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°3

DICIEMBRE DE 2018

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

RESUMEN

Se presentan los resultados de las actividades orientadas a evaluar la viabilidad de captura de ejemplares adultos de Anchoveta *E. ringens*. Para cumplir con este objetivo las actividades se centraron primeramente en establecer una coordinación efectiva entre el equipo de trabajo y la empresa pesquera Corpesca a fin de disponer con los medios técnicos que facilitaran la operación. El principal objetivo de esta actividad fue asegurar la sobrevivencia de los ejemplares a bordo, trasladarlos en forma segura hasta las instalaciones en tierra del centro experimental UNAP y evaluar su sobrevivencia. Los resultados de esta actividad son de vital importancia por cuanto determinan la ejecución de las actividades subsiguientes del proyecto ya que permitirán la disponibilidad de ejemplares adultos con potencial reproductivo para realizar los bioensayos comprometidos en las etapas posteriores a esta en el proyecto.

Adicionalmente se entregan los resultados de los bioensayos de respirometría realizados en ejemplares adultos de anchoveta y se comparan con estudios similares.

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 ADULTOS DE ANCHOVETA *Engraulis ringens.*

La disponibilidad de ejemplares de anchoveta en sus distintos estadios de vida constituye una actividad clave para el desarrollo de las distintas actividades contempladas de acuerdo a los objetivos y planificación del estudio.

ZONA DE PESCA

La captura de anchoveta se planificó y organizó en conjunto con la empresa Corpesca, cuyas operaciones se desarrollan en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta con una flota de 48 Pesqueros de Alta Mar (PAMs). La flota dispone de un equipamiento de alta tecnología de monitoreo oceanográfico, sistemas de comunicación, monitoreo satelital y apoyo de aviones de prospección.

La actividad descrita en este informe se desarrolló a 50 Km al Weste de Caleta San Marcos, Región de Tarapacá. Figura 1.

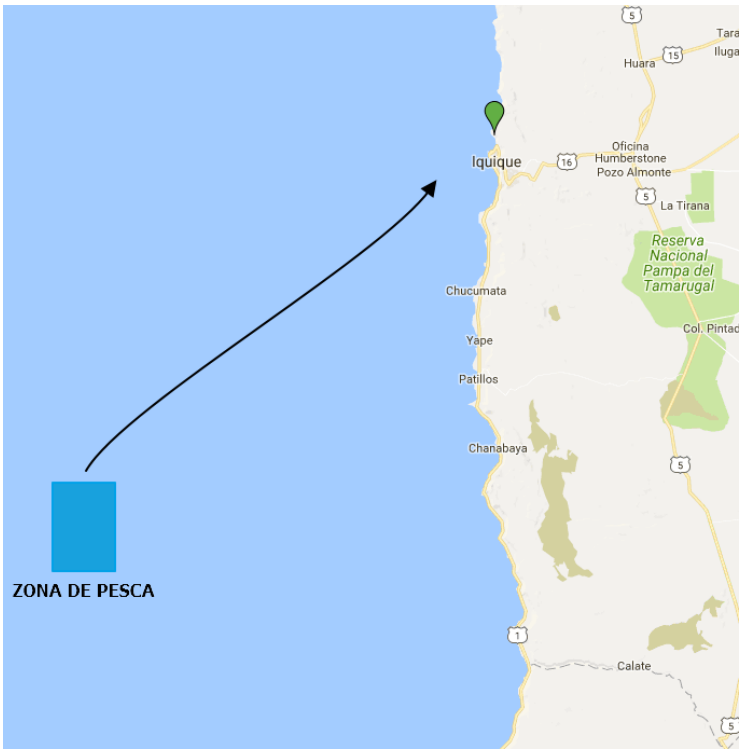

Figura 1. Zona de pesca, 50 Km a la cuadra de Caleta San Marcos, Región de Tarapacá

PREPARACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

La empresa Corpesca puso a disposición la embarcación del tipo PAM, “Huracan” (Fig. 2). En la embarcación se instaló como elemento principal un estanque para transporte de peces de 1.000 L. Adicionalmente se utilizó un cilindro de oxígeno 10 m³ y difusor microporoso cerámico, estos dispositivos permitieron brindar condiciones adecuadas para el mantenimiento sobrevivencia de los peces vivos a bordo de la embarcación durante la faena de traslado (Fig. 3).

Figura 2. Pesquero de Alta Mar “Huracan”

Figura 3. Elementos de transporte: (A) Cilindro de oxígeno 10m³, (B) Difusor cerámico de oxígeno, (C) Estanque de transporte 1000L.

