

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

14^a REUNIÓN

La Jolla, California (EE. UU.)

15-19 de mayo de 2023

DOCUMENTO SAC-14-13

LABORATORIO DE ACHOTINES: DIRECCIONES FUTURAS

Daniel Margulies, Vernon P. Scholey, Yole Buchalla, Susana Cusatti, Mark N. Maunder, Jon Lopez, Daniel W. Fuller, Jean-François Pulvenis de Seligny, Alexandre Aires-da-Silva, Arnulfo Franco

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. EL LABORATORIO DE ACHOTINES: HISTORIA Y DIRECCIONES FUTURAS	2
3. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	2
4. INFRAESTRUCTURA Y OPERACIONES DEL LABORATORIO.....	5
5. MDE Y ACUERDOS DE COLABORACIÓN	6
6. INICIATIVA DEL BOSQUE DE ACHOTINES	7
REFERENCIAS	7

1. INTRODUCCIÓN

Dado que la fuerza de la cohorte de casi todas las especies de peces marinos se determina durante las etapas de huevo, larval o juvenil, la identificación y comprensión de las influencias bióticas y ambientales clave en la supervivencia antes del reclutamiento es un objetivo principal de la ordenación pesquera. La mayor parte de las investigaciones del Grupo de Ciclo Vital Temprano (CVT) de la CIAT son acerca de las etapas de vida antes del reclutamiento de los atunes en el Laboratorio de Achotines en la República de Panamá. El Laboratorio de Achotines le proporciona a la CIAT una instalación de investigación única para investigaciones tanto de campo como experimentales diseñadas para identificar y cuantificar los factores importantes que determinan la supervivencia antes del reclutamiento.

Como parte de los esfuerzos en curso para actualizar el Plan Científico Estratégico (PCE), el Grupo de CVT inició discusiones sobre un plan para fortalecer y proporcionar direcciones futuras para el programa de investigación dirigido por el Grupo de CVT en el Laboratorio de Achotines. En esta etapa, el plan (aún en construcción) aborda áreas para fortalecer la investigación, la infraestructura, el personal, los acuerdos de colaboración y el financiamiento de las investigaciones que realiza el Grupo de CVT en consonancia con los objetivos del PCE. En una etapa posterior, y tomando en consideración las aportaciones de otros programas científicos de la CIAT, del Comité Científico Asesor (CCA) y de la Comisión, el plan debería considerar una mayor expansión más allá del ciclo vital temprano de los atunes. A continuación, se presenta un resumen de los principales elementos incluidos actualmente en el proyecto de plan.

2. EL LABORATORIO DE ACHOTINES: HISTORIA Y DIRECCIONES FUTURAS

La historia y la evolución de las actividades de investigación realizadas en el Laboratorio de Achotines se describen en detalle en Scholey (1997) y en Margulies *et al.* (2016). Aquí se proporcionan hitos importantes en la historia del laboratorio.

A principios de la década de 1980, el Director de la CIAT, el Dr. James Joseph, decidió establecer un centro de investigación con el propósito específico de estudiar los ciclos vitales tempranos de los atunes tropicales y las especies afines; por lo anterior, se seleccionó la Bahía de Achotines, ubicada en la costa sur de la Península de Azuero en la Provincia de Los Santos en la República de Panamá. En 1982, se adquirió el terreno original del laboratorio, de una extensión de diez hectáreas y, en 1999, la CIAT adquirió 121 hectáreas de bosque adyacente alrededor de la Bahía de Achotines para proteger la calidad del agua y como amortiguador contra el desarrollo.

Durante los periodos de 1994-2001 y de 2011-2016, el laboratorio experimentó importantes ampliaciones en su infraestructura, incluyendo la construcción de tanques en tierra grandes para reproductores, una gran expansión del sistema de agua de mar, nuevas oficinas y laboratorio de análisis, la expansión de los sistemas de comunicación, un muelle con plataforma de lanzamiento de embarcaciones, y una gran ampliación del ala de cultivo de algas/zooplancton. El financiamiento para la expansión fue proporcionado en su mayoría por la Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) de Japón y la Japan International Cooperation Agency (JICA), con financiamiento operativo anual proporcionado por la CIAT. A partir de 1994, el personal del Laboratorio de Achotines creció para dar cabida al aumento de las actividades de investigación en el mar y en el laboratorio.

