

**CONTRIBUCION DE LAS UNIVERSIDADES A LOS ECOSISTEMAS
DE INNOVACION: EXPERIENCIAS EN EL SECTOR ENVASES
Y EMBALAJES DEL SECTOR ACUICOLA DE CHILE**

Ernesto Zumelzu D.^(*)

***Resumen.** Chile es una potencia alimentaria, en particular es el segundo productor mundial de salmónes después de Noruega. En el país se han implementado una serie de regulaciones para este sector productivo en aspectos de concesiones, sanitarios, de procesos, de localización y cuidado del medioambiente acorde a las normas ISO 14000. Esto, principalmente debido a una serie de enfermedades de los peces, con alto impacto de pérdidas económicas, que implicó entre otros la aplicación de antibióticos para su control. Esto implicó coordinaciones entre las empresas salmoneras, proveedores de alimentos e insumos, ingeniería de procesos, agencias de control de calidad, salud pública y ambiental, como también de los exportadores. Todo lo anterior, con apoyo y articulaciones de la Universidad, para asegurar propuestas de beneficio país. El objetivo de este trabajo, es mostrar acciones y experiencias en una serie de proyectos de investigación y desarrollo, en coordinación con los actores mencionados, con base científica y tecnológica que empujaron a innovaciones no sólo en la productividad sino en particular en la empresa de envases y embalajes, para contribuir a la solución de los problemas de este sector de exportación acuícola. Envases activos e inteligentes, fueron estudiados experimentalmente bajo diferentes condiciones, de diseño de nuevos materiales, temperatura, calidad de recubrimientos, conservación, contaminación, reciclaje, metodologías que incluyeron la metalurgia, tecnología de alimentos, físico-química, electroquímica, ciencia de materiales, nanotecnología, entre otras, para innovaciones incrementales en el sector. Los resultados, además de determinar el alcance de los problemas del sector, permitió desarrollar innovaciones respecto a sustratos protectores en envases mejorando la impermeabilidad e interacciones envase-alimentos, potenciar sus desempeños y funcionalidad en una industria altamente competitiva.*

***Palabras Claves:** industria acuícola, regulaciones, innovaciones envases, ciencia con propósito, triple hélice.*

(*)Investigador, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, UACH.

Valdivia, Chile. Miembro Mesa de Envases CENEM de Chile, ezumelzu@uach.cl

1 INTRODUCCIÓN

El salmón es el segundo producto más exportado en Chile, después del cobre. En el año 2012, generó un valor en exportaciones para nuestro país cercano a 4 mil millones de dólares, representando el 3,7% de las exportaciones totales. Para el año 2015, las exportaciones de salmónes y truchas, fueron de 3.500 millones de dólares, de un total de 62 mil millones de dólares, representando un 5,6% del total de exportaciones chilenas. La salmonicultura no sólo es necesaria para diversificar la economía chilena y lograr el desarrollo en un sector productivo con mucho potencial: según Salmon Chile, la producción acuícola va a tener un rol importante en el desarrollo humano a nivel mundial. Lo anterior, se base en estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO en sus siglas en inglés), donde la producción de pescado en el mundo debe aumentar en 37 millones de toneladas de aquí al año 2030, a fin de poder mantener constante el nivel de consumo per cápita de pescado dadas las proyecciones de crecimiento de la población de la ONU (SALMON CHILE, 2013).

Con la llegada del virus ISA quedó demostrado que Chile, detrás de las cifras positivas, estaba desarrollando una industria bajo un modelo de producción agotado y con un marco institucional débil, lo que generó graves consecuencias sociales para las regiones del sur del país afectadas. Los despidos llegaron alrededor de las 17 mil personas y las pérdidas a los 600 millones de dólares. Esto hizo que los agentes involucrados tomaran medidas para superar los problemas de corto plazo (empleo) y de largo plazo, sustentabilidad (IIZUKA, 2010).

2 ESTRATEGIA DE COLABORACIÓN GOBIERNO REGIONAL, EMPRESARIOS Y UNIVERSIDAD PARA CAMBIAR EL MODELO PRODUCTIVO

El gobierno regional, recurrió a la Universidad, para que en un trabajo conjunto con las empresas se generaran estudios y propuestas, que permitieran a través de nuevos procesos productivos, controlar enfermedades de salmónes que no afectaran el crecimiento económico de este sector exportador. Las propuestas se sometieron, junto a otras, al poder legislativo del país, para generar una nueva institucionalidad, regulaciones y leyes, para que con medidas efectivas enfrentar los costos sociales y el impacto económico del efecto de las enfermedades del salmón en la producción (VERA, 2015). Vale decir, la estrategia fue estudiar cambios hacia un sistema productivo basado en el conocimiento, mayor investigación, desarrollo e innovación, el aprovechamiento creativo de la situación de crisis y un mejoramiento en las condiciones laborales.

