UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CIAM CENTRO DE INVESTIGACION APLICADA DEL MAR

PROYECTO
PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DE ANCHOVETA (*Engraulis ringens*) EN SISTEMAS DE CULTIVO PARA EL DESARROLLO DE BIOENSAYOS ECOFISIOLOGICOS

INFORME TECNICO N°4

OCTUBRE DE 2019

EQUIPO DE TRABAJO
Elio Segovia M.
Milton Avilés L.
Karen Guissen S.
Cristian Toledo R.
Jesús Gallardo V.

RESUMEN

Se reportan los resultados de las actividades relacionadas con la captura de ejemplares juveniles de anchoveta *E. ringens*. En general se logró una mayor sobrevivencia de los ejemplares capturados los cuales se adaptaron prontamente a las condiciones de cautiverio. Estos ejemplares se utilizaron para realizar el estudio de crecimiento en etapa juvenil en la estación otoño-invierno.

Se implementó el sistema de producción de alimento planctónico basándose en la experiencia previamente adquirida que ha permitido establecer la dinámica abiótica y biótica que se genera en el sistema y por lo tanto se estableció un plan de producción acorde al tiempo de experimentación.

Bajo las condiciones de cultivo impuestas se encontró que la anchoveta en la etapa juvenil crece a una tasa de 0,219 mm/día, sin embargo espreciso confrontar esta información con otros estudios de crecimiento con técnicas indirectas basadas en la lectura de micro-incrementos de otolitos. La experimentación se realizó durante la estación otoño-invierno y la temperatura varió entre 14,3°C a 18,5°C con un promedio de 17,03°C, lo cual puede haber incidido en la respuesta de crecimiento.

Finalmente se identifican los puntos críticos asociados a cada una de estas actividades y las necesidades de mejoramientos producto de la experiencia adquirida.

ACTIVIDAD 1.- CAPTURA, TRANSPORTE Y ACONDICIONAMIENTO POST TRASLADO DE EJEMPLARES JUVENILES DE ANCHOVETA *Engraulis ringens.*

Conforme a los objetivos y planificación del estudio, se realizaron actividades adicionales orientadas a la captura de ejemplares juveniles y evaluar su factibilidad técnica y operativa como medio para asegurar la disponibilidad de ejemplares de anchoveta para el desarrollo de las distintas actividades planificadas.
Considerando la ocurrencia natural de ejemplares en estado juvenil en la zona costera de Iquique se planificó su captura en la Caleta Guardia Marina Riquelme.
Para la captura de juveniles silvestres de *E. ringens* se utilizó el arte de pesca Atarraya con abertura de malla de 4,5 milímetros (Fig.1), la cual fue operada desde una embarcación artesanal. El arte de pesca resultó efectivo gracias a la abundancia y disponibilidad del recurso en el momento de la realización de la actividad. En total se realizaron ocho lances que variaron entre 0 y 125 peces logrando una captura total de 352 ejemplares (Tabla 1).
El procedimiento consideró lo siguiente: (i) los ejemplares juveniles obtenidos por los lances fueron depositados momentáneamente en baldes de veinte litros; y (ii) posteriormente fueron trasvasijados hasta un estanque de transporte de mil litros provisto de aireadores eléctricos (Fig.2), dispuesto en un vehículo. Los ejemplares fueron trasladados a la Unidad de Acuicultura de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad Arturo Prat.

Figura 1. Lance de red Atarraya 4,5 mm

Tabla 1. Numero de lances y peces capturas por sistema Atarraya 4,5 mm

LANCE	N° PECES
1	15
2	125
3	58
4	95
5	0
6	0
7	24
8	35
TOTAL	352

Figura 2. Ejemplares juveniles de *E. ringens*, al interior de estanque de transporte PRFV 1.000 L

Aclimatación en sistema de confinamiento

La aclimatación de los ejemplares juveniles se realizó en un estanque de tipo australiano de cinco metros de diámetro con una columna de agua de 40 centímetros, dotado de 4 difusores de aire y flujo de agua continuo de agua de mar. La alimentación fue suministrada desde el segundo día post-captura desde un estanque de producción de fitoplancton (SPSI). El tamaño corporal de los ejemplares juveniles capturados fue

de una longitud y peso promedio inicial de 5,1 centímetros y 0,8 gramos respectivamente.

