



Universidad Austral de Chile

Escuela de Graduados
Sede Puerto Montt



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura



Formando
Investigadores
para la sustentabilidad ambiental

2015-2021



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura

Dra. Margarita González

Bióloga Marina

margaritapgg@hotmail.com

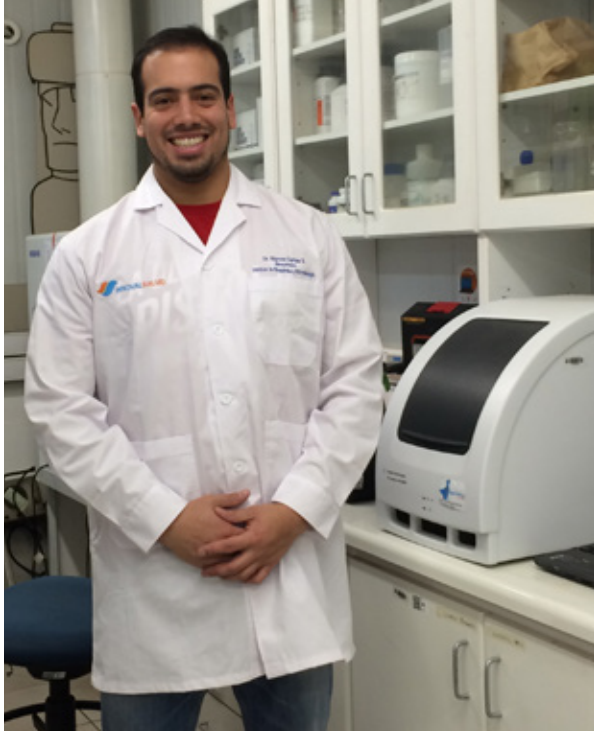
“ Realizar el doctorado fue muy relevante para mi, ya que permitió que madurara el pensamiento crítico, como también, reforzo mis habilidades como investigador. Gracias a esto actualmente me encuentro iniciando una línea de investigación en mi lugar de trabajo ”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

EFFECTO DE LA CALIGIDOSIS EN EL BIENESTAR DEL SALMÓN DEL ATLÁNTICO (*Salmo salar*, Linneaus 1758)

En Chile, el Servicio Nacional de Pesca implementó un programa oficial de vigilancia y control de *Caligus rogercresseyi*, estableciendo un umbral de carga parasitaria que obliga la toma de medidas de control, el cual no considera el bienestar del pez. La presente tesis doctoral evaluó la hipótesis sobre la existencia un umbral de infestación del parásito *C. rogercresseyi* por sobre el cual se gatilla una respuesta de estrés diferencial con perjuicio en el bienestar del hospedero, que dependerá del historial de infestación del hospedero. El objetivo general fue evaluar los niveles de infestación de los estados fijos y móviles de *C. rogercresseyi* que desencadenan una alteración de los indicadores fisiológicos (cortisol, glucosa, proteínas, aminoácidos, lactato, triglicéridos y osmolalidad), anatómicos (células mucosas en la piel y daño de la aleta) como indicadores de bienestar del hospedero. Este objetivo se abordó mediante cuatro capítulos relacionados a las historias de infestación. En el **Primer capítulo** evaluó los efectos de la infestación de *C. rogercresseyi* en la respuesta fisiológica de *S. salar* infestado por primera vez. En el **Segundo capítulo** se estudió la respuesta al estrés de *S. salar* enfrentado a una infestación alta y abrupta del estadio infestante de *C. rogercresseyi*. El **Tercer capítulo** describe la respuesta de estrés de *S. salar* enfrentado a una infestación prolongada con ba-

jas abundancias de *C. rogercresseyi*, a un objeto nuevo dentro del estanque, y manejo. Por último, el **Cuarto capítulo** evaluó la erosión de las aletas de *S. salar* infestado con *C. rogercresseyi*. Los resultados sugieren que infestaciones de *C. rogercresseyi* alteran significativamente la fisiología de *S. salar*, siendo posible la determinación de umbrales de carga parasitaria. Sobre los umbrales estimados se observaron detrimentos en la fisiología del pez, caracterizados como una alta respuesta primaria y secundaria, con deterioro de aleta, indicando efectos negativos en el bienestar de *S. salar*. Por otra parte, el valor de los umbrales dependió de la historia de infestación y de la etapa de desarrollo del parásito. Infestaciones de etapas tempranas del parásito inducen valores umbrales altos, mientras que infestaciones de adultos, tanto cortas como prolongadas, inducen umbrales bajos. Derivado de este trabajo, se logró la publicación del primer, segundo y tercer capítulos en las revistas *Aquaculture*, *Fish Physiology and Biochemistry* y *Journal of Fish Diseases*, respectivamente. Así mismo, el primer capítulo fue presentado en el Congreso Sea Lice 2014 en Portland, Maine, USA. Posteriormente, se realizó una charla a niños de enseñanza media en el II Workshop Salmociencia 2016 organizado por Explora Conicyt Los Lagos.



Dr. Marcos Cortés

Bioquímico

mcortessobarzo@gmail.com

“ Realizar este programa de Doctorado me ha permitido ampliar el conocimiento en el área de la Acuicultura y su diversificación, mejorar mi estrategia de investigación y adaptar los diseños experimentales a las necesidades actuales de nuestro país. Específicamente en el área de patógenos, en la cual realicé mi investigación, me permitió unir todos estos conocimientos y poder concluir exitosamente mi trabajo de tesis para la obtención del grado ”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

ESTUDIO DEL SISTEMA DE SECRECIÓN PROTEICA TIPO 4B (Dot/Icm)
Y DE LA PROTEÍNA EFECTORA SdhA IN *Piscirickettsia salmonis*