3 METODOLOGÍA DE INTEGRACIÓN DE CAPACIDADES PARA DIAGNOSTICAR Y GENERAR PROPUESTAS INNOVADORAS DE SOLUCIONES AL EFECTO DEL VIRUS ISA.

A iniciativa del gobierno regional de la X Región de Los Lagos, se le pidió a la Universidad Austral de Chile, como institución neutral (ante los sectores industriales de proveedores, de cultivos de salmon, de comercialización, de certificación sanitaria, de intereses territoriales, etc) que liderará el proceso de innovaciones necesarias, Fig 1. Para lo cual, el autor del presente trabajo fue nominado para dirigir y conducir los estudios e investigaciones respectivas junto a una veintena de científicos de la Universidad . Con un importante aporte de financiamiento regional, se llamó a licitaciones públicas y transparentes, reguladas por la Contraloría General de la República para estudios sectoriales que sirvieran de base para las propuestas de solución.

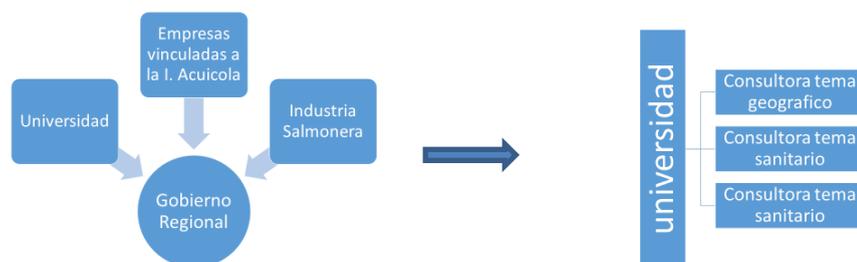


Fig.1 Metodología estratégica para la conducción procesos de mejoras innovadoras

Como resultado de lo anterior, en un trabajo colaborativo y de articulación , se generaron propuestas que se implementaron mayoritariamente en el corto y mediano plazo , Fig.2, principalmente respecto a regulaciones en concesiones, procesos sanitarios, procesos de producción , de localización o barrios y cuidado del medioambiente. Un aspecto relevante, fue la protección del activo sanitario medioambiental que quedó normado por un sólido marco regulatorio (BRAVO, 2015).

Un aspecto importante fueron las estrictas medidas y protocolos de bioseguridad implementadas en los centros de cultivos, basadas principalmente en la permanente desinfección de todo lo que entra en contacto con el agua y con los peces. El excesivo uso de desinfectantes inevitablemente va al mar y entra en contacto con los peces enjaulados, por otra parte el uso de antibióticos ha incrementado los costos de producción respecto a sus competidores de Noruega (<http://www.salmonchile.cl/es/regulacion.php>).



Fig 2. Resumen Modelo Reversión Matriz Productiva.

A pesar de que, en los últimos años, se han logrado importantes cambios y reestructuraciones en los aspectos mencionados que han mejorado la resiliencia del sector, frente a distintos shocks que ha debido enfrentar, como lo fue en el caso de virus ISA (Iizuka, 2010), podemos decir que seguimos bajo la necesidad de mejorar la regulación de la industria, teniendo un rol más proactivo al momento de llevar a cabo la producción, creando conciencia ambiental y sostenibilidad en el largo plazo.

4 CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ACUÍCOLA Y EN PARTICULAR DEL SECTOR DE ENVASES Y EMBALAJES .

Uno de las externalidades de los estudios efectuados, fue detectar la necesidad de lograr un fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas del subsector envases y embalajes , orientados al desarrollo de productos competitivos en los mercados mundiales. El sector de envases y embalajes de Chile participa con el 1.4 % del PIB nacional, y se estima para el sector acuícola una producción aproximadamente de 200 ton/anuales (CENEM, 2015. Uno de los

aspectos más importantes de este sector es contribuir en la solución integral de los problemas de conservación de alimentos, a través de mejoras de procesos, materiales y funcionalidad. La lejanía de Chile de los principales mercados de destino hace que los períodos de transporte sean prolongados, esto sumado a las diferentes condiciones de almacenaje, aumenta el riesgo en la pérdida de calidad del alimento mirando el sistema envase-producto alimenticio, dada las interacciones entre estos, la degradación de los materiales, la contaminación, y el reuso de envases y embalajes por reciclaje bajo conceptos de la economía circular.