FAENA DE PESCA

Dado que el tiempo de traslado es un factor crítico y que puede incidir directamente sobre los niveles de sobrevivencia se cuantificó el tiempo involucrado en el desarrollo de la actividad. La faena comenzó con el zarpe de la PAM “Huracan” a las 23:30 desde la Bahía de Iquique con rumbo Sur Weste a la cuadra de Caleta San Marcos, Región de Tarapacá. El tiempo transcurrido desde el zarpe hasta el caladero fue de 5 horas, (Tabla 1). Una vez que se arribó a la zona de pesca se realizaron dos lances, el primer lance se realizó a las 04:30 hrs y el segundo a las 06:15 hrs. Figura 4.

Tabla 1. Itinerario de faena de pesca PAM “Huracan”

Actividad	Hora
Zarpe Bahía Iquique	23:30
Recalada zona de pesca	4:00
Zarpe de zona pesca	8:00
Recalada Bahía Iquique	16:30
Tiempo de transporte de peces	8,5 horas

Figura 4. Faena de pesca

El procedimiento de obtención de peces vivos propiamente tal involucró los siguientes pasos: (i) Los peces son sacados cuidadosamente del boliche por medio de una quecha en pequeñas cantidades para evitar la descamación; (ii) los peces se depositan cuidadosamente en el estanque de transporte; (iii) para mantener la calidad de agua al

interior del estanque de transporte se proporciona flujo de agua y oxígeno; (iv) para monitorear y controlar el nivel de oxígeno se utilizó un medidor marca OxiGuard®, modelo Handy Polaris (Fig.5); (v) el monitoreo debe ser continuo y se realizan mediciones de oxígeno y temperatura cada 1 hora (Fig.6 y Tabla 2). En total se extrajeron 700 peces ejemplares adultos de anchoveta representando una biomasa de aproximadamente 9,1 kilos.

Figura 5. Medidor de oxígeno disuelto OxiGuard®, Handy Polaris

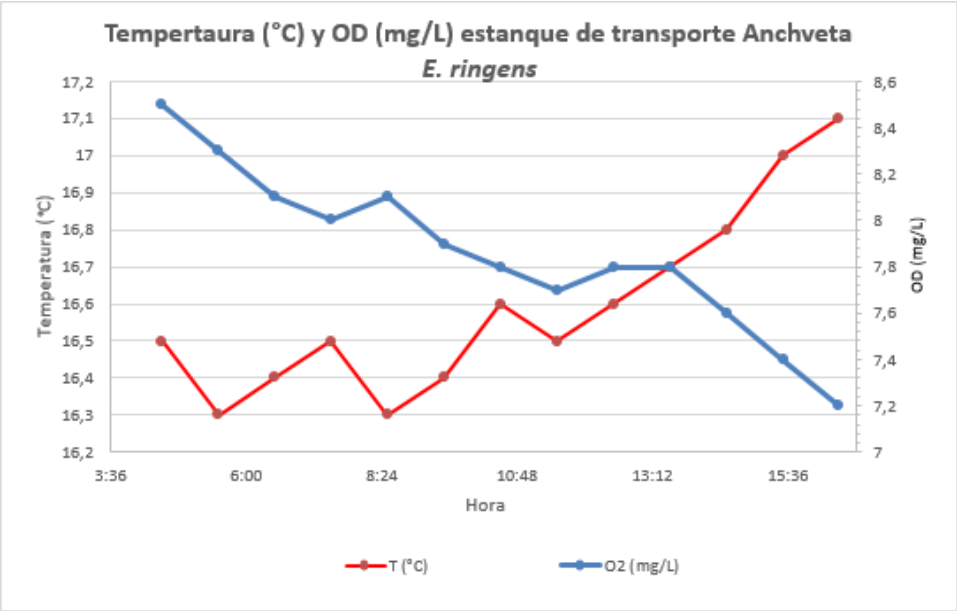

Figura 6. Comportamiento de variables físicas T(°C) y OD (mg/L) durante transporte de Anchoveta *E. ringens*

Tabla 2. Registro de variables estanque de transporte: Oxigeno (mg/L) y Temperatura (°C)

Actividad	Hora	O_2 (mg/L)	T (°C)
Captura	4:30	8,5	16,5
Captura	5:30	8,3	16,3
Captura	6:30	8,1	16,4
Captura	7:30	8	16,5
Zarpe	8:30	8,1	16,3
Traslado	9:30	7,9	16,4
Traslado	10:30	7,8	16,6
Traslado	11:30	7,7	16,5
Traslado	12:30	7,8	16,6
Traslado	13:30	7,8	16,7
Traslado	14:30	7,6	16,8
Traslado	15:30	7,4	17
Recalada	16:30	7,2	17,1