Niveles de mortalidad y sobrevivencia

La mortalidad post transporte fue de cincuenta unidades, el total acumulado durante la aclimatación fue de 234 peces. La evolución de mortalidad diaria y total acumulada en términos porcentuales durante el período de aclimatación al cautiverio (20 días) se observa en la figura 3.

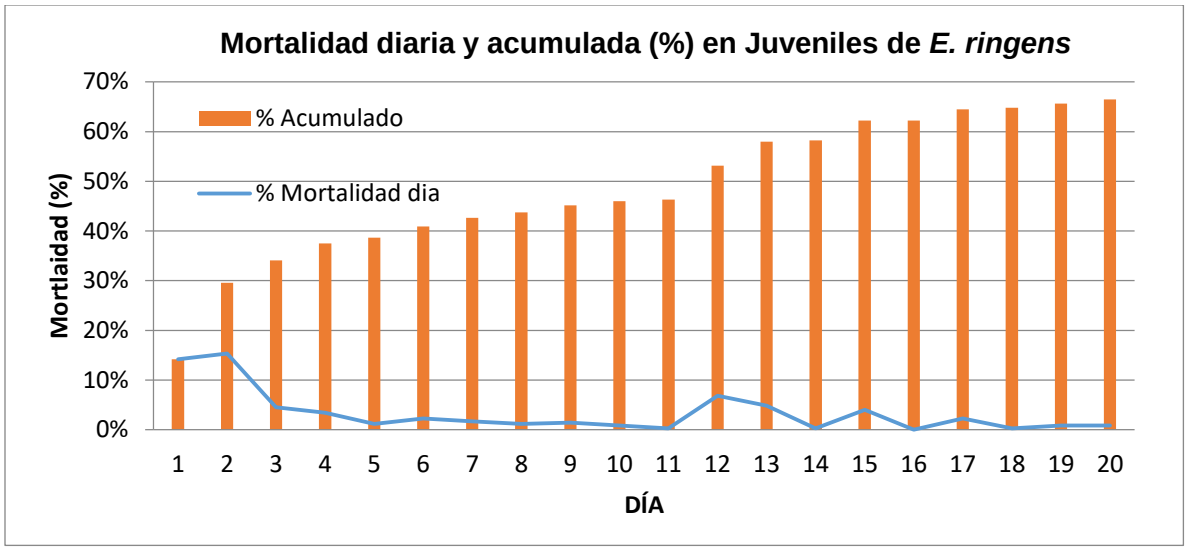


Figura 3. Mortalidad diaria (%) y Mortalidad acumulada (%) durante período de aclimatación de juveniles silvestres de *E. ringens* al cautiverio

Conclusiones

- El arte de pesca Atarraya demostró ser eficiente como mecanismo para la captura de ejemplares juveniles en el sector costero.
- Persisten los niveles de mortalidad derivados principalmente por la fragilidad de estos peces los cuales sufren rápidas descamaciones producto del manejo durante la captura y manipulación durante el transporte y descarga.
- Los ejemplares sobrevivientes se adaptaron a las condiciones de cautiverio impuestas exhibiendo una conducta natatoria en cardumen y una activa conducta alimentaria en los estanques de cultivo.
- Se precisa mejorar los procedimientos de manipulación de los peces para asegurar mejores sobrevivencias.

ACTIVIDAD 2.- PUESTA EN MARCHA DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE JUVENILES DE ANCHOVETA DESDE CULTIVO SEMI-INTENSIVO (SPSI)

Para asegurar la alimentación de los ejemplares juveniles se procedió a activar el sistema de producción de alimento planctónico SPSI. La experiencia previamente adquirida ha permitido establecer la dinámica abiótica y biótica que se genera en el sistema y por lo tanto se estableció un plan de producción acorde al tiempo de experimentación.

