



# Brotos Científicos

Revista de Investigaciones Escolares



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

PAREXPLORA  
RIMNORTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



FACULTAD DE MATEMÁTICAS  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CHILE

# PRESENTACIÓN

---

La revista Brotes Científicos es una publicación creada en conjunto por el Proyecto Asociativo Regional, PAR Explora de CONICYT Región Metropolitana Norte, de la Facultad de Matemáticas de la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación, VRIDEI, de la Universidad de Santiago de Chile.

El objetivo principal de esta publicación es ofrecer un espacio que permita iniciar el camino de dar a conocer a nivel nacional, las investigaciones de estudiantes de Educación Básica y Media, que hayan participado en distintas instancias de investigación científica escolar, tales como Congresos Regionales Escolares de la Ciencia y la Tecnología, organizados por los proyectos Explora a lo largo de todo Chile, u otros eventos realizados en el país.

En esta tercera edición, Brotes Científicos presenta 10 artículos del área de las ciencias naturales, provenientes de las regiones de Los Ríos, del Bío Bío, Magallanes, Metropolitana, Libertador Bernardo O'Higgins y de Valparaíso. Felicitamos a los 10 equipos de estudiantes (21 mujeres y 20 hombres) y docentes (6 mujeres y 7 hombres) que con su perseverancia permitieron dar continuidad a esta revista, que espera proyectarse en el tiempo con cada vez más investigaciones escolares.

En esta oportunidad contamos, además, con el saludo editorial de la directora de investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Mg. María Elena Boisier; la columna de opinión sobre la importancia de preguntar, curiosidad y pensamiento crítico (Tema del año del Programa Explora de CONICYT 2018), de la Dra. Valentina Buló Vargas, filósofa de la Universidad de Santiago de Chile; el reportaje a la Directora del Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología (CEDENNA), Dra. Dora Altbir Drullinsky; una entrevista a la Dra. Ximena Polanco González de Laboratorios Ximena Polanco. Por último, ofrecemos breves testimonios de científicas, en relación a la pregunta ¿Por qué crees que hay menos mujeres que estudian ciencia?

## **PUBLICADA POR**

Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad de Santiago de Chile  
Proyecto Asociativo Regional, PAR Explora de CONICYT Región Metropolitana Norte  
Brotes Científicos | Revista de Investigaciones Escolares  
ISSN 0719-8566 Versión Impresa | ISSN 0719-8558 Versión en Línea | Vol. 2 | N° 1 (2018)

## **EDITOR GENERAL**

José Luis Martínez

## **CO-EDITOR**

Elia Soto

## **COMITÉ EDITORIAL**

Paola Arias  
Alexis Aspée  
Manuel Azócar  
Oscar Bustos  
Alexandre Carbonnel  
Claudia Córdoba  
Felipe Cussen  
Angélica Ganga  
Valeria Opplinger  
Alejandro Reyes  
Ricardo Salazar  
Antonia Santos  
Lorena Sulz  
Raúl Vinet

## **EDITOR PERIODÍSTICO**

Pablo Mora

## **CORRECTORES DE PRUEBA**

Verónica Morán  
Pablo Mora  
Jaime Jiménez

## **DISEÑO Y PRODUCCIÓN**

Francisco Rodríguez  
Darío Cuellar

## **DIAGRAMACIÓN**

Rodrigo Calderón

## **ADMINISTRADOR WEB**

Héctor Ríos

## **CONTACTO**

brotescientificos@usach.cl



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

PAREXPLORA  
RMNORTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



FACULTAD DE MATEMÁTICAS  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CHILE

## EDITORIAL

6

**Mag. María Elena Boisier**

Mujer y ciencia, camino  
hacia la igualdad

## COLUMNA DE OPINIÓN

7

**Dra. Valentina Buló Vargas**

La importancia de preguntar curiosidad  
y pensamiento crítico

## REPORTAJE

8

**Dra. Dora Altbir Drullinsky**

Cuando la revolución viene  
de lo pequeño

## ENTREVISTA

12

**Dra. Ximena Polanco González**

Nunca tuve miedo  
emprender



## CIENCIAS NATURALES

16

**Efectos del maqui (*Aristotelia chilensis*) sobre la biogénesis  
lisosomal en células h4 de neuroglioma humano**

Camila Urrutia • Fabiana Leiva

17

**Análisis sobre los efectos de la salmonicultura,  
y su relación con la marea roja en el sur de Chile**

Dufftin Moreno • Rodrigo Núñez • Felipe Guaquin • Felipe Levicoy

23

**El Humedal Petrel como espacio para conocer  
y valorar la avifauna de Pichilemu**

Joaquín Cornejo • Laura Rebolledo • Cristian Molina

37

**Estudio de la contaminación acústica  
en un colegio de Valparaíso**

Dennise Saavedra • Franchesca Jara • Valentina Castro  
Camila López • Alexandra Gálvez • Constanza Nuñez  
Daniel Sanhueza • Matías Salgado • Javiera Castro  
Caroline Simahan • Javiera Acevedo • Francisca Palma

45

**Sobreposición de dieta estacional de tucúquere (*Bubo magellanicus*)  
y lechuza blanca (*Tyto alba*) mediante el estudio de egagrópilas  
en el parque nacional Río Clarillo**

Alonso Erazo • Martín Opitz • Tyndall Díaz

53

61

**Caracterización del período de crianza de polluelos de pingüino rey (*Aptenodytes patagonicus*) en Isla Grande de Tierra del Fuego**

Matías Huidobro • Javier Oporto

67

**Desarrollo de un biodigestor para la realización de la ciencia por medios sustentables**

Bianca de Petris • Daniela Salas

73

**Caracterización del o los compuestos antibacterianos del aislado bacteriano antártico m52-112-1 con capacidad antagonista sobre *Salmonella* sp**

Francisca Ambiado • Constanza Espinoza

81

**Evaluación y recuperación del suelo degradado por compactación utilizando *Sophora macrocarpa*, en la comuna de Quilicura, Santiago de Chile**

Dannae Rubio • Raúl Roa • Matías Jara • Eduardo Salgado  
William Aguilera • Matías Gómez • Leticia Loyola • Michelle Fara

87

**Relación entre la calidad del agua y la distribución de la avifauna del Humedal Petrel**

Joaquín Cornejo • Ignacio Leyton • Laura Rebolledo

97

**BREVES**

**¿Por qué crees que hay menos mujeres que estudian ciencia?**

**María José Larrazabal**

Universidad de Antofagasta

**Cristina Moyano**

Universidad de Santiago de Chile

**Katia Gysling**

Pontificia Universidad Católica de Chile

**Paola Arias**

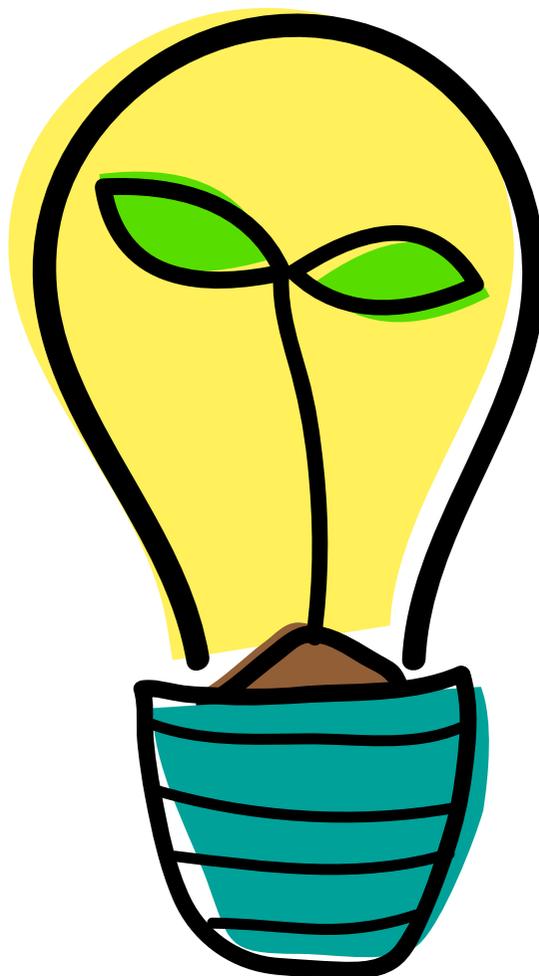
Universidad de Santiago de Chile

**Marysol Alvear**

Universidad de La Frontera

**Marie-Laure Guillemin**

Universidad Austral de Chile





## MUJER Y CIENCIA, CAMINO HACIA LA IGUALDAD

El Premio Nobel en Ciencias es el máximo galardón que un científico puede recibir en reconocimiento de los descubrimientos que realizó en vida. Quizás no muchos saben que la primera persona en recibir dos premios Nobel, fue una mujer. Sí, fue Marie Curie, polaca nacionalizada francesa, quien en 1903 recibió el Nobel de Física por el descubrimiento de los elementos radiactivos y 8 años después, en 1911, el de Química, por sus investigaciones sobre el radio y sus compuestos. El Nobel de Física fue compartido con su marido Pierre Curie con quien investigaba y también con el físico Henri Becquerel.

No fue fácil para Marie Curie dedicarse a la ciencia. En su país natal, Polonia, las mujeres en esa época no podían ir a la universidad, por lo que se trasladó a París, Francia. Allí estudió y fue la primera mujer en tener una Cátedra en la prestigiosa Universidad de París. Su vida no fue fácil, pero la perseverancia y amor por la ciencia la llevó a tener un lugar importante en la historia por sus descubrimientos e investigaciones.

Hoy en el siglo XXI, aún son pocas las mujeres que se dedican a la ciencia, y menos aun las que han recibido el Premio Nobel. Todavía tenemos mucho camino por recorrer y por eso que es tan importante que en la etapa escolar se estimule la curiosidad e interés por el conocimiento en todos sus ámbitos a niños y niñas.

En Chile, el máximo reconocimiento al desarrollo de la investigación lo constituye el Premio Nacional de Ciencias, un equivalente al Premio Nobel, pero a escala nacional. En nuestro país tenemos pocas mujeres que han obtenido el premio nacional, pero vamos avanzando hacia una mayor participación de las mujeres en ciencias. En nuestro país, recién a fines del siglo XIX, se permitió el ingreso de las mujeres a la universidad.

Eloísa Díaz Insunza fue la primera mujer chilena en egresar de la Escuela de Medicina de la Universidad de Chile en 1886, abriendo el paso a las mujeres chilenas para realizar estudios universitarios. Hoy, el 52% de los estudiantes universitarios son mujeres, y cerca de un 44% de las mujeres realiza estudios de doctorado, camino inicial para la carrera científica.

Mag. María Elena Boisier  
Directora de Investigación  
Pontificia Universidad Católica de Chile

# LA IMPORTANCIA

## DE PREGUNTAR, CURIOSIDAD Y PENSAMIENTO CRÍTICO



Dra. Valentina Buló Vargas  
Filósofa  
IDEA - Universidad de Santiago de Chile

La curiosidad mató al gato. Dicen. La sabiduría popular asocia la curiosidad al peligro y está en lo correcto, el curioso se entromete allí donde no siempre conviene entrometerse, por eso la curiosidad es considerada también la actitud inaugural de un pensamiento. El curioso quiere destapar eso que está oculto, quiere saber, le interesa, no se conforma con lo que dicen ni se cree fácilmente un discurso. El curioso quiere saber por qué pasa un acontecimiento determinado.

Hay veces en que la curiosidad tiene un poco de avidez de novedades, sobre todo en tiempos como el nuestro en que los medios de comunicación usan la curiosidad para mantener un público activo con tramas y dramas que van acentuando cada vez más aspectos raros o extravagantes que incitan una curiosidad incluso morbosa. Esta curio-

sidad ansiosa quiere tragar lo nuevo haciéndolo viejo casi inmediatamente, la noticia de hoy se hace vieja hoy mismo, ya no es noticia, decimos frecuentemente. La cualidad más admirada es la "innovación" porque lo nuevo da un valor agregado a cualquier emprendimiento.

Lo cierto es que la curiosidad nos mueve y hace que algo nos interese, mientras más raro encontremos algo más curiosidad nos dará. Newton encontró muy raro el hecho de que una manzana caiga, Neruda encontró rarísimo un caldillo de congrio, Marx encontró muy rara la desproporción entre unos pocos ricos y los trabajadores que tienen poco. Freud de seguro encontraba a toda la gente muy rara.

Demos un paso más: La curiosidad abre la posibilidad del conocimiento en cualquiera

de sus formas, la curiosidad es el gatillo del pensamiento; pero hay una especie de segundo movimiento del pensamiento que tiene que ver con algo así como echarse para atrás para ver algo con mayor perspectiva, se le llama recurrentemente "pensamiento crítico" aunque aquí lo veremos también en su dimensión afectiva.

Una crisis es un momento en el que una estructura se pone a prueba, como un terremoto pone a prueba un edificio, una crisis puede botar un edificio o generar la confianza de que éste pasó la prueba. El pensamiento crítico es crítico porque también pone a prueba las estructuras.

En el ajedrez un buen jugador lo es porque es capaz de adelantar varias jugadas del contrincante y puede decirse que tiene una mirada de tablero porque no se queda únicamente en el movimiento inmediato de la pieza que está moviendo. En el fútbol decimos que tal jugador sabe "leer el juego". Pues bien, el pensamiento crítico es como saber leer el juego de la historia, es a la vez distante y contingente, sabe del aquí y ahora y a la vez lo mira desde afuera, como si se desdoblara. El pensamiento crítico piensa dos veces porque se sitúa por encima de sí mismo. Pensar críticamente es mirar un acontecimiento y mirar a la vez el tablero de juego en el que ese acontecimiento sucede. El pensamiento crítico además juega, no deja de meter el gol, el pensamiento crítico toma posición y actúa, por eso es doblemente peligroso. Además de meter el gol busca también cambiar las reglas del juego puesto que las cuestiona. El pensamiento crítico altera el curso de la historia y de las pequeñas historias que acontecen en nuestras casas, salas de clases o en la calle. Ser crítico no es ser pesimista, porque justamente ve que hay otra manera posible de pensar las cosas y de vivir la vida al modo como la vivimos.

Las preguntas abren espacios, abren posibilidades, las preguntas son potentes, preguntar es una de las acciones más revolucionarias de la historia. La pregunta abre un camino que no está, toda la gracia del conocimiento tiene que ver con saber preguntar mucho más que con saber responder y las preguntas más radicales son aquellas en las que no hay una respuesta presupuesta, en las que no hay hipótesis.

# CUANDO LA REVOLUCIÓN VIENE DE LO PEQUEÑO

Por Jade Rivera Rossi

Algo grande está pasando en el mundo de lo más pequeño. Porque desde que los científicos notaron que al disgregar algunos materiales en partículas muy, muy, pero muy pequeñas, aparecían propiedades distintas a las que la materia presenta en tamaños más grandes. Comenzó la revolución de la nanotecnología, que aún sigue.

Dra. Dora Altbir Drullinsky  
Directora del Centro para el Desarrollo de la  
Nanociencia y la Nanotecnología (CEDENNA)



Esta área de la ciencia ha interesado a investigadores provenientes de la física, la química, la biología, la ingeniería y la ciencia de los materiales, debido a que estas partículas enanas podían verse, comportarse, reaccionar y organizarse de maneras que hasta hace unos años no se habían estudiado, pero que ahora pueden generar nuevos materiales o intervenir los ya existentes.

La necesidad de crear nuevas tecnologías ha llevado al ser humano a explorar diversos escenarios de la naturaleza. Antaño, con la primera gran revolución industrial se puso toda la inventiva en la construcción de la máquina a vapor. La segunda, en cambio, estuvo dominada por el desarrollo de la industria química y farmacéutica, el uso del acero, la electricidad y el petróleo; el desarrollo de un entramado cableado que dio origen al telégrafo.

Pero la revolución del siglo XXI está dada por aspectos que no son tan evidentes, por ejemplo, los nuevos materiales formados por nanopartículas que resultan invisibles a simple vista. El impacto de la nanociencia y la nanotecnología en este siglo es el equivalente al generado por el transistor y la física de semiconductores en el siglo XX.

No es fácil definir en palabras simples la nanociencia, pero en resumen, se trata del estudio de la materia a escala nanométrica (en millonésimas de milímetro). Para imaginarlo, podríamos considerar marcar un millón de líneas equivalentes en el espacio que hay entre un milímetro y otro: la distancia entre dos de esas líneas es un nanómetro y se escribe  $10^{-9}$ . En estos tamaños, las propiedades de algunos materiales cambian y presentan otras propiedades mecánicas, magnéticas, químicas, o de otra índole, diferentes a cuando se encuentran en tamaños más grandes.

## En la nanoescala los materiales presentan distintas propiedades

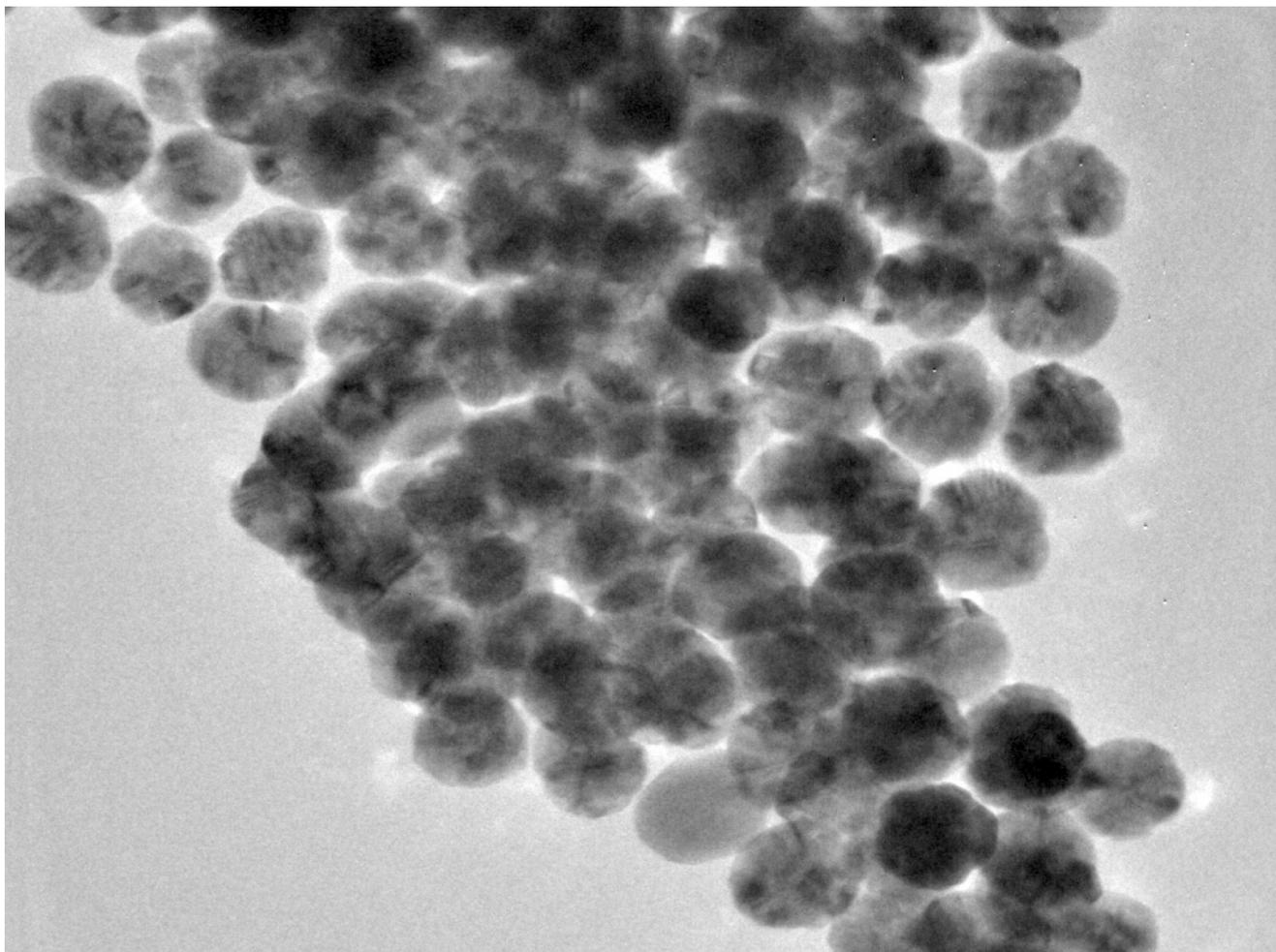


Figura 1. Nanopartículas de níquel a través de microscopio electrónico de transmisión. CEDENNA

## En Chile se investiga sobre nanopolímeros

Uno de los campos en los que esta área empieza a dar sus frutos es en la ciencia de los materiales. Uno de estos ejemplos es el estudio del grafeno, que es un material nanotecnológico en que los átomos de carbono se disponen de manera hexagonal y que resulta en una lámina de un átomo de espesor, pero cientos de veces más resistente que el acero y muy liviano.

El Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología (Cedenna), alojado en la Universidad de Santiago, tiene el potencial para convertirse en el principal centro de Chile en esta área. Su directora, la Dra. Dora Altbir D., también académica del Departamento de Física de la U. de Santiago, ha apostado por dar soluciones científicas concretas adaptadas a la realidad nacional en el sector de medioambiente, alimentación y minería.

“Desarrollamos filtros para remover metales pesados o arsénico de las aguas, que en ciertas concentraciones pueden ser dañinos para la salud; sensores para detectar la presencia de bacterias específicas en alimentos; hidrogel de imogolita, capaz de contener extractos naturales de plantas cultivadas in vitro, que podría tener aplicación en la industria farmacéutica”.

La nanotecnología desarrollada en los laboratorios de Cedenna también puede dar respuesta a problemáticas industriales con características específicas. Por ejemplo, el sector alimentario es el segundo más exportador en Chile después del cobre, siendo las uvas, las manzanas y las cerezas las tres frutas frescas más apetecidas a nivel mundial. Contar con envases de alimentos que alarguen su vida útil es clave. A través de la incorporación de nanopartículas es posible otorgar al envase capacidades de absorción de oxígeno o etileno, o proveerle propiedades antifúngicas o antimicrobianas. De esta manera, se consigue que el alimento envasado pueda tener una vida útil mayor y a su vez, ampliar su rango de distribución.

## En la búsqueda de nanobiomédica

En la física de materiales la nanociencia ha sido un avance revolucionario, así como en otros campos, como la medicina.

Actualmente muchos de los fármacos utilizados en medicina se administran oralmente y se distribuyen por todo el cuerpo, aunque sean sólo necesarios en órganos específicos. Este problema puede ser minimizado

mediante la liberación programada y controlada del medicamento en el tiempo y dirigida a las células blanco, por ejemplo, un tumor. En el laboratorio del investigador Dr. Juan Pablo García-Huidobro, integrante del Cedenna y académico de la Facultad de Química y Biología de la U. de Santiago, se desarrollan nanopartículas formuladas mediante polímeros sintéticos o naturales para encapsular medicamentos que liberen en forma controlada la droga encapsulada y además, dirigida a órganos o células específicas.

Otra estrategia es utilizar nanopartículas con propiedades magnéticas que puedan ser dirigidas a tumores. La Dra. Altbir estudia los fenómenos asociados a partículas de materiales magnéticos, como el hierro, el cobalto o el níquel, en tamaños nanométricos. Estas nanopartículas, dado su comportamiento magnético, pueden ser usadas, por ejemplo, para destruir células cancerosas ya sea, transportando en su interior algún fármaco que elimine las células tumorales, o a través de fenómenos físicos asociados al magnetismo, como la hipertermia, en el cual la nanopartícula, utilizando un campo magnético, genera calor que destruye las células malignas.

## Sensores

Otras de las innovaciones desarrolladas en los laboratorios del Cedenna son películas ultradelgadas para la elaboración de sensores muy sensibles que miden algunas propiedades como temperatura, corrosión, presión, etc. “Hemos creado un dispositivo capaz de emitir una señal que alerta a los operadores de las máquinas de minería cuando los dientes de las palas se están fracturando. Muchas veces, los trozos que se desprenden de esas palas caen a la chancadora y detienen la faena, ocasionando pérdidas importantes para la industria. Hemos desarrollado un sensor que da cuenta en tiempo real del estado de la pala, pudiendo recuperar los trozos antes de que caigan a la chancadora y evitando contratiempos”, expuso la Dra. Altbir.

El sensor de boro es otro de los desarrollos del Cedenna. Algunos suelos de nuestro territorio presentan mayor concentración de boro, un elemento metaloide, semiconductor. Para poder aprovechar esos terrenos es necesario identificar la presencia de este material y luego removerlo.

La nanotecnología está en pleno desarrollo, y se desconocen todavía los grandes avances que les esperan a las generaciones venideras. Lo que sabemos a ciencia cierta es que es impensable echar marcha atrás.

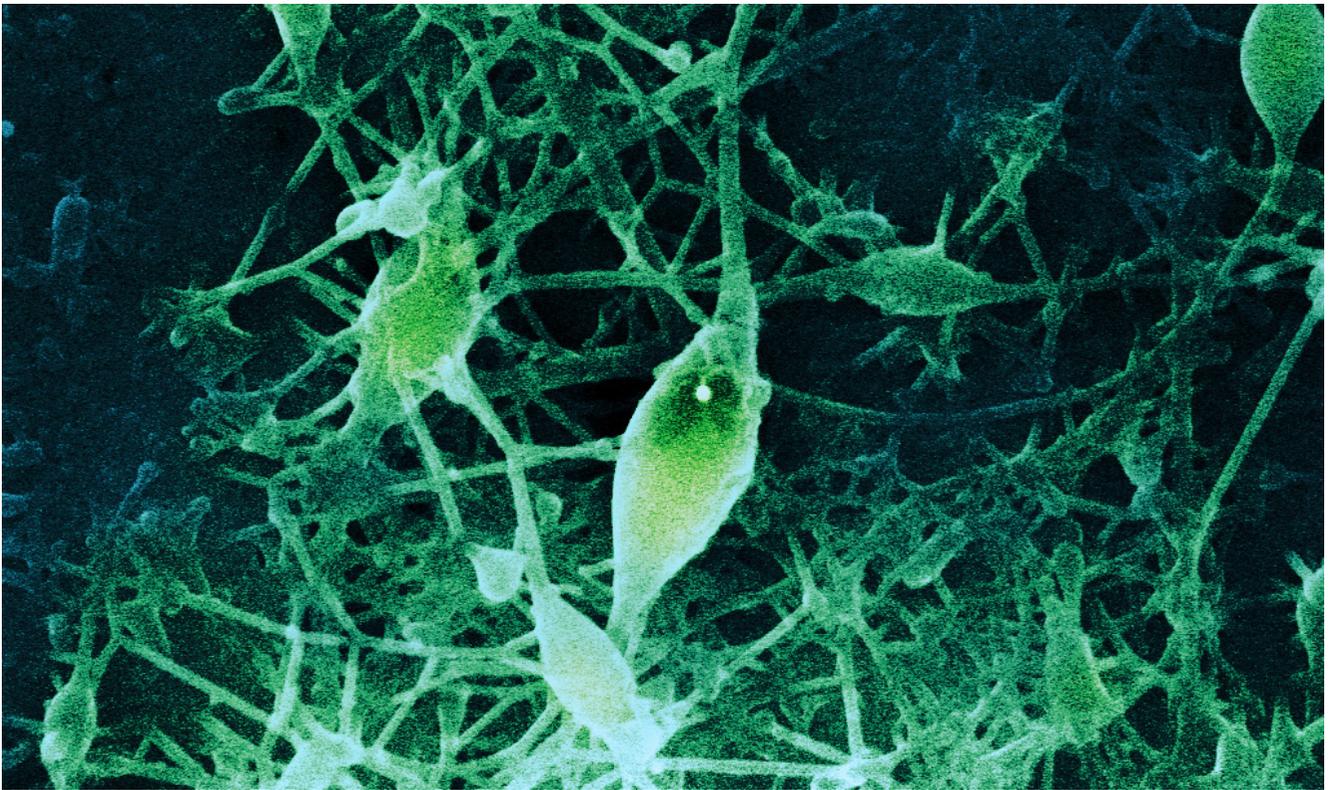


Figura 2. Fibras de poli (alcohol vinílico), de tamaño nanoscópico, preparadas con la técnica de electrohilado (electrospinning). La imagen ha sido obtenida mediante microscopía electrónica de barrido a 20 kV (veinte mil Volts). El colorido ha sido agregado con un fin estético, usando un tono verde que suele asociarse a la esperanza y a la naturaleza, sugiriendo un plácido jardín. CEDENNA

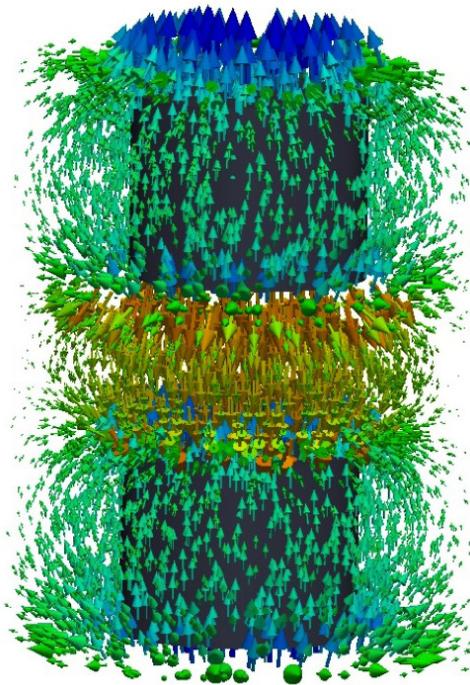


Figura 3. Campo magnético de dos partículas próximas. La ilustración muestra la orientación (puntas de flecha) e intensidad (código de colores) de los campos magnéticos producidos por dos pequeños cilindros de cobalto interactuantes. En esta simulación computacional las dimensiones son nanoscópicas (largo 30 nm, radio 20 nm). CEDENNA

# NUNCA TUVE MIEDO A EMPRENDER

Por Alexia Bórquez Bravo

La Dra. Ximena Polanco González, durante el año 1988 levantó una empresa farmacéutica titulada con su propio nombre, que se dedica hasta el día de hoy a la elaboración de productos naturales y al potenciamiento de la medicina natural, logrando posicionar en el mercado independiente, alternativas saludables.

Dra. Ximena Polanco González  
Laboratorios Ximena Polanco



Nació en Chillán y realizó sus estudios medios en un colegio dirigido por religiosas de origen alemán, lo que le permitió desapegarse a temprana edad de su hogar. Años después, se fue a Concepción para estudiar Química y Farmacia, carrera en la que fue motivada por su madre.

“Mi mamá era una persona que siempre creyó en que sus hijos debían ir a la universidad, aunque estuviéramos en el campo, y a todos nos tenía una profesión. Siempre he sido campesina, lo que me ha permitido conocer la tierra y lo que entrega, soñando de niña que haría perfumes”, recuerda Polanco.

¿Cómo fueron sus inicios como Química Farmacéutica? Para mí, desde un inicio ha sido algo muy importante. Tuve la oportunidad de estudiar en la Universidad de Concepción, que no solo se dedicaba a la docencia e investigación, sino que nos orientaba a la aplicación de los conocimientos impartidos. Para mí no tiene sentido solo investigar y no aplicar los conocimientos adquiridos. Tiene que existir una investigación aplicada para que podamos materializarla, en este caso, en un producto tangible, útil a la sociedad. Creo que es deber devolver a la comunidad lo que se merece, pues, en mis tiempos, fue esta comunidad lo que nos permitió estudiar prácticamente a costo cero.

### ¿Cuáles fueron sus inicios en su profesión?

Mi primera actividad laboral se desarrolló en el Instituto de Medicina Experimental del Ministerio de Salud, dedicado a la investigación del cáncer, donde aprendí el rigor científico.

Posteriormente, en el año 1974, dado las condiciones difíciles que atravesaba el país, la familia decidió emigrar a Temuco y adquirir una farmacia, donde pude desarrollar una gran labor en atención farmacéutica, escuchando y aliviando a muchas personas. La adquisición de esta farmacia, como mi primer emprendimiento, me reportó conocimientos del mundo de los negocios, lo que me ayudó en la consolidación de mi proyecto futuro. Paradójicamente, la quiebra de la farmacia, me catapultó a decidir mi meta siguiente: Ser Gerente General de un Laboratorio Farmacéutico, lo que nunca imagine que sería mi propio laboratorio. Decisión compleja, tanto desde el punto de vista profesional, como familiar, considerando que ya tenía dos hijos en edad escolar.

### ¿Por qué decidió levantar el laboratorio?

Teniendo en cuenta la situación económica, la convicción de mi capacidad para enfrentarla y la decisión tomada, nos vinimos a Santiago a buscar el camino de mi meta trazada, laborando en diferentes farmacias,

hasta que me sentí preparada para iniciar mi propio laboratorio.

Muchas veces me pregunté ¿con qué contábamos? ¿qué teníamos? y la respuesta fue: preparación y Conocimientos, una incipiente regulación sanitaria y un mercado poco regulado. Sin embargo, ¿qué necesitábamos? una planta farmacéutica, el registro sanitario para cada uno de los productos y el famoso capital. Todo eran aspectos muy difíciles de disponer, pero teníamos la decisión tomada, queríamos levantar el proyecto del laboratorio farmacéutico de fitofármacos y productos homeopáticos.

### ¿Qué ha sido lo más difícil?

Trabajar con plantas medicinales, parece sencillo, sin embargo, cuando el objetivo es la obtención de un producto oficial (fitofármaco, cosmeceútico), es un desafío de comienzo a fin. Es por eso que, inicialmente, solicité asistir como oyente a clases en la Escuela de Farmacia de la Universidad de Chile, debido a que no podía comenzar mi emprendimiento, con algunos conceptos olvidados, referente a plantas medicinales. Por otra parte, la infraestructura de la futura planta, por la exigencia del Instituto de Salud Pública y los registros farmacéuticos de cada producto fueron un camino difícil. Comenzamos arrendando una propiedad, que hechas las consultas a la autoridad sanitaria, cumplía con las exigencias. Todo esto, fue muy enriquecedor y exigente.

Además, no podíamos dejar de pensar en el escaso capital con el que contábamos. Recurrimos al Crédito del Pequeño Empresario y a otros créditos bancarios, también a diferentes instituciones de apoyo a proyectos como FIA (Fundación para la Innovación Agraria), Fontec (CORFO) en esos tiempos-actualmente INNOVA CORFO.

En cuanto a los proveedores de materia prima vegetal, recuerdo que, en un principio, teníamos que recolectar nosotros mismos. Asignábamos un día y con parte del personal, encabezado por un botánico y mis conocimientos de campesina, íbamos al campo, recolectando la materia prima requerida. En esta etapa nos dimos cuenta, que era necesario disponer de materia prima estandarizada (identificada botánicamente, lugar de origen, fecha de cosecha, etc.) por lo tanto, era necesario acercarnos a la universidad, quienes ya estaban trabajando en cultivos de Plantas Medicinales. Hoy en día, contamos con proveedores calificados, y tenemos en nuestras manos la trazabilidad completa del producto final.

Y a la vez, existía un mercado desregulado, volviendo difícil competir con productos sin respaldo técnico. A



su vez, cuesta bastante despertar el interés de los investigadores para realizar los estudios previos (in vitro, in vivo), y mucho más llegar a los clínicos, sin contar con las dificultades y exigencias sanitarias.

Sin embargo, desde el año 1999, contamos con el apoyo y colaboración del Departamento de Química Farmacológica y Toxicológica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

### **¿Es importante la conformación de un buen equipo de trabajo?**

Es sumamente importante la conformación de un equipo de trabajo multidisciplinario. Una empresa farmacéutica, tiene requerimientos técnicos tanto de profesionales Químicos Farmacéuticos como operarios calificados y personal administrativo. Siempre hay que considerar que, para el funcionamiento de una planta farmacéutica, se debe cumplir las Normas de Buenas Prácticas de Fabricación-BPF.