La Salmonicultura chilena es una industria importante hoy en día en el país con un ingreso económico significativo. Los problemas con el manejo y mantenimiento de este sector para evitar pérdidas de producto por enfermedades es un factor clave de preocupación en este momento. La enfermedad *Piscirickettsiosis* ha sido un problema que persiste en el tiempo en esta industria. Según informe de Sernapesca, la cantidad de cosecha de salmón Atlántico chileno fue de alrededor de 152.806 toneladas en 2014 y representan alrededor de USD \$ 1.292 millones. Durante el mismo año, la principal causa de mortalidad fue por *Piscirickettsiosis*, que afectó a las tres especies de salmónidos cultivados en Chile, alcanzando alrededor de un 74% para salmón del Atlántico y trucha arco iris, y un 36% para salmón Coho. El manejo de la enfermedad se basa en variadas prácticas durante el cultivo, incluyendo la aplicación de inmunoestimulantes de eficacia no comprobada y el control de la transmisión vertical por un procedimiento de selección de alto costo para la industria durante la reproducción. El agente etiológico de la enfermedad es denominado *Piscirickettsia salmonis*, afectando las tres

especies de salmónidos cultivados en Chile. Actualmente, nuestro conocimiento acerca de este patógeno se limita a unos pocos artículos que describen la inducción de apoptosis en las células infectadas, presencia del sistema de secreción proteica de tipo 4B a nivel génico, posible evasión de la vía fagocítica después de la internalización en la célula, altos niveles de expresión de dos factores de virulencia con un rol clave en la supervivencia intracelular (ClpB y BipA), y recientemente el genoma cerrado para la cepa tipo LF-89. Los resultados encontrados en este trabajo, proporcionan evidencia tanto a nivel génico como proteico, de que sí está presente el sistema de secreción tipo 4B para traslocar proteínas efectoras (SdhA) que subvierten el tráfico vesicular para su propio beneficio, logrando el establecimiento de la infección por parte de la bacteria.

Demostrando la presencia proteica de este sistema de secreción durante una infección *in vitro*, se podrían generar vacunas o nuevas terapias contra este patógeno, para controlar la enfermedad y reducir la mortalidad generada por *Piscirickettsia salmonis*.



Dra. Andrea Valenzuela

Bióloga Marina

andreamvalenz@gmail.com

“ El Programa de Doctorado en Ciencias de la Acuicultura, Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt me entregó las herramientas multidisciplinarias necesarias para poder abordar las diferentes problemáticas que se observan en los ambientes naturales y en la industria acuícola ”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

PATRÓN DE CONECTIVIDAD GENÉTICA DEL MITÍLIDO *Mytilus Chilensis* (Hupe, 1854) EN EL MAR INTERIOR DE CHILOÉ, REGIÓN DE LOS LAGOS, CHILE

La especie *Mytilus chilensis* es considerada el segundo recurso de importancia económica para la industria acuícola nacional, debido a los altos volúmenes de desembarque registrados en los últimos años. Se sustenta exclusivamente de la oferta que le entrega la naturaleza, donde la variabilidad de los sistemas naturales tiene implicancias directas en el desarrollo de esta actividad. Evaluar el nivel de la conectividad genética de esta especie es esencial para el manejo de sus poblaciones y la protección de la identidad genética de ésta, debido a la intervención del hombre sobre sus poblaciones naturales. En el presente trabajo se planteó evaluar el patrón de conectividad genética de *M. chilensis* en el Mar Interior de Chiloé. Para tal efecto, se evaluó la distribución de la variabilidad genética tanto de los reclutas procedentes de los centros de captación como de los adultos provenientes desde los bancos naturales, a través de la inferencia del flujo génico entre los individuos de las diferentes localidades. Los resultados obtenidos mediante la evaluación de la estructuración genética poblacional de los bancos naturales de *M. chilensis* nos permitieron identificar patrones complejos de conectividad entre las diferentes localidades analizadas, los cuales sugieren diferenciación genética poblacional entre sectores que podrían ser producto de una variación genética temporal a partir de frecuencias alélicas generadas por diferentes cohortes, que podrían haber resultado en la toma de muestras desde cada localidad. Por consiguiente, es probable que la diferenciación genética encontrada sea efecto de una heterogeneidad genética al azar, producto de la varianza reproductiva entre cohortes en organismos marinos, la cual implica que solo una pequeña parte del pool genético de la

población se constituirá en la base de la siguiente generación, existiendo diferenciación genética entre las cohortes del mismo lugar. Por lo que, para entender la complejidad de los patrones de dispersión de larvas planctónicas de *M. chilensis* y de su conectividad, se hace necesario el análisis que integren múltiples cohortes, es decir, que consideren múltiples eventos de dispersión. Por último, los análisis de asignación permitieron identificar que las semillas de *M. chilensis* presentan diversos orígenes, pudiendo ser asignadas a los distintos bancos naturales que hoy abastecen de semillas a la industria mitícola, más que al banco natural vecino al centro de captación. A excepción, de las semillas de la localidad de Yaldad, las cuales presentaron el mayor porcentaje de auto reclutamiento de los bancos para este sector. Estos resultados permiten mantener un alto nivel de conectividad entre los bancos distribuidos en el Mar Interior de Chiloé, el cual podría estar siendo favorecida por una alta dispersión de larvas en el sistema y por una dispersión mediada por el hombre en su estado de semilla, producto de la acuicultura. En conclusión, los resultados permitieron identificar un patrón de conectividad genético complejo entre los bancos naturales del mejillón chileno en el Mar Interior de Chiloé, los cuales podrían estar siendo mantenidos por un alto reclutamiento de individuos procedentes de los distintos bancos naturales identificados en esta zona geográfica, favoreciendo una mayor diversidad genética aportada por todos los bancos naturales que abastecen de semillas al sistema, y que por lo tanto, permiten el desarrollo sustentable de una industria que depende exclusivamente de lo que le ofrece la naturaleza.



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura

Dr. Rene Manríquez

Bioquímico

rene.manriquez@postgrado.uach.cl

“ El programa de doctorado me entrego formación integral sobre el estado el arte de la acuicultura tanto nacional como internacional, permitiendo para esto, poder complementar mi desarrollo científico en laboratorios internacionales. Además, el programa me entrego herramientas para conducir la investigación básica que desarrollo, hacia la resolución de problemas de interés nacional ”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

ESTUDIO DE MARCADORES EPIGENÉTICOS MODULADOS POR EL VIRUS DE LA NECROSIS PANCREÁTICA INFECCIOSA (IPNV) PARA EVADIR LA RESPUESTA ANTIVIRAL DE CÉLULAS INFECTADAS

El virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa (IPNV) ha sido el segundo agente causal de mortalidades secundarias en *Salmo salar* y *Oncorhynchus mykiss*. Durante las primeras 4 horas de replicación viral, es posible observar mRNA y proteínas virales en células infectadas. Esta rápida replicación ha sido asociada a la capacidad del virus de evadir la respuesta antiviral. Se ha descrito que las proteínas virales VP4 y VP5 estarían involucradas en la evasión a la respuesta a interferón, disminuyendo así la expresión de Mx. Este fino control celular por parte de IPNV le da amplias ventajas sobre su hospedero.