El procedimiento involucró el uso de 3 tanques de 20 metros cúbicos de capacidad los cuales se inocularon alternadamente para permitir una disponibilidad permanente de alimento planctónico. En primer lugar, fue necesario desinfectar los estanques de cultivo para luego ser enjuagado con agua potable para eliminar cualquier resto de desinfectante presente. Luego los estanques son llenados con 20 m^3 agua de mar pasada por un filtro rotatorio que filtra el agua con malla con poros de 90 µm, después de esto se procede a la fertilización del agua de mar con las dosificaciones de nutrientes descritas en la Tabla 2. El desfase temporal de inoculación permite así la alimentación continua de los ejemplares juveniles de anchoveta. Los parámetros medidos de cada estanque de alimentación fueron: Irradiancia la cual fue medida con el medidor de luminosidad Apogee modelo Q-210, pH y temperatura medidos con pH metro Hanna modelo HI-98127 diariamente.

Tabla 2. Nutrientes utilizados para el enriquecimiento del sistema SPSI.

Nutrientes	Cantidad por cada 20 m^3 de agua (gramos)	Composición
Salitre potásico	30	15% de nitrógeno 14% de potasio
Superfosfato triple	5	48% de fosfato

La fase de inducción fue de aproximadamente 3 días. Luego del cambio de coloración fue llenado y cargado el subsiguiente estanque para así proveer de alimento constantemente a los individuos de anchoveta. Los estanques de cultivo de alimento duraron en promedio 7 días. Para el estanque 1 la temperatura promedio del mes de mayo fue de 18,3°C con un pH promedio de 7,9 (7 en un inicio hasta llegar a un pH de 8,4). En el estanque 2 la temperatura promedio fue de 17,9°C con un pH promedio de 8 y en el estanque 3 la temperatura fue de 18,7°C con un pH de 8. La irradiancia promedio del sistema de cultivo fue de 1050 µmol/m^2s.

Figura 4. Sistema semi-intensivo, 3 estanques de cultivo para alimentación de juveniles de anchoveta.

Conclusiones

- El sistema SPSI constituye una alternativa eficiente y de bajo costo para la producción de alimento planctónico para ser usado con la anchoveta.
- El sistema de alimentación operó eficientemente y permitió disponer permanentemente de alimento planctónico.
- El sistema SPSI permite recrear una oferta alimentaria semejante a la que ocurre en el ambiente natural para fines experimentales.
- Su desempeño no obstante es dependiente de la estación del año y el parámetro crítico para su manejo es la temperatura.
- Adicionalmente se implementó un sistema para la concentración de zooplancton (copépodos) que permitió mejorar la oferta alimenticia de los ejemplares juveniles en cautiverio.
- Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo del componente fitoplanctónico que permite establecer la variación temporal de la oferta alimentaria.

ACTIVIDAD 3.- CRECIMIENTO DE JUVENILES DE ANCHOVETA (*Engraulis ringens)*

Uno de los principales objetivos del Programa consiste en evaluar el crecimiento de la anchoveta en las distintas etapas de su ciclo de vida. Para tal efecto se realizó un diseño experimental para evaluar esta importante variable con los ejemplares juveniles disponibles. Como condicionante se estableció que los ejemplares experimentales sólo recibirían exclusivamente una alimentación de plancton proveniente del sistema semi-intensivo (SPSI).

Metodología

Para el desarrollo del experimento de crecimiento se designaron 3 grupos de 80 peces juveniles y se confinaron en 3 estanques de 500L de volumen cada uno (Fig.5). La tasa de renovación fue de 2 recambios por día en cada estanque.

Tabla 3. Condición experimental inicial

	Estanque 1			Estanque 2			Estanque 3		
Dias	Peso (g)	Talla (cm)	n	Peso (g)	Talla (cm)	n	Peso (g)	Talla (cm)	n
0	1,21	5,83	80	1,17	5,69	80	1,35	6,07	80

Los ejemplares fueron suministrados continuamente con alimento planctónico a una tasa de flujo de 0.6 l/min desde el sistema semi-intensivo (SPSI). En cada estanque de cultivo se midió diariamente la concentración de oxígeno con un equipo Oxiguard modelo Handy Polaris, y el pH y temperatura con el pH metro Hanna modelo HI-98127.