Todo esto, que no es poco, ha significado una capacitación permanente, giras tecnológicas internacionales, congresos y cursos nacionales e internacionales, donde nuestro personal participa, primero como alumnos, y, ahora como conferencistas.

### **¿Qué productos elaboran en el laboratorio?**

Durante los 30 años de existencia del laboratorio, hemos desarrollado una línea farmacéutica que cuenta con más de 20 productos en el mercado, y engloba los medicamentos fitoterápicos (a base de plantas medicinales) y homeopáticos. Una línea de alimentos y suplementos alimentarios, conformada por 18 productos. Además, contamos con una línea de productos cosméticos, elaborados a base de extractos de plantas nativas.

### ¿Dónde se pueden encontrar sus productos?

Nosotros no estamos en las grandes cadenas farmacéuticas, y en verdad es por una estrategia comercial. Felizmente, tuvimos visión y nos enfocamos en farmacias independientes de Arica a Punta Arenas. Nunca mi norte fue tener dinero, sino que crecer y entregar a los demás una solución saludable. Yo estoy cierta: lo que tenemos aquí es más que una instalación, somos conocimiento.

### ¿Qué significa ser una mujer emprendedora?

Me siento libre, sin miedo, líder, vigente, moderna y actualizada. Me llena de satisfacción ver todo lo que hemos logrado. Esto es posible gracias a todo nuestro equipo, con quienes hoy en día logramos hacer medicamentos que tienen actividad farmacológica, sustentada en estudios clínicos de peso.

### ¿Cómo se siente con su trabajo?

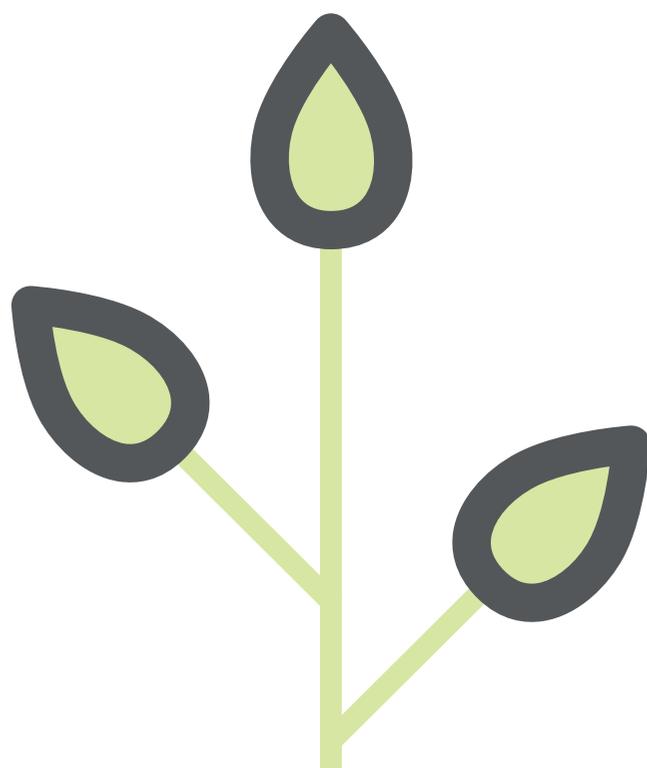
Me siento muy contenta y realizada, porque hay cosas que, aunque se quiera, no se pueden comprar con dinero. Es importante buscar algo que te haga vibrar

de otra manera. Yo estoy muy agradecida de haber iniciado esta locura. Nuestro laboratorio ha logrado credibilidad, confianza y reconocimiento de quienes nos conocen, lo que por supuesto me llena de satisfacción.

Sé que, en éste, “mi tiempo”, dinero no voy a tener, pero me iré orgullosa porque tenemos productos que contribuyen como, por ejemplo, el mitigar los efectos adversos de toda la terapia alopática. Muchas veces, la gente toma medicamentos por todo y por nada, sin fijarse en los efectos negativos que todos tienen.

Tras una entretenida conversación, Ximena Polanco finaliza, señalando que el mejor mensaje que puede entregarle a las y los futuros emprendedores es que todo proyecto exige “ideas, creatividad, coraje, riesgo, decisión, capacitación, valor, perseverancia, audacia, y por sobretodo, trabajo, trabajo, trabajo y más trabajo. La naturaleza tiene muchas cosas que ofrecer y hay que observarla”, agregando que “muchas veces pasaba por al lado del llantén y nunca me preocupé de lo que podía hacer con él. Hoy, es nuestro logo y la base de nuestro laboratorio”.





# EFECTOS DEL MAQUI (*ARISTOTELIA CHILENSIS*) SOBRE LA BIOGÉNESIS LISOSOMAL EN CÉLULAS H4 DE NEUROGLIOMA HUMANO\*

## EFFECTS OF THE MAQUI (*ARISTOTELIA CHILENSIS*) ON LYSOSOMAL BIOGENESIS IN H4 HUMAN NEUROGLIOMA CELLS

Camila Urrutia • Fabiana Leiva  
 Profesor Guía: Carolina Leiva  
 Investigadora: Dra. Patricia Burgos  
 Asesores Científicos: Hianara Bustamanteo • Cristóbal Cerda  
 Liceo Bicentenario de Excelencia Altamira • Panguipulli  
 carolina.leiva.y@gmail.com

### Resumen

El maqui (*Aristotelia chilensis*) es una especie nativa de Chile que produce unas bayas pequeñas con compuestos polifenólicos que han demostrado poseer efectos antioxidantes *in vitro*. Los antioxidantes tienen la facultad de retardar o prevenir el estrés oxidativo de las células. Los lisosomas son organelos que contienen enzimas hidrolíticas claves en la digestión del material intracelular, cuya disfunción se asocia al cáncer, neurodegeneración y envejecimiento, entre otras. Este proyecto se centra en estudiar los efectos del maqui sobre la biogénesis lisosomal en células H4 de neuroglioma humano. Mediante microscopía de fluorescencia se evaluó la distribución subcelular de la proteína lisosomal LAMP1, proteína marcadora de los lisosomas, expuesta a las siguientes concentraciones de extracto de Maqui: 30 mg/ml, 40 mg/ml y 50 mg/ml. A mayor dosis de extracto de maqui, se observa un incremento en la marca de LAMP1 en células H4 de neuroglioma humano. Estos resultados sugieren que el extracto de maqui puede ser un potencial inductor de la biogénesis lisosomal en células H4.

**Palabras claves:** Biogénesis lisosomal, células H4, lisosomas, maqui.

### Abstract

The maqui (*Aristotelia chilensis*) is a species native to Chile that produces small berries with polyphenolic compounds that have been shown to have antioxidant effects *in vitro*. Antioxidants can slow or prevent oxidative stress in cells. Lysosomes are organelles that contain key hydrolytic enzymes in the digestion of intracellular material, whose dysfunction is associated with cancer, neurodegeneration, and aging, among others. This project focuses on studying the effects of maqui on lysosomal biogenesis in H4 human neuroglioma cells. Fluorescence microscopy was used to evaluate the subcellular distribution of the lysosomal protein LAMP1 -a lysosome marker protein- exposed to the following concentrations of Maqui extract: 30, 40 and 50 mg/ml, respectively. At higher doses of maqui extract, an increase in the LAMP1 label was observed in H4 human neuroglioma cells. These results suggest that maqui extract may be a potential inducer of lysosomal biogenesis in H4 human neuroglioma cells.

**Keywords:** Lysosomal biogenesis, H4 human neuroglioma cells, lysosomes, maqui.

El proyecto participó en:

- \* Primer lugar en IV Feria Provincial de Investigación Científica (Lanco).
- \* XIII Congreso Regional (Valdivia).
- \* XXX Congreso de la Sociedad de Biología Celular de Chile (Puerto Varas).



# Introducción

Todas las células eucariotas contienen lisosomas que son organelos intracelulares, cuya función principal es la digestión de material intracelular o proveniente del medio extracelular (Alberts, 2012). Específicas vacuolas autofágicas tienen la capacidad de englobar partículas del citosol, luego se fusionan con membranas lisosomales y su contenido finalmente es degradado por las enzimas hidrolíticas contenidas en los lisosomas por un mecanismo denominado autofagia. La autofagia es una ruta degradativa de proteínas, e incluso para los organelos que deben renovarse. En la célula hay un nivel basal de autofagia y es clave para mantener el “control de calidad” intracelular participando en la renovación de materias primas que la célula usa para la síntesis de nuevas moléculas, lo que es importante en muchos procesos del desarrollo.

Una vez culminado el proceso de autofagia, la biogénesis de nuevos lisosomas y la reposición de componentes sintetizados de nuevo (Jimenez, 2003). Tanto los componentes solubles como los de membrana de los lisosomas son sintetizados en el retículo endoplásmico rugoso, transportados al aparato de Golgi, e incorporados en lisosomas en formación. Las disfunciones en estos procesos celulares se asocian al cáncer, neurodegeneración y envejecimiento, entre otras. Recientes estudios revelan que el resveratrol, un antioxidante que se encuentra en uvas rojas, tiene un efecto potenciador de la autofagia (Dong y Wang, 2016). Es por esto importante conocer otros potenciadores naturales de la autofagia.

El maqui (*Aristotelia chilensis*) es una especie nativa del sur de Chile que produce unas bayas pequeñas que se recolectan principalmente de individuos silvestres. En sus frutos se ha detectado la presencia de flavonoides con capacidad antioxidativa (Valdebenito *et al.*, 2006). Medicinalmente, se ha empleado por su capacidad analgésica, antiinflamatoria y antibacteriana.

Estas bayas son comestibles, y además de tener funciones nutricionales y energéticas poseen cualidades benéficas para la prevención de muchas dolencias (Alonso, 2012). Sin embargo hasta el momento no hay estudios de su efecto a nivel de organelos intracelulares. Este proyecto evalúa el efecto del maqui sobre la biogénesis lisosomal, dado que este es el organelo que por excelencia mantiene el control de calidad en las células.

De acuerdo a los resultados preliminares, se sugiere que el maqui se puede emplear como nutracéutico y potenciador de la maquinaria degradativa de la célula. Este hallazgo abre una línea de investigación enfocada al estudio del maqui en patologías y envejecimiento.

## Hipótesis

El extracto de maqui (*Aristotelia chilensis*) potencia la ruta degradativa lisosomal en células H4 de neuroglioma humano.



## Objetivo General

Comprobar los efectos de maqui (*Aristotelia chilensis*) sobre la biogénesis lisosomal en células H4 de neuroglioma humano.

## Objetivos Específicos

Preparar un extracto acuoso de maqui (*Aristotelia chilensis*) en diferentes concentraciones.

Incubar células H4 de neuroglioma con diferentes concentraciones del extracto acuoso de maqui.

Analizar por microscopía de fluorescencia la distribución de LAMP1 como marcador lisosomal.

## Materiales y Métodos

### Tratamiento de células H4 de neuroglioma humano

Las líneas celulares H4 fueron obtenidas de ATCC (número HTB-148 TM). Estas células son adherentes, de morfología epitelial, derivadas de neurogliomas de cerebro humano.

1. En DMSO se disolvió el extracto de maqui, el cual fue obtenido del Instituto de Farmacología y Morfofisiología de la Universidad Austral de Chile. El extracto de Maqui se encuentra dentro de un tubo ámbar, para cautelar la exposición de luz que recibiera la sustancia.
2. Las células se sembraron sobre pocillos de placa de 24 pocillos que contenían cubreobjetos de 12 mm de diámetro y fueron mantenidas con medio de cultivo DMEM suplementado con 10 % v/v SFB (previamente inactivado por calor y filtrado) y Penicilina y Estreptomicina 1X (para evitar la contaminación de microorganismos); a 37 °C con atmósfera húmeda y 5% de CO<sub>2</sub> hasta alcanzar una densidad que permita observar con claridad las células.
3. Para observar el estado de las células en cultivo se ocupó un microscopio óptico invertido.
4. Una vez que se alcanzó la densidad celular deseada, se realizó el siguiente tratamiento a las células por separado durante 16 horas.
  - Maqui 30 mg/ml (en DMSO).
  - Maqui 40 mg/ml (en DMSO).
  - Maqui 50 mg/ml (en DMSO).
  - Control DMSO (vehículo).

### Inmunofluorescencia Indirecta

1. Se centrifugó la solución de PFA 4% a 3000 g por 10 min a temperatura ambiente. Previamente se equilibran las masas de las soluciones a centrifugar.
2. Los pocillos con células se lavan 3 veces con 1 mL de PBS-CMA para quitar el medio de cultivo a las células.
3. Luego se retira todo el volumen de PBS CMA y se agrega 1 mL PFA 4% para fijar las células y se incuba 30 min a temperatura ambiente, protegido de la luz.
4. Se lavan los pocillos con células se lavan 3 veces con 1 mL de PBS-CMA para quitar el PFA.
5. Sobre una superficie hidrofóbica (Parafilm) se deja una gota de 20 µL de anticuerpo anti Lamp1 hecho en ratón de una dilución 1 µL de anticuerpo en 3000 µL de buffer saponina; por cada cubre objeto con células.
6. Los cubre objeto se dejan sobre la gota de anticuerpo, con las células orientadas hacia la gota y se incuba 40 minutos a 37°C en cámara húmeda.
7. Posterior a la incubación del anticuerpo, los cubre objetos se dejan en coplin de porcelana contenido en recipiente plástico con 100 mL de PBS-A y se lavan por 5 min.
8. Nuevamente sobre una superficie hidrofóbica, se agrega una gota de 20 µL de un segundo anticuerpo que reconoce al primero (Anti Lamp1) Anti-Ratón Alexa 594 (que se observa en rojo bajo microscopio de epifluorescencia) en una dilución 1 µL de anticuerpo en 1000 µL de buffer saponina; por cada cubre objeto con células.
9. Los cubre objeto se dejan sobre la gota de anticuerpo, con las células orientadas hacia la gota y se incuba 30 minutos a 37°C en cámara húmeda.
10. Posterior a la incubación del anticuerpo, los cubre objetos se dejan en coplin de porcelana contenido en recipiente plástico con 100 mL de PBS-A y se lavan por 5 min.



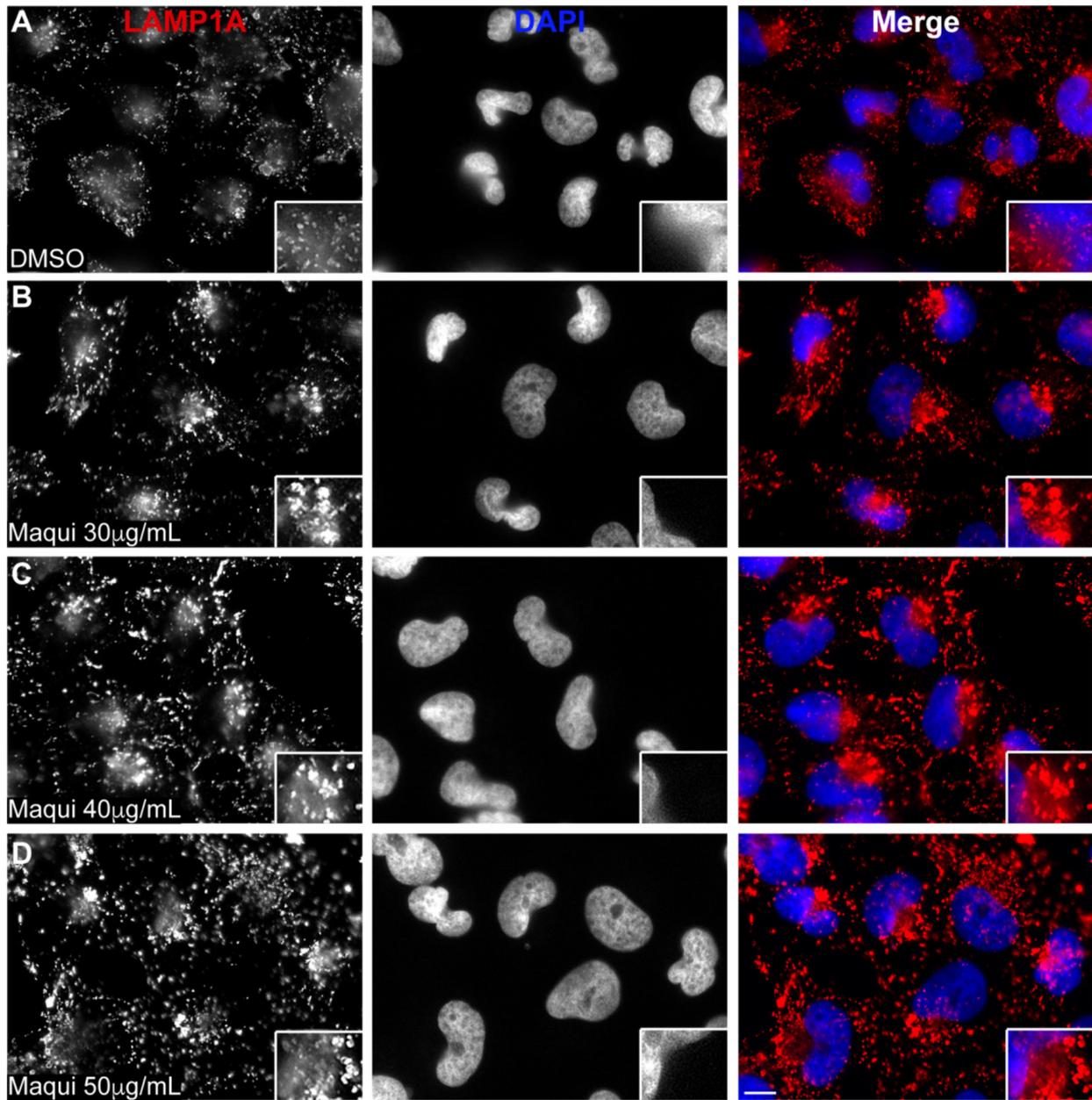


Figura N°1: Fluorescencia de cultivo de células H4 de neuroglioma humano, con 30ug/ml, 40ug/ml y 50ug/ml de concentración de maqui, mostrando la distribución de LAMP1 (rojo) como marcador lisosomal, además del núcleo (azul) marcado con DAPI. Se observa que la distribución de la marca es perinuclear.

11. Sobre una superficie hidrofóbica se agrega una gota de 20  $\mu\text{L}$  de DAPI de una dilución 1  $\mu\text{L}$  en 20.000  $\mu\text{L}$  de PBS-CM.
12. Los cubre objeto se dejan sobre la gota de DAPI, con las células orientadas hacia la gota y se incuban 10 minutos a 37°C en cámara húmeda.
13. Los cubre objetos se dejan en coplin de porcelana contenido en recipiente plástico con 100 mL de PBS-A y se lavan por 5 min.
14. Sobre un porta objeto se agregan 12  $\mu\text{L}$  de medio de montaje Fluoromont y los cubre objetos se dejan sobre la gota de Fluoromont, con las células orientadas hacia la gota. Se deja secando los porta objetos con los cubre objetos en estufa a 67 °C por 15 min.



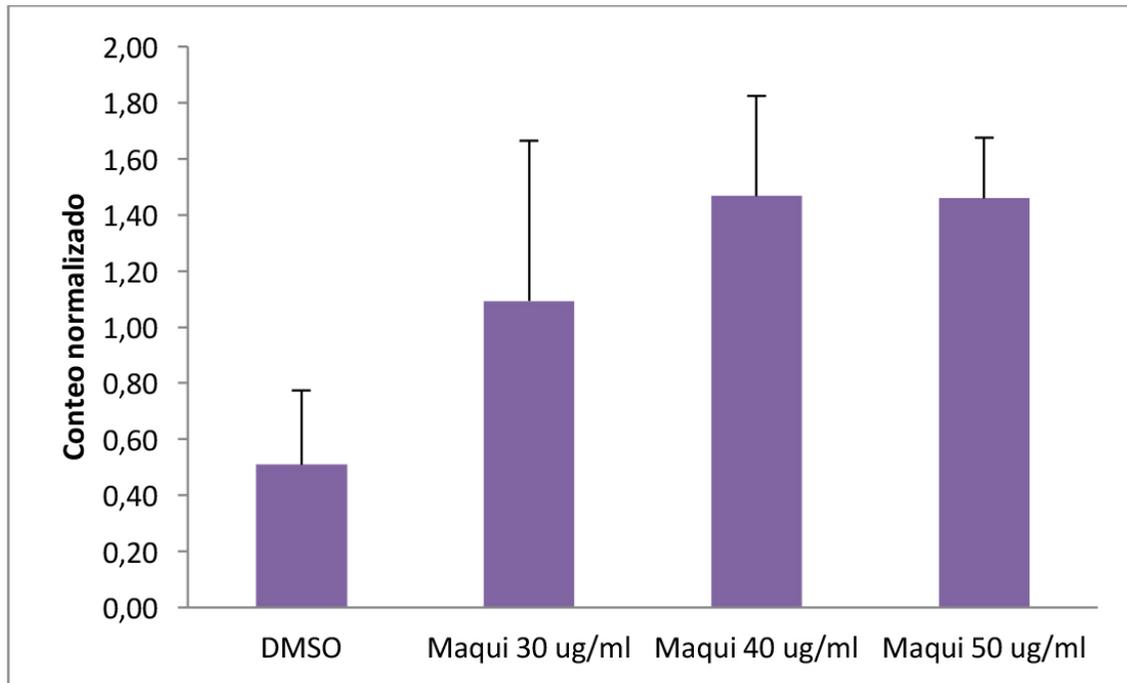


Figura N° 2: Cuantificación de la Inmunofluorescencia del cultivo de células H4 de neuroglioma humano, con 30ug/ml, 40ug/ml y 50ug/ml de concentración de maqui. Se graficaron los resultados obtenidos por cada célula observada y normalizada según el área.

## Cuantificación de inmunofluorescencia LAMP1A

1. De las imágenes obtenidas por inmunofluorescencia se hizo un análisis de imagen utilizando el software Icy "Open source community platform for bioimage" versión 1.9.1.0.
2. Se utilizó como detector la opción "Detected bright spot over dark background", además se utilizó una sensibilidad del 100% y una escala de detección de 7 píxeles sobre la imagen.
3. Se hizo el conteo en cada célula por separado utilizando la marca nuclear como guía.
4. Los resultados fueron trasladados a Microsoft Office Excel 2010 donde se graficaron los resultados.

## Resultados y Discusión

La metodología anteriormente mencionada se logró obtener imágenes de inmunofluorescencia ilustradas en la Figura N°1.

En el control de DMSO podemos ver que no existe cambio en la morfología celular en comparación con

las muestras tratadas. En la concentración de 30 ug/ml se muestran los lisosomas distribuidos de manera perinuclear, en la concentración de 40ug/ml se puede evidenciar un claro aumento de la marca de LAMP1 y finalmente en la concentración de 50 ug/ml el marcador lisosomal se encuentra disperso por toda la célula. Si bien los resultados del ensayo de inmunofluorescencia se asocian con un aumento de la marca lisosomal LAMP1, no se puede descartar que el aumento de la fluorescencia sea debido a algún producto de maqui que sea fluorescente.

En el análisis de imagen, se realizó un conteo de cada marca superior a 7 píxeles dentro de una celular y se normalizó según el tamaño de dicha célula. Podemos observar un incremento del conteo en relación a las concentraciones de maqui trabajadas en comparación con DMSO, este incremento no es estadísticamente significativo dado que es solo una corrida experimental analizada. Sin embargo si comparamos el conteo normalizado entre la muestra de maqui 50 ug/mL con el DMSO podemos observar un importante incremento del marcador lisosomal que indicaría que existe un aumento de este organelo en presencia de maqui. El resultado anterior es un nuevo hallazgo ya que no existían investigaciones anteriores sobre los efectos del maqui en lisosomas de células H4.



## Conclusión

Se observó que las células tratadas con las tres concentraciones del extracto de maqui por separado presentaron un aumento en el marcador lisosomal LAMP1. La muestra que contenía 50 mg/ml fue la que mayor cantidad de marcador lisosomal evidenció. Aun así creemos necesario evaluar el efecto del Maqui sobre la viabilidad de la célula.

## Proyecciones

Probar que la biogénesis lisosomal potenciada por el maqui tiene un efecto en la autofagia en células H4.

Realizar estudios similares a éste con líneas celulares de cáncer, y analizar el estado de sus lisosomas en presencia de extracto de maqui.

Comprobar mediante repeticiones del experimento que no existe ningún cambio morfológico en las células H4.

Realizar cuantificación del número de lisosomas por célula, y/o intensidad del marcador LAMP1 mediante densitometría y/o cuantificación computarizada.

## Bibliografía

Alberts B. 2012. Biología Molecular de la Célula. Omega Ed, Barcelona, España.

Alonso JR 2012. Maqui (*Aristotelia chilensis*): Un nutracéutico chileno de relevancia medicinal. Rev Farmacol Chile 5: 95-100.

Dong W, Wang R. 2016. Effects of resveratrol induced cellular autophagy in control of neurodegenerative diseases. Acta Pharm Sin 51: 18-22.

Fredes C, Montenegro G, Zoffoli JP, Gómez M, Robert P. 2012. Polyphenol content and antioxidant activity of maqui (*Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz)) during fruit development and maturation in Central Chile. Chil J Agric Res 72: 582-589.

Jimenez LF, Merchant H. 2003. Biología celular y molecular. Pearson Educación Ed., México.

Valdebenito G. 2006. Paquete Tecnológico del maqui. <http://www.gestionforestal.cl>



# ANÁLISIS SOBRE LOS EFECTOS DE LA SALMONICULTURA, Y SU RELACIÓN CON LA MAREA ROJA EN EL SUR DE CHILE

## ANALYSIS ON THE EFFECTS OF SALMON FARMING, AND ITS RELATIONSHIP WITH THE RED TIDE IN SOUTHERN CHILE

Dufftin Moreno • Rodrigo Núñez • Felipe Guaquin • Felipe Levicoy  
 Profesores Guías: María José Vargas • Carlos Duque  
 Liceo Salesiano San José • Punta Arenas  
 maria.vargas@liceosanjose.cl

### Resumen

Esta investigación es parte de la preparación del concurso de debate científico Explora bajo la siguiente hipótesis: ¿Es posible que la industria del salmón haya causado la marea roja en el sur de Chile en 2016? Sobre la base de la evidencia científica, estudiamos la posible relación entre la actividad de la industria del salmón y el fenómeno de la marea roja. La evidencia obtenida de la investigación bibliográfica indica que la acumulación de nutrientes, tales como nitrógeno y fósforo en el fondo marino, las condiciones de las corrientes marinas y el control limitado sobre la acumulación de los desechos industriales de esta industria fueron factores determinantes que afectaron el medio ambiente de la zona sur de Chile. Por lo tanto, las alteraciones ambientales producidas por la industria del salmón constituyen una base sólida para futuros estudios tendientes a demostrar que la magnitud de los cambios ambientales podría desencadenar o facilitar la generación de la marea roja.

**Palabras claves:** Salmonicultura; marea roja; florecimiento de algas nocivas; sur de Chile.

### Abstract

This research is part of the preparation of the Explora scientific debate contest under the following hypothesis: Is it possible that the salmon industry has caused the red tide in southern Chile in 2016? Based on the scientific evidence, we studied the possible relationship between the activity of the salmon industry and the phenomenon of the red tide. The evidence obtained from the literature research indicates that the accumulation of nutrients, such as nitrogen and phosphorus in the seabed, the conditions of marine currents, and the limited control over the accumulation of the industrial waste of this industry were determining factors affecting the environmental in the southern zone of Chile. Therefore, the environmental alterations produced by the salmon industry constitute a solid base for future studies aimed at demonstrating that the magnitude of environmental changes could trigger or facilitate the generation of red tide.

**Keywords:** Salmon farming; red tide; noxious algal bloom; southern Chile.

El proyecto fue presentado en:

- I Torneo de Debate en Ciencia y Tecnología. Magallanes 2017.



# Introducción

Esta investigación surge bajo el contexto de la preparación para el torneo regional de Explora Magallanes bajo la siguiente Hipótesis: ¿Es posible que la salmonicultura haya causado la marea roja en el sur de Chile?

Es sabido que la industria de salmónidos en Chile ha experimentado un crecimiento en su productividad de manera acelerada, lo cual lo ha convertido en el segundo productor mundial del salmón. Sin embargo, a medida que aumentan los ingresos y las nuevas posibilidades de desarrollo del sector, también lo hacen las dudas respecto a sus impactos en el medio ambiente. Los acuicultores de salmónidos aseguran que su actividad se ajusta amigablemente a los ecosistemas de los que se abastece de insumos, mientras sus competidores internacionales insisten en amenazarlos de dumping ambiental.

Actualmente, las aguas costeras de la región de los Lagos están en el centro de las miradas de ambientalistas, biólogos marinos, científicos y personas debido al vertimiento de miles de toneladas de salmones muertos y en descomposición en el mar causando un daño ambiental, social y económico en la zona debido a la marea roja. Si bien la marea roja o las floraciones de algas nocivas (FANs) son un fenómeno natural que ocurre en la mayoría de los océanos del mundo, su recurrente aparición en los mares interiores del sur de Chile nos hace pensar que la floración de estas microalgas y el impacto que causó últimamente no se debe únicamente a factores medioambientales naturales.

Un aspecto interesante que surge de esta investigación vinculado al debate, es la opinión de los ciudadanos

afectados de por la marea roja a través de una encuesta de percepción ciudadana realizada por la Universidad de los Lagos. En esta se obtuvo que el 49,8% de los consultados considera a la industria salmonicultora como la responsable de la crisis ambiental en el mar, y hay otro 50,2% que no lo hizo (Schmidt, 2016).

A partir de los resultados, Oscar Garay vicepresidente de la Asociación de Salmonicultores de Magallanes, dijo no sentirse extrañado por estos resultados, especialmente porque *“se mezclan temas como la operación de la industria, la desconfianza en las autoridades, en políticos, en las empresas en general y el fenómeno de la marea roja. Si a eso se suma el nivel de desconocimiento que existe sobre la actividad, la desinformación que los detractores ponen a circular en las redes y lo mal que lo hemos hecho comunicacionalmente para dar a conocer el aporte e impacto de la actividad, se tiene el cóctel perfecto para una pésima imagen de la salmonicultura”*, argumentó (El Llanquihue, 2016).

Mientras que Jorge Weil, doctor en Ciencias Económicas de la Universidad de París, consideró bajo ese 49,8%. *“La razón por la que se produjo el bloom de algas y la marea roja es responsabilidad de las salmonicultoras”*, expuso en forma categórica (El Llanquihue, 2016).

Es por esto que mediante este trabajo nos proponemos como objetivo general el siguiente: *Demostrar a partir de distintos estudios que la salmonicultura fue un factor detonante en los efectos ambientales producidos por la marea roja en la zona de la región de los lagos.*



Para responder a este objetivo general, planteamos los siguientes objetivos específicos:

- A)** Describir la teoría asociada al efecto medio ambiental de los desechos y nutrientes de la actividad de la industria del salmón, a partir de distintos autores y distintas áreas.
- B)** Relacionar la teoría descrita en el objetivo anterior con la problemática en Chile.
- C)** Analizar casos representativos de la marea roja en el sur de Chile.

## Estado del arte

*Los impactos medioambientales vinculados a la eutrofización del mar producto de los alimentos y desechos utilizados en el cultivo de peces.*

Las prácticas habituales que se utilizan para el cultivo de peces impactan en el medio ambiente a través de distintas formas. Una de ellas es la alimentación de los salmones, la que interviene, tanto en la columna de agua como al fondo marino: a través del alimento no consumido que es altamente proteico y a través de los desechos de los peces. Las investigaciones que se recopilan en este estudio han detectado que este último fenómeno afecta aumentando la cantidad de nitrógeno y fósforo de los sistemas acuáticos, disminuyendo el oxígeno disponible, generando eutrofización, estimulando la aparición de algunos organismos y la ausencia de otros, y alterando gravemente los ecosistemas acuáticos (Buschmann y Fortt, 2005).

El uso de recursos y el proceso de producción de la actividad acuícola tienen diversos efectos sobre el medio ambiente (Figura N° 1.) (Buschmann y Fortt, 2005). Por una parte los desechos de la salmonicultura u otra actividad acuícola producen efectos tanto en la columna de agua como en el fondo de las instalaciones de cultivo. Los productos de la excreción de los organismos en cultivo son dispersados por las corrientes, en tanto que los sólidos, como el alimento no ingerido y heces, se depositan en el fondo de lagos y zonas costeras (Folke y Kaultky, 1989; Buschmann y Fortt, 2005). Durante el proceso de sedimentación, las partículas pueden ser consumidas por peces silvestres descompuestas en unas aún más finas. La actividad microbiana permite que los diferentes nutrientes se solubilicen. La cantidad y velocidad de descomposición y solubilización depende de factores como la velocidad de corrientes, temperatura del agua y propiedades físico-químicas de las partículas, entre otros. Además, en sitios con depósitos de materia orgánica se generan nutrientes disueltos hacia la columna de agua.

Al alimentar a los salmones en cultivo, alrededor de un 75% de nitrógeno, fósforo y carbono ingresado al sistema por medio del alimento, se pierde como alimento no capturado, fecas no digeridas y otros productos de excreción. Solo un 25% se recupera al cosechar los peces (Figura N° 2) (Folke y Kaultky, 1989; Buschmann y Fortt, 2005). De estos elementos, el fósforo se acumula principalmente en los sedimentos que se encuentran bajo las balsas jaulas, por lo que se utiliza como indicador de contaminación (Buschmann y Fortt, 2005).

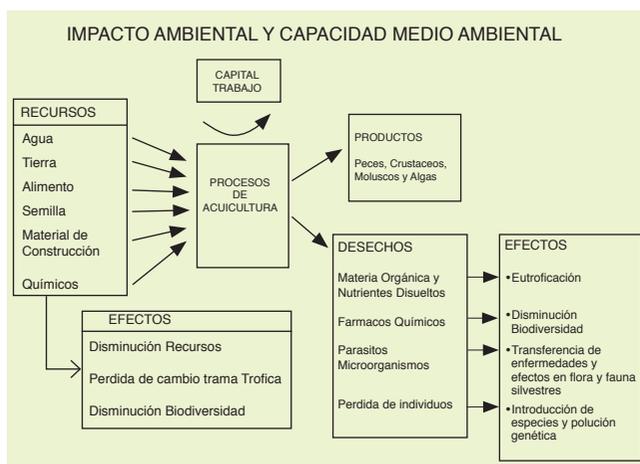


Figura N° 1. Uso de recursos y efectos sobre el medio ambiente.

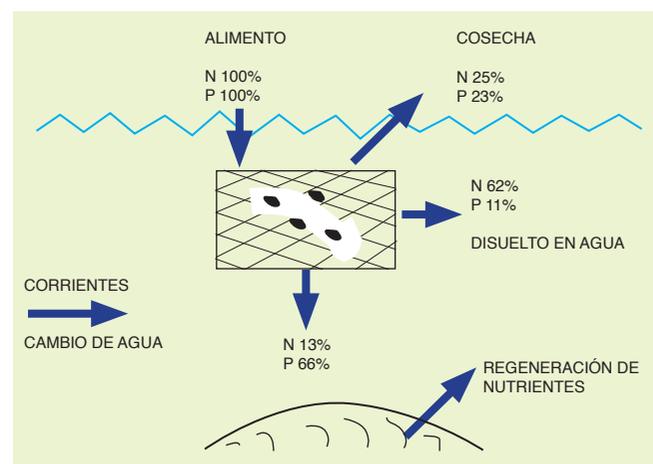


Figura N° 2. Flujo de nitrógeno (N) y fósforo (P) en términos porcentuales en un centro de cultivo de salmonídeos (con aporte exógeno de alimento) (Folke y Kaultky, 1989).