El presente trabajo propuso esclarecer si la modulación de la respuesta antiviral ejercida por IPNV es a través de mecanismos epigenéticos. Para ello, se analizaron distintos genes de respuesta antiviral entre ellos IFN- γ , gen que presenta dos islas CpG susceptibles de ser epigenéticamente moduladas. La infección con IPNV tiene

efectos directos sobre el patrón de metilación del promotor de IFN- γ , y para el caso de la citosina en posición +38 se observa una metilación completa a las 6 horas post infección (hpi), por otra parte la citosina en posición -392 disminuye su metilación a las 24 hpi. Estos patrones no solo se condicen con el nivel de expresión de IFN- γ sino que además se relaciona con el aumento en la expresión transcripcional de la enzima DNA metiltransferasa la cual es clave en el mantenimiento del patrón de metilación en las células.

Se piensa que la metilación en el promotor de IFN- γ participa de manera directa en la regulación de la expresión de esta citoquina evitando una respuesta antiviral temprana por parte del hospedero a las 6 hpi. Según análisis *in silico*, se hipotetiza que el efecto final de la metilación del promotor es evitar la unión de factores de transcripción tales como CREB y NF- κ B.



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura

Dr. Hugo Hernaldo Isaac Silva Oliva

Licenciado en Bioquímica

hugosilva.oliva@gmail.com

“ El programa ha sido una gran oportunidad para mejorar y enfrentar mis debilidades. En conjunto con sus académicos nos han impulsado a nuevos niveles de interacción que han permitido ser parte de la responsabilidad de las mejoras que nuestro país y comunidad científica necesitan hoy, sin perder un enfoque sustentable y de diversificación. Esto último, debería aplicarse a cada área de desarrollo que uno debe enfrentar y que en mi caso está asociada a biotecnología ”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

ESTUDIOS DE PROTECCIÓN EN *Salmo salar* CONTRA *Piscirickettsia salmonis* POR IgY anti-P. SALMONIS ADMINISTRADA ORALMENTE

Piscirickettsia salmonis (*P. salmonis*) es una bacteria descrita como la causante del “síndrome rickettsial salmónido” (SRS). La incidencia de SRS, actualmente no ha disminuido, lo que representa grandes pérdidas económicas, US \$ 500 millones y US \$ 700 millones, para la industria del salmón (AQUA, agosto de 2015). SRS, generó 79% de todas las mortalidades en *Salmo salar* (Sernapesca, octubre de 2016). Para reducir impacto de SRS, la industria chilena ha incorporado mejor gestión, vacunación y uso de antibióticos. Este proyecto realizó un tratamiento alternativo con inmunidad pasiva, la cual, usa la inclusión de anticuerpos preformados (IgY, generados en gallina) contra SRS, en lugar de intentar inducir anticuerpos en peces (IgM) mediante la estimulación con antígenos del patógeno. Esta estrategia, se aplica en etapas de producción animal donde no es posible usar antibióticos, por razones de seguridad alimentaria. La terapia de inmunidad pasiva se ha utilizado con éxito en la terapia biomédica, diag-

nóstica y profiláctica de enfermedades (Michael et al., 2010), así como contra patógenos acuáticos (Lee et al., 2000). El proyecto generó las siguientes innovaciones: (i) La producción de un antígeno de *P. salmonis* y un IgY anti-*P. salmonis* para conferir inmunidad pasiva contra el patógeno, el cual, es estable y seguro en los ecosistemas acuáticos y en la salud pública. (ii) Optimización de administración oral usando diversas tecnologías, mediante el desarrollo y la mejora de la tecnología de microencapsulación de anticuerpos. (iii) Inclusión de micropartículas cargadas con IgY anti-*P. Salmonis*, en alimento de salmónidos, lo que permite una alternativa de tratamiento (inmunidad pasiva) de los peces contra SRS, y así mismo, la administración oral, reduce los problemas asociados con la manipulación de peces y sus riesgos asociados. (iv) Esta biotecnología es homologable para el tratamiento y/o profilaxis de otros patógenos.



Dr. Mauricio Osvaldo Pineda Gutiérrez

Ingeniero Acuicola

correo@postgrado.uach.cl

“ El desarrollo del Doctorado en Acuicultura me permitió tener una visión más amplia y actualizada de todo el ámbito científico relacionado con la acuicultura. Para mí actualmente ha constituido una herramienta fundamental en mi desarrollo profesional permitiéndome el impulso de nuevos desafíos científicos y productivos en la institución en donde trabajo ”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

BASES BIOLOGICAS PARA EL CULTIVO LARVARIO EN HATCHERY DEL CIRREPIDIO
GIGANTE *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782)

Los efectos del tipo, concentración de alimento, temperatura y salinidad sobre la duración, sobrevivencia y metabolismo de los estados larvales de *Austromegabalanus psittacus* y su influencia en la energía de las Cypris y juveniles recién metamorfoseados fueron examinados. Se utilizaron tres tipos de alimento: *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* y una mezcla de ambas microalgas en proporción 1:1 y tres concentraciones 2×10^5 , 4×10^5 y 6×10^5 células mL^{-1} . Las temperaturas utilizadas fueron 9, 12, 15, 18 y 21 °C y salinidad de 20, 24, 28 y 32 PSU. El desarrollo más prologado fue en Mix- 2×10^5 células mL^{-1} (16,7 días) y el menor en Mix- 4×10^5 células mL^{-1} (14,04 días). Con *I. galbana* el desarrollo naupliar no se completó, muriendo el 100% de las larvas en Nauplius V. El contenido energético proporcionado por lípidos y proteínas a las Cypris fue afectado significativamente por la dieta, concentración y la

interacción de ambos factores. El menor K_2 se registró en la más baja de las concentraciones de alimento Mix- 2×10^5 células mL^{-1} (6,01%) y con la dieta *C. gracilis* se observaron los mejores K_2 (22, 92–28,25%). A temperaturas entre 9 y 21 °C en conjunto con salinidades de 28 y 32 PSU se completó el desarrollo larval. A 20 y 24 PSU el 100 % de las Cypris murieron. El desarrollo más prologado se obtuvo a 9 °C/32 PSU (33,57) y el menor en 21 °C/24 PSU (8,50 días). En 15 y 18 °C con salinidades de 28 y 32 PSU se obtuvo la menor mortalidad acumulada, mayor contenido de lípidos y proteínas en consecuencia un mayor contenido energético, mayores niveles de producción (P) y mejor eficiencia neta de crecimiento (K_2). Los resultados muestran que la dieta, temperatura y salinidad tienen una importante influencia sobre el desarrollo larval, sobrevivencia y acumulación de energía en *A. psittacus*.



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura

Dr. Johnny Max Alfredo Blanc Sperberg

Ingeniero Metalurgista

jblanc@uach.cl

“ Este doctorado es importante por que me hace feliz.