DESCARGA DE PECES Y TRANSPORTE EN TIERRA

Al recalar, debido a la incapacidad de la embarcación para atracar prontamente en el embarcadero, se traspasaron los peces, con el uso de quechas, desde el estanque de transporte en la PAM hacia una lancha de apoyo la cual lleva un segundo estanque de transporte listo para recepcionar los peces. La lancha de apoyo lleva el estanque hasta la grua del embarcadero y el estanque fue izado hasta el camion que transportó los peces hasta las dependencias de la Universidad (Fig. 7).

Figura 7. Izaje de estanque de transporte 1000L

Una vez que se arribó a las dependencias de la Universidad, los peces fueron descargados manualmente mediante el empleo de quechas (Fig. 8), a un estanque de PRFV de 20 m³. Para disminuir los posibles daños en la piel y aletas de los peces y reducir las descamaciones todo el material fue lavado con Vidalife®. Este es un compuesto químico no tóxico que actúa como suavizante de la superficie corporal de los peces.

Figura 8. Descarga manual de anchoveta desde estanque de Transporte a Estanque de cultivo PRFV 20 m³

ACONDICIONAMIENTO Y CAUTIVERIO

Las primeras 48 horas post transporte son críticas para la mayoría de sistemas de transporte de peces capturados del medio. Los peces deben aclimatarse a una nueva condición o cautiverio. Producto del manejo y traslado se contabilizaron 150 peces muertos dentro de las primeras 12 horas. Dentro de las siguientes 24 horas se contabilizaron otros 100 peces más. En términos conductuales no se observó formación de cardumen y más bien fue conducta de nado errático. Dentro de las siguientes 12 horas solo se extrajeron como mortalidad otros 30 peces y durante las siguientes 12 horas otros 20 peces más. Durante las primeras 48 horas la mortalidad acumulada fue de 43% (Tabla 3 y Fig.9).

Tabla 3. Sobrevivencia post traslado 0 a 48 horas

Hora	*N° inicial*	*N° final*	*Mortalidad*	*Mortalidad (%)*	*Mort. Ac.(%)*
0 -12	700	550	150	21%	21%
12 – 24	550	450	100	14%	36%
24 - 36	450	95	30	4%	40%
36 - 48	95	50	20	3%	43%

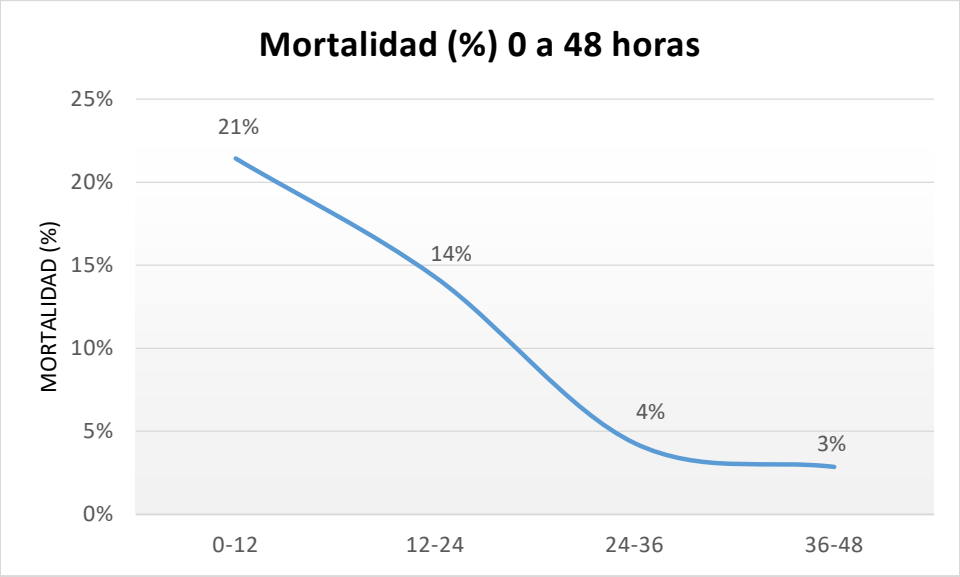

Figura 9. Evolución de mortalidad 48 horas post traslado en rangos de 12 horas

Posterior a las 48 horas post- traslado, se observó una conducta predominante en los peces formando cardumen sin nado errático y cese de la mortalidad.