Figura 5. Sistema experimental para el cultivo de juveniles de anchoveta en estanques de 500L.

Cada 14 días de cultivo se realizaron biometrías para medir las variaciones en peso (gramos) y longitud total (cm) en base a una muestra de 20 peces (25%) de los peces de cada estanque (Figura 6). Adicionalmente, en cada muestreo se tomaron muestras de 4 peces para análisis de contenido estomacal. El experimento duró 134 días.

Figura 6. Biometrías de juveniles de anchoveta en cultivo semi-intensivo.

INDICES DE CRECIMIENTO: Los índices de crecimiento en longitud y peso fueron:

1.-Tasa de Crecimiento absoluto en longitud

$$TCA = L_f - L_i$$

2.- Tasa de Crecimiento relativo en longitud

$$TCR = 100 * ((L_f - L_i)/L_i)$$

3.-Tasa de Crecimiento especifico en longitud

$$SGR = \frac{\left[Ln\frac{L_f}{L_i}\right]}{t} * 100$$

Donde:

L_f = Longitud total final (cm)

L_i = Longitud total inicial (cm)

T = Tiempo entre cada medición (días)

Los índices de crecimiento en peso fueron:

1.-Tasa de Crecimiento absoluto en peso

$$TCA = W_f - W_i$$

2.- Tasa de Crecimiento relativo en peso

$$TCR = 100 * ((W_f - W_i)/W_i)$$

3.-Tasa de Crecimiento especifico

$$SGR = \frac{\left[Ln\frac{W_f}{W_i}\right]}{t} * 100$$

4.- Coeficiente térmico de crecimiento (TGC)

$$TGC = \frac{\sqrt[3]{Wf} - \sqrt[3]{Wi}}{\Sigma\ (T°\ x\ n°\ dias)} x\ 100$$

Relación cuyo reordenamiento permite su utilización con fines predictivos a través de:

$$Wt = \left[\sqrt[3]{Wo} + \left[\frac{TGC}{100}\right] x(T° x\ n° días)\right]^3$$

Donde:

W_f = Peso final (gr)

W_i = Peso inicial (gr)

W_t= Peso proyectado

t = Tiempo entre cada medición (días)

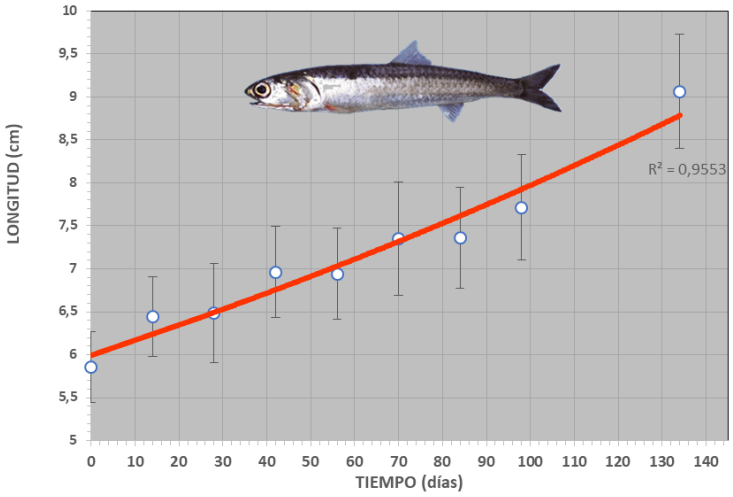
T°= Temperatura (°C)

RESULTADOS

Al cabo de 134 días de experimentación los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla Nº 4. Índices de crecimiento en longitud de Engraulis ringens cultivado con sistema SPSI.

