios ambientales (EPEA) en el periodo 2000-2017. Variación estacional e interanual. Informe de investigación INIDEP 103-2017. 15 pp.
- Lleonart, J.; Salat, J.; Torres, G.J.** 2000. Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of Theoretical Biology*. 205(1): 85-93.
- Sato, N.; Hernández, D.; Viñas, M.D.** 2011. Hábitos alimentarios de las larvas de *Engraulis anchoita* (Hubbs & Marini, 1935) en las aguas costeras de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39, 16-24.
- Suthers, I.M.** 1998. Bigger? Fatter? Or is fast growth better? Considerations on condition in larval and juvenile coral-reef fish. *Australian Journal of Ecology* 23: 265-273.
- Suthers, I.M.; Cleary, J.J.; Battaglione, S.C.; Evans, R.** 1996. Relative RNA content as a measure of condition in larval and juvenile fish. *Marine and Freshwater Research*, 47, 301-307.
- Theilacker, G.** 1978. Effect of starvation on the histological and morphological characteristics of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, larvae. *Fishery Bulletin U.S.* 76(2): 403-414.
- Viñas, M.D.; Ramírez, F.C.** 1996. Gut analysis of first-feeding anchovy larvae from Patagonian spawning area in relation to food availability. *Archive of Fishery and Marine Research*, 43, 231-256.
- Zenitani, H.; Kono, N.; Tsukamoto, Y.** 2007. Relationship between daily survival rates of larval Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) and concentrations of copepod nauplii in the Seto Inland Sea, Japan. *Fisheries Oceanography*, 16, 473-478.