CONCLUSIONES

- La experiencia demuestra que es posible lograr la coordinación entre el equipo de trabajo de la Universidad y la Empresa para el desarrollo de la actividad de captura y transporte de peces vivos. No obstante, se requiere de mayor coordinación, colaboración y compromiso por parte del personal de la empresa ya que se tuvo que asumir responsabilidades adicionales como por ejemplo la operación de descarga.
- Es viable trasladar los peces desde la zona de pesca logrando sobrevivencia de 57% en el proceso hasta las 48 horas post transporte aunque el tiempo de traslado desde la zona de pesca fue de aproximadamente 8,5 horas lo cual incidió directamente en los niveles de mortalidad. Por lo anterior sería recomendable efectuar capturas en zonas más cercanas a Iquique.
- Durante el transporte los niveles de oxígeno disuelto se mantuvieron notablemente altos (sobre 7,2 mg/litro) por lo cual esta variable no sería una limitante en el transporte de peces vivos.
- La densidad de transporte fue de aproximadamente 9,1 kilos por metro cúbico la cual es alta aunque haya suministro de oxígeno y dado el extenso tiempo de transporte.

- Es crítico el manejo de los peces durante la captura, traslado y descarga, por lo tanto sería recomendable el uso de elementos adicionales como anestésicos, protectores de mucosa (Vidalife®) y agua filtrada.

ACTIVIDAD 2.- BIOENSAYOS SOBRE DINÁMICA RESPIRATORIA EN EJEMPLARES ADULTOS

Dentro de los objetivos de investigación figura en forma importante la cuantificación de la tasa respiratoria en ejemplares juveniles y adultos de anchoveta y bajo distintas temperaturas.
Para tal efecto los ejemplares adultos disponibles se destinaron para realizar esta actividad.

Metodología
Los experimentos de tasa de consumo de oxigeno fueron realizados en las dependencias del Laboratorio de acuicultura de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Arturo Prat. La tasa de consumo de oxígeno en actividad fue medida usando un respirómetro. Los peces adultos se seleccionaron desde un estanque cónico de 700 litros. Los peces se encontraban en normal condición de salud y en ayuno por 1 día. Previo a la medición se determinó su peso individual y promedio del grupo experimental. Posteriormente fueron depositados en el respirómetro por 1 hora para su aclimatación con agua circulante.

Figura 10. Muestreo de anchovetas y medición de longitud total y peso.

El sistema de respirometría corresponde a una cámara hermética con 2 tapas y una escotilla de ingreso, fabricado de material acrílico transparente de 3 mm de espesor con un volumen en la cámara de medición de 32 litros. Las lecturas fueron obtenidas en la cámara de registro la cual tiene un volumen de 13,2 litros, en la cual está inserta

la sonda de oxígeno disuelto y temperatura la cual entrega información al multi-parámetro Hanna modelo HI 9829, previamente calibrado al agua de mar con una salinidad de 35 ppt.

El consumo de oxigeno fue medido en 2 repeticiones a una temperatura de 15,8°C. El agua de mar utilizada en los experimentos de respirometría fue filtrada a 0,5 micras, esterilizada por luz ultravioleta.

La tasa de consumo de oxigeno (mg) por unidad peso corporal (kg) y por unidad de tiempo (hr) fue estimada según la siguiente expresión matemática:

$$Ro = \frac{\Delta O_2}{\Delta t \cdot \delta}$$

Dónde:

Ro = Tasa de consumo de oxígeno (mg O_2 $Kg^{-1}Hr^{-1}$)

ΔO2 = Variación de concentración de oxígeno en el respirómetro (mg O_2L^{-1})

Δt = Tiempo entre mediciones (Hr)

∂ = Densidad de cultivo en el respirómetro (Kg L^{-1})