Nuestro grupo de investigación, desarrolló e innovación, (www.invea.cl), ha contribuido a través de la ciencia y la tecnología a solucionar una serie de problemas de las empresas exportadoras, mejorando tecnologías para extender la vida útil y conservar las propiedades nutricionales de los productos, manteniendo su calidad y cuidando del medioambiente, con soluciones de envases activos e inteligentes velando por su sustentabilidad, a través de alianzas Universidad-Empresas y apoyo financiero del Estado.

En la Tabla 1 se describen algunas acciones de articulación de la Universidad Austral de Chile-Empresas –Estado, con innovaciones para apoyar al sector acuícola ante los graves problemas de enfermedades de peces y de las pérdidas económicas mencionadas con impacto social.

Tabla 1 - Acciones e Iniciativas para la Producción Salmonera en Chile.

Alianza estratégica pública –privada com financiamento del Estado.

Acción	Innovación Incremental	Innovación Radical
Formación de barrios de cultivos	—	X
Mejora de aspectos sanitarios	X	—
Ingeniería procesos de producción	X	—
Antibióticos en alimentos	X	—
Tratamientos mejoras sistema inmunológico	X	—

Por otra parte, referenciamos algunas de una serie de publicaciones científicas de corriente principal que hemos realizado del sector acuícola, para el sistema envases-producto alimenticio, Tabla 2, intensivas en conocimientos, que abordaron problemas y propusieron soluciones, para el mejoramiento del sector envases y embalajes, describen aportes a dicho

sector , para dar soporte al sector productivo con el fin de mantener competitividad en los mercados mundiales de consumo de salmones (ZUMELZU et al, 2006-2017; QUEIROZ et al, 2012; PEREIRA et al , 2011) referidos a recubrimientos, sustratos multicapas, fenómenos de adhesión, conformación mecânica, tratamientos térmicos, contaminación, entre otros. Nuevos conocimientos generados utilizando una serie de metodologías de análisis experimental y caracterización, en baja y alta dimensión, como ser ensayos electroquímicos potenciostáticos y de impedancia EIS, ensayos mecânicos de materiales composites, ensayos de vibraciones dinámicas, ensayos térmicos flash y físicos-químicos . Las caracterizaciones de los materiales se efectuaron usando un conjunto de técnicas como microscopía electrónica TEM, SEM, STEM, Microscopía Confocal Raman 3D, Microscopía de Fuerza Atómica, Energía dispersiva de rayos X, DRX, espectroscopia fotoelectrónica XPS, espectroscopia de masa, HTLC, espectroscopía micro Raman, ATR y FTIR, Resonancia Magnética Nuclear, Simulación Numérica, entre otras, todas las cuales se describen en la metodología de los artículos de las referencias.

Tabla 2 - Contribuciones científicas y tecnológicas en envases y embalajes por médio de publicaciones indexadas de corriente principal, WoS que escalan a inovaciones productivas.

Temas desarrollados	Conocimientos específicos
Recubrimientos	Control oxidación musculo salmón en degradación
Continuidad sustratos	Chapas ECCS-PET interacciones envase-producto
Adherencia sustratos	Polímero PET multicapas –ECCS
Residuos antibióticos	Técnicas detección en recubrimientos PET reciclaje
Adhesión musculo	Control en recubrimientos, estética vaciado envases
Integridad sustratos cromo	Protección de aceros ECCS en control degradación
Embutición envases	Chapas ECCS-PET, espesores vs corrosión
Delaminación sustratos	Durabilidad conservación y almacenaje
Vibraciones transporte	Delaminación , antinodos, vida útil envase
Mejoras estructurales	Multicapas polímero-metal, resistencia corrosión
Disolución recubrimiento Cr ⁺⁶	Estructuras alternativas de cromado evitar cáncer
Tratamientos flash polímeros	Recubrimientos más continuos, vida útil

5 CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que un trabajo colaborativo, integrado, según principios de la triple hélice , permiten además de determinar el alcance de los problemas del sector , en este caso acuícola, contribuir en la resolución de problemas, disminuir la dependencia tecnológica y generar procesos de innovación con estándares competitivos de valor .

A su vez, con base científica y tecnológica abordar desarrollos complejos , con el fin de potenciar los desempeños y funcionalidad en una industria de envases y embalajes que aporta al desarrollo económico regional y nacional, como al progreso social de las comunidades involucradas.

AGRADECIMIENTOS

Por los financiamientos aportados como Director Científico de los Proyectos N°1100326 y N° 1130634 del Fondo de Desarrollo Científico y Tecnológico FONDECYT , CONICYT de Chile, y a la Universidad Austral de Chile. A la Intendencia X Región de Los Lagos, Gobierno de Chile.