Por otra parte Buschmann *et al.*, (1997) establece que la instalación de centros de cultivo de invertebrados o peces produce un aumento de la materia orgánica formada por los restos de alimentos y por las mismas materias fecales de los organismos en cultivo. El aumento de materia orgánica bajo los sistemas de cultivo ha sido constatado tanto en aguas continentales como en zonas costeras. Además, la acumulación de materia orgánica depende de varios factores, como la especie en cultivo, la calidad del alimento, el tipo de manejo, las corrientes y la profundidad. Las heces y restos de alimento tienen mayores contenidos de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) que los sedimentos naturales, esto produce que los fondos, bajo los sistemas de cultivo, puedan tener muy alto el contenido de materia orgánica y nutrientes. La materia orgánica acumulada estimula la producción bacteriana, cambiando la composición química, la estructura y funciones de los sedimentos. Algunos efectos del aumento de la carga de materia orgánica y de los nutrientes en los sedimentos son: disminución de las concentraciones de oxígeno y aumento de la demanda biológica de oxígeno (los sedimentos aumentan su condición anaeróbica y reductora); se producen alteraciones en los ciclos normales de nutrientes, incrementando el ingreso de nitrógeno (N) y fósforo (P) desde los sedimentos hacia la columna de agua. Suárez y Guzmán (1999) señalan que el cultivo intensivo de peces en espacios confinados, como jaulas, ha causado floraciones de especies de microalgas tóxicas que pueden llegar a ser altamente nocivas y hasta letales por acumularse en lugares de donde los peces cultivados no pueden escapar.

A partir de lo anterior Buschmann y Fortt (2005) ha demostrado que el aumento de las concentraciones de amonio (compuesto nitrogenado producto de la excreción de los peces) en las proximidades de las balsas jaulas se traduce en un mayor crecimiento de microalgas (Troell *et al.*, 1997). Estudios realizados en otras latitudes han correlacionado la abundancia de fitoplancton tóxico con la presencia de sistemas de cultivo (Graneli *et al.*, 1989, Hallegraeff 1993, Smayda *et al.*, 2002, Sellner *et al.*, 2003). Por otra parte, en Chile se

ha demostrado que existe una relación directa entre el aumento de pulsos de dinoflagelados y la presencia de centros de cultivo de peces (Tabla N° 1). En consecuencia, los antecedentes indican que la incorporación de nutrientes al medio y la producción del fenómeno de eutrofización causan cambios en la diversidad; desequilibrio de las relaciones tróficas en el medio ambiente.

## Distribución y descripción del cultivo de salmónidos en Chile en ambientes marinos

El cultivo de salmónidos en Chile se da en las regiones X, XI y XII (Figura N° 2), desde Puerto Montt hacia el sur del país. El crecimiento más importante del sector se dio en la X región hasta principios del año 2000, desplazándose desde ese momento el cultivo en jaulas más al sur (XI región).

Región	Granjas de agua marina	Granjas de agua dulce	Distribución de la producción total
X	375	70	80%
XI	143	20	19%
XII	15	11	1%

Tabla N° 2: Descripción y distribución del cultivo de salmónidos.

Debido a la disponibilidad de sitios poco desarrollados, cualquier expansión posterior de la industria ocurrirá predominantemente en las regiones XI y XII. Sin embargo, será necesario desarrollar extensivamente la infraestructura para que estas áreas alcancen su pleno potencial de producción. Sólo un volumen relativamente pequeño de biomasa se produce en agua dulce antes de transferirla a sitios de agua de mar para el engorde. Por lo general, los peces se transfieren de las jaulas en agua dulce cuando pesan menos de 100 g, y pueden cosecharse de las jaulas en agua de mar cuando el peso individual supera los 5 kg. La legislación existente limita la engorda de salmónidos a su fase de agua de mar.

OBSERVACIÓN	REFERENCIA
Aumento de compuestos nitrogenados en las cercanías de balsas en Chiloé y Calbuco.	Buschmann <i>et al.</i> , 2006a.
El uso de algas como organismos centinelas en el mar, demuestra que balsas jaulas de salmones incrementan la disponibilidad de nitrógeno para ellas, permitiendo un mayor crecimiento.	Troell <i>et al.</i> , 1997.
El uso de efluentes de salmones promueve el florecimiento de microalgas y cambia la composición del fitoplancton.	Buschmann <i>et al.</i> , 2006a.
El seguimiento de la abundancia de dinoflagelados previo y posterior a la instalación de salmoniculturas indica que estos organismos ven promovido su crecimiento en la forma de pulsos.	Vergara 2001. Buschmann <i>et al.</i> , 2006a.

Tabla N° 1. Resumen de los efectos medioambientales producidos por la salmonicultura en Chile.



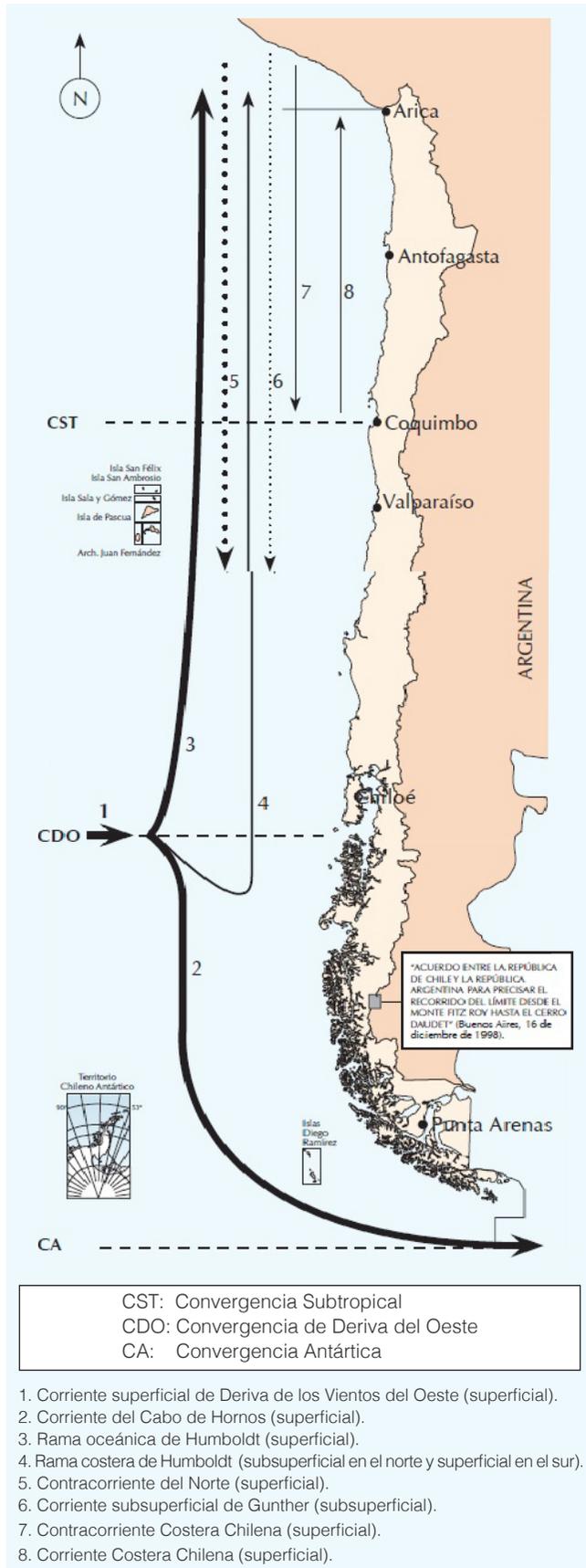


Figura N° 3: Descripción de las corrientes de Chile.

## Sistemas de cultivo en jaulas

El sistema de cultivo en jaulas flotantes es la tecnología más utilizada para cultivar salmónidos en Chile. Estos sistemas consisten en estructuras circulares de plástico o estructuras cuadradas de metal con redes suspendidas de estas. Las jaulas individuales, se agrupan en diferentes números, para conformar un centro de cultivo acuícola. Las jaulas se conectan al fondo marino a través de una estructura enrejada estática que utiliza bloques de concreto y anclas especializadas (Beveridge, 2004). La instalación requiere de información detallada sobre las condiciones ambientales y la composición del suelo marino. Las jaulas de metal son estructuras más sólidas y, en comparación con las jaulas circulares de plástico, su manipulación suele ser más sencilla. Esto permite un mejor acceso físico y condiciones de trabajo más estables para las operaciones marinas rutinarias como son el cambio de redes dañadas por organismos incrustantes, la extracción de ejemplares muertos, la clasificación y la cosecha. Las desventajas de las jaulas de metal es que son más susceptibles a la fatiga metálica, corrosión (en ambiente de agua salada) y son menos resistentes en los sitios de alta energía (Willoughby, 1999). Como las jaulas metálicas están unidas entre sí, el intercambio de agua se reduce en algunas jaulas. Durante los períodos de baja cantidad de oxígeno en el agua, el escaso intercambio de agua puede agravar sus efectos negativos especialmente en términos de la tasa de crecimiento, incrementando la variabilidad entre las jaulas.

## Descripción de la zona oceanográfica en Chile v/s la Noruega

Fariña *et al.*, (2006) han sintetizado diversas investigaciones que describen las principales corrientes que ocurren en la costa de nuestro país (Castilla *et al.*, 1993, Ahumada *et al.* 2000; Montecino *et al.*, 2005). En el mapa (Figura N° 3) se entrega una síntesis de dichas descripciones reconociéndose ocho corrientes principales:

- 1) la rama oceánica de Humboldt (superficial).
- 2) la contracorriente del Norte (parcialmente subsuperficial).
- 3) la rama costera de Humboldt (subsuficial en su porción norte).
- 4) la corriente de Gunther (subsuficial).
- 5) la contracorriente Chilena (superficial).
- 6) sólo durante algunos períodos la corriente de El Niño (superficial).
- 7) la corriente Costera Chilena (exclusiva de la zona norte y superficial).



8) la surgencia costera (presente a lo largo de toda la costa pero más acentuada en algunos “centros de surgencia”).

Las corrientes marinas transportan masas de agua con distintas características físico-químicas, de manera tal que en ciertos puntos de confluencia de dichas masas se producen las denominadas convergencias oceánicas. Usualmente entre las convergencias oceánicas es posible definir “zonas oceanográficas” o verdaderas “regiones” que presentan características particulares de temperatura, salinidad y contenido de oxígeno.

En la imagen existen varias corrientes que están entre la zona de austral de la región, sin embargo su comportamiento es muy irregular en comparación con las corrientes profundas que vienen del atlántico llamadas corrientes de densidad o termohalinas presentes en el atlántico (Figura N° 4).

Estas son producidas cuando las aguas de los océanos muy frías y densas de latitudes altas, son impulsadas hacia latitudes más meridionales por los vientos reinantes. Al llegar a áreas con aguas más cálidas, menos densas, se hunden, dando lugar a desplazamientos verticales, que al mismo tiempo originan corrientes horizontales. La evaporación en las zonas tropicales, de grandes magnitudes, da lugar también a movimientos horizontales en las masas de agua, generando al mismo tiempo corrientes verticales de compensación por dicha evaporación.

La corriente más grande de éste tipo está en el norte del Atlántico. La corriente del Golfo mueve 500 veces más agua que el Amazonas. Es calentada por el sol caribeño, fluye hacia el norte hasta las aguas polares donde los vientos árticos entre Groenlandia y Noruega,

enfrian sus masas de agua, de alta salinidad, el agua se vuelve tan pesada que se hunde en la profundidad; en invierno se hunden aproximadamente 17 millones de m<sup>3</sup>/s, la corriente lleva 20 veces más agua que los ríos en la Tierra.

## Marco regulatorio e institucional Chileno vs el Noruego

En la tesis de Abud, Bofill y Fernandez (2009) de la facultad de negocios de la Universidad de Chile se hace un trabajo sobre la industria del salmón y el recurso agua. En el trabajo se realiza una comparativa entre el marco regulatorio Chileno formado por Sernapesca y la CONAMA con el caso de noruega conformado por distintas instituciones que trabajan en conjunto como la Administración Nacional Costera, el Instituto de Investigación Marina y el Instituto Nacional de Nutrición e Investigación de Mariscos.

En su trabajo dan cuenta que a nivel de normas no existen grandes diferencias. Ambos consideran los mismos puntos relevantes para la conservación del medio ambiente y las normas sanitarias que deben cumplirse para el adecuado funcionamiento de la industria. Sin embargo, el tener el mismo cuadro regulatorio no dice nada acerca de la capacidad de monitoreo del cumplimiento de la ley. A pesar de que a nivel normativo legal no existen grandes diferencias, estas sí existen en la cotidianidad de los cultivos, prácticas acuícolas, las condiciones de higiene, la fiscalización por parte del sector público, etc. Esto se puede evidenciar por medio de la existencia de los decretos supremos 319 y 320, los cuales son los reglamentos actuales de sanidad ambiental (RESA) y medio ambiente (RAMA). Estos reglamentos no han podido evitar la crisis sani-

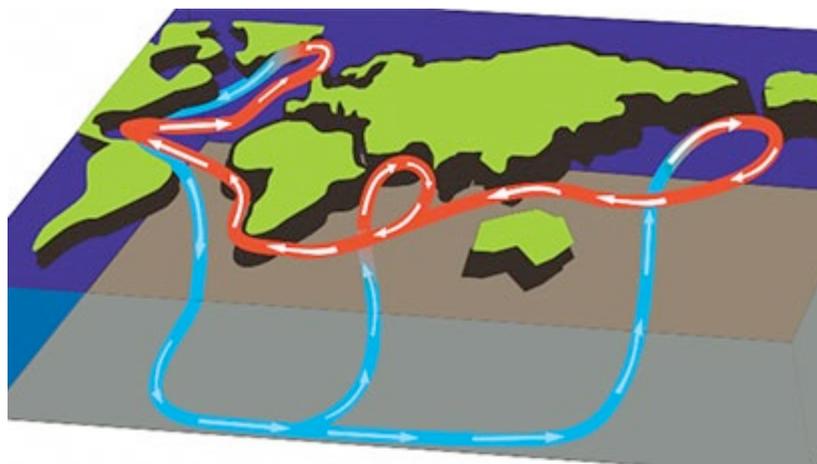


Figura N° 4. Corrientes profundas o Termohalinas.



taria que aqueja la industria Chilena. A medida que la industria del cultivo del salmón en Chile se fue desarrollando, todos los ojos se pusieron en los beneficios y la oportunidad que esta significaba para el país. El empleo y calidad de vida en la zona austral fue mejorando año a año. El sector público por su parte tenía como prioridad el potenciar esta industria y lógicamente entregar un marco regulatorio adecuado. Sin embargo la implementación de las normas fue pobre y por ende las fiscalizaciones escasas. En otras palabras, no hubo un problema de no considerar puntos importantes a nivel medio ambiental y sanitario, si no que las normas estaban incompletas a nivel de implementación. Un ejemplo concreto puede ser la fiscalización. Dos normas pueden decir lo mismo con respecto a las sanciones por incumplir normas sanitarias, sin embargo, si existe instituciones con recursos necesarios para cumplir la ley y fiscalizar es muy diferente al escenario donde es imposible en términos prácticos que la institución cumpla el objetivo de la ley. De hecho en Chile en el caso de que se pruebe que existe incumplimiento de la ley, primero hay advertencia, segundo una multa y por último caducidad de la concesión. Todo esto hace que el procedimiento de fiscalización y penalización sea lento e ineficiente. Esto nos indicaría que a pesar que es necesaria una mejora en la reglamentación mediante la creación y modificación de normas y leyes, también es fundamental mejorar los canales mediante los cuales se aplican las diversas normas. La eficacia por los cuales se logra regularizar las normas depende de los recursos y la implementación de estas. Por otro lado, y no menos importante es la importancia de la colaboración y participación entre empresarios, investigadores y el Estado. Con esto último nos referimos a lo fundamental que es la generación de capital social para que emerja la solidaridad y confianza entre los agentes de la industria. Pueden existir recursos y las instituciones necesarias, pero si no se cuenta de una activa colaboración y participación dentro de la industria, se desencadenará comportamiento oportunistas para aprovechar altos beneficios de corto plazo que ponen el riesgo la sustentabilidad del sector.

## La marea roja en Chile y su relación con la salmonicultura

Las mortandades y varazones de diversas especies de organismos marinos en diferentes localidades de la costa oeste de Chiloé han generado diversos cuestionamientos e incertidumbres desde la ciudadanía y la comunidad científica. Los organismos gubernamentales han señala-

do de manera categórica que la muerte de organismos pertenecientes a diferentes especies que habitan en el ecosistema marino es sólo producto de la marea roja, descartándose a priori la posibilidad de que exista alguna relación entre dichos eventos y el vertimiento de salmónes en estado de descomposición al mar.

Frente a lo anterior se debe señalar que no existe registro de grandes mortandades y/o varazones de invertebrados marinos por acción de marea roja en Chile. Si bien la marea roja es un fenómeno natural, en nuestro país se asocia a dos especies tóxicas de importancia que pertenecen a los géneros *Alexandrium* y *Dinophysis*.

El primer registro de una floración tóxica en Chile para 1972, en la Región de Magallanes (50° a 54°S), causado por el dinoflagelado *Alexandrium catenella*, (Whedon & Kofoid) Balech, 1985, agente biológico productor del Veneno Paralizante de Mariscos (VPM) (Guzmán *et al.*, 1975b), principalmente derivados de saxitoxinas (Seguel *et al.*, 2006). Posteriormente, la especie ha sido detectada en la Región de Aysén (42° a 50°S) (Muñoz *et al.*, 1992) y observada por primera vez en muestras cualitativas en el extremo sur del Archipiélago de Chiloé (43°S) en 1998 (Lembeye *et al.*, 1998). Clément *et al.*, (2002) registran una intensa floración de *A. catenella* de alta toxicidad (789 células mL<sup>-1</sup>), confirmando la distribución de floraciones de esta especie en el norte, desde los 42°10'S hasta los 45°47'S, en la Región de Los Lagos. Fuentes *et al.*, (2006) reportan la ocurrencia de una floración en el mar interior de la Región de Aysén en el verano del periodo 2005 y 2006, con abundancia máximas de 961 células mL<sup>-1</sup>, causando intoxicaciones humanas y una muerte, afectando además, la producción de salmónidos con mortalidades y daños a nivel de las agallas de los peces cultivados.

Las condiciones ambientales que favorecen las floraciones de algas nocivas son altos niveles de temperatura, radiación y nutrientes, como también la ausencia de vientos. Características ambientales como las anteriormente descritas se pueden asociar al evento de "El Niño" que durante los años 2015-2016 se está presentando.

Es importante señalar también que las nuevas condiciones ambientales son parte de la acción humana moderna que se superponen desde hace pocos decenios a los ciclos climáticos globales naturales, lo que puede estar causando un aumento significativo en la frecuencia, intensidad y extensión geográfica de los florecimientos algales.



## Discusión

En este apartado asociaremos estudios vinculados con los florecimientos de algas nocivas en las aguas costeras de Chiloé y en general en la zona austral en relación a las siguientes ideas:

- El florecimiento de algas nocivas (FANs) ocurrido en Chiloé está relacionada con los alimentos ricos en fósforo y nitrógeno utilizados en la industria salmonera que no son consumidos por los peces, como también de los desechos de materia orgánica proveniente de la salmonicultura.
- Existe una regulación deficiente sobre los desechos y la materia orgánica depositada utilizados en las salmoniculturas por parte de las instituciones gubernamentales de Chile, lo que produjo la marea roja.
- Finalmente las corrientes de Chile y los equipos utilizados en la salmonicultura no hacen posible que tanto los nutrientes como los desechos producto de la salmonicultura produzca un poco intercambio de aguas y favoreciera las FANs.

En primer lugar, relacionaremos las ideas desarrolladas por Buschmann y Fortt (2005) y Buschmann *et al.*, (1996) sobre el aumento de la concentración de nitrógeno y fósforo en las zonas costeras producto de la actividad salmonera con la investigación de Ávila *et al.*, (2015), que trata sobre la especie *Alexandrium catenella*, la principal causante de las floraciones algales nocivas además de presentar una alta toxicidad. Esta investigación relaciona tanto los factores de la cantidad de nutrientes ricos en fosfatos y nitrógeno, como la temperatura, salinidad y el fotoperíodo. Estos últimos tres factores están relacionados con el fenómeno del niño, como el calentamiento global, como el principal causante de los miles de toneladas de salmones muertos y en descomposición en el mar.

En este estudio los autores, iniciaron cultivos vegetativos de una cepa policlonal de *A. catenella* (cepa AC090610 QUE-Q) obtenidos de quistes de sedimentos (Quellón, Chile). La cepa fue utilizada en experimentos, montados en triplicado y contabilizados mediante el método Utermöhl cada 2 días durante 56 días. Al finalizar el estudio concluyen que la especie *Alexandrium catenella* responde positivamente factores de temperatura, fotoperíodo y cantidad de nutrientes como responsables del florecimiento de algas nocivas obteniéndose los siguientes resultados:

- La cepa creció en todo el rango de las salinidades probadas, teniendo mayor crecimiento a 30 de salinidad (3788 células mL<sup>-1</sup> el día 26;  $\mu\text{m} = 0,18 \text{ div d}^{-1}$ ).
- A la temperatura de 20°C disminuye el crecimiento (<1500 células mL<sup>-1</sup>;  $\mu\text{m} = 0,11 \text{ div d}^{-1}$ ) mientras 10°C y 15°C favorecen el crecimiento (>3000 células mL<sup>-1</sup>;  $\mu\text{m} = 0,12 \text{ div d}^{-1}$ ).
- El medio de cultivo sin nitrato ni fosfato inhibe el crecimiento (<1000 células mL<sup>-1</sup>), mientras que L1 y L1/2 (tipos de nutrientes) favorecen el crecimiento ( $\mu\text{m} = 0,08$  y  $0,06 \text{ div d}^{-1}$ , respectivamente) (>2800 células mL<sup>-1</sup>).
- Los tratamientos de fotoperíodo tienen comportamiento similar ( $\mu\text{m} = 0,05$ ,  $0,07$  y  $0,08 \text{ div d}^{-1}$ ) alcanzando las 2000 células mL<sup>-1</sup> al final del experimento.

A partir de estos resultados los autores establecen las siguientes conclusiones:

- Aunque la especie tiene un amplio rango de tolerancia en temperatura (Navarro *et al.*, 2006), el incremento de temperatura no sería un factor determinante en un florecimiento.
- Los fotoperíodos probados no muestran grandes diferencias en crecimiento y al parecer no es un factor relevante en el crecimiento de la cepa de estudio, pues las floraciones naturales ocurren justamente en verano, que corresponden a períodos de fotoperíodo largo. Otros estudios señalan que el rango adecuado para este parámetro es 14:10 y 16:08 (luz: oscuridad) (Gavin *et al.*, 1997; Navarro *et al.*, 2006).
- De acuerdo a lo señalado por Collas *et al.*, (2004) y Garrido *et al.*, (2012), *A. catenella* tendría una estrategia de incorporación de nitrógeno (N) como urea, amonio, nitrato o nitrito, demostrando que estos nutrientes pueden gatillar una floración y que la especie preferentemente tendría la capacidad de almacenar grandes cantidades de N antes de iniciar la división celular, explicando de esta manera la ocurrencia de floraciones algales nocivas (FAN).

Por lo tanto el autor basándose en otras investigaciones como (Taroncher *et al.*, 1999; Maestrini *et al.*, 1999; Guisande *et al.*, 2002; Murata *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2006; Garrido *et al.*, 2012) establece que dentro de los principales factores ambientales que controlan el de-



sarrollo de las poblaciones de dinoflagelados, los nutrientes juegan un rol clave, sobretodo en la generación de floraciones tóxicas que pueden ocurrir en diferentes tipos de hábitats, desde ambientes oligotróficos a hipernutricados. El mismo autor también menciona que de existir en el medio un abastecimiento continuo y alto de Nitrógeno y Fósforo, se esperaría que las células presenten mayores tasas de crecimiento y acumulen más toxinas.

En segundo lugar al comparar el marco regulatorio chileno con el noruego se podría decir que a nivel normativo legal no existen grandes diferencias, pero sin duda estas existen en la cotidianidad de los cultivos, prácticas acuícolas, las condiciones de higiene y la fiscalización por parte del sector público. Sernapesca no ha contado con un sistema de recursos humanos de la calidad y dedicación que exhibe el aparato regulatorio noruego. En todos los años que se ha desarrollado la industria salmonera chilena, el sector público ha focalizado sus esfuerzos en que el sector crezca sin considerar la relevancia de las distorsiones que se producen al medio. Un desafío futuro para poder regular adecuadamente, es que el sector público sea capaz de generar una base de información propia de la industria y de esta manera no sólo regule mejor, sino que también sepa guiar los esfuerzos de los agentes en pos de la industria. Todo lo anteriormente analizado, nos lleva a concluir que en cada ámbito de esta industria aún falta mucho por mejorar y considerar para el futuro para evitar el aumento de concentraciones de nitrógeno y fósforo en el ecosistema marino que a nuestro parecer es un factor importante y gatillante en la formación de la marea roja. Tanto a nivel de investigación y desarrollo de las aguas costeras de Chile, como de sistema regulatorio existen falencias que deben ser modificadas, para así poder lograr en alguna medida una industria en óptimas condiciones. Es imprescindible alinear intereses de producción y maximización de beneficios con mantener la sustentabilidad del ecosistema, ya que esta será la única manera de que la industria vuelva a experimentar el crecimiento sostenido que tuvo en el pasado.

Finalmente vincularemos un informe de la CONAMA realizado el año 2013 en el cual analiza el tipo de corrientes óptimas para la salmonicultura y nuestro marco teórico que describe el tipo de corrientes que tiene Chile y lo analizaremos también con el tipo de instalación que se utiliza frecuentemente en la industria salmonera. En este informe se describe que la Corriente de Humboldt, que se divide en dos formando las ramas costera y oceánica, transporta hacia el norte, entre los 40°S y 45°S aproximadamente, masas de agua más frías, de

baja salinidad y alto contenido de oxígeno disuelto, características que la hacen poseer las mejores condiciones para soportar la vida marina (CONAMA, 2013). Pero estas condiciones no son estables, pues se presentan cada cierto tiempo alteraciones a las condiciones de temperatura, salinidad y oxígeno, el más importante es el fenómeno del Niño, que equivale a un virtual desastre ecológico al afectar a la cadena alimenticia del océano.

La dirección y fuerza de las corrientes marinas son parámetros extremadamente importantes a medir. Estas corrientes transportan agua fresca y rica en oxígeno hacia las jaulas, y arrastran consigo los desechos de los peces (dióxido de carbono y amoníaco) lejos de las jaulas. En el caso de Noruega (Skutvik, 2016) se realizan varios estudios en el cual se utilizan corrientes profundas provenientes del mar Atlántico y Báltico para la viabilidad de la instalación de un centro de acuicultura.

Por otra parte Skutvik (2016) establece que las algas que pueden producirse en un centro dependen de la luz solar para producir oxígeno y durante períodos de poca luz, lo consumen para respirar, generando pobres condiciones de oxígeno. Altas concentraciones de algas observadas en una localidad pueden ser, por lo tanto, un indicador de corrientes de agua débiles y bajo recambio de agua o de alto nivel de nutrientes en el área. Por lo tanto al observar que Chile tiene corrientes superficiales y con características irregulares que puede ser un factor entre tantos de otros como causante de la marea roja por la falta de recambio en los nutrientes y desechos y las concentraciones de oxígeno en el agua como las que tienen otras potencias en acuicultura como noruega. Cabe señalar que esto sumado a que el principal método utilizado para la salmonicultura son el sistema de jaulas metálicas que están unidas entre sí, el intercambio de agua se reduce en algunas jaulas (Willoughby, 1999). Durante los períodos de baja cantidad de oxígeno en el agua, el escaso intercambio de agua puede agravar sus efectos negativos especialmente en términos de la tasa de crecimiento, incrementando la variabilidad entre las jaulas e impidiendo que los desechos y la materia orgánica se recambien favoreciendo el Bloom de microalgas tóxicas como las del tipo Alexandrium.

Por otra parte, los sistemas para cultivo de salmones o centros de engorda de salmones en agua de mar, que se utilizan actualmente en la industria son las Balsas Jaula, por tanto los desechos producto de la salmonicultura se confinan en un espacio relativamente pequeño.



Retomando las ideas de Suárez y Guzmán (1998) y revisando las dos primeras observaciones de Buschmann y Forett (2005) en la siguiente imagen tomada del estado del arte:

Consideramos que el cultivo intensivo de peces en espacios confinados, como jaulas y el comportamiento

irregular de las corrientes en las localidades del sur de Chile, contribuyen al proceso de eutrofización del agua de las aguas que ha causado floraciones de especies de microalgas tóxicas que pueden llegar a ser altamente nocivas y hasta letales por acumularse en lugares de donde los peces cultivados no pueden escapar y afectando a moluscos y al ecosistema marino en general.

OBSERVACIÓN	REFERENCIA
Aumento de compuestos nitrogenados en las cercnías de balsas en Chiloé y Calbuco.	Buschmann <i>et al.</i> , 2006a.
El uso de algas como organismos centinelas en el mar, demuestra que balsas jaulas de salmónes incrementan la disponibilidad de nitrógeno para ellas, permitiendo un mayor crecimiento.	Troell <i>et al.</i> , 1997.
El uso de efluentes de salmónes promueve el florecimiento de microalgas y cambia la composición del fitoplancton.	Buschmann <i>et al.</i> , 2006a.
El seguimiento de la abundancia de dinoflagelados previo y posterior a la instalación de salmoniculturas indica que estos organismos ven promovido su crecimiento en la forma de pulsos.	Vergara 2001 Buschmann <i>et al.</i> , 2006a.

## Conclusiones

En esta sección damos cuenta de los aportes de esta investigación a favor de la pregunta: ¿Es posible que la salmonicultura haya causado la marea roja en el sur de Chile? Esta se concretó en los siguientes argumentos:

- El florecimiento de algas nocivas (FANs) ocurrido en el sur de Chile está relacionado con los alimentos ricos en fósforo y nitrógeno utilizados en la industria salmonera que no son consumidos por los peces, como también de los desechos de materia orgánica proveniente de la salmonicultura también contribuyen al florecimiento de algas nocivas en gran medida y al suceso ocurrido en Chiloé.
- Existe una regulación deficiente sobre los desechos utilizados en las salmoniculturas por parte de las instituciones gubernamentales de Chile, lo que produjo la marea roja.
- Finalmente la oceanografía de Chile y los equipos utilizados en la salmonicultura impiden que tanto los nutrientes como los desechos, producidos por la misma, generen un intercambio de aguas.

A continuación, recuperamos cada uno de estos argumentos y los vinculamos con los objetivos de nuestra investigación para responderlos individualmente. Por último enumeramos algunas reflexiones que surgen de este trabajo de investigación.

**Respecto al primer argumento:** El florecimiento de algas nocivas (FANs) ocurrido en el sur de Chile está relacionado con los alimentos ricos en fósforo y nitrógeno utilizados en la industria salmonera que no son consumidos por los peces, como también de los desechos de materia orgánica proveniente de la salmonicultura también contribuyen al florecimiento de algas nocivas en gran medida y al suceso ocurrido en Chiloé.



La teoría descrita en nuestro estado del arte da cuenta de que la salmonicultura tiene efectos negativos sobre el ecosistema marino producto de la materia orgánica proveniente de los desechos (heces) y del alimento ingresado al sistema acuicultor que se pierde (60%). Lo anterior lo consideramos como un factor clave para el florecimiento de algas nocivas que originan la marea roja debido a altas concentraciones de nitrógeno y fósforo. Estas altas concentraciones causan la eutrofización de las aguas, la disminución de las concentraciones de oxígeno, produciendo muerte de toneladas de salmones.

Por otra parte el estudio realizado por Ávila *et al.*, (2015) sobre una especie de alga tóxica causante de la marea roja (*Alexandrium catenella*), concluye que la temperatura y el fotoperíodo no son un factor relevante para el florecimiento de algas nocivas, sosteniendo que las cantidades de nitrógeno presentes en el mar son responsables del florecimiento de algas nocivas. Dentro de sus conclusiones rescatamos que de existir un medio un abastecimiento continuo y alto de Nitrógeno y Fósforo, se esperaría que las células presenten mayores tasas de crecimiento y acumulen más toxinas, reforzando nuestro argumento en que dentro de los factores que favorecen la marea roja, la cantidad de fosforo y nitrógeno juega un rol fundamental.

**Respecto al segundo argumento:** Existe una regulación deficiente sobre los desechos utilizados en las salmoniculturas por parte de las instituciones gubernamentales de Chile, lo que produjo la marea roja.

Al evidenciar el marco regulador de Chile la tesis de Abud *et al.*, (2009) explica que existe gran dificultad para realizar fiscalizaciones a nivel ambiental y sanitario en relación a la eutrofización de las aguas (acumulación de fósforo y nitrógeno en el agua). Lo anterior se debe a que existe un pago por parte de las empresas sin considerar el deterioro progresivo del recurso, que ha afectado en la productividad de la industria del salmón debido a las altas mortalidades (alrededor de un 25%) en comparación a otras industrias como por ejemplo la noruega (alrededor de un 3,5%).

Esta tesis la podemos relacionar con el argumento anterior, ya que el gran aumento de las concentraciones de fósforo y nitrógeno en las aguas, más la falta de fiscalización por los entes gubernamentales de Chile permitió que la marea roja fuera de mayor magnitud últimamente en el sur de Chile.

**Respecto al tercer argumento:** La geografía de Chile y los equipos utilizados en la salmonicultura impiden que tanto los nutrientes como los desechos, producidos por la misma, generen un intercambio de aguas.

El tipo de cultivo que utiliza la industria salmonera no es óptimo para el desarrollo de la industria, ya que los desechos se acumulan en espacios reducidos favoreciendo el florecimiento de algas nocivas (FAN) que ocasionan la marea roja principalmente porque no favorecen el recambio de aguas. Lo anterior sumado a que el tipo de corrientes que posee Chile son de carácter superficial, este tipo recambio se hace cada vez menor.

En el sur de Chile existen varias corrientes, sin embargo al ser superficiales tienen un comportamiento irregular, permitiendo que en determinadas ocasiones los desechos y el alimento no consumido se depositen en el fondo marino causando la eutrofización y el florecimiento de las algas nocivas que producen la marea roja.



---

---

Como reflexión final, podemos afirmar que esta investigación ha contribuido a responder la pregunta de investigación relacionando tanto la teoría como aspectos aplicados al contexto chileno, vinculado a los impactos ambientales que favorecen la aparición de la marea roja o (FANs). En este trabajo tanto la acumulación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo en el fondo marino, las condiciones de las corrientes y la poca fiscalización en torno a esta acumulación han sido gatillantes en los efectos medioambientales ocurridos en la zona sur de Chile.

Un desafío futuro para la industria de la salmicultura es la necesidad de una regulación adecuada, a nivel del sector público, como en el desarrollo de investigaciones que promuevan un estudio de las corrientes de Chile para mantener la sustentabilidad del ecosistema y la viabilidad del desarrollo de esta industria a lo largo del tiempo.

## Bibliografía

Abud M, Bofill M, Stefani F. 2009. La industria del salmón y el recurso natural agua, Tesis de grado. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Ahumada RB, Pinto LA, Camus PA. 2000. The Chilean coast. In Sheppard CRC Ed. Seas at the millennium: an environmental evaluation, vol. I Regional Chapters: Europe, The America and West Africa. Pergamon, Amsterdam, The Netherlands.