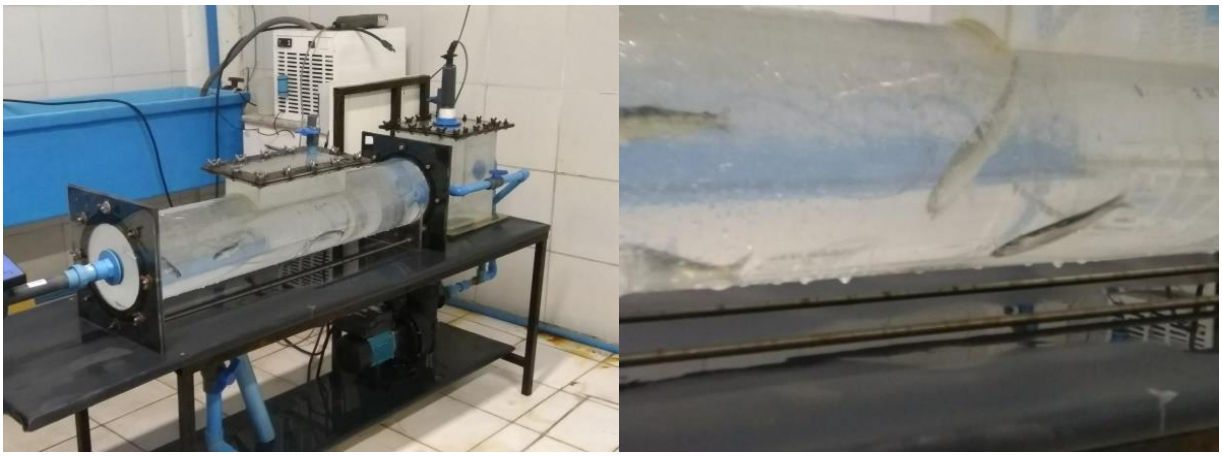

Figura 11. Ejemplares adultos de Anchoveta en la cámara de respirometría

Resultados

Las mediciones de consumo de oxigeno mg O_2 $Kg^{-1}hr^{-1}$ se transformaron en unidades de mg de O_2 $g^{-1}hr^{-1}$ para propósitos comparativos con otros estudios.

Tabla 4. Resumen de tasa de consumo de oxígeno en mg de O_2 $g^{-1}hr^{-1}$, a una temperatura de 15,8°C.

Peso promedio	Numero de peces	Temperatura	Ro (mg O_2 g^{-1} hr^{-1})			DS
(gramos)	n	(°C)	r1	r2	Promedio	
14,8	7	15,86	0,3983	0,3891	0,3937	6,505

De acuerdo a los resultados preliminares obtenidos se observa una concordancia con valores de consumo de oxígeno medidos en otras especies similares de anchovetas y sardinas en estudios realizados por James & Probin (1989); Lasker (1972); y Villavicencio (1981).

Tabla 5. Comparación de tasas de consumo de oxígeno para especies afines.

Especies	Tasa respiratoria (mg O_2 *g^{-1} peso húmedo* h^{-1})		
	Rutina	Activo	Referencia
Engraulis capensis	0,111	0,282	1.- James & Probin, 1989
Sardinops caerulea	0,168	0,245	2.- Lasker, 1972
Sardinops sagax	0,053	0,399	4.- Villavicencio, 1981
Engraulis ringens	0,084	0,476	3.- Villavicencio, 1981
Engraulis ringens		0,393	*Presente estudio*

1. - James, A.G. & T. Probyn.1989. The relationship between respiration rate, swimming speed and feeding behaviour in the Cape anchovy *Engraulis capensis.* J. *Exp. Mar. Biol. Ecol.,* Vol. 131, pp. 81-100.

2. - Lasker, R., 1970. Utilization of zooplankton energy by a Pacific sardine population in the California Current. In, *Marine food chains,* edited by J. H. Steele, Oliver &c Boyd, Edinburgh, pp. 265-284.

3.- Villavicencio, Z., 1981. Investigación preliminar de los requerimientos energéticos de anchoveta adulta (metabolismo estándar y actividad). Bol. Inst. Mar Perú**,** Vol. extraordinario, pp. 193-205.
4.- Villavicencio, Z., F. Laxo & G. Contreras, 1981. Estudio del metabolismo en juveniles de sardina (Sardinops sagax). Bol. Inst. Mar Perú**,** Vol. extraordinario, pp. 206-214.

Las mediciones realizadas en este estudio, aunque preliminares, revisten importancia ecológica por cuanto es preciso buscar respuestas de como este recurso puede enfrentar condiciones de mínimas de oxigeno que ocurren frecuentemente en el océano. Asimismo se debe considerar que es una especie altamente activa y que continuamente está desplazándose realizando migraciones horizontales y verticales debido a la actividad alimentaria, desove y búsqueda de hábitat idóneos para crecer y desarrollarse. Por lo anterior es necesario determinar las tasas de consumo de rutina y en actividad.

Conclusiones

- El equipamiento disponible permite realizar mediciones confiables de las tasas respiratorias en la anchoveta.
- Se precisa realizar mediciones de respirometría sobre un rango más amplio de pesos y temperaturas para establecer en forma precisa los estándares y requerimientos de esta especie.
- Adicionalmente se precisa realizar mediciones de los limites umbrales y letales de hipoxia que puedan afectar a esta especie.