Dias de cultivo	L PROM	Tasa absoluta	Tasa relativa	SGR
	cm	mm/día	%	%día
0	5,85714286			
14				
28	6,48529412	0,224339736	10,7245337	0,36384019
42				
56	6,94117647	0,162815126	7,02947846	0,24262182
70				
84	7,35882353	0,149159664	6,01694915	0,20867426
98				
134	9,0657895	0,341393194	23,1961803	0,41721572
		0,21942693		

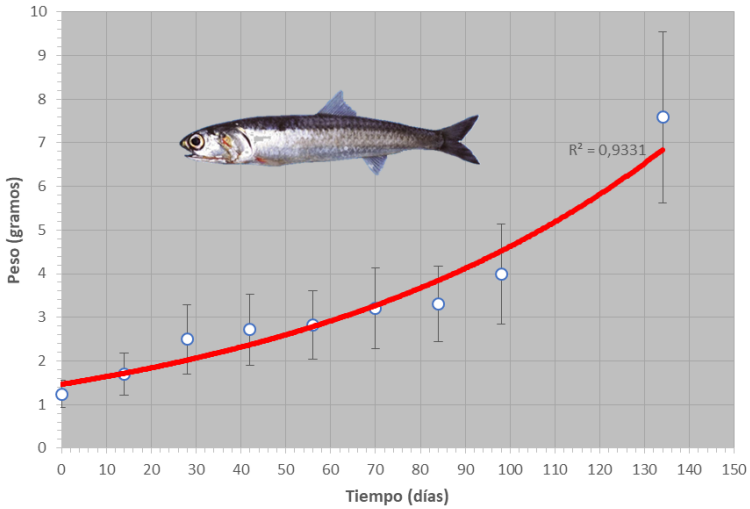


Dias de cultivo	L PROM	DS
0	5,85714286	0,415486943
14	6,44242424	0,464778063
28	6,48529412	0,579568729
42	6,96212121	0,530533882
56	6,94117647	0,533709993
70	7,3530303	0,661052703
84	7,35882353	0,590278278
98	7,715625	0,612105072
134	9,0657895	0,6695203

Figura 7. Crecimiento en longitud de anchoveta en etapa juvenil

Tabla Nº 5. Índices de crecimiento en peso de Engraulis ringens cultivado con sistema SPSI.

Dias de cultivo	PESO PROM	TASA ABSOLUTA	TASA RELATIVA	SGR
		g/dia	%	%dia
0	1,242285714			
14				
28	2,493823529	0,044697779	100,7447643	2,48880031
42				
56	2,8225	0,011738445	13,17962024	0,44216404
70				
84	3,309411765	0,017389706	17,25108112	0,56838372
98				
134	7,588947368	0,085590712	129,3140869	1,65984487



Dias de cultivo	PESO PROM	DS
0	1,242285714	0,318197694
14	1,703636364	0,480143044
28	2,493823529	0,801597341
42	2,720606061	0,816493212
56	2,8225	0,791292868
70	3,204545455	0,921939731
84	3,309411765	0,866815896
98	3,99578125	1,147100976
134	7,588947368	1,965163895

Figura 8. Crecimiento en peso de anchoveta en etapa juvenil

Tabla 6. Relación Longitud/peso y Factor de condición K

Dias de cultivo	LONGITUD	PESO	FACTOR DE CONDICION K
0	5,857142857	1,242285714	0,61824988
14	6,442424242	1,703636364	0,637131299
28	6,485294118	2,493823529	0,91427467
42	6,962121212	2,720606061	0,806196523
56	6,941176471	2,8225	0,843984932
70	7,353030303	3,204545455	0,806059997
84	7,358823529	3,309411765	0,830473237
98	7,715625	3,99578125	0,869938136
134	9,0657895	7,588947368	1,018508478
			0,816090795