Avila M, De Zarate C, Clement A. 2015. Efecto de factores abióticos en el crecimiento vegetativo de *Alexandrium canetella* proveniente de quistes de laboratorio. Revista de Biología Marina y Oceanografía 50: 177-185.

Beveridge M. 2004. Cage aquaculture, Blackwell Publishing. Iowa, USA.

Buschmann AH, Troell M, Kautsky N, Kautsky K. (1996a) Integrated tank cultivation of salmonids and gracilaria chilensis (Rhodophyta). Hydrobiologia 326/327: 75-82.

Buschmann AH, López DA, Troell M, Kautsky N. 1997) El caso de la acuicultura en Chile: Evaluación de la internalización de los costos ambientales. Ambiente y Desarrollo 13: 79-83.

Buschmann A, Fortt A. 2005. Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. Ambiente y Desarrollo de CIPMA 21: 58-64.

Castilla JC, Navarrete SA, Lubchenco J. 1993. Southeastern Pacific coastal environments: main features, large-scale perturbations, and global climate change. – In: Mooney HA, Fuentes ER, Kronberg BI (eds), Earth system responses to global change. Contrasts between North and South America. Academic Press, USA.

Clément A, Aguilera A, Fuentes C. 2002. Análisis de marea roja en Archipiélago de Chiloé, contingencia, verano 2002. Libro Resúmenes XXII, Congreso de Ciencias del Mar, 28-30 de mayo, Valdivia, Chile.

CONAMA. 2013. Principales ecosistemas naturales de la V Región y su Estado, Quinta Región de Valparaíso, Chile.

Folke C, Kautsky N. 1989. The role of ecosystems for sustainable development of aquaculture. Ambio 18: 234-243.



- 
- 
- Fuentes C, Clément A, Aguilera A. 2006. Summer *Alexandrium catenella* bloom and the impact on fish farming, in the XI Aysén Region, Chile. In: International Society for the Study of Harmful Algae (ISSHA), XIIth International Conference on Harmful Algae, Copenhagen, Denmark.
- Garrido C, Frangópulos M, Varela D. 2012. Effect of different nitrogen/phosphorus nutrient ratios on growth and toxin content of *Alexandrium catenella* (Dinoflagellata). *Anales del Instituto de la Patagonia* 40: 113-123.
- Gavin K, Siu Y, Young MLC, Chan DKO. 1997. Environmental and nutritional factors which regulate population dynamics and toxin production in the dinoflagellate, *Alexandrium catenella*. *Hydrobiology* 352: 117-140.
- Graneli E, Carlsson P, Olsson P, Sundstrom S, Granelli W, Lindahl O. 1989. From anoxia to fish poisoning: the last ten years of phytoplankton blooms in Swedish marine waters. En: Coper EM, Bricelj VM, Carpenter EJ (eds.). *Novel phytoplankton blooms-causes and impacts of recurrent brown tides and other unusual blooms*. Springer-Verlag, New York, USA.
- Guisande C, Frangópulos M, Maneiro I, Vergara AR, Riveiro I. 2002. Ecological advantages of toxin production by the dinoflagellate *Alexandrium minutum* under phosphorus limitation. *Marine Ecology Progress Series* 225: 169-176.
- Guzmán L, Campodónico I, Antunovic M. 1975. Estudios sobre un florecimiento toxico causado por *Gonyaulax catenella* en Magallanes. IV. Distribución y niveles de toxicidad del veneno paralítico de los mariscos (Noviembre de 1972-Noviembre de 1973). *Anales del Instituto de la Patagonia* 6: 209-217.
- Hallegraeff GM. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32: 79-99.
- Fariña JM, Ossa PG, Castilla JC. 2006. Diversidad de ecosistemas, Ecosistemas marinos. Ecosistemas marinos, Ministerio de Medio Ambiente, Santiago, Chile.
- Lembeye G, Marcos N, Sfeir A, Molinet C, Jara C, Clément A, Rojas X. 1998. Seguimiento de la toxicidad en recursos pesqueros de importancia comercial en la X y XI región. Informe Final, Universidad Austral de Chile. Fondo de Investigación Pesquera. Proyecto FIP IT/97-49: 1-86.
- Maestrini S, Bechemin C, Grzebyk D, Hummert C. 1999. Phosphorus limitation might promote more toxin content in the marine invader dinoflagellate *Alexandrium minutum*. *Plankton Biol Ecol* 47: 7-11.
- Montecino V, Strub PT, Chávez F, Thomas AC, Tarazona J, Baumgartner TR. 2005. Bio-physical interactions off western South America. In: *The Global Coastal Ocean: Interdisciplinary regional studies and syntheses*. The Sea, Robinson AR, Brink KH. eds., Harvard University Press, USA.
- Muñoz P, Avaria S, Sievers H, Prado R. 1992. Presencia de dinoflagelados tóxicos del género *Dinophysis* en el seno de Aysén, Chile. *Revista Chilena Historia Natural* 27: 187-212.
- Murata A, Chee S, Leong Y, Nagashima Y, Taguchi S. 2006. Nitrogen: phosphorus supply ratio may control the protein and total toxin of dinoflagellate *Alexandrium tamarense*. *Toxicon* 48: 683-689.



---

---

Troell M, Halling C, Nilsson A, Buschmann AH, Kautsky N, Kautsky L. 1997. Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture* 156: 45-61.

Skutvik A. 2014. Aprendiendo acuicultura, cultivo de salmón atlántico, Chile.

Sellner KG, Doucette GJ, Kirkpatrick GJ. 2003. Harmful algal blooms: causes, impacts and detection. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 30: 383-409.

Smayda TJ. 2002. Adaptive ecology, growth strategies and the global bloom expansion of dinoflagellates. *Journal of Oceanography* 58: 281-294.

Soto D, Norambuena F. 2004. Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: a large-scale mensurative experiment. *Journal of Applied Ichthyology* 20: 493-501.

Suarez B, Guzmán L. 1999. Mareas rojas y toxinas marinas. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Taroncher G, Kulis D, Anderson DM. 1999. Coupling of saxitoxin biosynthesis to the G1 phase of the cell cycle in the Dinoflagellate *Alexandrium fundyense*: Temperature and nutrient effects. *Natural Toxins*. 7: 207-219.

Diario Llanquihue. 2016. Marea Roja: la mitad de puertomontinos cree que salmoneros son responsables. 2016, de Revista marítimo portuario Sitio web: <http://www.maritimoportuario.cl/mp/marea-roja-la-mitad-de-puertomontinos-cree-que-salmoneros-son-responsables/>

Vergara PA. 2001. Efectos ambientales de la salmonicultura: el caso de Bahía Metri, Chile. Tesis de Grado de Magister, Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile.

Uribe JC, Oyarzún S, Latorre V. 2010. *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) Balech, 1985, in magellan waters, Chile. *Anales Instituto de la Patagonia* 38: 103-110..

Wang DZ, Zhang S, Gu H, Chan L, Hong H. 2006. Paralytic shellfish toxin profiles and toxin variability of the genus *Alexandrium* (Dinophyceae) isolated from the Southeast China Sea. *Toxicon* 48: 138-151.

Willoughby S. 1999. Salmon farming technology. In Willoughby S. ed. *Manual of salmon farming*, Fishing News Book, Oxford, UK.



# EL HUMEDAL PETREL COMO ESPACIO PARA CONOCER Y VALORAR LA AVIFAUNA DE PICHILEMU\*

## THE HUMEDAL PETREL AS A SPACE TO KNOW AND VALUE THE BIRD LIFE OF PICHILEMU

Joaquín Cornejo • Laura Rebolledo • Cristian Molina  
 Profesores Guías: Carolina Allendes • Marcelo Miranda  
 Asesores Científicos: Juan Aguirre, Aves de Chile (Ex UNORCH) • Alejandro Vera, (UMCE)  
 Colegio Charly's School • Pichilemu  
 marcelomica@gmail.com

### Resumen

Se expone la importancia del Humedal Petrel, Pichilemu, como punto importante de biodiversidad de aves, contextualizado en el desarrollo de un turismo sustentable. El trabajo realizó una estimación de la diversidad de avifauna, mediante monitoreos quincenales durante un año, determinándose 2 índices de diversidad (Simpson y Shannon–Wiener), obteniéndose como resultado de estos 0,97 y 2,97 respectivamente, adicionalmente se registraron un total de 91 especies (72 residentes y 19 migratorias) destacando 9 con problemas de conservación.

**Palabras claves:** Aves, humedal, turismo sustentable.

### Abstract

It's exposed the Petrel Wetland's importance, Pichilemu, as an important point of bird's biodiversity, contextualizing the development of a sustainable tourism. Carrying out an estimation of the birdlife's diversity, through biweekly monitorings by the course of a year, determining 2 diversity index (Simpson and Shannon - Weaver), obtained for these index 0.97 y 2.97, respectively. Besides, there were registered a total of 91 species (72 residents and 19 migratory), standing out 9 species with conservation problems.

**Keywords:** Birds, wetland's, sustainable tourism.

\* Premios:  
 Tercer lugar categoría Educación Media, Congreso Regional Escolar Explora O'Higgins 2016.  
 Tercer lugar categoría Educación Media, en XX Feria Nacional de la Ciencia y la Tecnología Universidad del Bío Bío 2017.  
 Participación en:  
 47ª Feria Científica Nacional Juvenil, Museo Nacional de Historia Natural 2017.  
 Jornada de charlas investigativas Programa "Mes de los humedales en Pichilemu" Febrero 2018.



# Introducción

La comuna de Pichilemu posee una población estimada de 12.392 habitantes, correspondiente a un 1,59% de la población total de la región (INE, 2002), pero esta cantidad de habitantes se acrecienta enormemente en época estival, por lo cual la comuna ha experimentado un notable desarrollo de su industria turística, enfocada principalmente a deportes acuáticos (como el surf), gastronomía y hotelería, entre otras. Lo cual le ha abierto una gran posibilidad de inserción en el mundo global. No obstante, la comunidad y en consecuencia sus autoridades, no han favorecido el desarrollo de un turismo sustentable, enfocado al rescate y la valoración del patrimonio natural, por cierto, muy rico en diversidad biológica, de la cual, parte importante habita en la gran cantidad de humedales que se encuentran en la comuna. Los humedales son espacios que albergan gran biodiversidad y son importantísimos para el buen funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo, el aumento de las actividades productivas y de la población, han presionado a tal punto estos sistemas hídricos, que hoy en día, presentan un alto grado de intervención y deterioro (CONAMA, 2008).

El Humedal Petrel no está ajeno a esta realidad y sufre constantes agresiones antrópicas que amenazan su estabilidad natural. La cacería, la contaminación acústica, y los micro basurales, son algunos ejemplos de cómo este ecosistema es continuamente dañado y alterado, tanto por la comunidad local, como por turistas que visitan la comuna. De aquí se desprende el problema que da inicio a esta investigación, dado que, se ha podido observar el estado de abandono y contaminación en el cual se encuentra la laguna Petrel, provocado por

una notable falta de información sobre su patrimonio natural, su riqueza faunística, características ecológicas y la biodiversidad de especies que en este humedal habitan. Es por ello que, se busca generar conciencia sobre la real importancia de este humedal, para que pueda ser apreciado, conservado y protegido por los habitantes de la comuna, así como también por sus autoridades y generar un desarrollo turístico sustentable, el cual incluya y realce la riqueza e importancia de los ecosistemas presentes en la comuna. En virtud de esto, se desea realizar un catastro de la comunidad de aves presentes en el Humedal, por medio de monitoreos quincenales, para construir de esta manera una base de datos, que permita identificar la gran biodiversidad presente en el lugar.

**Objetivo General:** Estimar la diversidad de avifauna del humedal Petrel, con la finalidad de generar herramientas para que la comunidad valore y respete su patrimonio natural.

### Objetivos Específicos:

- Determinar el índice de Simpson y Shannon - Wiener de la avifauna del Humedal Petrel.
- Contribuir a mejorar las condiciones de Petrel, por medio de jornadas de limpieza.

**Hipótesis:** El Humedal Petrel alberga una gran biodiversidad de avifauna, lo cual le confiere ser un espacio de valoración y reconocimiento a nivel nacional.



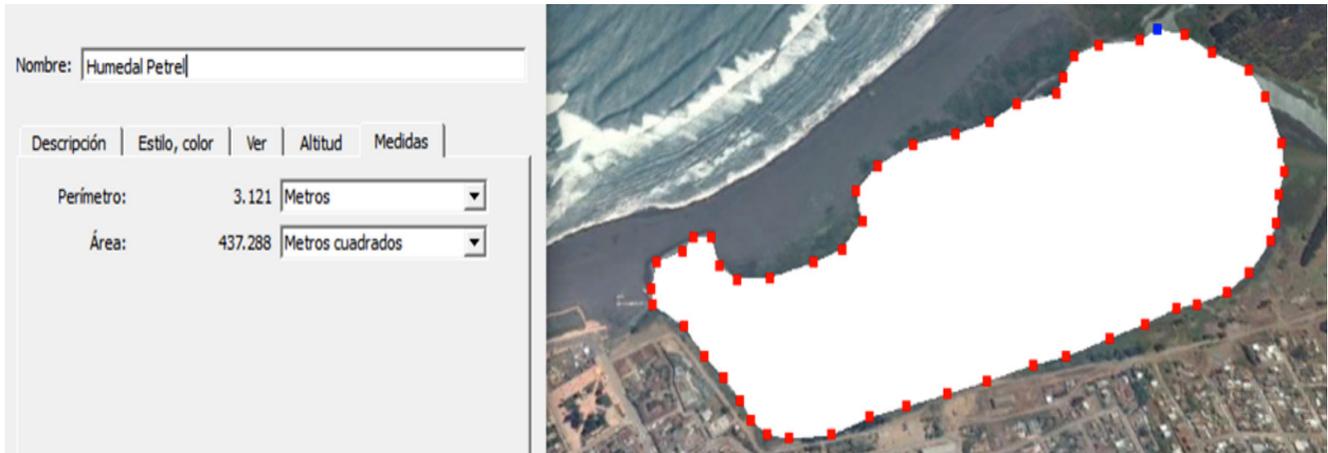


Figura N° 1. Sitio de estudio. Humedal Petrel, Pichilemu ( $32^{\circ}14'16''\text{S}$ ,  $71^{\circ}31'16''\text{O}$ ) Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile. Muestra perímetro y área del Humedal (Vista Google Earth).

## Metodología

La investigación fue desarrollada en la VI región, en la provincia Cardenal Caro, en la comuna de Pichilemu. Para el desarrollo de la investigación se seleccionó el Humedal Laguna Petrel ( $34^{\circ}23'01.12''\text{S}$   $71^{\circ}59'58.73''\text{O}$ ) que posee un área de  $437.288\text{ m}^2$  y un perímetro de  $3.121\text{ m}$  (Figura N° 1). El trabajo fue realizado entre abril de 2016 y marzo de 2017. Se realizó un monitoreo quincenal de las aves del Humedal Petrel, durante un año. Para esto, se establecieron esfuerzos para homogenizar las condiciones de avistamiento, tales como; tiempo atmosférico y una hora de comienzo y término que se respetó durante el desarrollo de la investigación. El sitio de estudio fue sectorizado en tres zonas para abarcar de forma ordenada la totalidad del área del

Humedal, en base a lugares estratégicos y que permitan buena visibilidad para el avistamiento (Figura N° 2). Para el registro de datos participaron como mínimo 2 personas, uno que observa y relata y otro que registra en una planilla previamente definida, apoyado del libro "Aves de Chile" (Jaramillo, 2005), binoculares y cámaras fotográficas, los cuáles facilitaron la tarea (Figura N° 3).

En cada monitoreo se dejó registro fotográfico de las aves presentes en la jornada. Por sesión de monitoreo, se determinó riqueza (R) de especies, que corresponde al número de especies que se encuentran en el ecosistema y abundancia de la comunidad (Ab), que corresponde al número total de individuos de la comu-



Figura N° 2. Sitio de estudio. Humedal Petrel, Pichilemu ( $32^{\circ}14'16''\text{S}$ ,  $71^{\circ}31'16''\text{O}$ ) Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile. Las elipses muestran los sectores de avistamiento. Señalizados con números y diferentes colores (Vista Google Earth).





Figura N° 3. Estudiantes realizando monitoreo en el sitio de estudio.

nidad de aves presentes en el humedal, datos que fueron usados para determinar el índice de diversidad de Simpson, que indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos 'extracciones' sucesivas al azar sin 'reposición'. Este índice le da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre '0' (baja diversidad) hasta un máximo de  $[1 - 1/S]$  y el índice de Shannon-Wiener, que Expresa la uniformidad o equitatividad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Este índice se mueve de 0 a 4,5, y toma valor cero cuando se tiene tan solo 1 especie, es máxima si todas las especies tienen la misma cantidad de individuos (abundancia). Adicionalmente se clasificaron las especies residentes como migratorias.

## Resultados y Discusión

Se obtuvo una riqueza promedio de 42,8 especies y una abundancia promedio de 664 por monitoreo (Tabla N° 1). Durante el período de observación se registraron un total de 91 especies (Tabla N° 2), de las cuales 72 son residentes y 19 especies son migratorias, de estas, 9 corresponden a especies migratorias del Hemisferio Norte, 3 de especies migratorias de la zona Sur patagónica, 3 de la zona tropical de América, 2 del Norte de Chile y 2 especies que no se tiene claridad desde donde migran (Tabla N° 3). Del total de especies registradas 57 corresponden a ambientes acuáticos y 34 a otros ambientes. Adicionalmente se registraron 9 especies con problemas de conservación (Tabla N° 4). Se logró identificar un total de 14 órdenes y 32 familias de aves (Tabla N° 5). El índice de Simpson promedio fue de 0,92 y el de Shannon de 2,97 (Tabla N° 6).

Tabla N° 1. Riqueza y abundancia de avifauna: Muestra el resumen de riqueza (R) y abundancia (Ab) por cada sesión de monitoreo, así como el promedio de cada variable.

Monitoreo	Riqueza (R)	Abundancia (Ab)
M1 abril	23	386
M2 abril	16	625
M1 mayo	40	699
M2 mayo	23	410
M1 junio	33	438
M2 junio	42	757
M1 julio	39	1939
M2 julio	32	378
M1 agosto	43	489
M2 agosto	52	456
M1 septiembre	47	551
M2 septiembre	47	528
M1 octubre	49	551
M2 octubre	55	274
M1 noviembre	59	664
M2 noviembre	57	667
M1 diciembre	43	495
M2 diciembre	40	530
M1 enero	49	866
M2 enero	42	851
M1 febrero	54	927
M2 febrero	45	955
M1 marzo	47	845
M2 marzo	49	657
PROMEDIO	42.8	664



Tabla N° 2. Especies totales registradas. Muestra nombre común y científico, destacando en celeste las especies de ambientes acuáticos y en naranja las de otros ambientes. En el listado el asterisco (\*) junto al nombre de la especie señala que corresponden a especies migratorias.

N°	Nombre común	Nombre científico	N°	Nombre común	Nombre científico
1	Bailarín	<i>Elanus leucurus</i>	47	Loica	<i>Sturnella loyca</i>
2	Becacina	<i>Gallinago paraguaiæ</i>	48	Mirlo	<i>Molothrus bonariensis</i>
3	Blanquillo	<i>Podiceps occipitalis</i>	49	Paloma	<i>Columba livia</i>
4	Carpinterito	<i>Veniliornis lignarius</i>	50	Pato colorado	<i>Spatula cyanoptera</i>
5	Cernicalo	<i>Falco sparverius</i>	51	Pato cuchara	<i>Spatula platalea</i>
6	Chercán	<i>Troglodytes aedon</i>	52	Pato gargantillo	<i>Anas bahamensis</i>
7	Chincol	<i>Zonotrichia capensis</i>	53	Pato jergón chico	<i>Anas flavirostris</i>
8	Chirihue	<i>Sicalis luteola</i>	54	Pato jergón grande	<i>Anas georgica</i>
9	Chorlo ártico*	<i>Pluvialis squatarola</i>	55	Pato rana p. ancho	<i>Oxyura ferruginea</i>
10	Chorlo chileno*	<i>Charadrius modestus</i>	56	Pato rana p. delgado	<i>Oxyura vittata</i>
11	Chorlo de collar	<i>Charadrius collaris</i>	57	Pato real	<i>Anas sibilatrix</i>
12	Chorlo doble collar*	<i>Charadrius falklandicus</i>	58	Pelicano	<i>Pelecanus thagus</i>
13	Chorlo nevado	<i>Charadrius alexandrinus</i>	59	Perrito	<i>Himantopus melanurus</i>
14	Chuncho	<i>Glaucidium nanum</i>	60	Peuco	<i>Parabuteo unicinctus</i>
15	Churrete acanelado	<i>Cinclodes fuscus</i>	61	Picaflor chico*	<i>Sephanoides sephaniodes</i>
16	Cisne coscoroba	<i>Coscoroba coscoroba</i>	62	Picaflor gigante*	<i>Patagona gigas</i>
17	Cisne cuello negro	<i>Cygnus melancoryphus</i>	63	Pidén	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>
18	Codorniz	<i>Callipepla californica</i>	64	Pilpilén	<i>Haematopus palliatus</i>
19	Colegial	<i>Lessonia rufa</i>	65	Pimpollo	<i>Rollandia rolland</i>
20	Cometocino de gay	<i>Phrygilus gayi</i>	66	Piquero	<i>Sula variegata</i>
21	Cuervo de pantano	<i>Plegadis chihi</i>	67	Pitotoy chico*	<i>Tringa flavipes</i>
22	Diuca	<i>Diuca diuca</i>	68	Pitotoy grande*	<i>Tringa melanoleuca</i>
23	Diucón	<i>Xolmis pyrope</i>	69	Playero blanco*	<i>Calidris alba</i>
24	Fío Fío*	<i>Elaenia albiceps</i>	70	Playero de baird*	<i>Calidris bairdii</i>
25	Flamenco chileno*	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	71	Quelthue	<i>Vanellus chilensis</i>
26	Garza boyera	<i>Bubulcus ibis</i>	72	Rara	<i>Phytotoma rara</i>
27	Garza chicha	<i>Egretta thula</i>	73	Rayador*	<i>Rynchops niger</i>
28	Garza cuca	<i>Ardea cocoi</i>	74	Run Run*	<i>Hymenops perspicillatus</i>
29	Garza grande	<i>Ardea alba</i>	75	Siete colores	<i>Tachuris rubrigastra</i>
30	Gaviota cahuil	<i>Larus maculipennis</i>	76	Tagua chica	<i>Fulica leucoptera</i>
31	Gaviota dominicana	<i>Larus dominicanus</i>	77	Tagua común	<i>Fulica armillata</i>
32	Gaviota Franklin*	<i>Larus pipixcan</i>	78	Tagua frente roja	<i>Fulica rufifrons</i>
33	Gaviota garuma*	<i>Larus modestus</i>	79	Tagüita	<i>Gallinula melanops</i>
34	Gaviotín elegante*	<i>Thalasseus elegans</i>	80	Tenca	<i>Mimus thenca</i>
35	Gaviotín piquerito	<i>Sterna trudeaui</i>	81	Tijeral	<i>Leptasthenura aegithaloides</i>
36	Gaviotín sudamericano	<i>Sterna hirundinacea</i>	82	Tiuque	<i>Milvago chimango</i>
37	Golondrina chilena	<i>Tachycineta meyeni</i>	83	Tordo	<i>Curaeus curaeus</i>
38	Golondrina dorso negro*	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	84	Tórtola	<i>Zenaida auriculata</i>
39	Gorrión	<i>Passer domesticus</i>	85	Tortolita cuyana	<i>Columbina picui</i>
40	Guanay	<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	86	Trabajador	<i>Phleocryptes melanops</i>
41	Huairavo	<i>Nycticorax nycticorax</i>	87	Trile	<i>Agelasticus thilius</i>
42	Huala	<i>Podiceps major</i>	88	Yeco	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>
43	Jilguero	<i>Carduelis barbata</i>	89	Zarapito*	<i>Numenius phaeopus</i>
44	Jote cabeza colorada	<i>Cathartes aura</i>	90	Zarapito pico recto*	<i>Limosa haemastica</i>
45	Jote cabeza negra	<i>Coragyps atratus</i>	91	Zorzal	<i>Turdus falcklandii</i>
46	Lechuza blanca	<i>Tyto alba</i>			



Tabla N° 3. Especies migratorias registradas. Se agrupan de acuerdo a la zona de migración.

ESPECIES MIGRATORIAS		
Hemisferio norte	Zona sur patagónica	Sin claridad
Gaviota de Franklin	Chorlo chileno	Picaflor gigante
Gaviotín elegante	Picaflor chico	Flamenco chileno
Chorlo ártico	Chorlo de doble collar	
Pitotoy chico	Zona norte de Chile	
Pitotoy gigante	Gaviota garuma	
Zarapito	Golondrina dse dorso negro	
Zarapito pico recto	Zona tropical de América	
Playero de Baird	Rayador	
Playero blanco	Fío-Fío	
	Run-Run	

Tabla N° 4. Especies registradas con problemas de conservación. Agrupadas de acuerdo al estado de conservación según RCE.

ESPECIES CON PROBLEMAS DE CONSERVACIÓN	
Cisne coscoroba	En Peligro (EN)
Cisne de cuello negro	En Peligro (EN)
Cuervo de pantano	En Peligro (EN)
Flamenco chileno	Vulnerable (VU)
Gaviota garuma	Vulnerable (VU)
Guanay	Vulnerable (VU)
Gaviotín elegante	Casi amenazado (NT)
Pato cuchara	Insuficientemente conocida (DD)
Piquero	Insuficientemente conocida (DD)

En relación a los grupos taxonómicos, se identificaron 14 órdenes, de los 22 presentes en Chile, lo que significa que en este espacio podemos encontrar a más de la mitad (63,6%) de los representantes de órdenes de Chile. Se identificaron 32 familias de un total de 66, lo que representa un 48,4% de las familias presentes en Chile. Otros estudios en el mismo humedal durante la temporada 2015 y 2016 registran un total de 91 especies (Aguirre y Celis, 2016), aunque es importante mencionar que estas 91 especies no son las mismas, existiendo una diferencia de 10 especies para cada estudio particular, lo que se traduce considerando ambos estudios, en 101 especies registradas al unificar las temporadas 2015 – 2017. A sí mismo, es menester hacer alusión al registro histórico en la plataforma e-bird para este humedal, el cual considera 130 especies.

Con todos estos datos, es preciso mencionar que en este espacio de tan solo 20 Há, es posible observar aproximadamente el 25% de las aves presentes en Chile, lo cual refleja que es un ecosistema que alberga una gran biodiversidad de avifauna, y por lo tanto merece ser valorado y protegido. En cuanto a las especies migratorias, 7 provienen del hemisferio norte, que escapan del frío invierno boreal para descansar y alimentarse en las costas sudamericanas durante la primavera – verano austral entre septiembre a mayo (Petracci *et al*, 2005), siendo abundantes durante estos meses.

En cuanto a la especies con problemas de conservación destacan 3 especies que se encuentran en peligro (EN), el cuervo de pantano, monitoreándose durante varios meses, y mención especial para el cisne coscoroba y



Tabla N° 5. Clasificación taxonómica de las aves presentes en el humedal Petrel según su orden y familia.

ORDENES	FAMILIAS
Anseriformes	Anatidae
Apodiformes	Trochilidae
Charadriiformes	Charadriidae
	Haemotopodidae
	Laridae
	Recurvirostridae
Ciconiiformes	Scolopacidae
	Ardeidae
	Threskionitidae
Columbiformes	Columbidae
Falconiformes	Accipitridae
	Falconidae
	Cathartidae
Galliformes	Odontophoridae
Gruiformes	Rallidae
Passeriformes	Emberizidae
	Fringillidae
	Furnariidae
	Hirundinidae
	Mimidae
	Passeridae
	Phytotomidae
	Trglodytidae
	Tyrannidae
Pelecaniformes	Pelecanidae
	Phalacrocoracidae
	Sulidae
Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae
Piciformes	Picidae
Podicipediformes	Podicipedidae
Strigiformes	Strigidae
	Tytonidae

Tabla N° 6. Índice de Simpson y Shannon-Weaver. Se muestra el promedio de cada variable por mes de monitoreo.

MONITOREO	SIMPSON (1-D)	SHANNON (H')
abril - 01	0,9079	2,5989
abril - 02	0,8651	2,2639
mayo - 01	0,9279	2,9834
mayo - 02	0,9034	2,5853
junio - 01	0,9416	2,976
junio - 02	0,9421	3,1667
julio - 01	0,7966	2,1719
julio - 02	0,9162	2,8571
agosto - 01	0,9328	3,0601
agosto - 02	0,9508	3,2758
septiembre - 01	0,9487	3,013
septiembre - 02	0,9379	3,1751
octubre - 01	0,9316	3,1249
octubre - 02	0,9555	3,5242
noviembre - 01	0,9522	3,4137
noviembre - 02	0,9535	3,4304
diciembre - 01	0,916	3,0051
diciembre - 02	0,9095	2,8466
enero - 01	0,9381	3,1864
enero - 02	0,80245	2,5298
febrero - 01	0,94782	3,2889
febrero - 02	0,82404	2,5201
marzo - 01	0,9445	3,216
marzo - 02	0,94209	3,1217
PROMEDIO	0,916179167	2,97229167

el cisne de cuello negro, siendo especies residentes, los cuales se han registrado en casi todos los monitoreos. La observación frecuente de parejas durante la última etapa de esta investigación, en los meses de agosto y septiembre, hacía prever su posible reproducción en el área, hecho que se verificó entre los meses de septiembre - noviembre, al observar individuos nidificando en el lugar, lo que posteriormente se confirmó mediante la observación de adultos con crías. En relación a los índices de diversidad, el índice de Simpson promedio fue de 0,92 siendo un máximo (1-1/S) para esta comunidad de 0,97 (Simpson, 1949), lo que refleja que este humedal presenta una alta diversidad de

aves. Para el índice de Shannon se establece que los valores varían entre 1 y 4,5 (Golicher, 2008) estableciendo que valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y cercanos o superiores a 3 son altos en diversidad de especies, por lo tanto el valor promedio obtenido (2,97), reafirma nuevamente que este ecosistema alberga una gran biodiversidad de avifauna.

Todos estos datos confirman la hipótesis, ya que este humedal es un punto importante de riqueza natural, que concentra una alta biodiversidad de aves. Lo cual se respalda al realizar un análisis comparativo de densidad poblacional, con un humedal costero de similares caracte-



terísticas, como lo es el humedal el Yali, el cual adicionalmente es un sitio protegido por SNASPE, declarado sitio RAMSAR. Al realizar la relación N° especies / superficie (Há), el humedal petrel presenta un valor de 4,45 mientras que el humedal el Yali es representado solo por un 0,22 individuos por superficie (Vilina, 1994).

Aun cuando este estudio confirma el gran valor ecológico del humedal Petrel, se pudo constatar en terreno diversas amenazas antrópicas que atentan contra su estabilidad natural, tales como, cacería, jauría de perros

que ahuyentan y se alimentan muchas veces de las aves, paseos a caballos por las dunas, los cuales dañan los nidos y huevos de varias especies, contaminación y establecimiento de microbasurales, los cuales han sido evidenciados con diversas actividades de limpieza, lo que demuestra la escasa preocupación a nivel comunal (autoridades y vecinos del lugar) por cuidar y mantener este importante espacio natural. En virtud de esto, es urgente que la comunidad conozca la enorme riqueza que el humedal posee, para que así sean capaces de apropiarse e involucrarse en su protección.

## Conclusiones

Se corrobora la hipótesis planteada, dado que el Humedal Petrel alberga una alta diversidad de avifauna, debido a los altos valores riqueza, abundancia e índices de diversidad, Además de constituir un espacio que aloja una importante cantidad de especies que presentan problemas de conservación y ser un ecosistema que brinda refugio, alimento y descanso a un número importante de especies migratorias, lo cual corrobora que el Humedal es un sitio que merece ser rescatado y protegido a nivel comunal.

Por otra parte se pudo corroborar que el humedal en estudio está siendo fuertemente afectado por la acción antrópica, debido al constante establecimiento de microbasurales creados tanto por la población residente de la comuna, como por la población transitoria. Por lo cual, se hace imperante aumentar la conciencia y participación de la comunidad en materias de biodiversidad y conservación para así contribuir a crear personas conscientes y empoderadas de su patrimonio natural.

## Bibliografía

Aguirre J, Celis I. 2016. Monitoreo de la Avifauna de la Laguna Petrel, Pichilemu, Región de O'Higgins. Informe 2015-2016.

Golicher D. 2008. ¿Cómo cuantificar la diversidad de especies? Informe 2008. [http://www.dfpd.edu.uy/ceerp/ceerp\\_norte/cn/Biologia/BIODIV/Como%20cuantificar%20la%20diversidad,%20algunos%20ejercicios.pdf](http://www.dfpd.edu.uy/ceerp/ceerp_norte/cn/Biologia/BIODIV/Como%20cuantificar%20la%20diversidad,%20algunos%20ejercicios.pdf)

INE. 2002. (Instituto Nacional de Estadísticas). Censo Nacional 2002. INE. Santiago, Chile.

Jaramillo A. 2005. Aves de Chile. Lynx Edicions, Barcelona, España.

Petracci P, Canevari M, Bremer E. 2005. Guía de Aves Playeras y Marinas migratorias del Sur de América del Sur. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, Argentina.

CONAMA, 2008. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. Ocho Libros Ed., Santiago, Chile.

Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.

Vilina Y. 1994. Apuntes para la conservación del humedal Estero El Yali. Bol Chil Ornitología 1: 15-20.



# ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN UN COLEGIO DE VALPARAÍSO

## STUDY OF NOISE POLLUTION IN A SCHOOL IN VALPARAÍSO

Dennise Saavedra • Franchesca Jara • Valentina Castro • Camila López  
Alexandra Gálvez • Constanza Nuñez • Daniel Sanhueza • Matías Salgado • Javiera Castro  
Caroline Simahan • Javiera Acevedo • Francisca Palma  
Profesor Guía: Alan Ávila  
Asesor Científico: Francisco Vera  
Colegio San Vicente • Valparaíso  
alan.avila.p@gmail.com

### Resumen

Estamos tan acostumbrados al ruido en el desarrollo de nuestras actividades que no le damos importancia al daño auditivo que éste nos puede provocar, preocupados por esta situación es que en la presente investigación se propuso determinar la dosis de ruido a la que los alumnos del colegio San Vicente están expuestos y de esta manera disponer de datos que nos permitan verificar los niveles de contaminación acústica presentes en él. La metodología utilizada para realizar las mediciones se basó en un instructivo de medición del MINSAL. Se estableció que la dosis de ruido diaria a la que están sometidos los alumnos del colegio es inferior a 1 por lo que no se encuentra dentro de valores considerados peligrosos según estándares nacionales. La información fue utilizada para elaborar un mapa de ruido y así poder en el futuro crear medidas de mitigación en las zonas que se encuentran con niveles más altos.

**Palabras claves:** Contaminación acústica, dosis de ruido, tipos de ruido y nivel de presión sonora.

### Abstract

We are very used to noise in the development of our activities that we do not give importance to the hearing damage that this can cause us. Due to the relevance of this situation in the present investigation, we set out to determine the dose of noise to which the students of the San Vicente school (Valparaíso) are exposed and in this way have data that allow us to verify the levels of noise pollution to which the students are exposed. The methodology used to carry out the measurements was based on a MINSAL measurement guide. The daily noise dose to which the students are subjected is less than 1. This way it can be indicated that the students are not within noise values considered dangerous according to national standards. The information was used to create a noise map with the purpose of creating future mitigation measures in the areas with higher levels.