Por que cierra un ciclo de aquellos que se anidaron en la infancia, entender el océano y las criaturas que lo habitan, un océano que lo viví intensamente en el puerto de Lebu, Provincia de Arauco –en aquel entonces-. Tenía una deuda conmigo y otra con él. Cada vez que lo estudio y lo entiendo mas globalmente -equilibrios y meta equilibrios- me comprometo más por que me doy cuenta de lo vital y tremendamente vulnerable que es. Entonces... estoy cumpliendo una promesa que solo la puedo resolver trabajando, viviéndolo con muy alto valor de compensación ”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

CADMIO EN SESTON Y FRACCIÓN DE ENRIQUECIMIENTO [CdM.*chilensis*] / [CdSeston] EN EL MAR INTERIOR DE CHILOÉ

La industria mitilícola Chilena representa una actividad relevante para la economía y el desarrollo nacional, eminentemente exportadora es sometida a regulaciones internacionales que cautelan preferentemente los aspectos de inocuidad alimentaria. La presencia de metal cadmio—dependiendo de su concentración—provoca rechazos en productos de exportación, dilatación de cosechas, incertidumbre comercial y riesgos en la industria. No existe relación que permita reconocer y cuantificar adecuadamente las vías tróficas que expliquen enriquecimiento de Cd en *Mytilus chilensis*. Logrado resolver la restricción señalada, es posible hacer pronósticos asertivos en cuanto a reconocer los sustratos que transportan este metal, los ecosistemas marinos (canales, bahías, fiordos) y estaciones del año con características de susceptibilidad de transferir Cd a biofiltradores. El objetivo general fue estudiar la relación [Cd] en seston y en *Mytilus chilensis* para explicar el enriquecimiento (transferencia) en cultivos de choritos. Este objetivo se abordó en cuatro capítulos relacionados. El **Primer capítulo** describe una metodología de muestreo en *M. chilensis* que asegura una variabilidad de la [Cd] leída y que permite observar las relaciones y tendencias espacio/temporales de las transferencias de cadmio que incluye el análisis de tejidos blandos, contenido en hepatopáncreas y valvas. El **Segundo capítulo** describe la transferencia de cadmio a valvas de *M. chilensis*, en los ecosistemas señalados y estaciones del año, lo que dice relación con la disposición final de

dichos subproductos y el efecto que provocarían en los fondos de bancos naturales. El **Tercer capítulo** describe las relaciones de transferencia de cadmio en los ecosistemas estudiados considerando las condiciones espaciales para los tres ecosistemas típicos. El **Cuarto capítulo** describe el comportamiento de [Cd] en cuatro estaciones sucesivas para los tres ecosistemas seleccionados. Los resultados muestran que existe la posibilidad de bajar la variabilidad de los resultados lecturas de [Cd] en *M. chilensis* de forma poder observar las tendencias en el orden de décimas de mg Cd kg⁻¹ sustrato seco. La [Cd] en valvas es suficientemente baja para disponer de esos subproductos en aplicación agrícola y sugerir que no existe acumulación de Cd en bancos naturales con valvas de individuos muertos. Existe correlación interesante entre [Cd] de valvas y tejidos blandos. Canales y bahías marinas no tienen diferencia significativa en sus relaciones de transferencia de cadmio, y si fiordos. Seston nocturno (contiene micro zoo) logra tener una correlación positiva y significativa como elemento de transferencia del metal hacia *M. chilensis*. La transferencia de este metal es estacional y distinta dependiendo del tipo de tejido que se trata. Existe una modulación significativa en primavera y no así en época de verano avanzado. En otoño e invierno la [Cd] en contenido de hepatopáncreas incrementa y en tejidos blandos disminuye, para los tres ecosistemas. Además, la profundidad puede tener efecto incremental de [Cd] en cuanto la zona de cultivo sea más somera.



Dr. Gastón Benedicto Ignacio Vidal Santana

Bioquímico

gaston.vidal@ifop.cl

“ El doctorado en mi significó la apertura de un proceso de cambios que me ha conducido a una maduración profunda en la conceptualización teórica y debate de ideas en materia de acuicultura, problemáticas que emergen y se discuten a diario en IFOP, institución en la cual trabajo ”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

CARACTERIZACIÓN DE BIOMARCADORES DE LA RESPUESTA AL ESTRÉS POR DENSIDAD DE CULTIVO A MEDIANO PLAZO EN *Salmo Salar*.

El salmón debido a sus características organolépticas, aporte de proteínas y de ácidos grasos esenciales se ha convertido en un alimento ampliamente valorado y aceptado en la sociedad, por otro lado la geografía del sur de Chile dominado por fiordos y canales otorgan espacios protegidos para la localización de las plataformas de cultivo y junto con ello, las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y concentración de oxígeno representan escenarios ideales para el desarrollo de esta actividad. La salmonicultura representa la tercera actividad económica del país y en continua expansión, los desafíos que enfrenta en lo ambiental y sanitario se relacionan con las densidades de cultivo a nivel de jaula y cuerpo de agua. Sobre aquello, alta densidad de cultivo a menudo reduce la concentración de oxígeno dentro de las jaulas y consecuentemente se modifica la tasa de alimentación de los peces, eventos que alteran las respuestas fisiológicas de estos animales conduciéndolos a un estado de estrés que habitualmente terminan afectando el crecimiento, reproducción y respuesta inmunológica de los peces. Este trabajo se orientó a caracterizar y validar marcadores de estrés por densidad de cultivo en *Salmo salar*

bajo la hipótesis que la expresión de genes vinculados al crecimiento y salud de estos peces está modulada en respuesta al estrés por densidad de cultivo. El estrés se evaluó mediante un análisis de la expresión temporal de genes que tienen relación en el crecimiento, salud y reproducción de *S. salar* a nivel del hipotálamo, pituitaria, riñón anterior e hígado.

Los resultados mostraron una alteración progresiva en la expresión de los 16 genes evaluados, con el 40% de los genes en el primer día, 50% al día 3 y 70% al día 15, siendo pituitaria y riñón anterior los tejidos más afectados. Una atención especial requiere la respuesta de *cyp1a*, *sla*, *slb*, *mtf-1* y *mt* frente a estrés, lo que sugiere lo enorme y complejo que representa las altas densidades para estos peces. El gen *mt* fue el gen más afectado y se observó que fue modulado en todos los tejidos.

Se puede concluir que los genes combinados en este panel conformado por *Gpx-3*, *Mt*, *Mtf-1*, *Cyp1a*, *Vg*, *Gr-1*, *Gr-2*, *Gh*, *Nf-kb*, *Ikba*, *Pit-1*, *Prl*, *Sla*, *Slb*, *Prrp* y *Rprp* servirán como biomarcadores para evaluar estrés a mediano plazo y apoyar el desarrollo sustentable de la acuicultura de *S. salar*.