Recomendación: Durante los próximos 10 años, el Laboratorio de Achotines debería continuar recibiendo apoyo para su presupuesto operativo anual, el cual se revisaría de anualmente para ajustarse a la inflación. El financiamiento complementario provendrá de proyectos de investigación de científicos colaboradores de la CIAT o de colaboradores de investigación externos.

3. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

3.1 Investigaciones pasadas

De 1984 a 1995, se realizaron tanto estudios de campo como de laboratorio en el Laboratorio de Achotines sobre especies costeras de escómbridos, principalmente barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), melvas (*Auxis* spp.), sierras/carite (*Scomberomorus sierra*) y bonito (*Sarda orientalis*). Estos estudios incluyeron estudios de campo y la recolección en el mar de larvas y juveniles de escómbridos, además de experimentos de laboratorio que investigaron el crecimiento, la nutrición y la fisiología de los escómbridos costeros (Lauth y Olson 1996; Olson y Scholey 1990; Margulies, 1993). Se desarrollaron métodos para la recolección y la cría de larvas tardías y juveniles de escómbridos (Wexler 1993; Scholey 1997; Margulies *et al.* 2007a; Margulies *et al.* 2016).

En 1994 se inició una importante expansión del laboratorio con fondos proporcionados principalmente por la OFCF de Japón. De 1994 a 1996 se construyeron nuevos tanques de reproductores y de cría y se llevó a cabo una gran ampliación del sistema de entrada de agua de mar; los tanques de reproductores y de cría comenzaron a operar a principios de 1996 (Margulies *et al.*, 2016). En 1999, se construyeron un muelle de concreto y una rampa para embarcaciones para facilitar las operaciones de las embarcaciones. Desde 1996, el enfoque de investigación del Grupo de CVT se ha centrado en la biología reproductiva y el ciclo vital temprano del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). Las principales publicaciones de estas investigaciones se pueden encontrar en la [página de publicaciones del Laboratorio de Achotines](#). En 1996, por primera vez en todo el mundo, ocurrió desove de atún aleta amarilla (YFT) en un tanque en tierra en

el Laboratorio de Achotines (Margulies *et al.* 2007b), y este desove sostenido ha apoyado estudios importantes sobre la biología reproductiva y el ciclo vital temprano del atún aleta amarilla desde 1996.

Desde 2011, el Grupo de CVT ha colaborado en investigaciones comparativas de los ciclos vitales tempranos del atún aleta amarilla y del atún aleta azul del Pacífico (PBF) con colegas de la Universidad Kindai en Japón. Los estudios colaborativos formaron parte de estudios conjuntos financiados en parte por la JICA y la Japan Science and Technology Agency (JST) entre 2011 y 2016; la investigación colaborativa ha continuado hasta la actualidad con financiamiento organizacional de la CIAT y la Universidad Kindai.

3.2 Investigaciones actuales

En el documento [SAC-14 INF-N](#) se proporciona un resumen detallado de los temas de investigación prioritarios que se están investigando actualmente en el Laboratorio de Achotines. En los últimos años, los resultados experimentales y de campo de la investigación basada en Achotines han proporcionado herramientas prometedoras independientes de la pesca para pronosticar el reclutamiento del atún aleta amarilla. Estas herramientas potenciales incluyen estimaciones de las velocidades óptimas del viento para la supervivencia de las larvas de atún aleta amarilla (las cuales se han incorporado en análisis de velocidad del viento-reclutamiento), el desarrollo de índices de crecimiento larval y juvenil temprano que pueden usarse como predictores de la fuerza del reclutamiento y estimaciones de la temperatura del agua y la tolerancia al oxígeno disuelto de los huevos y las larvas de atún aleta amarilla, que pueden usarse para desarrollar índices de hábitat para el atún aleta amarilla (Margulies *et al.*, 2007a; Wexler *et al.* 2011; Margulies *et al.* 2016). El laboratorio también está disponible para que lo utilicen científicos de los países Miembros de la CIAT para proyectos de investigación individuales o colaborativos.