**Keywords:** Acoustic pollution, noise dose, noise types and sound pressure level.

El proyecto fue presentado en:

- 1° Congreso Provincial de Investigación Científica Explora, Valparaíso 2016.
- 13° Congreso Regional Explora Valparaíso 2016.



# Introducción

El progreso de la humanidad ha traído consigo una serie de repercusiones negativas, entre ellas, y a pesar de producir mucho ruido permanece silenciosa la contaminación acústica. En trabajos como el de Lucic (2009) se señala la importancia de concientizar a la población sobre los efectos dañinos de este tipo de contaminación, entre los que destaca: el deterioro auditivo, efectos somáticos como el estrés, dificultad para conciliar el sueño, repercusiones en estudiantes como el deterioro cognitivo manifestado en menores habilidades para la lectura, menoscabo de la memoria a corto y largo plazo, problemas para lograr motivación y atención prolongada. Martínez y Peters (2015) explican que el riesgo para la salud a mediano plazo causado por el ruido en el mundo es muy superior a los del tabaquismo pasivo y la contaminación del aire, estos temas reciben gran atención de la prensa y la administración pública lo que según estos autores no ocurre con la contaminación de tipo acústica.

En la Universidad Nacional de Colombia (2007) se realizó una recopilación de trabajos en donde se mide la contaminación acústica que afecta a estudiantes al interior de sus aulas, este tipo de trabajo permite establecer protocolos para reducir los niveles de ruido en el caso que sea necesario y de esta manera atender a necesidades de salud pública y la mejora en los aprendizajes de estudiantes. La gran mayoría de ellos además coincide en la importancia de generar información que permita establecer valores históricos de contaminación acústica en las aulas de clase, para de esta manera realizar comparaciones futuras que permitan identificar el deterioro del espacio físico como puertas y ventanas o un aumento en el tránsito vehicular.

Si bien el ruido siempre ha existido, debido a la revolución industrial, el crecimiento de las ciudades y el desarrollo de nuevas formas de transporte, hoy en día se ha transformado en un problema de proporciones y proyección, como se dijo esto provoca tanto un daño en la salud, como en el desarrollo cognitivo de la población, es necesario generar conciencia de esta situación en arquitectos, ingenieros, educadores y por sobre todo en las nuevas generaciones, que son las que recibirán un mundo congestionado, con escasas áreas verdes y sin mayor planeación en materiales de construcción de edificaciones, factores que seguirán dando al ruido un protagonismo constante y progresivo en el tiempo (Martínez y Peters, 2015).

A continuación, se detallan elementos teóricos que resultan fundamentales para entender nuestra investigación.

Cuando hablamos de ruido lo podemos clasificar en tres tipos:

---

**Ruido estable:** es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora instantáneo inferiores o iguales a 5 dB(A) lento, durante un período de observación de 1 minuto.

---

**Ruido fluctuante:** es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora instantáneo superiores a 5 dB(A) lento, durante un período de observación de 1 minuto.

---



**Ruido impulsivo:** es aquel ruido que presenta impulsos de energía acústica de duración inferior a 1 segundo a intervalos superiores a 1 segundo.

Fuente: MINSAL (2015)

Ahora que conocemos los tipos de ruido es necesario conocer algunas definiciones que nos serán útiles para entender la toma de datos.

### Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq)

Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.

### Nivel de Presión Sonora Máximo (NPS max) i

Es el máximo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado.

### Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPSmin)

Es el mínimo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado.

### Respuesta Lenta o Slow

Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de 1 segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

### Nivel de Presión Sonora Peak (NPSpeak)

Nivel de presión sonora instantánea máxima durante un intervalo de tiempo establecido. No debe confundirse con NPSmáx, ya que éste es el máximo valor eficaz (no instantáneo) en un periodo dado.

Fuente: MINSAL (1999)

Cuando obtengamos nuestros datos necesitaremos compararlos con lo que propone como estándar la Organización Mundial de la Salud OMS y el MINSAL. A continuación, se exponen los tiempos máximos a los que puede estar sometida una persona a un nivel de presión sonora equivalente NPSeq específico.

NPseq (dB (A) LENTO)	Tiempo de exposición por día		
	Horas	Minutos	Segundos
80	24.00		
81	20.16		
82	16.00		
83	12.70		
84	10.08		
85	8.00		
86	6.35		
87	5.04		
88	4.00		
89	3.17		
90	2.52		
91	2.00		
92	1.59		
93	1.26		
94	1.00		
95		47.40	
96		37.80	
97		30.00	
98		23.80	
99		18.90	
100		15.00	

Fuente MINSAL 2015.

Para determinar la dosis de ruido diaria a la que estamos expuestos debemos utilizar la ecuación matemática que se muestra a continuación, en ella se relaciona el NPSeq con el tiempo de exposición a ésta.

$$D = \frac{Te_1}{Tp_1} + \frac{Te_2}{Tp_2} + \dots + \frac{Te_n}{Tp_n}$$

$Te$  = Tiempo total de exposición a un determinado NPSeq.  
 $Tp$  = Tiempo total permitido de exposición a ese NPSeq.  
 La dosis de ruido diaria máxima permisible será 1 (100%).  
 Fuente: MINSAL 2015.

El propósito de esta investigación es determinar si el Nivel de presión sonora equivalente (NPSeq), en el tiempo de exposición al que están sometidos los alumnos del colegio San Vicente, genera una dosis de ruido diaria peligrosa para ellos (según estándares nacionales fijados por el MINSAL). El origen de la idea surge al leer que uno de los principales contaminantes en el





Figura N° 1. Celular calibrado con aplicación de sonómetro utilizado para medición.

mundo es el ruido, sus daños físicos y repercusiones en la calidad de vida muchas veces son subestimados por la sociedad. Esto sumado a la existencia de una investigación previa realizada en el recinto educacional en donde se detectó que existe daño auditivo en los alumnos y profesores, generó la motivación por determinar la condición en que se encuentra el colegio.

Se utilizó un sonómetro en diferentes sitios del establecimiento y se determinó el NPSeq en ellos basado en los procedimientos que propone MINSAL (2015). Esta investigación aportará información que permita determinar si los alumnos y profesores del colegio San Vicente están siendo perjudicados por el nivel de presión sonora equivalente (NPSeq) presente en el establecimiento.

La brújula que orienta el trabajo es encontrar la respuesta a la pregunta que se presenta a continuación.

¿El nivel de presión sonora, en los tiempos de exposición en los que están sometidos los miembros del colegio San Vicente, generan una dosis de ruido peligrosa para el oído?

### Objetivo general

Determinar si la dosis de ruido diaria a la que están sometidos los alumnos del Colegio San Vicente se encuentra dentro de los estándares nacionales establecidos por el ministerio de salud.

### Objetivos Específicos

- Identificar las zonas del colegio que están más expuestas a contaminación acústica.
- Determinar el tipo de ruido existente en cada zona del colegio investigada.



Figura N°2. Sonómetro Calibrado utilizado en las mediciones.

- Determinar el nivel de presión sonora equivalente en cada zona del colegio investigada.
- Determinar el tiempo de exposición al ruido de los alumnos.
- Calcular la dosis de ruido diaria a la que están expuestos los alumnos del colegio San Vicente.

### Hipótesis

Los alumnos del colegio San Vicente están sometidos a tiempos de exposición de presión sonora equivalente (NPSeq) que significan una dosis de ruido diaria por sobre la norma nacional vigente.

Para establecer valores cuantitativos a la hipótesis la presentamos en forma estadística como sigue: Dosis de Ruido > 1, ya que estos valores de dosis de ruido significan un valor por sobre la norma.

### Metodología

Esta investigación es de tipo descriptiva ya que busca la obtención de datos originales que no pretenden establecer relaciones de causa efecto entre las variables. El lugar seleccionado para la investigación fue el colegio San Vicente. Es importante mencionar que para obtener los datos se utilizó un sonómetro calibrado facilitado por la escuela de ingeniería mecánica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Además, se tuvo la oportunidad con este instrumento de calibrar o más bien, determinar los celulares que tenían mayor precisión en el registro de presión sonora. La toma de datos se realizó en un periodo de 3 semanas en la que se procedió de la siguiente manera.



Lo primero fue identificar las zonas de ruido críticas en el colegio San Vicente, lo cual no fue un problema, ya que como somos alumnos de este establecimiento conocemos aquellas zonas. Para esta parte utilizamos los celulares calibrados.

El paso siguiente consiste en determinar el tipo de ruido existente en cada zona crítica del colegio. Lo anterior se realizó con la ayuda de un sonómetro, el que nos permitió identificar con facilidad las variaciones en el NPS instantáneo que se producía en los distintos sectores del colegio estudiados, de esta manera pudimos asignar a cada zona un tipo de ruido (basado en las definiciones de ruido expuestas anteriormente).

Una vez definidos los tipos de ruido procedimos a determinar el NPSeq de cada zona. En el procedimiento de medición consideramos ciertas cosas, el nivel de presión sonora debe ser equivalente con respuesta lenta y se midió en decibeles dB(A), tal como sugiere MINSAL (2015). Luego cuando estábamos poniendo en práctica este método en los sitios que consideramos críticos nos ubicábamos en el centro de éste con el sonómetro a la altura del oído. Todas las mediciones en lugares aislados las realizamos con las ventanas cerradas.

En las salas de clase las mediciones las tomamos luego de un tiempo de haber entrado ya que la adaptación del curso a la situación no es inmediata. El sonómetro tomo el valor de NPSeq en 1 minuto. Realizamos el mismo procedimiento tres días distintos para cada zona del colegio en el mismo horario cada vez y obtuvimos valores de NPSeq promedio para cada sector. La temperatura media durante las mediciones fue de 14°C y estas se realizaron durante el mes de agosto.

Para determinar el tiempo de exposición al ruido que en promedio los alumnos tienen durante el día en el establecimiento simplemente se sumaron las horas de clases, las de recreo y almuerzo..

Finalmente se calculó la dosis diaria de ruido (para evaluar si el establecimiento cumple con la norma) utilizando la siguiente fórmula:

$$D = \frac{Te_1}{Tp_1} + \frac{Te_2}{Tp_2} + \dots + \frac{Te_n}{Tp_n}$$

$Te$  = Tiempo total de exposición a un determinado NPSeq.  
 $Tp$  = Tiempo total permitido de exposición a ese NPSeq.  
 La dosis de ruido diaria máxima permisible será 1 (100%).  
 Fuente: MINSAL 2015.

Los valores de  $Tp$  son fijados por MINSAL y los de  $Te$  los obtuvimos en el paso anterior ya que para la medi-

ción consideramos todos los espacios en los que nos encontramos durante el día.

## Resultados

### 1. Zonas del colegio que están más expuestas a contaminación acústica:

Zonas del colegio expuestas
Salas de sector República
Comedor
Patio grande
Sala de computación

### 2. Tipo de ruido existente en cada zona del colegio investigada:

Zona investigada	Tipo de Ruido
Salas del sector República	Estable
Comedor	Fluctuante
Patio grande	Fluctuante
Sala de computación	Fluctuante

### 3. Nivel de presión sonora equivalente promedio en cada zona del colegio investigada

Zona investigada	NPSeq (dB)A
Salas sector República	80
Comedor	82
Patio grande	83
Sala de computación	86

### 4. Tiempo de exposición al ruido.

Zona investigada	Tiempo de exposición promedio (horas)
Salas sector República	7
Comedor	0.75
Patio grande	0.5
Sala de computación	0.75

### 5. Dosis de ruido diaria por alumno

Dosis de ruido diaria por alumno
0.496



## Análisis y discusión

Según la OMS y el MINSAL el valor de la dosis de ruido diaria no debe nunca superar el valor de 1 ya que en este caso se podría provocar un daño irreparable en el oído.

El estudio permitió reconocer que nuestro establecimiento es relativamente seguro en cuanto a contaminación acústica se refiere ya que presentó valores inferiores a 1 en la dosis de ruido. Sin embargo, como se señala en Lucic (2009) los efectos dañinos de la contaminación acústica no se limitan al daño auditivo, estos abarcan una amplia gama de posibilidades, entre las que debido al contexto destacan los relacionados al aprendizaje. Según los estándares de ruido que recomienda la OMS las salas de clase no deben superar los 35(dB) promedio ya que valores superiores provocarían interferencia en la comunicación, perturbación en la extracción de información, inteligibilidad del mensaje. Desde este punto de vista y con el fin de maximizar la calidad de los aprendizajes, se considera pertinente realizar algunas modificaciones en las salas de manera de mitigar en parte el alto nivel de presión sonora que presentan, pudiéndose esto transformar a futuro en un proyecto de investigación.

Los datos de NPSeq que obtuvimos con la investigación nos permitió elaborar un mapa de ruido para nuestro colegio, información valiosa que puede ser utilizada en futuras investigaciones tanto en el ámbito de la acústica como en educación.

Debemos señalar que logramos cumplir todos los objetivos específicos propuestos, sin embargo, pensamos que estos podrían tener mayor prolijidad si se consideran los siguientes factores. Para obtener los valores de NPSeq de cada zona se pueden tomar mediciones durante más días y en una mayor cantidad de horarios de manera de contar con promedios más exactos que permitan calcular una dosis de ruido más certera. Factores climáticos como la temperatura también pueden influir ya que los instrumentos se pueden descalibrar, este tipo de factores si bien se mencionaban en el protocolo de medición del MINSAL no fueron considerados ya sea por razones técnicas como de tiempo.

En relación con nuestra hipótesis esta fue rechazada puesto que la dosis de ruido no estuvo sobre la norma nacional, en la forma estadística podríamos decir que: **Dosis de ruido < 1**; por lo tanto, la hipótesis es rechazada.

## Conclusiones

Se quiso determinar la dosis de ruido que existe en una realidad cercana, el colegio San Vicente de Valparaíso, ver si esta pudiese resultar dañina y de esta manera aportar con datos originales que pudieran ser utilizados para realizar cambios, transformaciones o ser el punto de partida de otras investigaciones científicas. Los resultados obtenidos no fueron los presentados como hipótesis puesto que el establecimiento no presentaba contaminación acústica considerada peligrosa para la salud. Además, se está en condiciones de elaborar un mapa de ruido para el colegio identificando zonas de silencio y de mayor presión sonora.

Es necesario aclarar además que las mediciones se hicieron en horario de colegio, pero algunos alumnos y profesores en el resto del día podrían superar el umbral de riesgo que establece el ministerio.

Por otro lado, desde el punto de vista educativo los resultados arrojaron que el ruido en las salas de clase se encuentra por sobre los valores recomendados por la OMS lo que traería efectos en la comunicación y por ende en el logro de aprendizajes.

Pensamos realizar investigaciones similares en nuestro vecindario. Aportando con datos con los que Chile en estos momentos no cuenta o si es que existen son en sectores muy acotados.

Disponiendo de más tiempo e instrumentos de mayor precisión es posible entregar resultados con errores menores, sin embargo, existe satisfacción con la investigación ya que el objetivo general fue cumplido y se está en condiciones de exponer o divulgar un trabajo al entorno que además de aportar datos nuevos, es capaz de generar conciencia de un problema que según nos muestra la revisión de la literatura, Chile no atiende con la debida importancia.



## Bibliografía

Decreto supremo 594 Ministerio de Salud de Chile. Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 15 de septiembre 1999.

Decreto supremo 594 Ministerio de Salud de Chile. Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 23 de julio 2015.

Gobierno de Chile, Instituto de salud pública (2011). Procedimiento medición de ruido en áreas biolimpias de manejo de agentes antineoplásicos, Instituto de Salud Pública, Santiago, Chile.

Gobierno de Chile, Instituto de salud pública (2012). Protocolo para la medición del ruido impulsivo en los lugares de trabajo, Instituto de Salud Pública, Santiago, Chile.

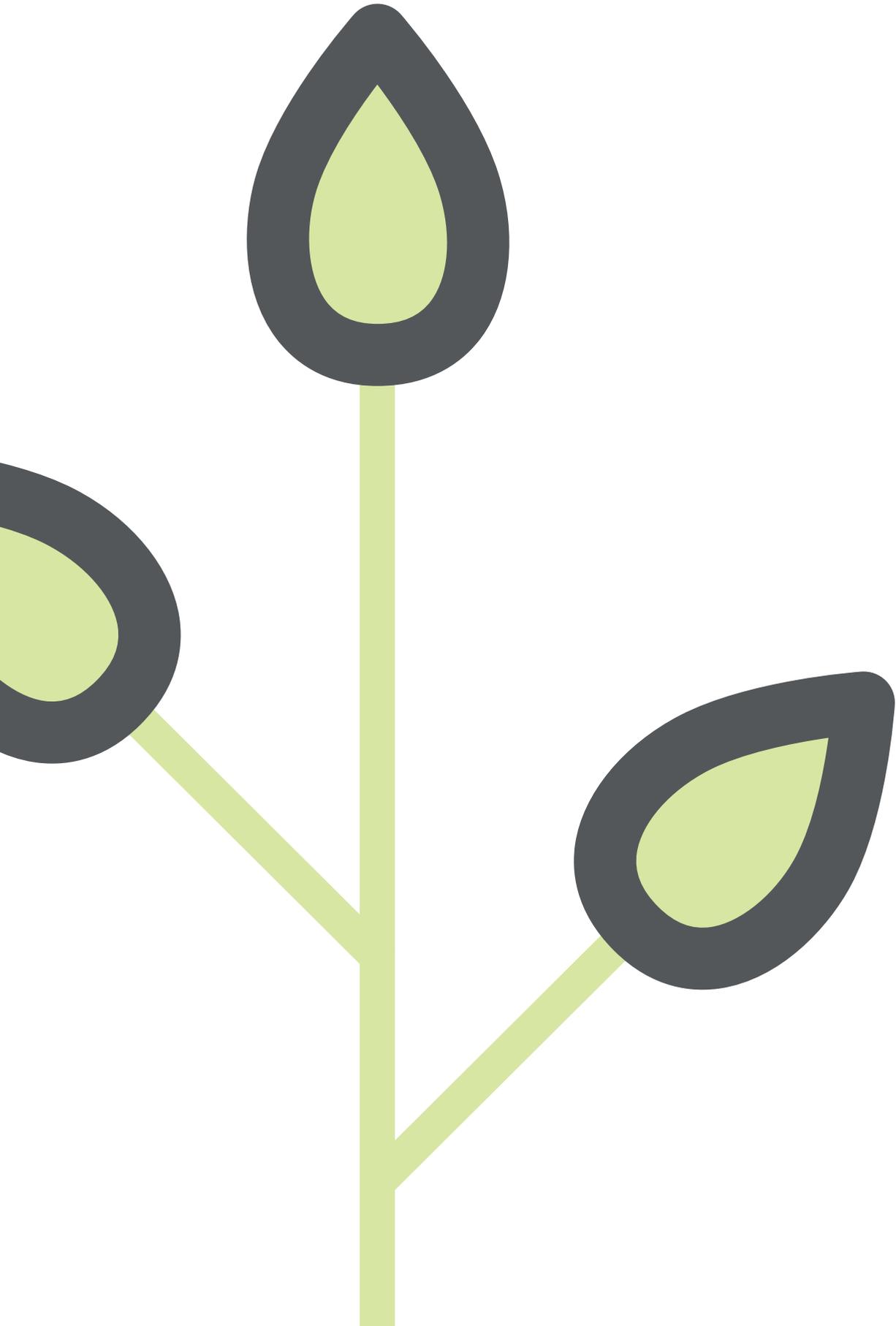
Ministerio de Salud. Instructivo para la aplicación del D.S N° 594/99, título IV, párrafo 3° agentes físicos ruido, 15 de septiembre 1999.

Organización Mundial de la Salud (2015). 1100 millones de personas corren el riesgo de sufrir pérdida de audición recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/ear-care/es/>

Subsecretaría del medio ambiente (2011). Informe final estudio elaboración de mapa de ruido del gran Santiago mediante software de modelación. Recuperado de: [http://www.sinia.cl/1292/articles-52665\\_Fase\\_IVMapaRuidoStgoGeneral.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-52665_Fase_IVMapaRuidoStgoGeneral.pdf)

Valdebenito, I. (2012). XII Seminario de contaminación acústica y control de ruido ambiental sobre D.S. N°38/11 norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica. Ministerio del Medio Ambiente.





# SOBREPOSICIÓN DE DIETA ESTACIONAL DE TUCÚQUERE (*BUBO MAGELLANICUS*) Y LECHUZA BLANCA (*TYTO ALBA*) MEDIANTE EL ESTUDIO DE EGAGRÓPILAS EN EL PARQUE NACIONAL RÍO CLARILLO\*

## OVERLAP OF ESTACIONAL DIET OF TUCÚQUERE (*BUBO MAGELLANICUS*) AND LECHUZA BLANCA (*TYTO ALBA*) THROUGH OF THE STUDY OF PELLETS IN RIO CLARILLO NATIONAL PARK

Alonso Erazo • Martín Opitz • Tyndall Díaz  
Profesor Guía: Carlos Zurita

Asesor Científico: Fabian Jaksic (Universidad Católica)  
Colegio de los Sagrados Corazones de Alameda • Santiago  
prof.czurita@gmail.com

### Resumen

Se recolectaron 50 egagrópias, pertenecientes a Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y Lechuza Blanca (*Tyto alba*), en el Parque Nacional Río Clarillo entre los meses de marzo y agosto de 2017, abarcando las estaciones de otoño e invierno. Se procede a una identificación de los ítems dietarios de cada ave. Se identificaron 7 especies de roedores como parte de su dieta: Rata Negra (*Rattus rattus*), Ratón Oliváceo (*Abrothrix olivaceus*), Ratón de cola larga (*Oligoryzomys longicaudatus*), Laucha Doméstica (*Mus musculus*), Ratón Chinchilla (*Abrocoma bennetti*), Ratón Cola de pincel (*Octodon degu*) y Ratón de pelo largo (*Abrothrix longipilis*); de los cuales 5 son comunes para ambas aves rapaces. No se encontraron diferencias significativas entre la dieta de otoño e invierno de ambas aves, además, a través de un índice de similitud dietaria (Pianka), se estableció que poseen una elevada superposición dietaria, por lo que se infiere competencia de recursos dietarios entre estas aves, siempre y cuando estos sean escasos. Más del 40% de la dieta de ambas aves se basa en roedores exóticos, los cuales constituyen vectores infecciosos de enfermedades para animales del parque y población humana, de esto emerge la importancia de estos Strigiformes, como controladores naturales de plagas de roedores exóticos.

**Palabras claves:** Tucúquere; *Bubo magellanicus*; Lechuza Blanca; *Tyto alba*; egagrópias; Parque Nacional Río Clarillo.

### Abstract

Fifty pellets belonging to Tucúquere (*Bubo magellanicus*) and White Owl (*Tyto alba*), in the Clarillo River National Park between the months of March and August of 2017, covering the autumn and winter seasons, were collected. We proceeded to an identification of the dietary items of each bird. Seven species of rodents were identified as part of their diet: Black Rat (*Rattus rattus*), Olive-backed Mouse (*Abrothrix olivaceus*), Long-tailed Mouse (*Oligoryzomys longicaudatus*), Domestic Laucha (*Mus musculus*), Chinchilla Mouse (*Abrocoma bennetti*), Mouse Brush tail (*Octodon degu*) and Long-haired mouse (*Abrothrix longipilis*) of which 5 are common for both birds of prey. No significant differences were found between the autumn and winter diet of both birds. In addition, through a dietary similarity index (Pianka), it was established that they have a high dietary superposition, which would indicate competition of dietary resources among these birds, as long as they are scarce. More than 40% of the diet of both birds is based on exotic rodents, which are infectious vectors of diseases for park animals and human population. On this basis, the importance of these Strigiformes, as natural controllers of exotic rodent pests, is raised.

**Keywords:** Tucúquere; *Bubo magellanicus*; White owl; *Tyto alba*; egagrópias; Parque Nacional Río Clarillo.

Premios y participaciones en:

- \* Congreso Regional Explora CONICYT RM Norte 2017; Premiado como una de las 6 mejores investigaciones.
- \* 47° Feria Científica Nacional del Museo Nacional de Historia Natural; 2do. Lugar.
- \* Concurso de Colegios y Feria de Ciencias Elsa Abuin, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile; 2do.Lugar.
- \* Expociencias Nacional organizada por el Club de Ciencias Chile; 1er lugar. acreditado para representar a Chile en La GENIUS Olimpiadas en Nueva York (USA), en junio de 2018.



# Introducción

El Parque Nacional Río Clarillo (PNRC), ubicado en la comuna de Pirque (Región Metropolitana), presenta escasos antecedentes documentados de aves rapaces, los cuales se limitan a Planes de manejo de CONAF y Catastro de Aves (Díaz *et. al.*, 2002), así como también escasez de datos sobre su distribución. En el Parque se presentan 2 familias del Orden Strigiforme, la Strigidae conformada por las especies Tucúquere (*Bubo magellanicus*), Chunchu Austral (*Glaucidium nana*) y Concón (*Strix rufipes*); y la familia Tytonidae conformada por la especie Lechuza blanca (*Tyto alba*). De estas especies *Bubo magellanicus* y *Tyto alba* corresponden a las rapaces que presentan mayor abundancia en el PNRC (Díaz *et. al.*, 2002).

Las aves rapaces regurgitan periódicamente agregados de material no digerido, llamado egagrópila, en cuyo interior podemos encontrar, por ejemplo, pelos, huesos, plumas o exoesqueletos de insectos (Rosenberg y Cooper, 1990). El análisis de las egagrópilas ofrece valiosa información acerca de los hábitos alimenticios, sin invertir largas jornadas de observación directa, ni causar perturbación directa al ave que las produce (Redpath *et. al.*, 2001). Existen diferencias de formas y contenidos en las egagrópilas lo que permite su identificación y asociación a una especie determinada. El estudio de las egagrópilas y la identificación de los ítems dietarios de las aves que la producen, permiten un estudio no invasivo de las interacciones interespecíficas entre aves del orden, idea que motiva esta investigación. El PNRC cuenta solamente con catastros de aves que no aportan información suficiente sobre las rapaces para establecer similitudes dietarias entre ellas, ni tampoco las variaciones estacionales que presenta su dieta.

## Pregunta de Investigación

¿Cuál es el grado de superposición dietaria y competencia interespecífica de las aves Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y Lechuza Blanca (*Tyto alba*) en el Parque Nacional Río Clarillo, durante las estaciones de otoño-invierno?

## Hipótesis

Dado que las aves *Bubo magellanicus* y *Tyto alba* ocupan semejante posición en las cadenas tróficas, se espera una amplia superposición de dieta en el Parque Nacional Río Clarillo, y por ende se infiere un elevado grado de competencia interespecífica, en el caso de que su recurso dietario sea escaso.

## Objetivo General

Analizar la superposición de dieta, para inferir acerca del grado de competencia entre 2 especies de aves rapaces que habitan el Parque Nacional Río Clarillo: el Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y la Lechuza Blanca (*Tyto alba*).

## Objetivos Específicos

1. Identificar las especies depredadas por el Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y la Lechuza Blanca (*Tyto alba*).
2. Comparar la dieta del Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y la Lechuza Blanca (*Tyto alba*).
3. Inferir el grado de competencia interespecíficas entre el Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y la Lechuza Blanca (*Tyto alba*).





Figura N° 1. Lechuza Blanca, Centro de Rehabilitación de Aves Rapaces.



Figura N° 2. Tucúquere, Centro de Rehabilitación de Aves Rapaces.

## Metodología

**A. Trabajo de Campo:** se desarrolló en el Parque Nacional Río Clarillo (PNRC), ubicado en la comuna de Pirque, Provincia Cordillera de la Región Metropolitana. La superficie de este parque abarca 13.185 hectáreas, con un relieve de profundos valles y grandes alturas, las que oscilan entre los 850 y 3.500 msnm. Su localización georeferenciada es 33° 46' 00" latitud sur y 70° 27' 00" de longitud oeste. La búsqueda de egagrópilas se centró en los sectores de Los Quillayes, El Peumo y La Virgen, dentro del parque.

El trabajo de campo se realizó entre los meses de marzo y agosto de 2017, abarcando las estaciones de otoño e invierno, puesto que se tienen antecedentes que la dieta de estas dos estaciones difiere de la de primavera y verano (Cerpa y Yáñez, 1981). Se realizaron 12 visitas al lugar, 6 en otoño y 6 en invierno, recolectándose egagrópilas pertenecientes a Tucúquere y Lechuza Blanca. Las egagrópilas recolectadas fueron extraídas del lugar en placas Petri y preservadas hasta su posterior diferenciación. Cada cápsula se rotuló con la siguiente información: fecha y lugar donde fue encontrada.

**B. Trabajo de laboratorio:** Para identificar a que especie de ave corresponden las egagrópilas recolectadas, estas fueron disgregadas en el laboratorio, puesto que es dificultoso, durante el trabajo en terreno, saber a quién pertenece la egagrópila encontrada. Las egagrópilas de Tucúquere se caracterizan por contener abundantes restos quitinosos. Mientras

que la egagrópila de Lechuza blanca es muy compacta y presenta un resto brillante alrededor de ella, que proviene de la mucosa del esófago del ave. Previo al reconocimiento de presas por egagrópila, las egagrópilas fueron masadas y medidas en largo, ancho y altura, posteriormente se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, para determinar si existen o no diferencias significativas entre estos parámetros. Para la identificación de los ítems dietarios de cada ave se disgregó las egagrópilas encontradas, recolectando pelos y material óseo de cada una, para su posterior identificación mediante comparación con claves de identificación (Reise, 1961).

En el caso de los pelos, estos se observaron en un microscopio con aumento 40X y se compararon con claves de identificación (Muñoz-Pedrero y Rau, 2004). En el caso de las estructuras óseas, se observó la morfología dentaria de mandíbulas y se comparó con claves de identificación a nivel de especie (Reise, 1961).

**C. Análisis de Datos:** Debido a que la dieta de ambas aves se centra en roedores (siendo éste el ítem de mayor abundancia y de mayor biomasa), el análisis de los ítems dietarios de estas dos especies de aves rapaces se enfocó en ellos. Se confeccionó una tabla, comparando entre aves rapaces y entre estaciones, el número de presas de diferentes especies de roedores, encontradas en las egagrópilas.



Tabla N° 1: Conteo del número de presas por especies de roedores encontradas en egagrópilas de Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y Lechuza Blanca (*Tyto alba*).

	Tucúquere ( <i>Bubo magellanicus</i> )						Lechuza Blanca ( <i>Tyto alba</i> )					
	OTOÑO		INVIERNO		TOTAL		OTOÑO		INVIERNO		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Rata Negra ( <i>Rattus rattus</i> )	4	22.2	6	23.1	10	22.7	5	17.9	9	18	14	17.9
Ratón Oliváceo ( <i>Abrothrix olivaceus</i> )	4	22.2	6	23.1	10	22.7	3	10.7	7	14	10	12.8
Ratón de cola larga ( <i>O. longicaudatus</i> )	3	16.7	5	19.2	8	18.2	5	17.9	13	26	18	23.1
Laucha Doméstica ( <i>Mus musculus</i> )	5	27.8	7	26.9	12	27.3	9	32.1	9	18	18	23.1
Ratón Chinchilla ( <i>Abrocoma bennetti</i> )	2	11.1	2	7.7	4	9.1	2	7.1	4	8	6	7.7
Ratón Cola de pincel ( <i>Octodons degu</i> )	0	0	0	0	0	0	4	14.3	6	12	10	12.8
Ratón de pelo largo ( <i>Abrothrix longipilis</i> )	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2	2.6
<b>Total de presas</b>	18	100	26	100	44	100	28	100	50	100	78	100

Luego, se realizó un ANOVA de un factor, con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre la dieta registrada en otoño e invierno de ambas aves.

Posteriormente, se evaluó la similitud dietaria de estas dos especies de aves rapaces, mediante el índice de Pianka. Este índice proporciona información acerca del grado de superposición que presentan las dietas de las aves en estudio, arrojando un valor entre 0 y 1, donde 0 corresponde a una nula superposición (por ende, diferentes dietas) y 1 es una superposición total (misma dieta). El valor de este índice de similitud dietaria fue utilizado para inferir el grado de competencia interespecífica entre las dos aves rapaces en estudio.

## Resultados y Discusión

De un total de 50 egagrópilas recolectadas, 27 pertenecen a *Tyto alba* y 23 pertenecen a *Bubo magellanicus*. Del total de egagrópilas, 22 fueron recolectadas en otoño y 28 en invierno. Al comparar largo, ancho y peso de las egagrópilas se encontró que no hay diferencias significativas entre ellas ( $P=0.87$ ), por lo que estos parámetros no son útiles para la diferenciación de egagrópilas entre las dos especies en estudio. Debido a esto es que se ocuparon otros métodos de identificación.

Micromamíferos, como roedores, aparecieron con mayor frecuencia, como parte de sus ítems dietarios en ambas estaciones, seguidos por insectos en baja fre-



Figura N° 3. Equipo de Trabajo, Parque Nacional Río Clarillo.

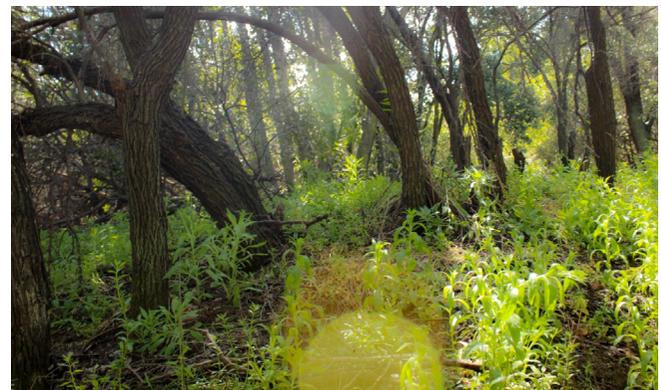


Figura N° 4. Parque Nacional Río Clarillo.



Tabla N° 2: Índice de Pianka para establecer similitud dietaria.

	<i>Rattus rattus</i>	<i>Abrothrix olivaceus</i>	<i>Oligorysomys longicaudatus</i>	<i>Mus musculus</i>	<i>Abrocoma Benetti</i>	<i>Octodon degus</i>	<i>Abrothrix longipilis</i>	Suma
B. Magellanicus (j)	10	10	8	12	4	0	0	44
Tyto alba (k)	14	10	18	18	6	10	2	78
Pij	0.22	0.22	0.18	0.27	0.09	0	0	1
Pik	0.13	0.13	0.23	0.23	0.07	0.13	0.03	1
Pij • Pik	0.04	0.028	0.041	0.062	0.006	0	0	0.176
(Pij) <sup>2</sup>	0.048	0.048	0.032	0.072	0.0081	0	0	0.2081
(Pik) <sup>2</sup>	0.032	0.169	0.0529	0.0529	0.049	0.0169	0.0009	0.1774
Índice de Pianka	Resultado= 0.931							

$$O_{jk} = \frac{\sum_i p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{\sum_i p_{ij}^2 \sum_i p_{ik}^2}}$$


Figura N° 5. Estudiantes en el Parque Nacional Río Clarillo.



cuencia. La dieta de *Bubo magellanicus*, además de roedores micromamíferos, incluye artrópodos, encontrándose restos quitinosos en las egagrópilas, e incluye también herpetofauna, como reptiles y anfibios en baja frecuencia. Este último aspecto facilita la diferenciación de una egagrópila de *B. magellanicus* con una de *T. alba*, encontrándose estos sólo en egagrópilas de Tucúquere. Artrópodos y herpetofauna no estarían siendo depredados por *T. alba* (Trejo y Ojeda, 2002).