REFERENCIAS

- Bravo, S.(2015). Los efectos de la normativa sanitaria para la salmonicultura. *Revista Mundo Acuícola*, 1(106),1-10.
- CENEM.(2015). *Reporte Anual* (1ª Ed.). Centro Nacional de Envases y Embalajes : Santiago, Chile.
- Chilean Salmon Industry Brief. (2013). *Report Salmon Chile* (1ª Ed.). Salmon Institute: Santiago, Chile.
- Iizuka,M., S. Muñoz, S. (2010). Creciendo en base a los recursos naturales, “tragedia de los comunes “ y el futuro de la industria salmonera chilena”, *Serie de Desarrollo Productivo Naciones Unidas*, UM.
- Zumelzu , E., Wehrhahn M.J., Rull, F., Pesenti, H., O. Muñoz, O. & Ugarte, R.(2017). Effect of the degree of muscle oxidation on sticking and degradation of polyethylene terephthalate (PET) layers in electrolytic chromium coated steels. *Journal of Coatings Technology and Research*, 4 (3), 673–682.
- Zumelzu, E. , Wehrhahn , M.J., Rull , F., Pesenti ,H., Aurelio Sanz-Arranz, A. & Ugarte, R. (2016) . Surface and Microstructural Failures of PET-Coated ECCS Plates by Salmon-Polymer Interaction. *Metals*, 6(3), 59.
- Zumelzu, E., Ortega, C., Rull, F. & Cabezas, C.(2011). Degradation mechanism of metal-polymer composites undergoing electrolyte induced delamination. *Surface Engineering*, 27 (7), 485-490.
- Zumelzu, E., Wehrhahn, M. J., Muñoz, O. & Rull, F.(2015). Salmon Muscle Adherence to

- Polymer Coatings and Determination of Antibiotic Residues by Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography Coupled to Selected Reaction Monitoring Mass Spectrometry, Atomic Force Microscopy, and Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *International Journal of Polymer Science*, DOI: 721769.
- Zumelzu, E., Wehrhahn, M. J., Muñoz, O. & Rull, F. (2015). Evaluation of Salmon Adhesion on PET-Metal Interface by ATR, FT-IR, and Raman Spectroscopy. *Journal of Spectroscopy*, 1-7. DOI: 835798.
- Zumelzu, E., Rull, F. & Boettcher, A. (2006). Deformation and fracture of polymer coated metal sheets: characterisation and degradation. *Surface Engineering*, 22(6), 432-438.
- Zumelzu, E., Angulo, C., Cabezas, C. & Ugarte, R. (2013). Characterisation of nanometric chromium coatings in metal-polymer composites. *Surface Engineering*, 29(8), 620-626.
- Zumelzu, E., Asomavich, I. & Cabezas, C. (2013). Degradation of metal-polymer composite submitted to uniaxial deformations in 3.5% NaCl solution. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 27 (8), 939-950.
- Zumelzu E., Pereira R., Arenas J. P., ... & Rull, F. (2012). Influence of vibrations on interface delamination in metal-polymer composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 125 (1), 97-103.
- Pereira, R., Arenas, JP. & Zumelzu, E. (2011). Comparison of four test methods to measure damping properties of materials by using piezoelectric transducers. *Materials & Design*, 32(4), 2423-2428.
- Zumelzu, E., Asomavich, I. & Rull, F. (2013). Evaluation of NaCl Effect on Vibration-Delaminated Metal-Polymer Composites by Improved Micro-Raman Methodology. *Journal of Spectroscopy*, Art. Number: 742681.
- Zumelzu E., Ortega C., Rull F., ... & Cabezas C. (2012). Physicochemical and Structural Effects of Electrolyte-Induced Delamination on Polyethylene Teraphthalate-Coated Steel Plates . *Journal of Applied Polymer Science*, 123 (3), 1658-1666.
- Queiroz, F.M., Tomachuk, C.R., Zumelzu, E., De Melo, H.G. & Costa, I. (2012). Effect of Trivalent Chromium Based Treatment on the Protective Properties of Steel Coated with Polymeric Film. *ECS Transactions*, 43(1), 41-44 .
- Zumelzu, E., Rull, F., Ortega, C. & Cabezas, C. (2009). Effect of Temperature on Polyethylene Teraphthalate Coated ECCS Plates in Acetic-Acetate Medium. *Journal of Applied Polymer Science*, 113(3), 1853-1859.
- Zumelzu, E., Rull, F., Cabezas, C. & Ortega, C. (2008). Effect of the temperature packing process in the final quality of food packaging. *Ingeniería Química*, 34(1), 34-38.