Las poblaciones de atunes son componentes clave de los ecosistemas pelágicos; sin embargo, los efectos del cambio climático en la biomasa, la distribución y el reclutamiento de los atunes son prácticamente desconocidos. En los últimos años, el Laboratorio de Achotines ha proporcionado un centro experimental esencial donde los científicos de la CIAT pueden probar los efectos de los factores del cambio climático en múltiples etapas de la vida del atún aleta amarilla (Scholey *et al.* 2012; Bromhead *et al.* 2015). Estos estudios han incluido investigaciones de los efectos de la acidificación y el calentamiento de los océanos y la anoxia en las primeras etapas de vida del atún aleta amarilla. Los resultados de las pruebas experimentales con atunes aleta amarilla se están incorporando actualmente en modelos que predicen cómo los cambios en la química del océano alterarán la distribución y la abundancia del atún aleta amarilla (Bromhead *et al.* 2015; Frommel *et al.* 2016; Lehodey *et al.* 2017; Nicol *et al.*, 2022). La investigación actual sobre los efectos del cambio climático incluye colaboraciones con la Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC) y la Universidad de Miami.

3.3 Consideraciones sobre futuras investigaciones

El objetivo de las consideraciones para las investigaciones futuras es fortalecer el programa científico dirigido por el Grupo de CVT, sin perjuicio de la expansión de dichas investigaciones a otras áreas de interés para la Comisión en respuesta a la evolución de sus necesidades y circunstancias. Esto incluye, por ahora, mejorar los vínculos entre el programa de investigación de CVT y otros programas clave de investigación de la CIAT, de conformidad con el PCE de la CIAT.

Pronóstico del reclutamiento

Una mayor colaboración entre el Grupo de CVT y el Programa de Evaluación de Poblaciones será esencial para mejorar el análisis y el modelado de la variabilidad del reclutamiento y los temas ecológicos de interés para la CIAT. Esto mejorará los conocimientos científicos de los procesos vitales de los atunes antes del

reclutamiento y proporcionará un vínculo con los resultados de las evaluaciones de las poblaciones, al tiempo que aportará un gran valor de retorno a la CIAT.

Los procesos de densidad y su influencia en la relación población-reclutamiento para el atún aleta amarilla ahora pueden simularse de forma experimental en el Laboratorio de Achotines, centrándose en estudios de supervivencia y crecimiento que ocurren desde la etapa de huevo hasta la etapa juvenil temprana. Las cuestiones específicas relativas a la relación población-reclutamiento podrían abordar los siguientes conceptos:

- ¿Cómo se produce una dependencia de la densidad muy fuerte en el océano abierto?
- ¿Pueden unos pocos adultos saturar el “hábitat” de huevos/larvas/juveniles?
- ¿Se obtiene el mismo número de reclutas independientemente de la cantidad de huevos que se produzcan, hasta un número muy pequeño de huevos?

Enfoque adicional en las etapas juveniles tempranas

Desde 1996 hasta 2020, el enfoque de la investigación del ciclo vital temprano del atún aleta amarilla realizada en el Laboratorio de Achotines ha sido en las etapas de huevo y larval. Durante los próximos cinco a 10 años, el enfoque de investigación del Grupo de CVT en el Laboratorio de Achotines se ampliará para incluir investigaciones de las etapas juveniles tempranas (0.5 a 6 meses de edad) del atún aleta amarilla. El éxito reciente en la cría de atunes aleta amarilla juveniles en el Laboratorio de Achotines brinda actualmente la oportunidad de estudiar por primera vez de forma experimental el crecimiento, la supervivencia y la dinámica de alimentación de todas las etapas de vida antes del reclutamiento (0-6 meses de edad) del atún aleta amarilla. Entre los temas de investigación que podrían abordarse de manera experimental se encuentran los siguientes:

- Para el atún aleta amarilla, ¿la mortalidad dependiente de la densidad debilita cualquier relación entre la producción de huevos y el reclutamiento consistente con la evaluación de las poblaciones de atún aleta amarilla de la CIAT (Aires-da-Silva y Maunder 2012; Minte-Vera *et al.* 2014)?
- ¿La tasa de crecimiento relativo o la dependencia de la densidad en el éxito de la alimentación y el crecimiento durante las etapas larval o juvenil temprana contribuyen a las variaciones en el reclutamiento del atún aleta amarilla?
- ¿Pueden utilizarse atunes aleta amarilla juveniles criados en laboratorio para ser marcados y liberados en el Golfo de Panamá y así proporcionar nueva información acerca de los desplazamientos y el comportamiento en el OPO de estas etapas juveniles tempranas poco estudiadas?