Se identificaron 7 especies de roedores, de los cuales 5 son comunes para ambas aves rapaces en estudio (ver tabla 1). Estas 7 especies de roedores tienen registros de su presencia en el Parque Nacional Río Clarillo (Díaz *et.al.*, 2002). Se observa mayor diversidad de presas de roedores en la dieta de Lechuza Blanca, que en la de Tucúquere.

A partir de los resultados obtenidos y realizando un ANOVA de un factor, se puede establecer que no existen diferencias significativas entre la dieta de *B. magellanicus* en las temporadas de otoño e invierno ( $P=0.415$ ). De la misma forma, no existen diferencias significativas en la dieta de *Tyto alba* entre temporadas ( $P=0.09$ ).

Se encontró en las egagrópilas de *B. magellanicus*, una especie de roedor que no estaba descrito como parte de su dieta en la literatura consultada. Es el caso de la Laucha Doméstica, por lo que se hace necesario ampliar los registros de dieta en ambientes cordilleranos de Chile central (Tabla N° 1). *Mus musculus* frecuente lugares más poblados como zonas urbanas o rurales, cercanas al Parque Nacional, por lo que su presencia, en egagrópilas de ambas especies en estudio, podría deberse a la presencia de estos roedores en sectores de camping y picnic, habilitados en el parque.

Al realizar el cálculo de índice de Pianka (Tabla N° 2), se obtiene un valor de 0.93, lo que corresponde a una muy alta superposición de dieta (Langton, 1982). Se deduce que ambas especies, al encontrarse en similar posición en las cadenas tróficas, presenten un grado de similitud dietaria, de la cual se infiere que presentan competencia, como un tipo de interacción interespecífica. El grado de competencia dependerá, en gran medida, de la disponibilidad del recurso dietario en el hábitat en estudio, puesto que, si el recurso es escaso, el grado de competencia aumenta (Jaksic, 2006).

Dados los resultados obtenidos es posible posicionar a *T. alba* y *B. magellanicus* en el 3er y 4to nivel trófico, siendo consumidores de 2° y 3er orden; por lo que, al encontrarse en semejante posición trófica en un mismo hábitat, es posible inferir competencia de recursos entre ambas especies, al encontrarse un índice de similitud dietaria elevado (alta superposición dietaria), aceptándose la hipótesis de trabajo. La similitud de dieta puede variar, dependiendo de la estación del año y de la disponibilidad de recursos en el ambiente (Mella *et al.*, 2016).

La alta presencia de roedores en la dieta de ambas aves rapaces en estudio, aporta a ellas un alto valor energético nutricional, que es más significativo que el que le puede entregar una dieta basada en artrópodos y herpetofauna. El 50% de los roedores depredados por el Tucúquere correspondieron a especies exóticas; y un 41% en el caso de la Lechuza Blanca (Tabla N° 1). Esto permitiría resaltar la potencial importancia de los Strigiformes en el control de roedores exóticos, que constituyen vector de infecciones para las poblaciones humanas.

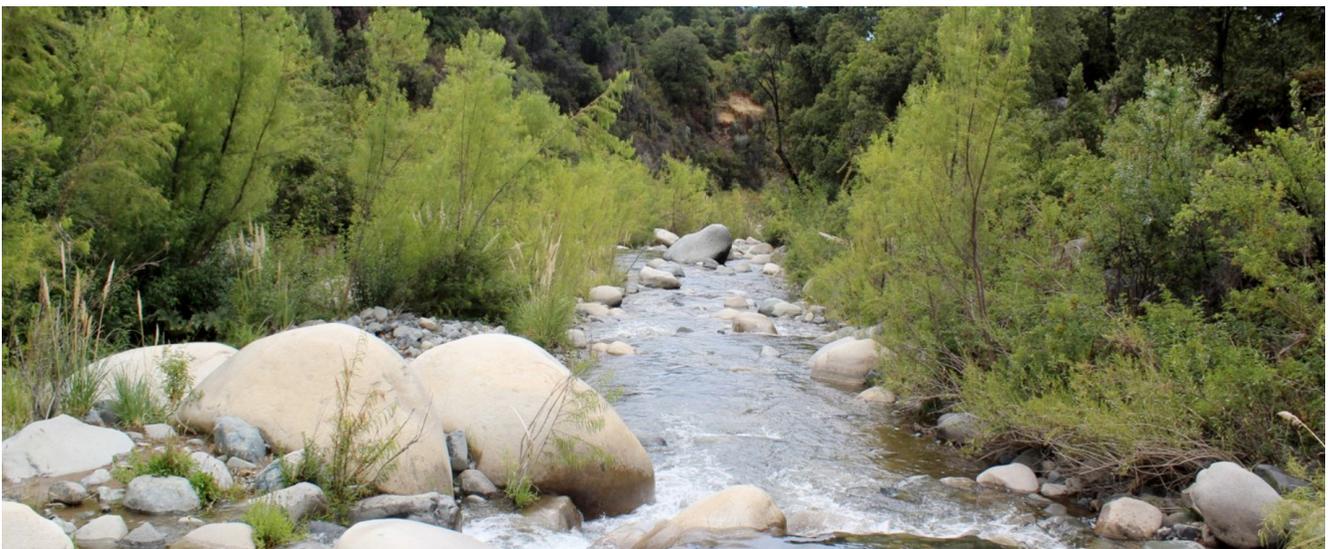


Figura N° 5. Río Clarillo.

## Conclusión

Se concluye que Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y Lechuza Blanca (*Tyto alba*), que habitan en el Parque Nacional Río Clarillo, presentan una alta superposición dietaria, basada principalmente en micromamíferos (roedores). A partir de esto, se desprende que presentan alto grado de competencia, siempre y cuando, el recurso que forma parte de su ítem dietario sea escaso, cumpliéndose los objetivos y aceptándose la hipótesis de trabajo.

Más allá de los objetivos e hipótesis inicial, emerge de los resultados la importancia de la conservación de las aves rapaces, como controladores naturales de plagas de roedores exóticos, que son vectores infecciosos de algunas enfermedades infecciosas.

## Bibliografía

Cerpa C, Yáñez J. 1981. Variación estacional de la dieta de *Tyto alba* (Gray, 1892) en la zona mediterránea de Chile central. Boletín Museo Nacional Historia Natural 38: 137-146.

Díaz I, Sarmiento C, Ulloa L, Moreira R, Navia R, Véliz E, Peña C. 2002. Vertebrados terrestres de la Reserva Nacional Río Clarillo, Chile central: representatividad y conservación. Revista Chilena de Historia Natural 75: 433-448.

Jaksic F. 2006. Ecología de comunidades. Segunda edición ampliada, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Langton RW. 1982. Diet overlap between Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake, *Merluccius bilinearis*, and fifteen other northwest Atlantic finfish. Fish Bull 80: 745-759.

Mella J, Delgado A, Moya I, Acevedo J, Silva C, Muñoz C, González J. 2016. Dieta estacional y alternancia en el consumo de presas por el Tucúquere (*Bubo magellanicus*) en el altiplano del norte de Chile. Revista Chilena de Ornitología 22: 157-164.

Muñoz-Pedrerros A, Rau J. 2004. Estudio de egagrópilas en aves rapaces. CEA Ediciones, Chile.

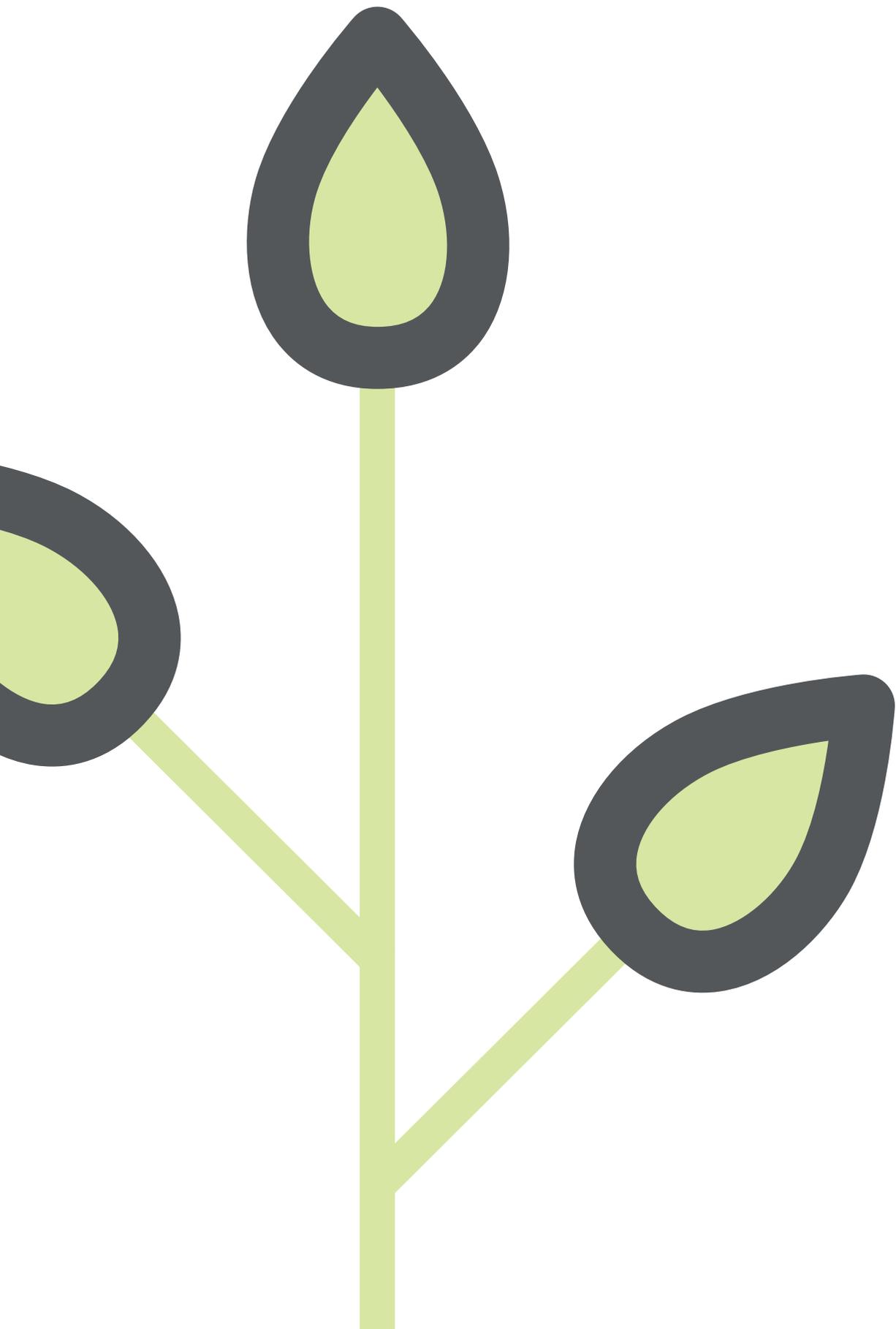
Redpath SM, Clarke R, Madders M, Thirgood SJ. 2001 Assessing raptor diet: comparing pellets, prey remains, and observational data at Hen Harrier nests. The Condor 103: 184-188.

Reise D. 1961. Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. Biodiversity Heritage Library, Gayana Zoología, Universidad de Concepción.

Rosenberg KV, Cooper RJ. 1990. Approaches to avian diet analysis. Stud Avian Biol 13: 80-90.

Trejo A, Ojeda V. 2002. Identificación de egagrópilas de aves rapaces en ambientes boscosos y ecotonaes del noroeste de la Patagonia Argentina. Ornitología Neotropical 13: 313-317.





# CARACTERIZACIÓN DEL PERÍODO DE CRIANZA DE POLLUELOS DE PINGÜINO REY (*APTENODYTES PATAGONICUS*) EN ISLA GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO

## CHARACTERIZATION OF THE CHICK REARING PERIOD OF KING PENGUIN (*APTENODYTES PATAGONICUS*) IN TIERRA DEL FUEGO ISLAND

Matías Huidobro • Javier Oporto  
 Profesor Guía: Carlos Zurita  
 Asesor Científico: Enrique Couve (For South Expeditions Ltda)  
 Colegio de los Sagrados Corazones de Alameda • Santiago  
 prof.czurita@gmail.com

### Resumen

Se observan y registran las conductas presentes durante el período de crianza en la población de polluelos de Pingüino Rey (*Aptenodytes patagonicus*) que habita Isla grande de Tierra del Fuego, abarcando un período de estudio desde marzo 2014 hasta julio 2017. Se evidencian novedades conductuales en esta población que aún es emergente, que favorecen el éxito del período de crianza, (crianza sin éxito hasta el 2016) como la formación de guarderías, que estarían promoviendo el aumento de polluelos que llegan a la etapa de independización e iniciando posteriormente sus propios viajes de alimentación, que puede seguir aumentando si las novedades conductuales se mantienen. No existen registros de las conductas propias de crianza para la población de Isla Grande de Tierra del Fuego, por lo que las apariciones de algunos eventos constituyen novedades conductuales en el lugar. Otro factor que influye fuertemente en la población son los cambios dietarios registrados en el último año, que han influenciado en la regularización del ciclo respecto de islas cercanas como Islas Georgias del Sur y Falkland, además de influenciar el éxito del período de crianza de un número significativo de polluelos que llegan a independizarse e iniciar así sus propios viajes de alimentación.

**Palabras claves:** Pingüino Rey, *aptenodytes patagonicus*, crianza, ciclo reproductivo, guarderías, polluelos.

### Abstract

The behaviors present during the breeding period in the population of chicks of King Penguin (*Aptenodytes patagonicus*) inhabited by the large island of Tierra del Fuego, during a study period from March 2014 to July 2017, are observed and recorded. The behavioral changes are evident in this population that is still emerging, which favor the success of the breeding period (raising without success until 2016) as the formation of nurseries, which would be promoting the increase of chicks that reach the stage of independence and initiating their food trips subsequently. There are no records of parenting behaviors for the population of Isla Grande of Tierra del Fuego, so the appearances of some events are new behavioral developments in the place. Another factor that strongly influences the population are the dietary changes registered in the last year that have affected the regularization of the cycle concerning nearby islands such as South Georgia and the Falkland Islands. Also, these changes in diet seem to influence the success of the breeding period of a significant number of chicks that become independent starting their trips to feed.

**Keywords:** King penguin, *aptenodytes patagonicus*, breeding, reproductive cycle, nurseries; chicks.

El proyecto ha participado y ha sido premiado en:

- Mención Honrosa 47° Feria Científica Nacional Juvenil del Museo Nacional de Historia Natural.
- Primer lugar Congreso Regional Explora CONICYT RM Norte 2017.
- Participó en el Congreso Nacional Explora CONICYT (Arica 2017).
- Primer lugar Foro Internacional de Ciencias, acreditado para Representar a Chile en la Expociencia Latinoamericana ESI AMLAT 2018 en Antofagasta.
- Segundo lugar Expociencia Nacional, acreditado para representar a Chile en la Expociencia México en Diciembre 2018.



# Introducción

La especie *Aptenodytes patagonicus* (Miller, 1778), conocido como Pingüino Rey, tiene un ciclo reproductivo de 15 a 17 meses, desde el asentamiento y posterior cortejo de los progenitores, hasta el cambio de plumaje de sus polluelos y su posterior independización (Otley *et al.*, 2007). Durante la crianza, el crecimiento de los polluelos se interrumpe desde el otoño hasta principios de la primavera, los que ayunan intermitentemente durante el invierno, antes de ser alimentados por sus progenitores e independizarse (Cherel *et al.*, 1987).

El pingüino rey se reproduce, generalmente, en colonias grandes y densas (densidad bruta aproximada de 2 ind/m<sup>2</sup>) (Barrat, 1976), situadas en playas planas de arena o en valles cercanos a la costa. La protección contra el viento dominante en invierno es un factor determinante de la colonización del área y del éxito reproductivo de la colonia (Weimerskirch *et al.*, 1992). La época más larga del ciclo reproductivo es la crianza de polluelos, que dura alrededor de 12 meses, ésta se caracteriza por el forrajeo prolongado de los progenitores, donde ambos alternan roles (mientras uno cría, el otro busca alimento). Esto los destaca frente a otras especies de pingüinos que tienen períodos de crianza más breves. El periodo de crianza es fundamental en la sobrevivencia de los polluelos, puesto que los eventos conductuales que en él ocurren, determinan la llegada a la independización de estos, idea que motiva esta investigación.

## Pregunta de Investigación

¿Qué características conductuales posee el período de crianza de polluelos de *A. patagonicus* que habita en

Isla Grande de Tierra del Fuego que podrían estar promoviendo el éxito de este período?

## Hipótesis

Dado que el número de polluelos sobrevivientes de la población de *A. patagonicus* presente en Tierra del Fuego ha aumentado en los últimos 4 años (Asencio *et al.*, 2017), surgirán novedades conductuales, a raíz de la mayor experiencia reproductiva de los progenitores, que promueven el éxito en la crianza de polluelos y su posterior independización.

**Objetivo General:** Analizar los diferentes eventos conductuales presentes, durante el período de crianza de polluelos de *Aptenodytes patagonicus* en la población que ocupa Isla Grande de Tierra del Fuego como lugar de colonización.

## Objetivos Específicos

1. Describir e identificar las conductas durante el período de crianza de polluelos en la población de *Aptenodytes patagonicus*.
2. Comparar variaciones observadas en las conductas de crianza entre los años 2014 y 2017 de la población de *A. patagonicus*.

## Metodología

El área de estudio se encuentra en Tierra del Fuego, al interior del parque privado "Parque Pingüino Rey",



ubicado en el extremo Este de Bahía Inútil en Tierra del Fuego, Región de Magallanes y Antártica Chilena, Provincia De Tierra Del Fuego, comuna de Porvenir. Su clima seco estepario se caracteriza por fuertes vientos, abundantes precipitaciones y temperaturas bajas (Anuario Climatológico, Dirección meteorológica de Chile, 2000). Su localización georeferenciada es 57° 27' 47.09" S y 69° 18' 31.98" O.

Para el registro de las conductas de crianza de polluelos se realizaron 15 observaciones de campo en el parque Pingüino Rey, entre junio de 2014 y julio de 2017, que incluyó para el registro de datos: observación a simple vista, uso de instrumentos oculares de acercamiento, y cámaras fotográficas, donde se observó y registró la presencia de los diferentes eventos conductuales en la estrategia de crianza de polluelos. Las observaciones se realizaron respetando el reglamento general de observación de mamíferos, reptiles y aves hidrobiológicas y del registro de avistamiento de cetáceos (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Subsecretaría de Pesca), en cuyo Título III, Art. 22 establece: "se deberá mantener una distancia mínima de 50 metros del ejemplar más próximo". Las observaciones fueron realizadas en dos jornadas, una en la mañana entre las 10:00 am y las 13:00 y otra en la tarde entre 14:30 y 17:00 hrs. durante 3 días seguidos por cada viaje, siendo 3 personas los observadores de la población.

Este estudio deja de lado la frecuencia diaria con las que ocurren estas conductas por las limitantes que esto implica.

Para determinar las variaciones entre las conductas de crianza registradas entre los años 2014 y 2017 se confeccionó un cuadro comparativo que permitirá establecer presencias y ausencias de ciertos eventos conductuales en los años de estudio para dilucidar cuales han sido las novedades conductuales que emergen en esta población y que podrían influir directamente en la sobrevivencia de los polluelos de *Aptenodytes patagonicus* y su posterior independización, para iniciar su muda (cambio de plumaje café a provisorio) e iniciar sus propios viajes de alimentación. Esta población se encuentra en un proceso de adaptación en el lugar, desde la aparición de los primeros organismos en el año 2008, presentándose el primer evento reproductivo recién en el 2014 (C. Godoy, Comunicación personal).

## Resultados y Discusión

En la especie *A. patagonicus* (Miller, 1778), conocido como Pingüino Rey se observaron conductas durante el periodo de crianza que se muestran en la Tabla 1, La cual se caracteriza por un periodo de ayuno donde el crecimiento de los polluelos se interrumpe desde el otoño hasta el inicio de la primavera e intermitentemente durante el invierno (Cherel *et al.*, 1987).



Figura N° 1: Pingüinos Rey adultos junto a sus crías. Junio 2017. Parque Pingüino Rey.



Tabla N° 1.  
Conductas observadas del período de crianza.

Conducta	Característica
Comportamiento agonístico entre adultos	Es la postura de ataque, en que las aves están cara a cara, con otro conoespecífico, elevan las aletas y extienden completamente su cuello.
Comportamiento agonístico entre adulto y polluelo	Es una postura agresiva hacia un polluelo, a través de picotazos y elevando las aletas.
Comportamiento de acicalamiento de adultos y polluelos	Se picotean las aletas, se arreglan con el pico la base del cuello, rotan la cabeza en un comportamiento de pasividad y se arreglan las plumas.
Comportamiento de acicalamiento de adulto a polluelo	El adulto progenitor picotea las aletas y el plumón café de su polluelo, arreglando sus plumas.
Guardería	Grupo de polluelos en comportamiento pasivo, reunidos a corta distancia de sus progenitores.
Movimiento de la guardería	Todo el grupo de polluelos se desplaza hacia la misma dirección, manteniendo la guardería a cierta distancia de los progenitores.
Forrajeo de progenitores	Viajes de alimentación de los progenitores, donde alternan roles de crianza y búsqueda de alimento para la alimentación del polluelo.
Llamado y búsqueda del polluelo para su alimentación	El adulto progenitor realiza sonidos o llamados fuera de la guardería, luego se introduce en la guardería realizando más sonidos. El adulto se aparta de la guardería y es seguido por su polluelo.
Alimentar al polluelo	El adulto progenitor estira su cuello, regurgita comida contenida en su buche, sobre el pico del polluelo, el cual recibe y traga su alimento.
Llamados de hambre del polluelo	Polluelo emite sonidos que son reconocidos por su progenitor, el cual se acerca y lo alimenta.

La Tabla N° 2 muestra la ocurrencia de las conductas previamente descritas en la Tabla N° 1. El valor 0 indica que la conducta no fue registrada en la estación y el año que indica. El valor 1 indica que la conducta fue observada y registrada en la estación y el año que indica.

A partir de los resultados obtenidos se evidencia la aparición de conductas no registradas entre enero de 2014 y marzo de 2017 y que forman parte del período de crianza de polluelos de *Aptenodytes patagonicus* registrado en otros sitios. Tales conductas corresponden a la formación de guarderías de polluelos y movimiento de la guardería hacia otro punto del hábitat ocupado. Otras conductas se han expresado con mayor frecuencia debido al aumento del número de polluelos (Asencio *et al.*, 2017), tales como: "el llamado y búsqueda del polluelo para su alimentación", "alimentación del polluelo", "llamados de hambre del polluelo" y "acicalamiento de adulto a polluelo". La formación de guarderías durante el proceso de crianza ayuda a la protección de los polluelos frente a condiciones climáticas adversas, tales como el viento preponderante en la zona y las bajas temperaturas (García y Boersma, 2015); además de protección frente a posibles depredadores. Desde el nacimiento hasta que se forma la guardería ambos padres alternan sus viajes de alimentación que

generalmente duran entre 4 a 12 días. Este período se mantiene durante aproximadamente un mes, antes de que los pichones formen las guarderías (García y Boersma, 2015), las cuales se han registrado en poblaciones más numerosas como las de las Islas Falkland y Georgias del Sur, pero no registradas, hasta ahora, en la población que ocupa Tierra del Fuego. Se infiere que la aparición de estas novedades conductuales en este territorio, junto a los ítems dietarios (adición en la dieta de dos peces del estrecho de Magallanes (C Godoy, comunicación personal), uno es la sardina fueguina (*Sprattus fuegensis*) y el otro es el pez linterna (*Myctophidae*), igual que en las Islas Crozet (Weimerskirch *et al.*, 1992)), son factores que estarían influyendo positivamente en el éxito del período de crianza y en el aumento del número de polluelos sobrevivientes que alcanzan el período de independización, iniciando así sus propios viajes de alimentación, aceptándose la hipótesis de trabajo. El aumento del número de polluelos que sobrevive la época invernal y que en primavera logra completar su período de crianza y lograr su independización es un indicador de éxito del período de crianza. El aumento demográfico pudiera ser el resultado de una mejora de la disponibilidad de alimentos, la disponibilidad baja de alimento podría causar el bajo éxito del período de crianza (Weimerskirch *et al.*, 1992),



Tabla N° 2.  
Comparación de la presencia de las conductas de crianza entre 2014 y 2017.

Año / Estación	2014				2015				2016				2017			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera												
Comportamiento agnóstico entre adultos	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Comportamiento agnóstico entre adulto y polluelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Comportamiento de acicalamiento de adultos y polluelos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Comportamiento de acicalamiento de adulto a polluelo	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Guardería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Movimiento de la guardería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Forrajeo de progenitores	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1
Llamado y búsqueda del polluelo para su alimentación	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Alimentar al polluelo	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
Llamados de hambre del polluelo	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1

(0: Ausencia de la conducta - 1: Presencia de la Conducta)

idea que podría explicar el fracaso de la crianza entre los períodos 2014 y 2015.

Al realizar un ANOVA de un factor entre las estaciones por año, se encontró que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos entre verano y otoño ( $P=0.472$  y  $P=0.340$  respectivamente), pero si hay diferencias significativas entre los muestreos de invierno y primavera ( $P=0,008$  y  $P=3,06 \times 10^{-8}$  respectivamente).

Entre los años 2014 y 2015 no se registran polluelos que hayan logrado el cambio de plumaje y posterior

independización. Recién en el año 2016 se tiene registro de 3 polluelos (de un total de 22) que lograron mudar su plumaje e independizarse. El 2017, ha aumentado significativamente el número de polluelos (36 en total), por lo que se espera que más de estos puedan independizarse de sus progenitores si las conductas nuevas observadas persisten en el tiempo.

Esta población se encuentra aún en una adaptación al lugar, desde la aparición de los primeros organismos el 2008, presentándose el primer evento reproductivo recién el 2014 (E Couve, Comunicación personal).



Figuras N° 2 y N° 3. Equipo de trabajo en el Parque Pingüino Rey.



## Conclusión

Se concluye que la aparición de estas novedades conductuales, como la formación de guarderías en este territorio, junto a la modificación de los ítems dietarios (adición en la dieta de dos peces del estrecho de Magallanes (C Godoy, comunicación personal), sardina fueguina (*Sprattus fuegensis*) y pez linterna (*Myctophidae*), igual que en las Islas Crozet (Weimerskirch *et al.*, 1992)), son factores que estarían influyendo en el éxito del período de crianza y en el aumento del número de polluelos sobrevivientes que alcanzan el período de independización, iniciando así sus propios viajes de alimentación, cumpliéndose los objetivos y aceptándose la hipótesis de trabajo.

## Bibliografía

Anuario Climatológico, 2000. Dirección Meteorológica de Chile.

Asencio JP, Oporto J. 2017. Diferencias temporales entre ciclos reproductivos de *Aptenodytes patagonicus* en islas subantárticas. *Brotos Científicos* 1: 27-33.

Barrat A. 1976. Quelques aspects de la biologie et de l'écologie du manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*) des îles Crozet. *Com Nat Fr Rech Ant* 40: 9-51

Cherel Y, Stahl JC, Le Maho Y. 1987. Ecology and physiology of fasting in King penguin chicks. *The Auk* 104: 254-262.

García P, Boersma P. 2015. Pingüinos: historia natural y conservación. Ed. Vasquez Mazzini, Buenos Aires, Argentina.

Lopez P. 2014. Caracterización de la conducta y hábitat de un grupo de pingüinos rey (*Aptenodytes patagonicus*) establecido en bahía inútil, región de Magallanes. Tesis para optar al título de Bióloga Marina y Magister en Biología Marina, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.

Otley H, Clausen A, Christie D, Huin N, Pütz K. 2007. Breeding patterns of king penguins on the Falkland Islands. *Emu* 107:156-164.

Reglamento General de Observación de Mamíferos Reptiles y aves Hidrobiológicas y del Registro de Avistamiento de Cetáceos, Título III, Artículo 22. 2011. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Subsecretaría de Pesca, Santiago, Chile.

Weimerskirch H, Stahl JC, Jouventin P. 1992. The breeding biology and population dynamics of king penguins *Aptenodytes patagonicus* on the Crozet Islands. *Int J Avian Sci* 134:107-117.



# DESARROLLO DE UN BIODIGESTOR PARA LA REALIZACIÓN DE LA CIENCIA POR MEDIOS SUSTENTABLES

## DEVELOPMENT OF A BIODIGESTER FOR SUSTAINABLE SCIENTIFIC APPLICATIONS

Bianca de Petris • Daniela Salas  
 Profesora Guía: Marlys Jara  
 Liceo N° 7 de Niñas de Providencia Luisa Saavedra de González • Providencia  
 mijavet@gmail.com

### Resumen

Frente a la problemática de los residuos orgánicos producidos en el Liceo 7, que depositados sin un adecuado manejo emiten gases de efecto invernadero, sumado al alto consumo de gas en laboratorios escolares, se lleva a cabo el diseño y desarrollo de un biodigestor. Un sistema capaz de producir combustibles y fertilizantes a partir de la descomposición de la biomasa residual (obtenida de los jardines y el comedor de estudiantes del Liceo). Esto con la finalidad de disminuir tanto la huella de carbono del establecimiento, como la cantidad de desechos generados y los costos en combustibles para uso del laboratorio. Este sistema, construido a escala a partir de un modelo de campana flotante, alimenta con metano a un mechero. Los resultados de esta experiencia pueden considerarse para evaluar la factibilidad de, en un futuro, hacer funcionar a un laboratorio completo con biogás.

**Palabras claves:** Biodigestor; digestión anaeróbica; sustentabilidad; biogás.

### Abstract

Taking into account the problem of the organic waste produced by the Liceo 7 school, which when is deposited without an adequate management, emit greenhouse gases, besides, coupled with the high consumption of gas in school laboratories, the present research carried out the design and development of a biodigester, a system capable of producing fuels and natural fertilizers from the decomposition of residual biomass (obtained from gardens and lunchroom of the school). The purpose is to reduce both the establishment's carbon footprint, as well as the amount of generated waste and the fuel costs for laboratory use. This system, built to on a small scale and based on a floating bell model, feeds a lighter with methane. The results of this experience should be considered to evaluate the possibility off, in the future, operating a complete laboratory using biogas.

**Keywords:** Biodigester; anaerobic digestion; sustainability; biogas.

El proyecto fue presentado en:

- 4° Feria Científica Escolar de Providencia. 2017



# Introducción

El gas metano ( $\text{CH}_4$ ) es considerado el segundo gas más relevante de efecto invernadero después del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), responsable en un 20% del calentamiento global y 21 veces más dañino que el  $\text{CO}_2$  (Escudero de Fonseca, 2009). Ambos son producidos por la descomposición de residuos sólidos, lo que hace necesario transformar el gas metano en energía útil, reduciendo su impacto ambiental. Por esto, a partir del estudio de modelos de biodigestores industriales, se diseñó uno que funcione para laboratorios escolares, utilizando como sustrato alimentos que las alumnas no consumen, de forma que se alcancen laboratorios sustentables.

El principal objetivo de la investigación, fue conseguir alimentar a un mechero de laboratorio a partir del biogás producido por un biodigestor a escala.

Un Biodigestor es un reactor dentro del cual se deposita una mezcla de agua y materia orgánica residual (ver Figura N° 1), para que a través del proceso de fermentación anaerobia se produzca biogás. Este gas se compone en promedio entre un 55-70% de gas metano ( $\text{CH}_4$ ) -gas utilizado como combustible-, y entre 30-45% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), dependiendo del sustrato a utilizar como residuo, y un restante 10% de otros gases como Hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), Nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), y Ácido Sulhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) - la extracción del  $\text{H}_2\text{S}$  no es necesaria si su cantidad es de menos del 1% (Pérez, 2010; Varnero, 2011). El sistema fue construido a partir del modelo de campana flotante, diseño que obstruye con agua una apertura inferior en el contenedor del gas, lo que permite controlar la presión (Varnero, 2011).



Figura N° 1.



Figura N° 2.





Figura N° 3.



Figura N° 4.

El biogás puede lograrse a partir de diversos residuos, de origen animal o vegetal, (Biodisol, sf) —excepto cítricos, ya que el nivel óptimo de pH dentro del reactor es cercano a 7.0, y estos acidifican la mezcla inhibiendo a las bacterias metanogénicas (Tavizon, 2010). En este caso, se alimentó al biodigestor con residuos de origen vegetal (dada su mayor disponibilidad), específicamente restos de papa, legumbres, frutas, espinaca, cereales y hojas caídas de los árboles del liceo (ver Figuras N° 2a y N° 2b). Ya que el objetivo principal del trabajo era encender el mechero, tan sólo se añadió la primera carga, que es la que más tarda —luego se genera gas continuamente debido a la regularidad de alimentación del reactor—. Cabe añadir que un subproducto del proceso es el Biol, un biofertilizante de alto contenido de nutrientes en sales minerales que puede ser utilizado, por ejemplo, en huertos escolares. La capacidad de

generación de gas de un Biodigestor alimentado por desechos vegetales es muy variable. Se estima 0.5 m<sup>3</sup> de gas por Kg de masa, con un 70% de Metano (Olaya y González, 2009).

Los microorganismos identificados en la producción del biogás —presentes en los desechos de forma natural tras haber sido estos expuestos al ambiente—, son bacterias Acidogénicas, Acetogénicas y metanogénicas. La primera fase del proceso es la Hidrólisis de proteínas, carbohidratos y lípidos por parte de las bacterias Acidogénicas, de donde se obtienen ácidos grasos de cadena corta. Luego, mediante la acción de bacterias acetogénicas, se transforman estos ácidos grasos en ácido acético, H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Por último, a partir de estos compuestos, las bacterias metanogénicas producen metano (Vernero, 2011).



Figura N° 5.



El crecimiento de microorganismos metanogénicos tiene un rango óptimo de 35-45°C. Por esto, la fermentación fue de tipo mesofílica, a 40°C, ya que es la forma más estable realizar el proceso. A partir de esto, se espera que los primeros resultados se obtengan en un rango de 15 a 30 días (Vernero, 2011). Para acelerar las reacciones metabólicas de estas bacterias, y disminuir así el tiempo de retención, se reduce el volumen de desechos a introducir en el reactor (ver Figura N° 2b), lo que evita también que se forme una capa flotante de sólidos que obstruyan la ascensión del biogás hacia la superficie (Tavizón, 2010). Esta mezcla se constituye por un mayor porcentaje de agua que de biomasa -75% y 25% respectivamente-, ya que con un contenido de agua menor, se reduce la producción de biogás (Olaya y González, 2009).

## Metodología

El biodigestor fabricado consiste en una serie de contenedores de plástico reciclados, de diferente capacidad, que se comunican entre sí siguiendo un modelo de campana flotante (ver Figura N° 5). Para la mezcla dentro del reactor, se siguió una proporción de tres litros de agua por cada kilogramo de biomasa, dando un aproximado total de 2,5 kilogramos de biomasa y 7,5 litros de agua (ver Figura N° 3). Finalmente, una manguera permite que fluya el gas hasta el mechero.

Para alcanzar la temperatura de 40°C, se colocó un calefactor de 25W. Luego, para retirar el vapor generado, el gas se enfrió hasta 15°C colocando hielo en el contenedor de agua que impide su salida.

Transcurrido el quinceavo día, tiempo mínimo para la producción de biogás, se trató de encender el mechero. Debido a que el gas no quemaba se continuó probando día por medio, esto es, los días 17, 19 y 21.

## Resultados y Discusión

Recién al día 21 se dejó fluir el gas por la manguera y se encendió una pequeña llama azul, característica del gas metano (ver Figura N° 4). Sin embargo, los resultados fueron menores a lo esperado, lo que no permite trabajar con este mechero en un laboratorio.