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura

Dra. Danixa Pamela Martínez González

Biólogo Marino

Biólogo Marino correo@postgrado.uach.cl

“ El programa de doctorado en ciencias de la acuicultura fue fundamental para mi desarrollo profesional y personal, pues haber elegido correctamente el programa de doctorado me ayudó a dar un enfoque a la línea de investigación que actualmente estoy desarrollando. Todos los cursos impartidos por investigadores de prestigio, no sólo fueron para adquirir conocimiento, sino también para adquirir experiencia y madurez a lo largo de todos estos años. Además, el programa siempre estuvo preocupado de apoyarnos en todo aspecto para asistir a congresos nacionales e internacionales donde nuestras investigaciones pudieron ser expuestas a la comunidad científica. Personalmente, yo entré al programa de doctorado con 24 años siendo muy incapaz de realizar una investigación y salí con 28 años con muchas mas herramientas y habilidades para enfrentar el campo laboral ”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

RESPUESTA TRANSCRIPCIONAL DEL NOTOTÉNIDO SUB-ANTÁRTICO *Eleginops maclovinus* FRENTE AL DESAFÍO DE *Piscirickettsia salmonis*: SEGUIMIENTO TEMPORAL DE LA INTERACCIÓN PATÓGENO-HOSPEDERO IN VIVO

La interacción en el ambiente natural entre los peces nativos y los peces de cultivo sugiere que los patógenos que afectan a la industria acuícola también pueden estar afectando a la fauna nativa. Por esta razón, el objetivo general de la investigación fue evaluar la interacción patógeno-hospedero, a través de la expresión de genes relacionados con el daño celular, metabolismo del hierro y respuesta inmune en los tejidos de *E. maclovinus* inyectados con *P. salmonis* y sometidos a estrés térmico. En el **Primer capítulo** se diseñó un transcriptoma *de novo* para *E. maclovinus* incrementando la disponibilidad de información genética en torno a esta especie. En el **Segundo capítulo** se identificó, caracterizó y se evaluó la expresión de ferritina-H en peces inyectados con *P. salmonis* cepa LF-89 y cepa Austral-005. En el **Tercer capítulo** se identificó y evaluó la expresión de los principales genes implicados en el metabolismo del hierro en los tejidos de *E. maclovinus* desafiados con las dos cepas de *P. salmonis*. En el **Cuarto capítulo** se evaluó la expresión de genes involucrados en la respuesta inmune innata y respuesta inmune adaptativa en peces inyectados con las dos cepas de *P. salmonis*. En el **Quinto capítulo** se evaluó la expresión de los genes implicados en la respuesta inmune innata y adaptativa en

los ejemplares de *E. maclovinus* inyectados con *P. salmonis* y sometidos a estrés térmico. En el **Sexto capítulo** evaluamos la expresión de genes implicados en la respuesta celular al estrés en hígado de *E. maclovinus* inyectados con *P. salmonis* y sometidos a estrés térmico. Los resultados sugieren que los tejidos de este pez nativo responden a la inyección de *P. salmonis* activando a nivel transcripcional la expresión de genes implicados en la respuesta inmune innata, respuesta inmune adaptativa y metabolismo del hierro, con perfiles de expresión que fueron tejido específicos y dependientes de la cepa bacteriana inyectada y del tiempo experimental analizado. Además, un incremento en la temperatura ambiental no sólo puede afectar la transcripción de genes involucrados en la respuesta inmunológica y daño celular, sino que también puede favorecer la producción de anticuerpos Anti-*P. salmonis* en el suero de *E. maclovinus*. *P. salmonis* no logró ser detectada en los tejidos de *E. maclovinus*, por lo que se presume que las respuestas fisiológicas observadas a nivel transcripcional son consecuencia de la detección de patrones moleculares asociados a este patógeno y que este pez podría eliminar eficazmente la bacteria de su sistema.



Dr. Ricardo Felipe Oyarzún Salazar

Licenciatura en Ciencias Biológicas

r.oyarzun.salazar@gmail.com

*“La tesis evaluó los factores que permiten aumentar el crecimiento de *Eleginops maclovinus*, tales como la temperatura y la estrategia de alimentación, en un contexto de acuicultura a pequeña escala y de cambio climático, además del efecto de un patógeno bacteriano como lo es *Francisella noatunensis*”.*

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

EVALUACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE ALIMENTACIÓN, TEMPERATURA, ESTRÉS Y EL EFECTO DE *Francisella noatunensis* SOBRE LA FISIOLOGÍA DE JUVENILES DE *Eleginops maclovinus*, UNA ESPECIE CON POTENCIAL PARA LA ACUICULTURA A PEQUEÑA ESCALA EN CHILE.

La acuicultura en Chile está sostenida mayoritariamente por el cultivo del salmón del Atlántico *Salmo salar* y el mitilido chorito *Mytilus chilensis*. Esta dependencia en solo 2 especies deja a la acuicultura chilena muy vulnerable y no permite una adecuada sustentabilidad. En este contexto, el gobierno chileno ha decidido financiar proyectos multidisciplinarios que aborden la factibilidad de cultivo de especies con alto valor comercial. Sin embargo, se han excluido especies endémicas con bajo valor comercial, pero que, si pueden aportar de manera significativa a la acuicultura chilena, a través de la implementación de cultivos a pequeña escala que puedan ser ejecutados por pescadores artesanales, comunidades indígenas o pequeños empresarios en zonas costeras o rurales. Esta acuicultura a pequeña escala (APE), genera un mayor bienestar social para quienes la efectúan, y además permite solucionar el bajo consumo de pescado interno en nuestro país a través de la oferta de un producto fresco y económicamente accesible. Una de las especies con potencial para ser incorporadas en la APE en Chile, debido a su gran plasticidad fisiológica es *Eleginops maclovinus* (*E. maclovinus*). Entre los diversos factores que afectan el cultivo de peces es la temperatura, de gran relevancia para la APE, ya que, en un contexto de cambio climático se esperan incrementos de la temperatura del agua, es importante que las especies de peces que participen en la APE puedan ser capaces de soportar el estrés que genera las temperaturas ambientales altas y *E. maclovinus* debido a su plasticidad fisiológica, sería una especie adecuada,

sin embargo existe un escaso conocimiento sobre esta especie. Adicionalmente, el aspecto sanitario y particularmente *Francisella noatunensis* (*F. noatunensis*) adquiere gran relevancia por ser un patógeno emergente que genera pérdidas económicas significativas en la acuicultura del bacalao del Atlántico y del salmón del Atlántico en Noruega, mientras que en Chile existe muy poca información.