Estudios del cambio climático

Con el cambio climático convirtiéndose en un factor que cada vez influye más en las poblaciones de atunes en el OPO, el Laboratorio de Achotines continuará siendo un centro experimental esencial en donde los científicos de la CIAT pueden probar los efectos de los factores del cambio climático en múltiples etapas de vida de los atunes. La acidificación y el calentamiento de los océanos y la anoxia son motivo de preocupación por sus efectos potenciales sobre el crecimiento, el desarrollo y la supervivencia de las etapas tempranas de vida de los atunes en hábitats oceánicos y sobre la extensión espacial del hábitat de cría adecuado para los atunes. Las investigaciones futuras en el Laboratorio de Achotines continuarán proporcionando resultados experimentales que pueden usarse para parametrizar los modelos utilizados para estimar los futuros efectos del clima sobre la supervivencia de los atunes antes del reclutamiento y

la disponibilidad de hábitats de desove (Nicol *et al.* 2022). Los efectos del cambio climático se estudiarán de manera experimental para abordar las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los efectos interactivos del calentamiento y la acidificación de los océanos en las etapas previas al reclutamiento del atún aleta amarilla?
- ¿Cuáles son los efectos de la acidificación y el calentamiento de los océanos en la fisiología y la ecología de las etapas tempranas de vida de los atunes (estudios conjuntos con la Universidad de Miami)?
- ¿Cuáles son los efectos de los contaminantes como los microplásticos y los contaminantes orgánicos persistentes (COP) en las etapas tempranas de vida de los atunes?

Investigaciones sobre biología y comportamiento

El Laboratorio de Achotines puede utilizarse para los siguientes tipos de investigaciones biológicas:

- Estudios de validación de incorporación de microquímicos en los otolitos de atún aleta amarilla larval y juvenil temprano, proporcionando así la validación de la contribución ambiental en los otolitos y aportando información sobre el origen geográfico de los peces.
- El estudio de las tasas de recambio isotópico en los tejidos de atún aleta amarilla larval y juvenil.
- Marcado de reproductores con marcas con acelerómetros tridimensionales para validar eventos de cortejo, desove y alimentación.

Investigación sobre mitigación de capturas incidentales

El Laboratorio de Achotines continuará proporcionando un entorno único para estudios piloto y pruebas de campo de tecnologías de reducción de captura incidental de interés para la CIAT. Científicos de la CIAT y la ISSF, con el apoyo de la UE, la ISSF y el Laboratorio de Achotines, han realizado proyectos relacionados con tecnologías de reducción de captura incidental tales como rejillas clasificadoras, plantados biodegradables y métodos acústicos para minimizar la captura de peces de talla reducida; este tipo de investigaciones recibirán apoyo en el futuro siguiendo las recomendaciones de investigación del Comité Científico Asesor (CCA) de la CIAT. Estos estudios podrían incluir:

- Mejoras en la discriminación remota de especies: acústica (ecosondas, perfiles de ruido específicos por especie, etc.) y análisis de imágenes (identificación remota de especies sensibles de captura incidental)
- Atracción/disuasión para tiburones (imanes, luz, olor, etc.)
- Atracción/disuasión para atunes (luz, ruido, etc.)
- Experimentos sobre diferentes configuraciones de artes de pesca y degradabilidad (anzuelos, líneas de acero, diferentes estructuras de plantados)

4. INFRAESTRUCTURA Y OPERACIONES DEL LABORATORIO

Las recomendaciones prioritarias de infraestructura para el laboratorio se describen brevemente a continuación.

Desde 1984 hasta 2004, toda la electricidad procedía de generadores *in situ*; en 2004, el laboratorio se conectó a la red eléctrica local. Debido a los frecuentes, y a veces prolongados, cortes de energía eléctrica que ocurren en la zona, sigue siendo necesario mantener dos generadores de reserva. A principios de 2022, se instaló un nuevo generador de reserva, pagado por una subvención del SENACYT de Panamá. Los dos generadores existentes necesitan mantenimiento o reparaciones importantes y se debería seleccionar uno para que sea restaurado. Existe la esperanza de que la situación de los cortes de energía

eléctrica mejore en uno o dos años, ya que la compañía de servicios públicos está mejorando el sistema de distribución en la zona, pero no está garantizado.