Figura N° 6.

Posibles causas para estos resultados:

1. Una variación superior a 2°C/h, lo que pudo afectar al normal desarrollo de los microorganismos (Moltoni y Huerga, sf). Es posible ya que el plástico no retiene de manera eficiente el calor.
2. Un mal funcionamiento del calefactor, que pasó inadvertido durante el proceso.
3. La falta de un sistema de agitación en el reactor, lo que dificulta el contacto entre las bacterias y el sustrato, formando la acumulación de lodo o nata en la parte superior del digestor que impide la salida del biogás. (Vernero, 2011).
4. El control de fugas fue poco eficiente.



## Conclusión

Fue posible alimentar a un mechero con biogás.

Dentro de los beneficios que aporta la energía del biogás, se encuentran:

- Es ecológico y evita la proliferación de insectos y los malos olores por utilizar un contenedor hermético.
- Es económicamente rentable, ya que: se alimenta con recursos renovables; no requiere mayores costos de mantención; se obtienen subproductos como el fertilizante; los materiales de construcción son fáciles de obtener y el diseño es fácil de realizar.

Dado todo lo anterior, se hace necesaria la continuación y perfeccionamiento de este proyecto.

## Bibliografía

Biodisol. (sf). Digestión Anaerobia, Proceso de producción de biogás. <http://www.biodisol.com/que-es-el-biogas-digestion-anaerobia-caracteristicas-y-usos-del-biogas/digestion-anaerobia-proceso-de-produccion-de-biogas-biocombustibles-energias-renovables/>

Escudero de Fonseca A. 2009. Metano en Residuos Domésticos. 2° Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Universidad del Norte, 24 y 25 de Septiembre de 2009. <http://www.uninorte.co/divisiones/Ingenierias/IDS/upload/File/Memorias%20II-SIIR/3e-Escudero-Colombia-001.pdf>

Moltoni A, Huerga I. (sf). Caracterización Térmica de un Biodigestor para el Tratamiento de la Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Rurales. <http://agroelectronica.inta.gob.ar/sites/agroelectronica.inta.gob.ar/files/u2/30.%20biodigestor.pdf>

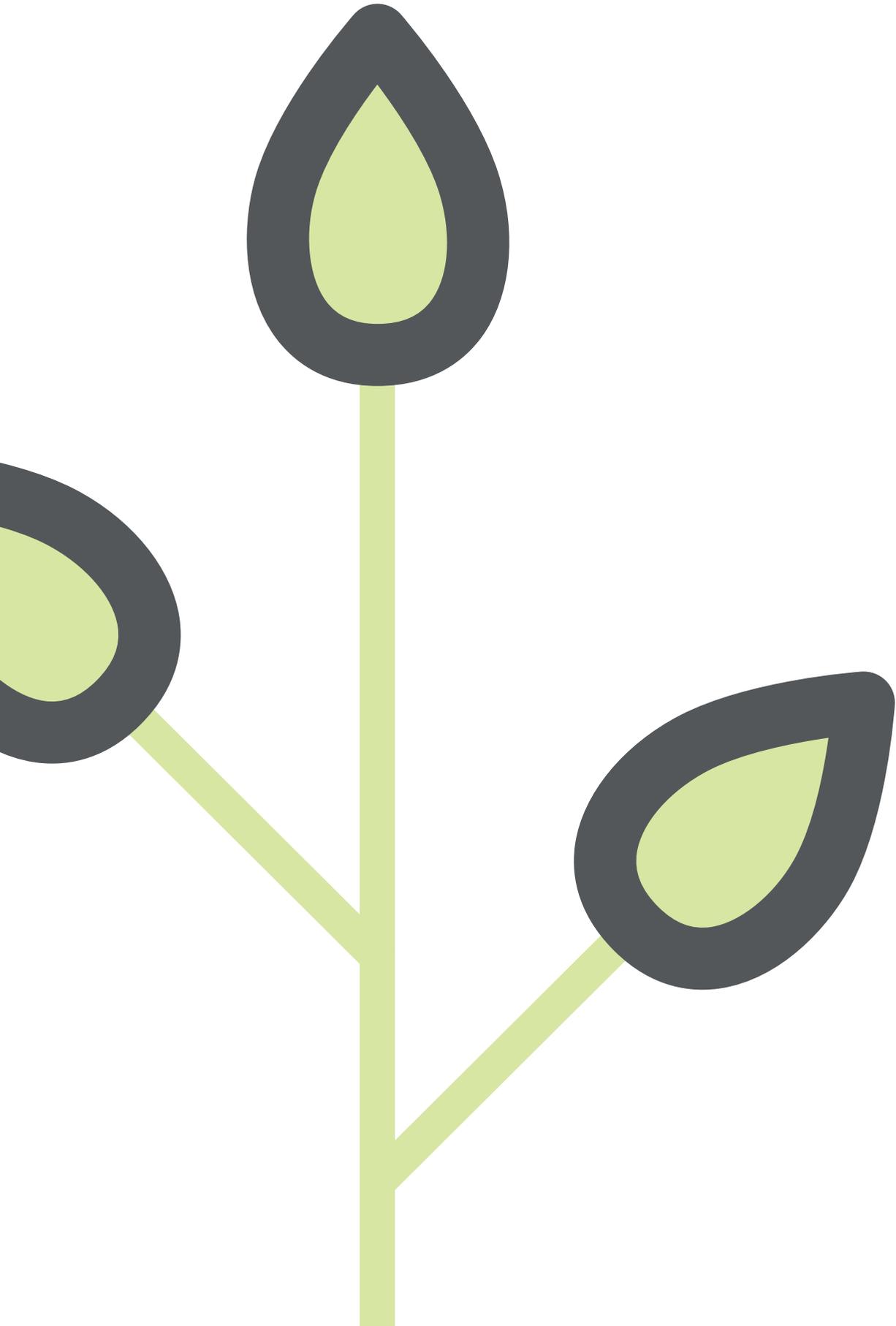
Olaya Y, González LO. 2009. Fundamentos para el diseño de Biodigestores. Módulo para la asignatura de Construcciones Agrícolas, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Cali, Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/7967/4/luisoctaviogonzalezsalcedo.20121.pdf>

Pérez JA. 2010. Estudio y diseño de un Biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico, Facultad de Ingeniería, Universidad de Chile.

Tavizón EP. 2010. Diseño de un Biodigestor para desechos orgánicos de origen vegetal. Tesis de Maestría en Educación Científica, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Ciudad Juárez, Mexico. <http://mwm.cimav.edu.mx/wp-content/uploads/2015/04/Tesis-Tavizon-Alvarado-Eva-Patricia.pdf>

Varnero MT. 2011. Manual de Biogás, MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF. <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>





# CARACTERIZACIÓN DEL O LOS COMPUESTOS ANTIBACTERIANOS DEL AISLADO BACTERIANO ANTÁRTICO M52-112-1 CON CAPACIDAD ANTAGÓNICA SOBRE *SALMONELLA* SP

## CHARACTERIZATION OF THE ANTIBACTERIAL COMPOUND (S) OF THE ANTARCTIC BACTERIAL ISOLATE M52-112-1 WITH ANTAGONISTIC CAPACITY ON *SALMONELLA* SP

Francisca Ambiado • Constanza Espinoza  
 Profesor Guía: Iván Pincheira  
 Asesora Científica: Dra. Helia Bello  
 Colegio de los Sagrados Corazones de Concepción • Concepción  
 ipincheiraster@gmail.com

### Resumen

Los antibióticos son medicamentos utilizados para prevenir y tratar infecciones bacterianas. Sin embargo, las bacterias se han vuelto resistentes, y como consecuencia de esto, muchos antibióticos en la actualidad no permiten a la medicina hacer tratamiento para enfermedades que están afectando a la humanidad. Aunque la resistencia a los antibióticos sea un fenómeno natural, el indebido uso que la sociedad está haciendo, está acelerando este proceso en todo el mundo, de manera alarmante. Apareciendo y propagándose nuevos mecanismos de resistencia bacteriana. Todo esto pone en evidencia la necesidad urgente de buscar nuevos compuestos con actividad antibacteriana. Este trabajo muestra organismos extremófilos presentes en el Territorio Antártico de Chile y que, el mundo científico internacional está muy interesado en dilucidar como fuente de sustancias antimicrobianas, presentes en ellos, los cuales podrían ser estudiados a nivel farmacológico con fines médicos. La idea puntual de este trabajo fue inhibir *Salmonella*. Se estudió el secretado por la bacteria antártica M52-112-1 que presenta(n) actividad antagonista sobre *Salmonella typhi* y *Salmonella enteritidis*. Entre las conclusiones que entrego el estudio del secretado esta que corresponde a un bacilo Gram negativo que presenta actividad antibacteriana sobre *Salmonella*. Su actividad antimicrobiana se encuentra al interior de la célula bacteriana, siendo la temperatura optima 15°C para una mejor actividad.

**Palabras claves:** *Salmonella*; organismo extremófilo; resistencia bacteriana; actividad antagonista; antimicrobiano.

### Abstract

Antibiotics are medicines used to prevent and treat bacterial infections. However, the bacteria have become resistant, and as a consequence many antibiotics do not currently allow to treat diseases that are affecting humanity. Although resistance to antibiotics is a natural phenomenon, the undue use is accelerating resistance throughout the world. New mechanisms of bacterial resistance appear and spread evidencing the urgent need to look for new compounds with antibacterial activity. This work shows extremophile organisms present in the Antarctic Territory of Chile of international scientific interest because they can be new sources of antimicrobial substances. The specific purpose of this work was to inhibit *Salmonella*. The secretion produced by the Antarctic bacterium M52-112-1 that shows antagonistic activity on *Salmonella typhi* and *Salmonella enteritidis* was studied. From the study it is concluded that the secreted corresponds to a Gram-negative bacillus that presents antibacterial activity on *Salmonella*. Its antimicrobial activity is found inside the bacterial cell, with an optimum temperature of 15°C for a better activity.

**Keywords:** *Salmonella*; extremophilic organism; bacterial resistance; antagonistic activity; antimicrobial



# Introducción

Los antibióticos son los medicamentos utilizados para prevenir y tratar las infecciones bacterianas; sin embargo, las bacterias se han vuelto resistentes, y como consecuencia de esto, los antibióticos ahora no hacen efecto en el tratamiento de determinada enfermedad. Cabe recalcar que son las bacterias, y no los humanos ni animales, los que se vuelven resistentes a los antibióticos, y estas bacterias pueden causar infecciones cuyo tratamiento se hace muy dificultoso. Además, estas bacterias fármaco-resistentes son más difíciles de tratar que las no resistentes y hoy día muchos fármacos dejan de ser usados en el tratamiento de enfermedades.

Aunque la resistencia a los antibióticos sea un fenómeno natural, el indebido uso que se les está dando en la actualidad, está acelerando este proceso en todo el mundo de manera alarmante. Provocando así que cada día aparezcan y se propaguen nuevos mecanismos de resistencia bacteriana y, por ende que, el tratamiento de las enfermedades infecciosas sea más difícil.

La pérdida de eficacia de los antibióticos, es una de las mayores amenazas para la salud mundial, la inseguridad alimentaria hace que se incrementen los costos médicos, que se prolonguen la permanencia hospitalaria y aumente la mortalidad. Debido a que no se están implementando las medidas urgentes que este problema requiere, el mundo se ha expuesto y visto amenazado por una era post-antibióticos en la cual las infecciones comunes, que han sido tratadas éxito años atrás, volverían a ser potencialmente letales. Dada la facilidad y la frecuencia con que actualmente se desplazan las personas son factores que pueden provocar

pandemias en una dimensión a nivel mundial. La búsqueda de nuevos tratamientos es urgente.

Es así como, en Sudáfrica los pacientes con tuberculosis resistentes a todos los antibióticos conocidos ya son simplemente enviados a sus hogares para morir [OMS]. Por otra parte, muchas grandes farmacéuticas han abandonado la búsqueda de nuevos medicamentos debido la escasa recompensa financiera y la falta de progreso en el descubrimiento de las mismas. Sin embargo, para algunos microbiólogos, estos son tiempos emocionantes en la investigación de antibióticos ya que hay una gran variedad de caminos por explorar, uno de ellos es la búsqueda de compuestos producidos por microorganismos, como es el caso del aislado Antártico M52-112-1.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó una lista de «patógenos prioritarios» resistentes a los antibióticos, en la que se incluyen las 12 familias de bacterias más peligrosas para la salud humana (1). En esta lista se hace hincapié a la amenaza que implican las bacterias Gram negativas resistentes a múltiples antibióticos, las cuales cuentan con la habilidad innata para encontrar nuevas formas de resistencia a los tratamientos, y pueden, además, transmitir el material genético permitiendo a otras bacterias hacerse fármaco-resistentes. Según la OMS, *Salmonella* es de prioridad elevada para la identificación y desarrollo de antibióticos que puedan inhibirla.

*Salmonella* es un género bacteriano que comprende bacilos Gram negativos que pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Hasta la fecha se han identificado más de 2500 serotipos o serovares diferentes distribui-



dos en dos especies, *Salmonella bongori* y *Salmonella enterica*. *Salmonella* es una bacteria omnipresente y resistente que puede sobrevivir durante varias semanas en un ambiente seco y varios meses en agua.

La mayoría de los serotipos se encuentran en una gran diversidad de hospedadores. Por lo general, esos serotipos causan gastroenteritis, que suele ser un trastorno sin complicaciones y no requiere tratamiento, aunque puede ser grave en los niños, los ancianos y los pacientes inmunodeprimidos. A ese grupo pertenecen *Salmonella enterica* serotipo Enteritidis y *Salmonella enterica* serotipo Typhi. Estos dos últimos constituyen los dos serotipos más importantes de *Salmonella* enterica transmitida de animales a seres humanos en la mayor parte del mundo. [OMS]

Como se ha mencionado antes, el incremento de cepas resistentes a los antibióticos pone en evidencia la necesidad urgente de buscar nuevos compuestos con actividad antibacteriana. Por lo que nuestro equipo de investigación se ha interesado en los organismos extremófilos, los cuales, tal y como dice su nombre, viven soportando condiciones extremas, enfocándonos en los organismos antárticos. Las adaptaciones que estos han desarrollado los promueven como una nueva fuente potencial de recurso para crear compuestos antimicrobianos para controlar infecciones asociadas al hombre. Investigadores de INACH en la Península FILDES (Isla San Jorge), han realizado estudios para encontrar y caracterizar bacterias que posean actividad antagónica sobre patógenos de importancia para la salud humana, estos estudios se han centrado especialmente sobre bacterias multirresistentes a los antibióticos de uso clínico. Lo anterior apunta a la producción de compuestos de naturaleza proteica, del tipo de bacteriocinas u otros compuestos peptídicos.

Debido a todos los problemas que hemos descrito anteriormente, hemos querido aportar y continuar con la investigación para llegar a aislar el o los compuestos con actividad antimicrobiana, que inhiba a *Salmonella*. Lo anterior nos condujo a reformular la pregunta de investigación:

¿Cuál es la característica del o los compuestos antibacterianos secretado por la bacteria antártica M52-112-1 que presenta (n) actividad antagónica sobre *Salmonella* Typhi y *Salmonella* Enteritidis?

## Objetivo General

“Identificar la naturaleza química del o los compuestos secretados por el aislado Antártico M52-112-1 con actividad antagónica sobre *Salmonella* Enteritidis y *Salmonella* Typhi.”

## Objetivos Específicos

- Determinar la naturaleza química del o los compuestos con actividad antibacteriana contra *Salmonella* sp.
- Evaluar su actividad antagónica bajo distintos parámetros físicos o químicos.
- Fomentar y difundir en la comunidad Escolar la Investigación Científica Escolar.

## Metodología

### 1. Corroboración de la actividad antimicrobiana del aislado bacteriano M52-112-1.

Con un asa se tomó muestras de *Salmonella* Enteritidis y *Salmonella* Typhi desde un cultivo bacteriano de 24 h en caldo TSA, luego se realizó una suspensión bacteriana hasta obtener una turbidez óptima de 0,5 Mc Farland, para cada muestra bacteriana utilizada. Esta suspensión bacteriana fue diseminada mediante una tórula sobre la superficie de placas de agar Müeller Hinton, de tal forma de obtener un cespel bacteriano.

Con la punta de una micropipeta se tomaron diferentes discos de 6mm de agar R<sub>2</sub>A cultivado anteriormente con el aislado bacteriano antártico M52-112-1 a diferentes temperaturas (15°C y 20°C), los cuales fueron depositados con pinzas sobre las placas anteriormente señaladas.



Figura N° 1.



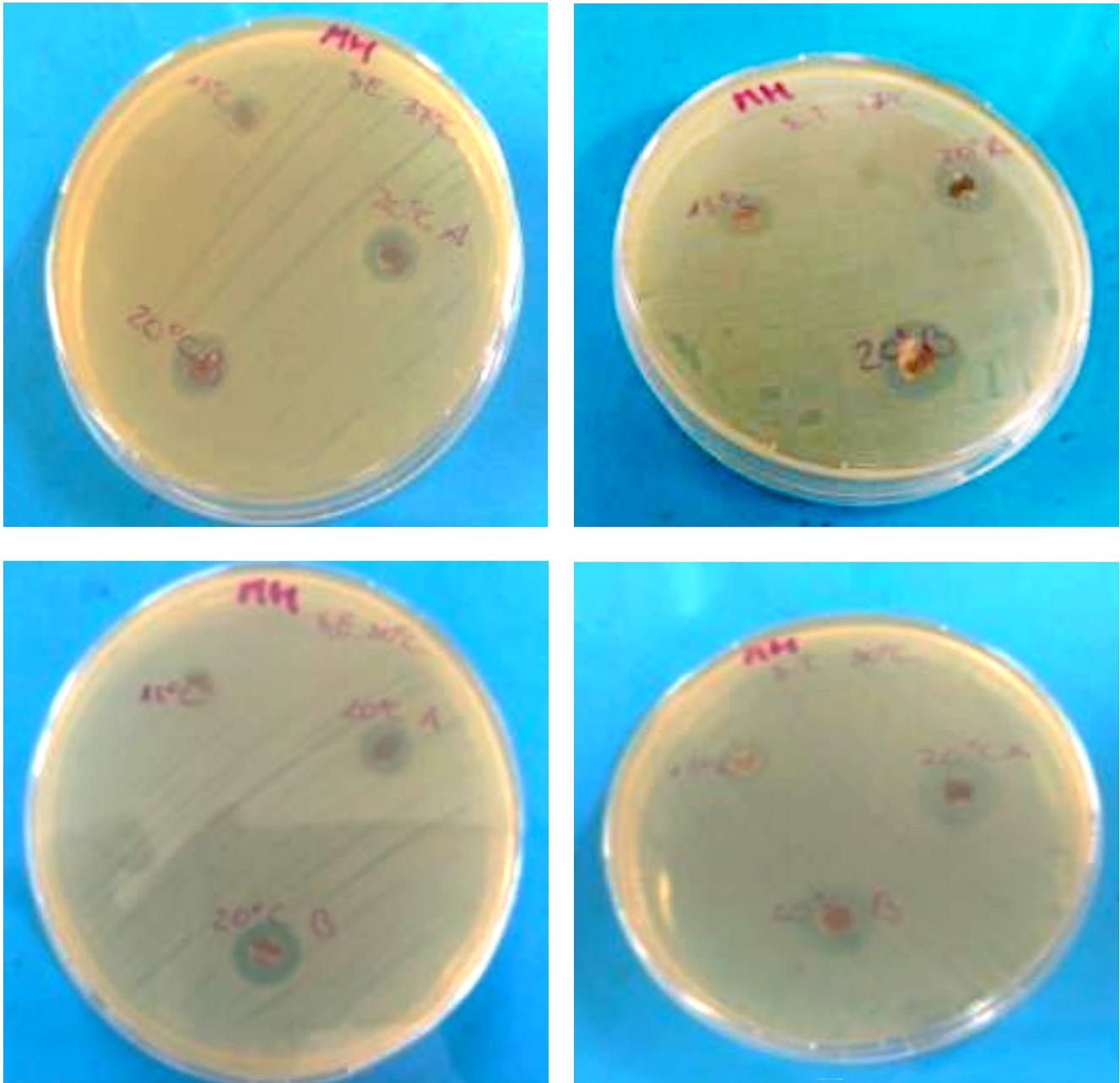


Figura N° 2. Se hicieron duplicados cultivados a diferentes temperaturas (30°C y 37°C).

## 2. Determinación de la temperatura óptima de crecimiento antimicrobiano.

- Se sembró en placas con agar Müller Hinton, *Salmonella* Enteritidis y *Salmonella* Typhi en forma de césped.
- Usando la punta de la micropipeta hicieron pocillos, en los cuales se depositaron 80µl de la bacteria antártica cultivada en caldo R<sub>2</sub>A a diferentes temperaturas: 15°C, 20°C, 25°C y 30°C.

- Finalmente, las placas fueron incubadas en estufa de cultivo a una temperatura de 37°C.

## 3. Localización de la actividad antimicrobiana aislado bacteriano M52-112-1.

- Se traspasó un cultivo de bacteria de caldo R<sub>2</sub>A (3,5mL) a un tubo Falcon, este cultivo tenía 3 semanas.



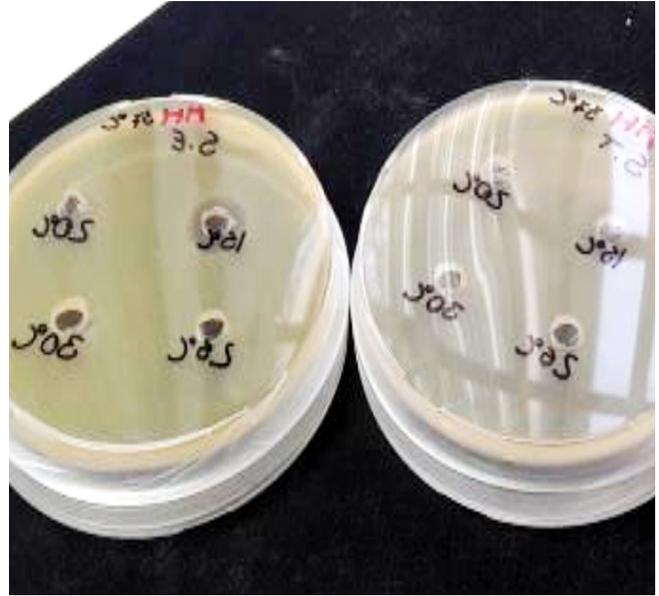
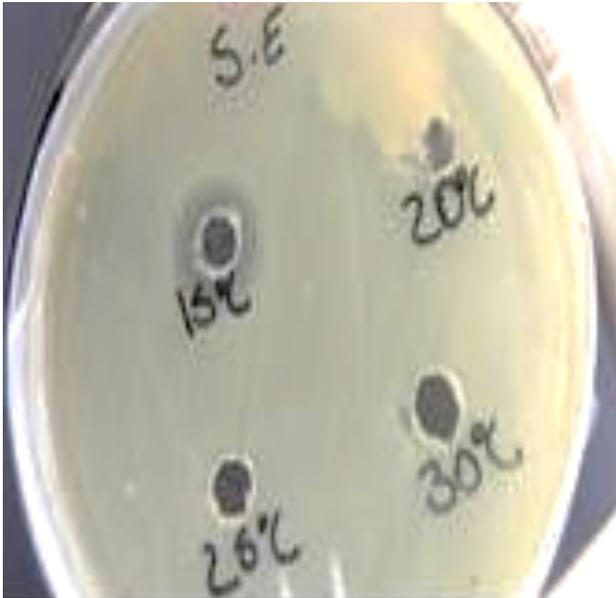


Figura N° 3. Capsulas de Petri con muestras en estudio



Figura N° 4. Sonicador a una amplitud de 60%.

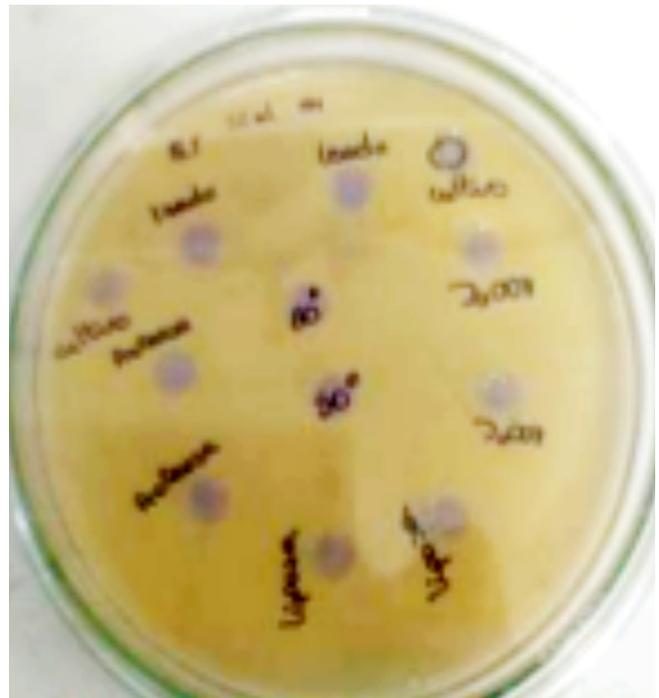


Figura N° 5. Capsula de Petri con muestra en estudio

- Luego este cultivo fue centrifugado a 12.000 rpm, obteniéndose la separación del pellet (bacterias) y el sobrenadante (productos solubles secretados por las bacterias).
- A continuación, se extrajo el sobrenadante con una micropipeta, y se depositó en tubos Eppendorf.
- El pellet se resuspendió con BFS (buffer fosfato salino), se lavó 3 veces y se agitó usando vortex.
- Las células bacterianas fueron lisadas mediante un sonicador a una amplitud de 60% para romper las estructuras celulares bacterianas.
- Este lisado se centrifugó, de manera de separar el pellet (insoluble) y el sobrenadante (intracelular o periplásmico soluble).



- Para depositar el sobrenadante, el lisado soluble, el lisado insoluble y el cultivo directo se hicieron pocillos con la punta de una micropipeta, donde se depositaron 100 µL de cada uno de las fracciones ensayados en duplicado, en placas previamente sembradas con *Salmonella* Enteritidis y *Salmonella* Typhi.

#### 4. Evaluación de la termoestabilidad del compuesto.

La fracción soluble del lisado bacteriano se llevó a temperaturas de 100°C y 50°C por 10 min para comprobar su termoestabilidad.

- Se tomaron 500 µL de la fracción soluble y se redistribuyeron en tubos Eppendorf. A continuación, se sometieron a temperaturas de 50°C y 100°C.
- Luego, se dispusieron 100 µL sobre pocillos realizados en placas de agar R2A impregnadas con *Salmonella* Typhi y *Salmonella* Enteritidis (0,5 Mc Farland), sembrada en forma de césped. Se sembró además, la parte soluble del lisado sin tratar, y cultivo bacteriano a modo de control.

#### 5. Evaluación de la naturaleza del compuesto.

- El pellet se incubó en presencia de proteasas y con la adición de una solución de SDS para evaluar la naturaleza del compuesto con actividad antagónica.
- 500 µL del sobrenadante obtenido posterior a la lisis, fue incubado en presencia de Proteinasa K (proteasa), y con una solución de SDS a 37°C por 3 horas.

#### 6. Identificación del aislado M52-112-1.

El ADN bacteriano se obtuvo a partir de 1 mL de cultivo en medio líquido, incubado a 15°C por 72 h, el cuál fue lavado 2 veces en BFS y centrifugadas a 9000 rpm. Posteriormente, se retiró el sobrenadante y, el pellet se resuspendió en 200 µL de Chélex 5 % con 2,5 µL de

Proteinasa K, se agitó en vortex y se incubó a 56°C por 45 min en baño termostático. Posteriormente, se volvió a agitar en vortex y se incubó por 8 min a 100 °C, para finalmente, centrifugar por 2 a 3 min a 14.000 rpm y se almacenó a 4°C. La concentración del ADN se determinó por absorbancia 260 nm y la pureza por la relación de absorbancias 260/280 nm, medidas en espectrofotómetro. Luego de cuantificar la concentración de ADN, se ajustó, aproximadamente, a 200-250 ng/µl, la que fue utilizada como plantilla de ADN para la llevar a cabo la reacción de polimerasa en cadena (RPC).  
Tabla: Primers utilizados y tamaño del amplicón. (Di Cello *et al.*, 1997).

Partidor	Secuencia del partidor (5´ a 3´)	Tamaño
P0	5´- GAGAGTTTGATCCTGGCTCAG - 3´	1500 pb
P6	5´- CTACGGCTACCTGTTACGA - 3´	

Los productos de amplificación fueron observados en un gel de agarosa al 1 %, el cual se corrió en una cámara de electroforesis, y posteriormente se reveló con Bromuro de Etidio. Los productos de PCR fueron enviados a la compañía MacroGen Corp., una vez recibidas las secuencias, los análisis bioinformáticos se realizaron por comparación de las secuencias obtenidas con aquellas informadas en la base de datos de la NCBI.

### Resultados experimentales

Corroboración de la actividad antimicrobiana del aislado bacteriano M52-112-1.

Siguiendo la metodología descrita y transcurrido 6 días aproximadamente se observan los halos de inhibición obtenidos con la bacteria antártica M52-112-1, cultivada en medio sólido obteniéndose los siguientes resultados:

Tipo de <i>Salmonella</i>	Temperatura de incubación (°c)	Temperatura de incubación del aislado M52-112-1 (°c)	Halo de inhibición (mm)
Typhi	30	20	12 -14
		15	9
	37	20	13 - 15
		15	10
Enteritidis	30	20	10 -11
		15	6
	37	20	10 - 11
		15	15



## 1. Temperaturas óptimas de crecimiento antimicrobiano

Tipo de <i>Salmonella</i>	Temperatura de incubación del aislado M52-112-1 en medio líquido (°C)	Halo de inhibición (mm)
Typhi	15	15
	20	13
	25	0
	30	Sin crecimiento
Enteritidis	15	12
	20	9
	25	0
	30	Sin crecimiento

## 2. Localización del o los compuestos con actividad antibacteriana.

La actividad antimicrobiana se encuentra en el lisado, lo que corresponde al citoplasma bacteriano, en la parte soluble también se encuentra actividad microbiana pero es significativamente menor, por lo que los ensayos siguientes se centraron en la fracción soluble del cultivo bacteriano sometido a lisis.

## 3. Termoestabilidad del o los compuestos.

El compuesto parece ser termoestable mediante la metodología utilizada a 50°C y a 100°C. Al medir los halos se puede evidenciar un leve aumento en el halo de inhibición.

## 4. Naturaleza del Compuesto.

Mediante la metodología utilizada el compuesto no parece tener naturaleza lipídica o proteica, los halos de inhibición se mantienen comparando el lisado sin tratamiento y el lisado tratado con proteasas o con lipasas.

## 5. Identificación bacteriana del aislado M52.112-1.

El análisis del ADN<sub>r</sub>16s indicó 99% de similitud con *Janthinobacterium* sp. (número de acceso: pJX624164.1) y *Duganella* sp. (número de acceso: HM149214.1).

## Análisis y discusión

A partir de la revisión bibliográfica, el equipo investigador escolar, encontró motivación adicional para continuar con la investigación. En ellos se señalan que enfermedades como la salmonelosis, impactan fuertemente en el costo de tratamientos en nuestros países. Por lo que creemos que es importante continuar con este tipo de experiencias usando aislados bacterianos antárticos. En estudios anteriores realizados en el Laboratorio de

Investigación en agentes Antibacterianos, sobre la bacteria se determinó que la actividad antibacteriana se encontraba en el sobrenadante del cultivo bacteriano, y que este era susceptible frente a proteasas e inestable a la temperatura, por lo que podríamos inferir que se tratarían de compuestos distintos. De esta forma se hacen necesarios nuevos estudios para poder determinar los distintos compuestos antibacterianos que sintetiza esta bacteria y relacionar esto con su fase de crecimiento. Es de vital importancia recalcar el impacto de esta investigación, ya que el uso de antibióticos clásicos ejerce una presión selectiva, que favorece la selección de bacterias multiresistentes, esta problemática se ha visto incrementada en bacterias intrahospitalarias, y mediante estos descubrimientos podemos estar frente a nuevas alternativas de tratamiento. Es de importancia considerar las adaptaciones que los microorganismos han desarrollado, los promueven como una nueva fuente potencial de recurso para crear compuestos antimicrobianos para controlar infecciones asociadas a la salud.



Figura N° 6. Cápsula de Petri donde se estudia la naturaleza del compuesto



## Conclusiones

A partir de la investigación se puede concluir que:

1. El aislado antártico M52.112-1 corresponde a un bacilo Gram negativo que presenta actividad antibacteriana sobre *Salmonella*, determinado por el halo de inhibición observado.
2. La temperatura óptima para una mejor actividad antibacteriana sobre *Salmonella* spp. es de 15°C.
3. Los compuestos con actividad antimicrobiana sobre *Salmonella* Enteritidis y *Salmonella* Typhi producidos el aislado antártico M52.112-1 se encuentra al interior de la célula bacteriana.
4. El aislado antártico M52.112-1 puede corresponder a una cepa de *Janthinobacterium* sp. (número de acceso: pJX624164.1) ó *Duganella* sp. (número de acceso: HM149214.1).

## Bibliografía

Organización Mundial de la Salud. Centro de Prensa. 2017. La OMS publica la lista de las bacterias para las que se necesitan urgentemente nuevos antibióticos. <http://www.aaiba.org.ar/newsletter/2017/02.pdf>

Organización Mundial de la Salud. 2014. El primer informe mundial de la OMS sobre la resistencia a los antibióticos pone de manifiesto una grave amenaza para la salud pública en todo el mundo. [www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/amr-report/es/](http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/amr-report/es/)

Instituto de Salud Pública. 2018. Vigilancia de *Salmonella* spp. Instituto de Salud Pública de Chile.. <http://www.ispch.cl/documento/15068>

Is Global. 2017. Instituto de Salud Global. Barcelona. <https://www.isglobal.org/es/informe-la-batalla-contra-las-resistencias>

Organización Mundial de la Salud. 2017. *Salmonella* (no tifoidea). [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs139/es](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs139/es)

Asencio G, Lavin P, Alegría K, Domínguez M, Bello H, González-Rocha G, González-Aravena M. 2014. Antibacterial activity of the Antarctic bacterium *Janthinobacterium* sp: SMN 33.6 against multi-resistant Gram-negative bacteria. *Electronic Journal of Biotechnology* 17: 1-5.

San-Martin A, Vaca I. 2010. Nuevos compuestos con actividad farmacológica: la riqueza oculta en los hongos filamentosos antárticos. *Boletín Antártico Chileno* 29: 13-14.