El objetivo de esta tesis es determinar bajo condiciones experimentales una estrategia de alimentación, y evaluar el efecto de la densidad de cultivo, temperatura y de *F. noatunensis* sobre el crecimiento, respuesta al estrés y su fisiología en juveniles de *E. maclovinus*. Los resultados obtenidos permiten establecer un rango apropiado de los factores analizados para *E. maclovinus* en un contexto de APE. Por ejemplo, *E. maclovinus* alimentados con una ración de 1-2% y mantenidos en una densidad de cultivo de 3-12 kg/m³ es sugerido como adecuada, mientras que se sugiere que la hora del día para alimentar a *E. maclovinus* sea la mañana. Por otro lado, *F. noatunensis* genera un efecto negativo, activando la respuesta al estrés de *E. maclovinus* en dosis muy altas de carga bacteriana, mientras que dosis bajas y medias no generaron un efecto negativo en su fisiología, sugiriendo una gran capacidad de tolerancia de *E. maclovinus*. Finalmente, las altas temperaturas en el rango de 10 a 20°C no generan un efecto negativo de *E. maclovinus*, mientras que una temperatura de 25°C o mayor bajo condiciones experimentales es letal.



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura

Dr. Jorge Eduardo Mancilla Schultz

Médico Veterinario

jorge.mancilla@mowi.cl

“Estoy muy seguro que a través de esta tesis doctoral aportaré a un mayor conocimiento de la Caligidosis en Chile, porque se están promoviendo implicancias prácticas basadas en conocimiento científico local para contribuir al manejo integrado de esta enfermedad. Por ejemplo, se pueden proponer futuros cambios normativos a la autoridad”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

MODELAMIENTO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DEL PIOJO DE MAR *Caligus rogercresseyi* EN EL SALMÓN DEL ATLÁNTICO (*Salmo salar*)

Las enfermedades en peces son un fenómeno dinámico y dependen de las interacciones entre el huésped, agente y ambiente. Las relaciones entre estas variables pueden ser estudiadas aplicando modelos matemáticos. En esta tesis se utilizan modelos epidemiológicos y de simulación para entender los factores e interacciones que participan en la dinámica poblacional de *Caligus rogercresseyi* asociado al cultivo intensivo de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) en Chile. El objetivo general fue evaluar el efecto de usar estimaciones de intervalos de confianza en lugar de estimadores puntuales para la definición de la condición de un centro y el resultado de las medidas de control aplicadas bajo diferentes escenarios ambientales y de prácticas de cultivo a una escala espacial de ACS a través del modelamiento de la dinámica poblacional de *C. rogercresseyi*. Este objetivo se abordó mediante 2 capítulos que relacionan la dinámica poblacional del parásito. En el Primer capítulo se describen patrones epidemiológicos de la infestación de *Caligus rogercresseyi* y su estructura poblacional a nivel de ACS en la Región de los Lagos. En el Segundo capítulo se (a) desarrolla el modelo de simulación de la dinámica poblacional de *C. rogercresseyi* asociado al cultivo del salmón and (b) Evaluar el efecto de reemplazar las estimaciones puntuales por estimaciones de intervalos de confianza para la abundancia y eficacia para decidir las acciones de control de la caligidosis en la dinámica poblacional del parásito a una escala espacial de ACS. Los resultados indican que las variables productivas son las más importantes

para explicar la dinámica de *C. rogercresseyi* en el sistema salmón de cultivo, donde el peso promedio de los peces es el factor más importante asociado a las abundancias de GF and Juveniles (JUV). El modelo de simulación es capaz de reproducir los ciclos y cambios en los patrones de abundancia del parásito, prediciendo adecuadamente el efecto de la temperatura y salinidad sobre los tiempos de desarrollo y las tasas de sobrevivencias, en cada ACS. Al utilizar los Intervalos de Confianza para estimar las abundancias de GF, se aumenta la cantidad de tratamientos respecto al uso del promedio como estimador de abundancias de GF como gatillante para tratamientos. Con esta medida, se reducirían las cargas de *Caligus* en la ACS que utiliza esta aproximación. El análisis de sistema y simulación nos permite integrar la información generada de los modelos epidemiológicos para desarrollar nuevos estudios y proponer estrategias alternativas en procesos claves tales como, (i) la infestación, que aún sigue siendo un proceso desconocida en forma natural, (ii) efecto de la acumulación de parásitos en la medida que el pez va creciendo, (iii) simulaciones con cambios de eficacias y enfatizar en el control de uno u otro estado de desarrollo, para disminuir las abundancias totales sobre el pez, (iv) proponer el uso de los intervalos de confianza con niveles gatillantes más altos en SNA pilotos que presenten menores salinidades. Con el modelo de simulación también se pueden proponer cambios normativos para contribuir a mejorar el Manejo Integrado de esta enfermedad en Chile.



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura

Dr. Maximiliano Javier Vergara Jara

Biólogo Marino

maxivergarajara@gmail.com

“Yo creo que el principal aporte de mi trabajo es contribuir al entendimiento del sistema natural de un lugar de tanta importancia para la acuicultura nacional, como lo es el Fiordo del Reloncaví. De hecho, la mayor parte de las semillas de choritos salen de allí, por lo que entender cómo funciona el sistema de carbonato es fundamental”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

VARIABILIDAD DEL SISTEMA DE CARBONATO SUPERFICIAL EN UN FIORDO ESTRATIFICADO (FIORDO RELONCAVÍ): IMPLICANCIAS ACTUALES Y FUTURAS PARA UN SISTEMA DE FIORDO

El sistema de carbonato en los mares y océanos del mundo juega un rol fundamental en la vida de los recursos marinos, los que son afectados por fuertes cambios estacionales e interanuales del sistema de carbonato. En la Patagonia Chilena este sistema puede ser afectado por el metabolismo, aportes de agua dulce, ciclos naturales, actividad volcánica, cambio climático global (calentamiento global, acidificación del océano – OA), entre otros. En esta tesis se estudió al sistema de carbonatos del fiordo Reloncaví (41°35' S; 72°20' W) ubicado en la Patagonia norte, por ser este un sistema físico-químico dinámico altamente cambiante producto de la estratificación halina, estacionalidad, y un intenso y extenso uso para actividades acuícolas. El objetivo general fue estudiar la dinámica anual del sistema inorgánico de carbonato en el fiordo Reloncaví mediante mediciones de alta resolución temporal, que permitan (1) determinar la relación entre diferentes estresores del sistema, (2) determinar el aporte neto del fiordo en términos de CO₂, y (3) establecer los efectos al sistema de carbonato respecto a los futuros escenarios propuestos por el IPCC al año 2100.