Aproximadamente 1.5 km de caminos sin pavimentar (de roca triturada y compactada) van desde la carretera principal a lo largo del sitio del laboratorio y hasta la rampa para embarcaciones en la playa. Se recomienda pavimentar (superficie de petróleo/grava) los caminos sin pavimentar.

Recomendaciones:

- Se debería construir una carretera pavimentada (superficie de petróleo/grava) para reemplazar la carretera sin pavimentar.
- La rampa para embarcaciones y la plataforma operativa en la Bahía de Achotines deben repararse y mantenerse con fondos previamente comprometidos por la ARAP.
- Debería aumentarse el financiamiento anual de operaciones para el laboratorio a fin de pasar de un sistema reaccionario que reemplaza los componentes de la infraestructura solo cuando fallan a un sistema de planificación a largo plazo con etapas de reemplazo de 1 a 3 años.

5. MDE Y ACUERDOS DE COLABORACIÓN

El Grupo de CVT y el Laboratorio de Achotines mantienen un conjunto diverso de acuerdos de investigación colaborativa y Memorándums de Entendimiento (MdE) para planificar y realizar investigaciones relevantes para la Convención de Antigua. Los antecedentes y los objetivos específicos de estos acuerdos de colaboración se resumen en Margulies y Scholey (2022) y aquí se presenta una lista de los acuerdos actuales y sus duraciones.

- CIAT – OFCF de Japón (1993 hasta la actualidad)
- CIAT – Universidad Kindai de Japón – ARAP (2010-2016, con proyecto de extensión intercambiado en 2018)
- CIAT – Universidad de Miami (2002 hasta la actualidad)
- CIAT – ARAP (2010 hasta la actualidad)
- CIAT - Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) (2002 hasta la actualidad)
- CIAT – Universidad de Yale/Programa ELTI (2017 hasta la actualidad)
- CIAT – AZTI (acuerdo pendiente para investigación conjunta en el Laboratorio de Achotines)

5.1 Mayores oportunidades para la difusión de la investigaciones científicas y las redes sociales

Además de las oportunidades de publicación científica de las investigaciones realizadas por el Grupo de CVT, los estudios realizados en el Laboratorio de Achotines continuarán proporcionando una base única para proyectar la imagen científica de la CIAT al público y a los medios de comunicación. Los hallazgos innovadores de las investigaciones del Grupo de CVT (en particular los relacionados con el cambio climático) y los hallazgos novedosos relacionados con el éxito del desove y cría en cautiverio de atunes juveniles serán de interés para el público, los países Miembros de la CIAT y los medios de comunicación. Estos resultados de investigación deberían ponerse a disposición del público en una escala mucho mayor que en el pasado. El Grupo de CVT buscará mayores oportunidades para la difusión de los resultados de sus investigaciones y de investigaciones colaborativas sobre atunes, proporcionando así nuevas oportunidades para describirle al público y a los medios de comunicación las investigaciones de la CIAT. Los principales resultados de las investigaciones en el Laboratorio de Achotines se proporcionarán a sitios web de noticias científicas y servicios de noticias. Además, en el nuevo [sitio web de la CIAT](#) ahora hay una sección más amplia y actualizada que describe las actividades de investigación en el Laboratorio de Achotines; además, las investigaciones del laboratorio también se describen periódicamente en las redes sociales de la CIAT (Facebook, Twitter e Instagram).

6. INICIATIVA DEL BOSQUE DE ACHOTINES

En 2007, se emprendió una iniciativa para proteger de manera permanente el Bosque de Achotines circundante y potencialmente convertirlo en una fuente de financiamiento para el laboratorio. El Bosque de Achotines está compuesto por una parcela de bosque seco tropical costero, un ecosistema terrestre poco común y uno de los más amenazados de Centroamérica. Múltiples organizaciones de investigación y universidades han realizado estudios terrestres y han mantenido sitios de estudio a largo plazo en el bosque para promover la reforestación y la restauración de cuencas hidrográficas.

En 2008 se preparó un Prospecto de Donantes completo, que resultó en una promesa de apoyo financiero por parte de la Grantham Family Foundation. Para desarrollar una base completa de donantes y la protección del bosque a perpetuidad, se recomienda asegurar donantes adicionales o transferir el manejo del bosque a una ONG; estos nuevos esfuerzos requerirán actualizar el Prospecto de Donantes, cartas de apoyo, descripciones del área e información de apoyo sobre el Bosque de Achotines.