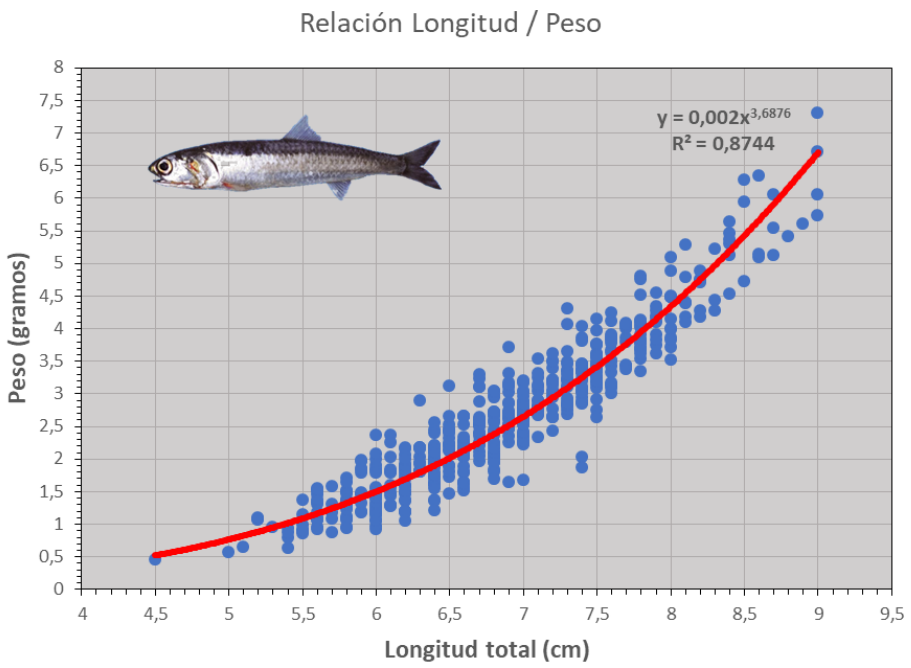


Figura 9. Relación longitud/peso de anchoveta en etapa juvenil

La relación de longitud/peso se determinó como:

$$W\ (gr)=0{,}002x L^{3{,}6876}\ (cm),$$

mientras que el factor de condición s determinó como:

$$K = \frac{W}{L^3} x\ 100 = 0{,}81609\ \left(\frac{gr}{cm^3}\right)$$

Modelamiento del crecimiento de anchoveta a través del Coeficiente térmico de crecimiento (TGC).

Durante el desarrollo del experimento la temperatura varió entre 14,3°C a 18,5°C con un promedio de 17,03°C

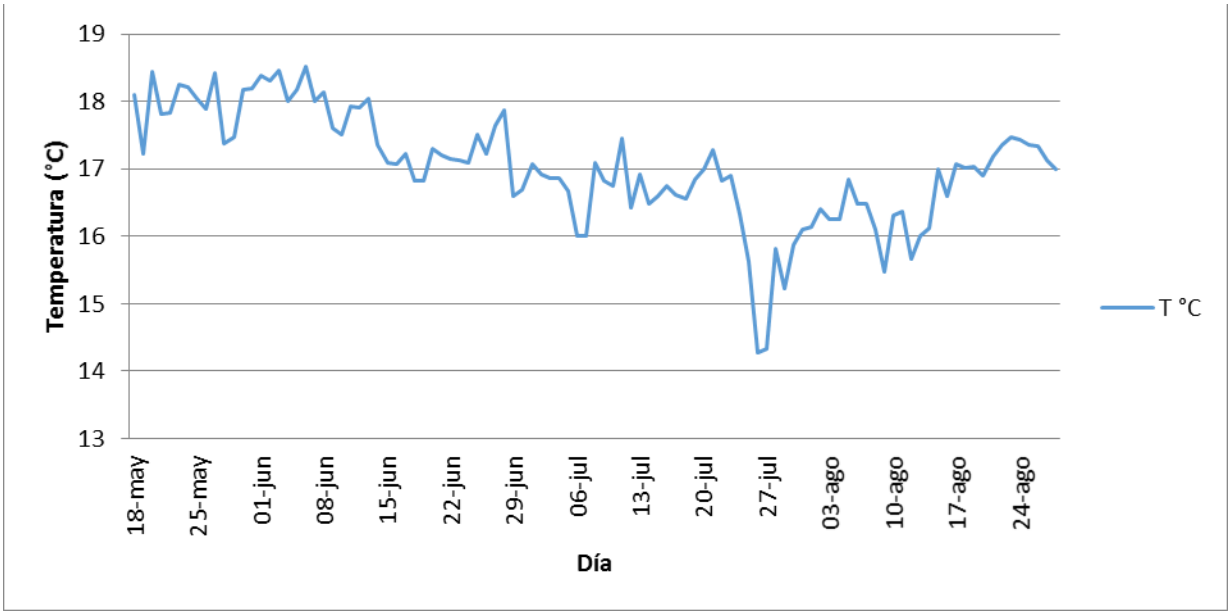


Figura 10. Variación de la temperatura durante el periodo de experimentación

Con propósitos predictivos se utilizaron los siguientes datos de entrada recabados durante la experimentación:

Peso inicial: 1,24 g
Peso final: 7,59 g
Temperatura: 17°C
Número días: 134

Luego el valor del coeficiente térmico de crecimiento (TGC) se determinó como:

$$TGC = \frac{\sqrt[3]{7{,}59} - \sqrt[3]{1{,}24}}{17° \; x \; 134} x100 = 0{,}039$$

Así, la predicción de peso para un plazo de 210 días a una temperatura promedio de 16 °C y un peso inicial de 1,5 gramos, se estimó como:

$$Wt = \left[\sqrt[3]{1{,}5} + \left[\frac{0{,}039}{100}\right] x(16°C \; x \; 210 \; días)\right]^3 = 14{,}79 \text{ g}$$

Luego la conversión desde peso a longitud mediante la relación longitud /peso equivale a:

$$(L(cm)) = \left[\frac{14{,}79}{0{,}002}\right]^{\frac{1}{3{,}6876}} = 11{,}19\ (\mathrm{cm})$$

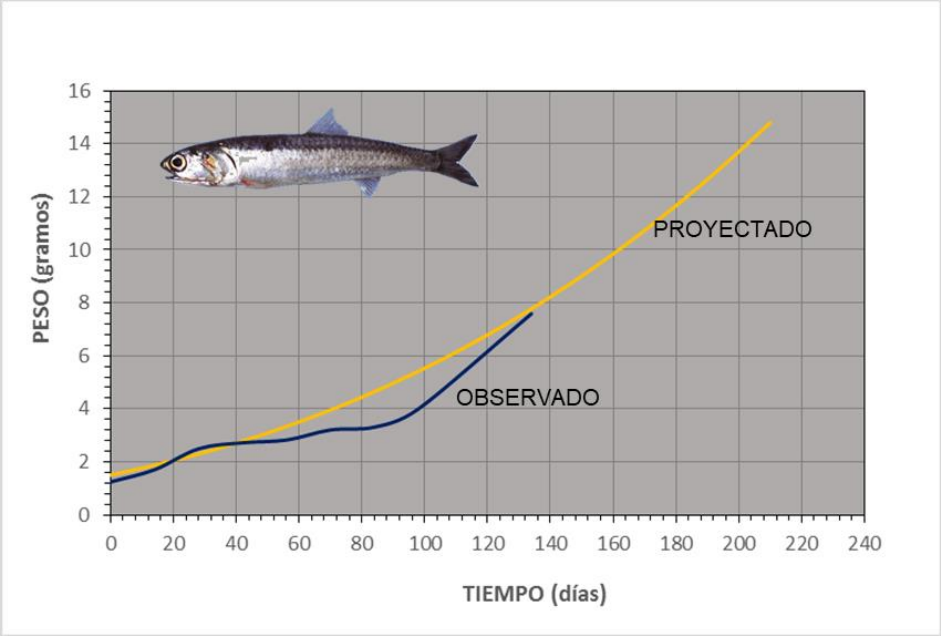


Figura 11.- Peso observado en el experimento y peso proyectado según modelo TGC.

Conclusiones

- Bajo las condiciones de cultivo impuestas se encontró que la anchoveta en la etapa juvenil crece a una tasa de 0,219 mm/día.

- Es preciso confrontar esta información con otros estudios de crecimiento con técnicas indirectas basadas en la lectura de micro-incrementos de otolitos.

- La experimentación se realizó durante la estación otoño-invierno y la temperatura varió entre 14,3°C a 18,5°C con un promedio de 17,03°C, lo cual puede haber incidido en la respuesta de crecimiento.

- Es preciso realizar estudios de crecimiento bajos condiciones de mayor temperatura en la estación primavera-verano.

- De acuerdo al modelo TGC a una temperatura promedio de 16 °C la anchoveta puede crecer desde los 6 cm hasta los 11,19 cm en un periodo de 210 días.