Los resultados indican que la estacionalidad, los aportes de agua dulce y la actividad biológica (fotosíntesis – respiración) tienen un rol importante en la saturación de la aragonita, generando que durante un parte importante del año el sistema tenga características altamente corrosivas, haciendo al fiordo un ecosistema muy desafiante para los organismos que allí habitan y que están sometidos a un constante cambio, llegando a extremos críticos durante invierno, e incluso en primavera y antes del Bloom de fitoplancton típico de esta estación que suele coincidir con los desoves de los bancos

naturales de moluscos y otros recursos. De la misma forma la actividad biológica afecta la dinámica de los flujos de CO₂ haciendo que este sistema se comporte como una fuente moderada de CO₂ con un marcado cambio (captura/emisión) estacional siendo preponderantemente un sumidero en verano y fuente en invierno. Tanto el pH como el pCO₂ dentro de sus límites naturales alcanzan valores mínimos y máximos extremos si se comparan con sistemas oceánicos y superan por mucho a los valores esperados para el océano abierto a finales de este siglo.

Respecto al efecto de la actividad volcánica, se observó que post erupción volcánica el fiordo presentó una cantidad considerable alta de biomasa fitoplanctónica, alcanzando abundancias observadas durante un florecimiento normal, en una condición de alto material particulado, poca luz, corto fotoperiodo. Se observó que la ceniza cambia la química del sistema de carbonato en corto tiempo, cambiando principalmente la alcalinidad del agua dulce al aportar con alcalinidad total y ciertos iones. Al utilizar los valores de los modelos del IPCC para 2100 se observó que el sistema de carbonato del fiordo Reloncaví será afectado en todos los escenarios sin importar lo que suceda con el alza de la temperatura y las emisiones de CO₂. En algunos escenarios los cambios podrían ser muy dramáticos, pudiendo redefinir los procesos biogeoquímicos, así como las actividades acuícolas que actualmente se desarrollan. La saturación del omega aragonita y su distribución de datos muestran que en el peor de los casos esta seguiría una distribución unimodal subsaturada, donde casi todo el año se presentarían valores subsaturados de omega aragonita.



Dra. Jurleys Paola Vellojin Furnieles

Licenciatura en Acuicultura

jurleysvellojin@gmail.com

“Conocer la dinámica del sistema carbonato en un fiordo-glaciar puede ser clave para entender las consecuencias del cambio climático sobre los sistemas de fiordos y poblaciones de especies de microalgas nocivas en el ecosistema marino de la Patagonia”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

HACIA LA COMPRENSIÓN DEL SISTEMA DE CARBONATO EN UN FIORDO-GLACIAR E IMPLICANCIAS DE PROCESOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS EN LA PATAGONIA SUR-AUSTRAL

El sistema de fiordos de la región sur-austral (41-55°S) está expuesto a factores ambientales que modulan su variabilidad estacional, entre ellos el congelamiento/descongelamiento de hielo glaciar, estratificación/mezcla, intercambios aire-mar de gases, ingreso de masas de agua subsuperficial oceánicas, los cuales determinan la dinámica a escala de alta (estacional) y baja (meses a días) frecuencias del sistema carbonato, el oxígeno disuelto y de procesos biológicos. En estos sistemas, cambios físicos a distintas escalas temporales (desde estacional a diario) pueden modular procesos biológicos pelágicos. Dentro de estos fiordos encontramos el fiordo Subantártico Seno Ballena influenciado por la entrada de agua dulce proveniente del glaciar Santa Inés, Magallanes. Los objetivos de esta Tesis se focalizaron en (1) determinar la dinámica del sistema carbonato en un fiordo subantártico y los principales procesos hidrográficos y biogeoquímicos moduladores, (2) caracterización de la variabilidad de alta frecuencia y sus implicancias sobre el sistema carbonato y el oxígeno disuelto en un fiordo Subantártico; y (3) determinar el efecto de los cambios de temperatura y pH sobre la respuesta del crecimiento de una especie de FANs (*Karenia selliforme*). Para responder estos objetivos, se realizaron

tres aproximaciones metodológicas: 1) monitoreo continuo y de alta frecuencia por un año (2018) de variables físicas y biogeoquímicas (salinidad (Sp), temperatura (T), pCO₂, pH y estado de saturación de Aragonita (Ω_{Ar}), para lo cual se utilizara una boya equipada con sensores SAMI pH y pCO₂, 2) muestreo sinóptico de variables bio-oceanográficas a escala estacional, y 3) un experimento de dos factores (T y pH) con la especie tóxica *Karenia selliforme* como modelo para evaluar los efectos sobre crecimiento de dos niveles de T (12 y 17°C) y cinco pH (7.0, 7.4, 7.7, 8.1 y 9.0). Esta Tesis tiene importantes implicancias para el conocimiento del estado del sistema de fiordos de la Patagonia en condiciones de actual cambio, la importancia de las escalas de tiempo corta de procesos físicos y los efectos interactivos de T y pH sobre el desarrollo de floraciones algales nocivas en la Patagonia. Los resultados permitieron determinar el importante rol de los cambios del flujo de agua dulce debido al derretimiento/congelamiento de los glaciares adyacentes, intercambios aire – mar de gases e ingreso de masas de agua subsuperficial oceánicas sobre los sistemas de fiordos marinos y los efectos directos sobre el sistema de carbonato desde una escala estacional a diaria. Además, los resultados señalaron la importancia de las condiciones ácidas del mar costero sobre el crecimiento de las FANs en los fiordos de la Patagonia, factor clave del cambio global.