La información específica relacionada con el Bosque de Achotines y el Prospecto de Donantes puede obtenerse del Grupo de CVT de la CIAT.

REFERENCIAS

- Aires-da-Silva, A. and M. Maunder. 2012. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2010 and outlook for the future. IATTC Stock Assessment Report 12.
- Bromhead, D., V. Scholey, S. Nicol, D. Margulies, J. Wexler, M. Stein, S. Hoyle, C. Lennert-Cody, J. Williamson, J. Havenhand, T. Ilyina, and P. Lehodey. 2015. The potential impact of ocean acidification upon eggs and larvae of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Deep-Sea Res. II* 113: 268279.
- Frommel, A.Y., D. Margulies, J.B. Wexler, M.S. Stein, V.P. Scholey, J.E. Williamson, D. Bromhead, S. Nicol, and J. Havenhand. 2016. Ocean acidification has lethal and sub-lethal effects on larval development of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 482: 18-24.
- Lauth, R.R. and R.J. Olson. 1996. Distribution and abundance of larval Scombridae in relation to the physical environment in the northwestern Panama Bight. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.* 21: 125-167.
- Lehodey, P., I. Senina, B. Calmettes, M. Dessert, S. Nicol, J. Hampton, N. Smith, T. Gorgues, O. Aumont, M. Lengaigne, C. Menkes, and M. Gehlen. 2017. Modeling the impact of climate change including ocean acidification on Pacific yellowfin tuna. WCPFC-SC13-2017/EB-WP-01.
- Margulies, D., 1993. Assessment of the nutritional condition of larval and early juvenile tuna and Spanish mackerel (Pisces: Scombridae) in the Panama Bight. *Mar. Biol.* 115 (2), 317-330.
- Margulies, D., V.P. Scholey, J.B. Wexler, R.J. Olson, J.M. Suter, and S.L. Hunt. 2007a. A review of IATTC research on the early life history and reproductive biology of scombrids conducted at the Achotines Laboratory from 1985 to 2005. IATTC Special Report 16.
- Margulies, D., J.M. Suter, S.L. Hunt, R.J. Olson, V.P. Scholey, J.B. Wexler, and A. Nakazawa. 2007b. Spawning and early development of captive yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *Fish. Bull.* 105: 249-265.
- Margulies, D., V.P. Scholey, J.B. Wexler, and M.S. Stein. 2016. Research on the reproductive biology and early life history of yellowfin tuna *Thunnus albacares* in Panama. Pages 77-114 In: D. Benetti, G.J. Partridge, and A. Buentello (eds.), *Advances in Tuna Aquaculture*, Elsevier-Academic Press.
- Minte-Vera, C., A. Aires-da-Silva, and M.N. Maunder. 2014. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2013 and outlook for the future. Background document prepared for the 5th meeting of the IATTC Scientific Advisory Committee Meeting, 12-16 May, 2014.
- Nicol, S., P. Lehodey, I. Senina, D. Bromhead, A. Frommel, J. Hampton, J. Havenhand, D. Margulies, P. Munday, V. Scholey, J. Williamson, and N. Smith. 2022. Ocean futures for the world's largest yellowfin

tuna population under the combined effects of ocean warming and acidification. *Frontiers in Marine Science* 9: 816772.

Olson, R.J., and V.P. Scholey, 1990. Captive tunas in a tropical marine research laboratory: Growth of late-larval and early-juvenile black skipjack *Euthynnus lineatus*. *Fish. Bull.* 88 (4), 821-828.

Scholey, V.P., 1997. Construction and operation of a laboratory or aquaculture facility in a developing country. *Rev. Fish. Sci.* 5 (3), 279-302.

Scholey, V., D. Bromhead, D. Margulies, S. Nicol, J. Wexler, M. Santiago, J.E. Williamson, S. Hoyle, P. Schlegel, J. Havenhand, T. Ilyina, and P. Lehodey. 2012. Novel research into the impacts of ocean acidification upon tropical tuna. *Pelagic Fisheries Research Program Newsletter* 16(1): 1-8.

Wexler, J.B. 1993. Validation of daily growth increments and estimation of growth rates of larval and early juvenile black skipjack, *Euthynnus lineatus*, using otoliths. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* 20(7): 399-440.

Wexler, J.B., D. Margulies, and V.P. Scholey. 2011. Temperature and dissolved oxygen requirements for survival of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, larvae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 404: 63-72.