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura

Dra. Julia Saravia Agulleiro

Genetista

saravia.julia@gmail.com

“El DCA me entregó conocimientos y experiencia para desarrollar mi investigación en un contexto actualizado y con enfoque a la sustentabilidad, un aspecto clave tanto a nivel nacional como global. Estudiar especies nativas de altas latitudes es fundamental no sólo por su valor intrínseco sino también por ser potenciales reservorios de patógenos de interés para la acuicultura chilena”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE INNATE IMMUNE SYSTEM AND STRESS RESPONSE IN ANTARCTIC AND SUB-ANTARCTIC NOTOTHENIOID FISH *Harpagifer antarcticus* AND *Harpagifer bispinis*

La expansión de la salmonicultura hacia el sur de Chile, principalmente en Magallanes, representa una oportunidad de desarrollo, pero también un desafío para la sustentabilidad de la industria. Por otra parte, la temperatura media ambiental y la frecuencia de eventos extremos está aumentando por el Cambio Climático Global. La interacción en el ambiente natural entre peces nativos y peces de cultivo ha sido demostrada con anterioridad, sin embargo, se desconoce de qué manera impactará en el futuro a la fauna nativa y más aún en combinación con otros estresores. Por lo tanto, es fundamental estudiar los mecanismos inmunes de las especies silvestres y su susceptibilidad a patógenos. El objetivo general de esta investigación fue determinar el efecto de la temperatura sobre la respuesta al estrés y el sistema inmune innato en *Harpagifer antarcticus* y *Harpagifer bispinis*, dos peces nativos de altas latitudes. Para ello, se determinó el Crítico Térmico Máximo (CTMax) y se evaluó la respuesta fisiológica y celular al estrés térmico agudo en branquia e hígado, poniendo a prueba dos tasas de incremento térmico (0.3 y 1°C/min). Posteriormente, se evaluó la respuesta inmune innata a través de la expresión de genes candidatos en ensayos *in vivo* e *in vitro* en ambas especies, estimulando con LPS y Poly I:C, y bajo tres regímenes de temperatura (2, 5 y 8°C). Por último, se determinó la respuesta celular

al estrés mediante el análisis de la expresión de genes de shock térmico, ubiquitinación y daño celular. Los resultados indican que *H. antarcticus* posee el CTMax más alto registrado hasta la fecha para una especie de nototénido antártico. La temperatura fue el factor determinante de la respuesta evaluada en ambas especies, por encima de los inmunoestimulantes utilizados, y se observaron patrones de expresión específicos por especie y tejido. Los cultivos celulares no manifestaron sensibilidad térmica ni en *H. antarcticus* ni en *H. bispinis*, pero sí respondieron al inmunoestimulante y el tiempo de exposición. Además, si bien *H. antarcticus* no manifiesta inducción de proteínas de shock térmico ante estrés térmico agudo, esta respuesta no estaría ausente como ha sido postulada previamente para *H. antarcticus*, ya que ambas especies regularon positivamente el gen de HSP70 al ser inmunoestimuladas y sometidas a 2, 5 y 8°C por una semana, destacando también el rol que podría tener este gen en la respuesta inmune innata. Por último, aunque en principio *H. bispinis* no sería capaz de establecerse en la Antártica en el futuro próximo, teniendo en cuenta los factores evaluados en el presente trabajo, el aumento de temperatura previsto por cambio climático global podría relajar los límites fisiológicos y generar nuevas interacciones ecológicas en altas latitudes.



DOCTORADO
en Ciencias de la Acuicultura

Dr. Pablo Santibáñez

Genetista

pabloandres.sg@postgrado.uach.cl

“ Realizar el doctorado en Ciencias de la acuicultura sede Puerto Montt, me permitió ampliar mis horizontes como investigador, adquiriendo una mirada holística, multidisciplinaria e integral de la acuicultura nacional, desarrollando nuevas habilidades técnicas y conocimiento, acompañadas a su vez de un grato ambiente, de colaboración y empatía del equipo de académicos del programa, como de sus estudiantes”.

www.doctoradoacuicultura.uach.cl

BÚSQUEDA EN *Mytilus Chilensis* DE PATÓGENOS RELEVANTES PERTENECIENTES A LA LISTA DE ENFERMEDADES DE NOTIFICACIÓN OBLIGATORIA A LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL (OIE)

En Chile se ha producido un acelerado crecimiento del cultivo del Mejillón o “chorito chileno” (*Mytilus chilensis*), pasando desde una producción de 30 mil toneladas al año en el 2003 a sobre las 290 mil en 2015, siendo considerada como una de las 5 especies bivalvos de mayor producción a nivel mundial.

Actualmente, el incremento de la diseminación de enfermedades en especies de cultivo es un tema de gran importancia debido a que la productividad económica está en riesgo. El calentamiento global es uno de los principales desafíos ambientales, de los cuales la diseminación de patógenos puede estar asociada con un incremento de la temperatura de los océanos. También es importante la globalización del comercio marítimo, ya que parásitos marinos pueden ser llevados por los barcos y directamente transmitidos a otros individuos o especies. Finalmente, la intensidad en el cultivo de algunas especies de moluscos es un factor crítico que favorece la velocidad de diseminación de enfermedades. Como los invertebrados no tienen inmunidad adaptativa, la vacunación no es aplicable a los moluscos bivalvos y las estrategias de intervención en caso de brote, están limitadas al manejo del recurso previo a la reducción por mortalidad, junto con medidas para evitar la propagación del parásito. Aunque el mejoramiento genético de individuos resistentes a parásitos protozoos ha tenido un éxito variable, esto permanece aún

como la alternativa más prometedora, pero muy lejana. Finalmente, el uso de agentes químicos es de discutible aplicabilidad en los ambientes marinos.

El estatus sanitario de estos patógenos sobre poblaciones naturales y en cultivo intensivo de *M. chilensis* fue evaluado en este trabajo, datos que proveen una línea base que puede ser usada para determinar factores de riesgo asociados al origen de los bivalvos, determinar la efectividad de las medidas de control y comparar el nivel de manejo con la situación de otros países. En este estudio, la conclusión de mayor relevancia es que los análisis resultaron negativos para la detección de patógenos de alto riesgo de notificación obligatoria a la OIE en el mejillón chileno. Los análisis histológicos muestran una alta prevalencia de bacterias tipo rickettsias, pero sin hallazgos histopatológicos significativos que afecten el normal funcionamiento de los tejidos. Los microbiomas establecidos a partir del análisis del gen 16S y 18S rDNA, muestran diferencias significativas entre los grupos estudiados, mostrando que los individuos de cultivo intensivo presentan baja diversidad de especies comparado con los individuos de bancos naturales. Los análisis microbiológicos para evaluar la inocuidad alimentaria de este recurso bentónico resultaron por debajo de los límites normativos, estableciendo un alto nivel de seguridad alimentaria para las muestras analizadas.



Universidad Austral de Chile

Conocimiento y Naturaleza

Instituto de Acuicultura
Facultad de Ciencias
Facultad de Ciencias Veterinarias

■ CONTACTO

Directora Programa

MSc. Sandra Marín Arribas

Dirección: Av. Los Pinos s/n Balneario Pelluco

Ciudad/Región: Puerto Montt, Región de Los Lagos

Casilla: 1327, Puerto Montt, Chile

Teléfono: +56 65 2277119

E-mail: smarin@uach.cl

Página web: <http://doctoradoacuicultura.uach.cl/>