# EVALUACIÓN Y RECUPERACIÓN DEL SUELO DEGRADADO POR COMPACTACIÓN UTILIZANDO *SOPHORA MACROCARPA*, EN LA COMUNA DE QUILICURA, SANTIAGO DE CHILE

## EVALUATION AND RECOVERY OF DEGRADED SOIL BY COMPACTION USING *SOPHORA MACROCARPA* IN THE COMMUNE OF QUILICURA, SANTIAGO, CHILE

Dannae Rubio • Raúl Roa • Matías Jara • Eduardo Salgado • William Aguilera  
 Matías Gómez • Leticia Loyola • Michelle Fara  
 Profesora Guía: Josefa Vásquez  
 Asesor Científico: Gonzalo Núñez  
 Liceo Bicentenario Francisco Bilbao Barquín • Quilicura  
 Josefa.v.r@gmail.com

### Resumen

En la comuna de Quilicura, el nivel de degradación de los suelos es un problema que en la actualidad está afectando tanto la calidad como la cantidad de vegetación perimetral presente, es por esta razón que, se decidió buscar una solución a esta problemática mediante la evaluación y posterior recuperación de ellos. A través de esta investigación se obtuvieron datos que nos permitió identificar las zonas de Quilicura con suelos degradados para luego recuperarlos mediante la utilización de flora nativa. Un aspecto importante de esta investigación es reconocer cómo se relaciona la calidad del suelo con el tránsito diario de personas, esto debido a la expansión urbana de la comuna, y por otra parte resolver y lograr disminuir la degradación por compactación del suelo en Quilicura. Se investigó el uso de flora nativa como potencial remediador de suelos, para dar solución a la degradación por compactación, y a reducir las aplicaciones de productos químicos nocivos, procurando de este modo no empeorar el estado del suelo, y así también fomentar el uso de especies nativas para la reforestación. En primera instancia se evaluará el estado en el que se encuentran los lugares transitados, para los cuales se elaboró un plano de muestreo y un posterior análisis de los suelos presentes en estas zonas específicas. Luego se llevó a cabo pruebas la reforestación con la especie Mayú (*Sophora Macrocarpa*), planta que según los resultados de la investigación de la flora nativa, es apta para crecer en suelos con estos niveles de degradación.

**Palabras claves:** Compactación; evaluación; recuperación; degradación; suelo.

### Abstract

In Quilicura, soil degradation is a problem that is affecting the quality and quantity of perimeter vegetation. For this reason, it was decided to solve this problem through its evaluation and recovery. Through this research it is expected to obtain specific data to determine the zones of Quilicura with degraded soils, and recover them. Within our research, it is important to recognize how soil quality is related to the transit of people produced by urban expansion in the district of Quilicura. On the other hand, to solve and reduce the degradation by compaction of the soil in the area. The use of the native flora and its abilities to survive was investigated, as well as the diminution of the effects produced by degradation. This solution was chosen because it does not occupy any chemical product that may harm the ecosystem, and also, it increases the use of native species for reforestation. In the first instance, the current status of the places visited will be evaluated, for which a sampling plan will be generated. Secondly, tests will be carried out with the Mayú plant (*Sophora macrocarpa*), since according to the bibliographic search, it can grow in soils with this level of degradation.

**Keywords:** Compaction; evaluation; recovery; soil; degradation. suelo

El proyecto ha participado y ha sido premiado en:

- Primer lugar del Segundo Congreso de Medio Ambiente, Quilicura, 2017.
- Feria STEM - Fundación Ciencia Joven, Valparaíso, 2017.



# Introducción

Gran parte de nuestra comuna posee un alto nivel de degradación de suelo. Producido principalmente por la actividad ganadera y agrícola que se desarrolla en gran parte de la periferia de Santiago, específicamente en comunas como Quilicura y Til-Til; la contaminación producida por las empresas como CCU o Trendy; la expansión urbana, donde es Quilicura la que presenta el mayor crecimiento de Santiago; y finalmente, la compactación del suelo producida por el paso de animales, personas o vehículos diversos, generando una disminución de la microflora y microfauna del lugar. (Universidad Nacional Huancavélica, 2014).

*“En la actualidad, la mayoría de los suelos de la zona centro y centro-norte presentan condiciones físicas muy deterioradas, lo que se traduce en pérdida de estructura, escasa porosidad, baja retención de la humedad aprovechable y compactación, entre otras cosas”* (Sierra, 2016). Esto se puede deber a que los suelos están expuestos a una variada gama de fenómenos, algunos naturales y otros antrópicos, siendo la causa de estos últimos la extensión urbana.

Una de las soluciones a esta, es la reforestación, *“Lo más recomendable a la hora de reforestar es utilizar especies autóctonas, es decir, especies nativas que existían en el área, ya que de esa manera mantendremos el paisaje original, y lo más importante, que no pondremos en riesgo otras especies vegetales...”* (Conexión verde, 2017), la que consiste en plantar árboles donde ya no existen o quedan pocos (principalmente por la tala inmoderada para extracción de madera, el cambio de uso de suelo para la agricultura, la ganadería y el establecimiento de espacios urbanos), cuidándolos para que se desarrollen adecuadamente

y puedan regenerar el suelo degradado. Para que este proceso cumpla su función debemos analizar y conocer el área donde la especie de árbol será ubicada, ya que el equilibrio de la naturaleza es muy sensible, y hacerlo sin el debido conocimiento puede resultar incluso dañino para los ecosistemas. Una mala reforestación podría incluso romper algunas cadenas alimenticias, alterar el ambiente y el suelo dando como resultado un impacto negativo. Las especies que más se adecuan al ecosistema son plantas nativas de Chile, como el mayo o mayú (*Sophora macrocarpa*), la cual se puede encontrar de manera natural a la altura de 0 a 2000 m, con la capacidad de soportar periodos secos de 3 a 5 meses, resistir temperaturas de -8 grados Celsius y por ser una planta leguminosa, que realiza simbiosis con el género bacteriano *Rhizobium*, lo que permite fijar nitrógeno y fertilizar el suelo perimetral de la planta (Ministerio de Medio Ambiente, 2017).

En base a lo anterior se plantea ¿Cómo afecta el tránsito de personas en la calidad del suelo en Quilicura, y cómo poder recuperar estos suelos degradados?, Considerando como hipótesis que es posible reducir la degradación que han sufrido los suelos de Quilicura en aquellas zonas altamente urbanizadas, mediante la reforestación de especies nativas como el Mayú. En base a esta problemática y a los antecedentes recopilados, en esta investigación se pretende identificar las posibles áreas degradadas, analizando las propiedades fisicoquímicas del suelo buscando una relación entre la calidad de suelo y el tránsito de personas en Quilicura y utilizar la especie nativa Mayú como un potencial remediador de suelos afectados por la urbanización en la comuna de Quilicura.



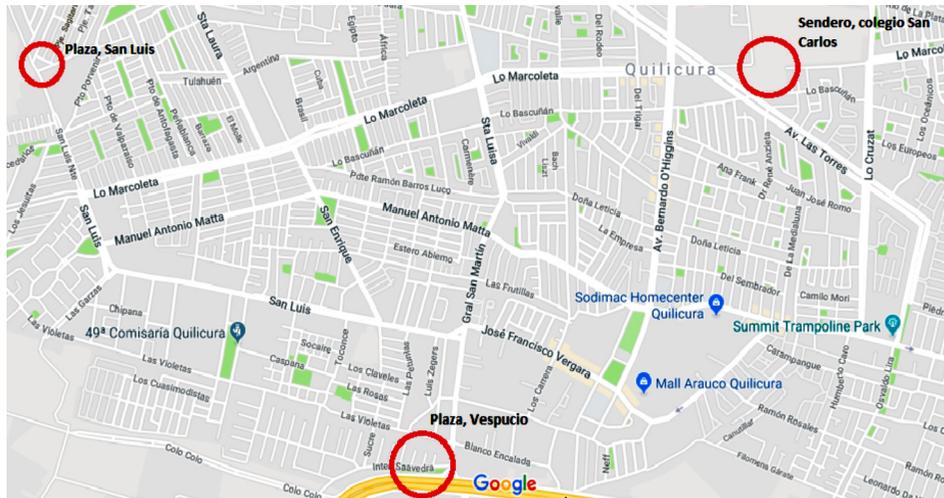


Figura N° 1: Puntos críticos de Quilicura.

## Metodología y Materiales

**Análisis de suelo:**

Primero se determinaron distintos puntos críticos de Quilicura, ver Figura N° 1.

Cada uno de los puntos presentaban distintas condiciones de urbanización significativas, considerando las características urbanas de cada una de ellas se realiza la siguiente descripción:

**Plaza, calle San Luis:**

Es un lugar con un alto flujo de tránsito, el lugar del cual se extrajo la muestra estaba situada al lado de 2 árboles de gran tamaño (eucaliptos), La tierra, al igual que la vegetación circundante, estaba seca. Es un lugar en el que se realizan varias actividades debido a las 2 calles perpendiculares a sus lados, donde hay juegos infantiles para niños que generalmente se utilizan en las tardes.

**Plaza, Vespucio:**

El ambiente es una plaza lo cual provoca que tenga un alto flujo peatonal lo que da más indicios de que el suelo está compactado. Cuenta con pasto, árboles (eucalipto), el personal realiza riego de la zona semanalmente, el tiempo de mayor uso es el fin de semana.

**Sendero, Colegio San Carlos:**

Lugar con un flujo peatonal relativamente alto, rodeado de pasto, cercano a un colegio, vegetación en buen estado y en abundante cantidad.

## Mediciones para determinar la calidad de suelo

Luego de elegir cada uno de los puntos se realizó un análisis fisicoquímico de cada una de las muestras de suelo del lugar considerando para ello los siguientes parámetros:

1. **Porcentaje de humedad:** Se masa una cantidad determinada de tierra recolectada y se registran los datos obtenidos, después se deshidrata la tierra utilizando un mechero, y se procedió a calcular el porcentaje de humedad utilizando la diferencia de masa de la tierra sin deshidratar y la tierra seca.
2. **Carbono orgánico:** Se diluyó una cantidad determinada de la tierra seca en 50 ml de agua oxigenada y después se calentó la dilución con mechero hasta que no se pudieran observar burbujas en ella, posteriormente se masó la tierra diluida, se calculó el porcentaje de C Orgánico en la tierra total utilizando la diferencia en la tierra seca y la tierra diluida (se utilizó como 100% la tierra total).
3. **Conductividad del suelo:** Se diluyó la tierra en una razón de 1g de tierra por 1 ml de agua para después medir la resistencia utilizando un multitester y con esos datos calcular la conductividad, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$



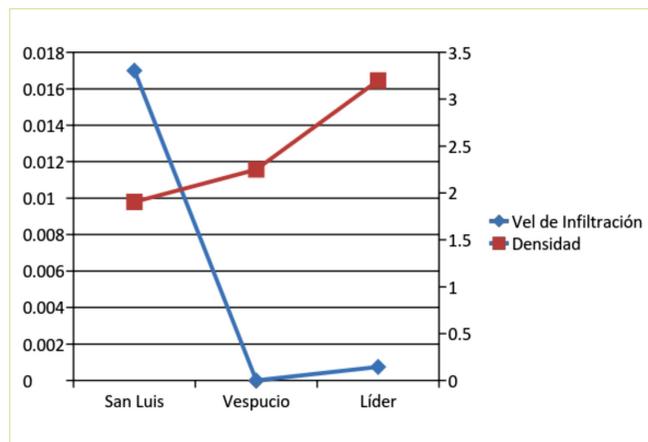


Figura N° 2: Comparación entre velocidad de infiltración (cm<sup>3</sup>/t) y densidad (g/cm<sup>3</sup>).

Donde  $\sigma$  corresponde a la conductancia y  $\rho$  corresponde a la resistencia.

El resultado se mide en micro ohms ( $\mu\Omega-1$ ).

4. PH: Se utilizó la misma tierra que la prueba anterior y en este caso se usó el método de tiras de PH, el cual consiste en poner una gota de la dilución en la tira y comparar con los colores resultantes con la escala de referencia que permite identificar el pH de la sustancia.

5. Infiltración de agua: Se inserta un cilindro metálico de 12 cm de diámetro en el suelo del lugar cubierto de papel aluza plast para después insertar en el cilindro un volumen determinado de agua (H<sub>2</sub>O), se remueve el papel aluza y se comienza a tomar el tiempo que demora la tierra en absorber el agua.

Finalmente se rotularon los datos y se realizó el análisis respectivo en cada uno de los lugares de muestreo.

Una vez realizado el análisis de identificación de los lugares compactados se procedió a identificar la zona de plantación, considerando la toma de muestra anterior, y realizando una nueva toma de muestra.

Luego se cavó con una profundidad de 20 cm y después se introdujeron dos plantas de mayú, en cada una de estas zonas, para inmediatamente ser regadas. Posteriormente se realizaron mediciones de suelo cada 3 semanas, y finalmente se rotularon los datos y análisis.

Cabe destacar que no se realizó intervención alguna en las zonas en donde se plantaron las especies.

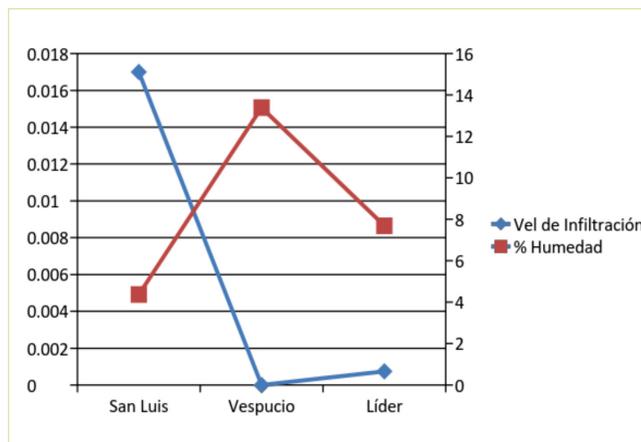


Figura N° 3: Comparación entre velocidad de infiltración (volumen/área\*tiempo) y el porcentaje de humedad.

## Resultados y discusión

A partir de las muestras de tierra recogidas de los distintos lugares con un suelo con evidentes intervenciones urbanas, podemos analizar que:

Existe una relación entre la velocidad de infiltración con respecto a la densidad del suelo, cumpliéndose que a mayor densidad del suelo, mayor tiempo tardará el agua en filtrarse, ocurriendo solamente en las muestras de suelo proveniente del Líder y San Luis, sin embargo en Vespucio ocurrió una excepción, en donde el agua no infiltró, lo cual se puede explicar debido a la alta cantidad de humedad del suelo, lo que pudo haber disminuido la capacidad de absorción de este (Figura N° 3).

También se realizó una comparación entre la conductividad con el carbono orgánico, cumpliéndose siempre que a mayor conductividad, mayor cantidad de sales tendrá el suelo, y por lo tanto más vida orgánica habrá pues está aún no alcanza los niveles suficientes de salinidad como para ser letal. En este último caso también ocurrió una excepción ya que en la zona del supermercado Líder, el carbono orgánico fue mucho más alto, pudiéndose explicar por la presencia de pasto, musgo y animales como caballos en los alrededores del lugar donde se tomó la muestra.

Además se encontró una relación inversamente proporcional entre la densidad del suelo con respecto a la velocidad de infiltración (Figura N° 2). También se determinó una relación directamente proporcional entre la conductividad y el porcentaje de carbono orgánico. También se determinaron las posibles variaciones de



Parámetros	1. Muestra sin planta	2. Muestra primera semana Con planta	3. Muestra Segunda semana Con planta
Densidad	0,856gr/cm <sup>3</sup>	0.764 gr/cm <sup>3</sup>	0.705 gr/cm <sup>3</sup>
Infiltración	0.085 cm <sup>3</sup> /s	0.0043 cm <sup>3</sup> /s	0.096cm <sup>3</sup> /s
pH	6	7	7
Humedad	8,3%	0,29%	0,38%
Carbono orgánico	0,28%	0,28%	0,30%

Tabla N° 1. Parámetros de medición de calidad de suelo del punto de muestreo sin planta mayú, con planta luego de una semana, y con planta luego de dos semanas.

datos causada por errores cometidos durante la toma de muestra o factores del medio de donde se tomó; llegando a tres conclusiones, siendo la primera que en Vespuccio, el porcentaje de humedad fue más alto de lo normal, debido a que el día de toma de muestras los lugares cercanos habían sido regados, pudiendo alterarse este valor, y haber causado una menor infiltración de agua. En segundo lugar que en la muestra de San Luis, la tierra recolectada para los datos de densidad, porcentaje de humedad, porcentaje de carbono orgánico, pH, y conductividad fue distinta al lugar donde se realizó la muestra de infiltración, ya que en el primer lugar, los cilindros no pudieron ser enterrados. Y finalmente que en el sector del supermercado Líder, el porcentaje de carbono orgánico fue mayor debido a la presencia de pasto en los alrededores además de ser utilizado el lugar como un espacio para alimentar animales con el pasto, pudiendo la heces de los caballos brindarle una mayor capacidad de albergar vida en el suelo.

En relación con la recuperación de suelos se pudo realizar la ejecución en dos de los 4 puntos de muestreo de evaluación preliminar. Estableciendo como puntos de recuperación el Liceo Francisco Bilbao y la plaza de San Luis. En esta última se pudo realizar solo la primera muestra ya que la planta de mayú fue extraída del lugar.

Los resultados obtenidos en el lugar de ejecución son los presentados en la Tabla N° 1.

En la primera muestra la humedad es mayor y su infiltración ya que el día anterior existieron precipitaciones. Y se puede inferir de forma preliminar que la calidad de suelo ha mejorado, lo que se ve reflejado en la utilización del pH llegando a 7 y aumentando en un 0,02% la materia orgánica del suelo. Considerando que la toma de muestras se encuentra en proceso.



## Conclusiones

Comprobando nuestra hipótesis podemos decir que los suelos de Quilicura están compactados debido al constante tránsito de personas y animales en la zona, esto se puede observar gracias a los resultados obtenidos los cuales nos indican que los suelos de los lugares investigados presentan baja velocidad de infiltración, lo que genera efectos en factores tales como la humedad, densidad, entre otras.

Con respecto a la segunda etapa de nuestro proyecto, donde se busca a través del Mayú la recuperación y reforestación de estos suelos utilizando plantas nativas, cabe mencionar que es un proceso en el cual el equipo de investigación sigue trabajando, por lo cual no hay resultados concretos, manteniendo nuestra idea de reforestación como una hipótesis en proceso de comprobación, sin embargo los resultados preliminares dan cuenta de la posibilidad de regenerar estos suelos.

## Bibliografía

Conexión verde. 2017. Reforestación: Una actividad vital que da vida y salud al Planeta. <https://www.conexionverde.com/reforestacion-una-actividad-vital-que-da-vida-y-salud-al-planeta/>

Ministerio de Medio Ambiente. 2017. Inventario nacional de especies de Chile. <http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/especies.aspx#>

Sierra C. 2016. Las claves para mejorar la condición de los suelo agrícolas de la zona centro y centro-norte del país. <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Redes/2014/09/11/Suelos.aspx>

Universidad Nacional Huancavelica. 2014. Compactación de los suelos. <https://es.slideshare.net/edisonbarros98/compactaciones-de-los-suelos>

US Department of Agriculture. 2001. Soil Quality Institute Staff. Agriculturally Research Service, Natural Resources Conservation Service. [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_050956.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_050956.pdf)

US Department of Agriculture. 2015a. Biological Indicators and Soil Functions. [https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA\\_NRCSCconsumption/download?cid=stelprdb1269817&ext=pdf](https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid=stelprdb1269817&ext=pdf)

US Department of Agriculture. 2015b. Chemical Indicators and Soil Functions [https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA\\_NRCSCconsumption/download?cid=stelprdb1269818&ext=pdf](https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid=stelprdb1269818&ext=pdf)



# RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA DISTRIBUCIÓN DE LA AVIFAUNA DEL HUMEDAL PETREL

## RELATIONSHIP BETWEEN THE WATER QUALITY AND THE DISTRIBUTION OF BIRDLIFE IN THE PETREL WETLAND

Joaquín Cornejo • Ignacio Leyton • Laura Rebolledo  
Profesores Guía: Carolina Allendes • Marcelo Miranda  
Colegio Charly's School • Pichilemu  
marcelomica@gmail.com

### Resumen

Se da a conocer la relación entre la distribución de avifauna y la calidad del agua del Humedal Petrel (Pichilemu), debido a que dicho lugar fue el foco principal de las descargas de aguas servidas durante las últimas décadas. Se observó que la avifauna no se distribuye de manera uniforme en el sitio de estudio, lo que hipotéticamente se atribuyó a la calidad del agua. Por lo que se buscó determinar la relación entre la distribución de las aves y la calidad del agua, para esto, se realizaron monitoreos quincenales de avifauna simultáneos a muestreos del agua, donde se midieron parámetros físico-químicos para determinar su calidad. Esto se llevó a cabo entre los meses de mayo y agosto del año 2017. Se concluye que, de acuerdo a los parámetros medidos, el agua era de mala calidad, lo que significa que es un agua no apta para la conservación de las comunidades acuáticas y también que, esta no influía en la distribución de avifauna, pero sí en la presencia y ausencia de aves correspondientes a las familias Anatidae y Rallidae. Y a pesar de que el 75% del agua del humedal fue evaluada como de mala calidad, éste presenta altos índices de biodiversidad ecológica alcanzando en promedio entre los meses de estudio 0,92 en Simpson y 2,9 en Shannon - Weaver.

**Palabras claves:** Aves; calidad del agua; parámetros físico químicos.

### Abstract

It's exposed the relationship between the birdlife's distribution and water quality from Petrel Wetland, Pichilemu. Due to the fact that this place used to be the main focus of the sewage waters discharge for the last decades and yet, some studies affirm that it surprisingly hides a tremendous birdlife diversity. It could be appreciated that the bird's species did not present a homogeneous distribution in the place of study, which was hypothetically attributed to the water quality. So it was sought to determine the relation between birdlife's distribution and the water quality. In order to accomplish that, there were carried out biweekly birdlife's monitorings simultaneous to water's sampling, which were analyzed later by its physical-chemical parameters to determine the water quality. This was put into action between the months of May to August 2017. It is concluded that, according to the measured parameters, the water had a low quality, which means that it's not adequated to the conservation of aquatic communities and, moreover, this had no influence on the birdlife's distribution, but it did have an influence in the presence and absence of birds belonging to the Anatidae and Rallidae families. Despite the fact that 75% of the wetland's water was evaluated as low quality, this presents high ecology diversity's index reaching in average between the studied months 0, 92 for Simpson and 2, 9 for Shannon – Weaver.

**Keywords:** Birds; water quality; physical-chemical parameters.



# Introducción

La vida se inició en el agua, y a medida que pasaron los años fue evolucionando y diversificándose, expandiéndose fuera de ésta y poblando así el planeta Tierra, formando de esta manera la gran biodiversidad de especies, tanto de flora como de fauna, presentes en la biósfera (Hoffman y Armesto, 2014). Entre todas las especies terrestres que evolucionaron surgió el hombre, siendo la producción de desechos una de las características que lo distinguía de otras especies, sin embargo, la contaminación que producía era solo a escala local y no fue sino hasta finales del siglo XX que la contaminación aumentó a un nivel sin precedentes, afectando a una escala global al medioambiente (Sarlino, 1998). Entre los ecosistemas afectados por la contaminación se encuentran los cuerpos de agua, que a pesar de ser el compuesto más abundante de la biósfera es uno de los más escasos para el ser humano, ya que requiere de agua dulce y solo el 3% del agua en el mundo corresponde a ella, y de este 3% solo  $\frac{1}{4}$  es accesible para el hombre, siendo esta agua la perteneciente a los cuerpos dulceacuícolas continentales.

Considerando además que la necesita limpia y fresca, se reduce aún más el agua disponible para el hombre, debido a la contaminación de ésta misma (Ramírez y San Martín, 2008). Dentro de estos cuerpos de agua se hallan los humedales, que son zonas de la superficie terrestre que están temporal o permanentemente inundadas, reguladas por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que las habitan (Ramsar, 1971). La importancia de estos espacios recae en que son reservas de agua dulce, regulan la temperatura, son fuente de alimento, mitigan el cambio climático y albergan una gran biodiversidad de especies (Ramírez y San Martín, 2008). En la comuna de Pichile-

mu, ubicada en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Chile, se encuentran diversos humedales tales como Laguna del Perro, El Bajel, El Ancho, Cahuil y Petrel, situándose esta última dentro del radio urbano (PLADECO, 1997), y siendo por mucho tiempo el foco principal de las descargas de aguas servidas de la comuna (Saldías, 2012), a pesar de lo mencionado anteriormente investigaciones señalan que este humedal alberga una alta biodiversidad de avifauna (Aguirre y Celis, 2016), lo que indica la importancia y el valor que tiene para la comuna. No obstante, se ha podido observar que la comunidad de avifauna presente en el Humedal Petrel no se distribuye uniformemente, concentrándose solo en ciertos sectores. Por lo que, considerando los antecedentes del humedal, se cree que esta distribución heterogénea se debe a la calidad del agua, motivo por el cual esta investigación busca determinar la calidad del agua y su relación con la distribución de avifauna.

**Objetivo General:** Determinar la calidad del agua del humedal Petrel y su relación con la distribución de avifauna.

**Objetivos específicos:**

1. Estimar la diversidad de avifauna del Humedal Petrel.
2. Determinar parámetros físico-químicos y evaluar la calidad del agua del Humedal Petrel.
3. Relacionar la distribución de avifauna con los parámetros físico-químicos por medio de cálculos estadísticos.

**Hipótesis:** La calidad del agua del humedal Petrel es heterogénea e influye en la distribución de avifauna.





Figura N° 1. Sitio de estudio. Humedal Petrel, Pichilemu ( $32^{\circ}14'16''\text{S}$ ,  $71^{\circ}31'16''\text{O}$ ) Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile. Las elipses muestran los sectores de avistamiento. Señalizados con números y diferentes colores. (Vista Google Earth).



Figura N° 2. Sitio de estudio. Estaciones de monitoreo con sus respectivos subsectores de muestreo. Se muestran las nueve estaciones de muestreo para los parámetros físico-químicos. (Vista Google Earth).

## Metodología

### Espacio - Temporal

En la comuna de Pichilemu, se seleccionó el Humedal Laguna Petrel ( $34^{\circ}23'01.12''\text{S}$   $71^{\circ}59'58.73''\text{O}$ ), que posee un área de  $437.288\text{ m}^2$  y un perímetro de  $3.121\text{ m}$ . El trabajo fue llevado a cabo durante la temporada otoño-invierno, entre los meses de mayo y agosto del año 2017.

### Estimación de Biodiversidad de avifauna

Se realizó un monitoreo quincenal de las aves que habitan en el humedal. Para esto, se establecieron esfuerzos para homogenizar las condiciones de avistamiento, tales como; tiempo atmosférico (sin lluvia, niebla o vientos fuertes) y una hora de comienzo y término que se respetó durante el desarrollo de la investigación (de 14:00 a 16:30 hrs.). Además, el sitio de estudio fue sectorizado en tres zonas para abarcar de forma ordenada la totalidad del área del humedal, en base a lugares estratégicos que permitieran buena visibilidad para el avistamiento (Figura N° 1), para lo cual se utilizó como guía de reconocimiento el libro "Aves de Chile" (Jaramillo, 2005) binoculares y cámaras fotográficas, herramientas que facilitaron el desarrollo de esta tarea. En la recopilación de datos se determinaron dos variables ecológicas por sesión de monitoreo, riqueza (R) de especies y abundancia (Ab) de individuos, adicionalmente, se clasificó a las especies de acuerdo

a su ambiente, se las distinguió entre residentes y migratorias y también se llevó a cabo una investigación bibliográfica con el objetivo de determinar el estado de conservación de cada especie.

### Determinar parámetros físico-químicos

Se tomaron muestras de agua del humedal quincenalmente, de manera simultánea al monitoreo de avifauna y bajo las mismas exigencias planteadas previamente, considerando los siguientes parámetros: temperatura ambiental<sup>1</sup>, temperatura del agua, total de sólidos disueltos (de ahora en adelante TSD), acidez (de ahora en adelante pH) y conductividad eléctrica (de ahora en adelante C.E). Para la toma de muestras de agua se subsectorizó en tres partes cada sector definido para el monitoreo de avifauna (Figura N° 2). Para tomar la muestra ingresaron al humedal dos personas por medio de un kayak doble, y nueve tubos falcon de 50 ml correspondientes a cada sector con sus respectivos subsectores. Una vez en el agua se remó hasta cada subsector establecido en el mapa, tal como lo establece la NCh 411/2 (INN, 1996): (Figura N° 3). Una vez terminado el proceso de toma de muestras, se continuó con el análisis de éstas por medio de una sonda (HANNAH HI98130), (Figura N° 4). Además, se calculó la desviación estándar de los sectores respecto al promedio total del humedal, utilizando la fórmula para datos no agrupados, con la finalidad de determinar el grado de homogeneidad o heterogeneidad de los parámetros, y, en consecuencia, el del agua también.

1 La temperatura ambiental se consideró para calcular la diferencia de temperatura entre el ambiente y el agua.





Figura N° 3. Muestreo de agua siguiendo la metodología propuesta por la NCh 411/2.

Siendo la expresión matemática que permite calcular el grado de desviación la siguiente:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S = Desviación Estándar.

$\Sigma$  = Sumatoria de.

$X_k$  = dato.

$\bar{X}$  = Media aritmética del conjunto de datos.

n = Número de datos.

## Evaluación de calidad del agua

Se utilizó de referencia a la "guía de CONAMA para el establecimiento de normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas (2004)". Esta norma establece los valores máximos y mínimos para la protección y conservación de las comunidades acuáticas de acuerdo a los parámetros correspondientes, señalando además cada clase de calidad de agua.

## Relacionar parámetros físico-químicos con la distribución de avifauna por medio de cálculos estadísticos

Para relacionar los parámetros físico-químicos con la distribución de la avifauna, se calculó el coeficiente de correlación lineal de Pearson (Pearson, 1895) entre la distribución de aves y cada parámetro medido considerando 8 jornadas de estudio, mediante la siguiente fórmula:

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$



Figura N° 4. Medición de parámetros físico-químicos *in situ*.

Donde:

$r_{xy}$  = Coeficiente de correlación de Pearson de x e y.

$S_{xy}$  = Covarianza de x e y.

$S_x$  = Desviación estándar de x.

$S_y$  = Desviación estándar de y.

Los respectivos valores pueden variar entre -1 y 1. Los valores cercanos a -1 indican una relación inversamente proporcional entre las variables, por otro lado, los valores cercanos a 1 indican que existe una relación directamente proporcional entre las variables y valores iguales o cercanos a 0 señalan que no existe una relación entre ellas, por lo tanto, la relación es nula.

## Resultados y Discusión

### Estimación de diversidad de avifauna

Se identificaron un total de 66 especies, distribuidas en 13 órdenes, de los 22 presentes en Chile, lo que significa que en este espacio se puede encontrar a más de la mitad (59,09%) de los órdenes de Chile. Por otra parte, se identificaron 28 familias de un total de 66, lo que se representa por un 42,42% de las familias presentes en Chile (Tabla N° 1). Otro estudio de censo en el mismo humedal durante la temporada anual comprendida entre 2016 y 2017 registra un total de 92 especies (Cornejo *et al.*, 2017). La diferencia de riqueza total entre ambos estudios radicaría en el tiempo que han abarcado, ya que esta investigación solo considera la temporada otoño-invierno con 4 meses de monitoreos, no considerando los 8 meses restantes del año.

### Parámetros físico-químicos

Los valores promedios por sector y promedio total, más la desviación estándar, se muestran en la tabla N° 2. Y respecto a la evaluación del agua de acuerdo a la guía



de CONAMA (2004), el pH fue el único de los parámetros que estuvo dentro del rango óptimo, estando los demás en clase 4, la cual indica una mala calidad del agua (Tabla N° 3).

De acuerdo a la relación entre parámetros físico-químicos y la distribución de las aves calculada por medio del coeficiente de correlación de Pearson, se adjuntan los resultados obtenidos en la Tabla N° 4.

En relación a los parámetros calculados se pudo constatar que el pH promedio del humedal (8,2) es ligeramente alcalino, lo que coincide con lo descrito por Abarca (2007) para los humedales costeros. Respecto a la conductividad eléctrica y total de sólidos disueltos, dos parámetros relacionados directamente (Abarca,

2007), se obtuvieron en promedio valores mayores de acuerdo a los límites establecidos por CONAMA (2004). Esto se explicaría por el ingreso de agua marina al humedal, que entra a la laguna cuando se abre la desembocadura artificialmente, aumentando así la salinidad del agua, que se ve reflejada en un incremento sustancial en los valores de C.E y TSD (ver Figuras N° 5 y N° 6), ya que estos parámetros están relacionados directamente con la salinidad (Chapman y Kimstach, 1996). Por otra parte, al analizar la desviación estándar de cada parámetro, se pudo establecer que los 4 indicadores presentaban una desviación mínima entre los sectores del humedal, lo que significa que el agua de éste es homogénea, contrario a lo que se creía antes de realizar la investigación.

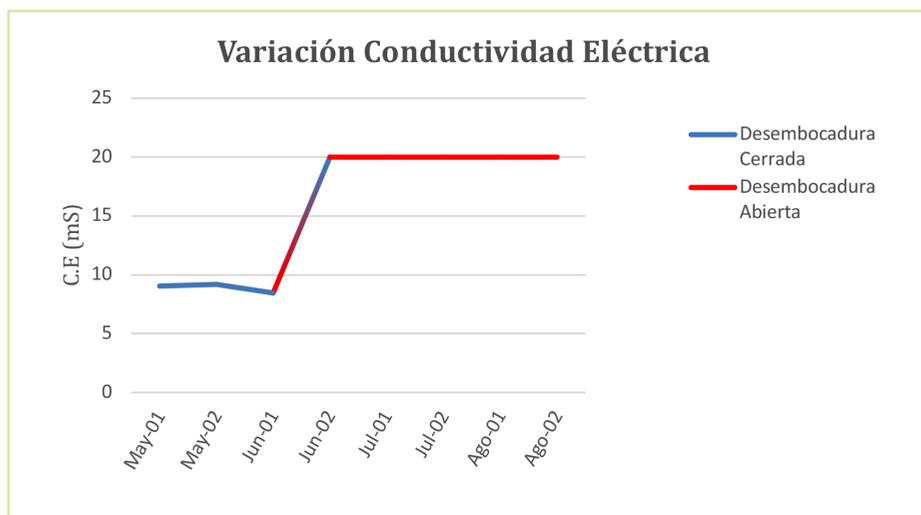


Figura N° 5. Gráfico de línea. Muestra la variación en promedio de la C.E a lo largo del tiempo de estudio, destacando en azul cuando la desembocadura estuvo cerrada y en rojo cuando estuvo abierta.

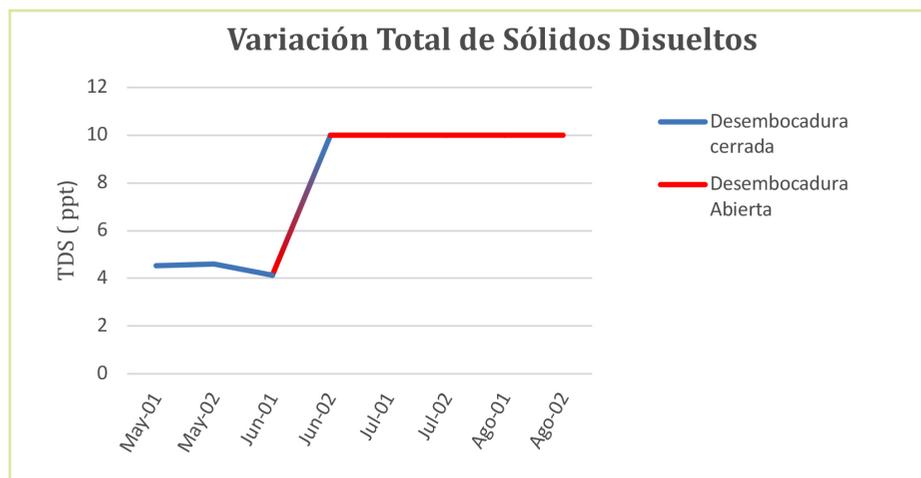


Figura N° 6. Gráfico de línea. Muestra la variación en promedio de TDS a lo largo del tiempo de estudio, destacando en azul cuando la desembocadura estuvo cerrada y en rojo cuando estuvo abierta.



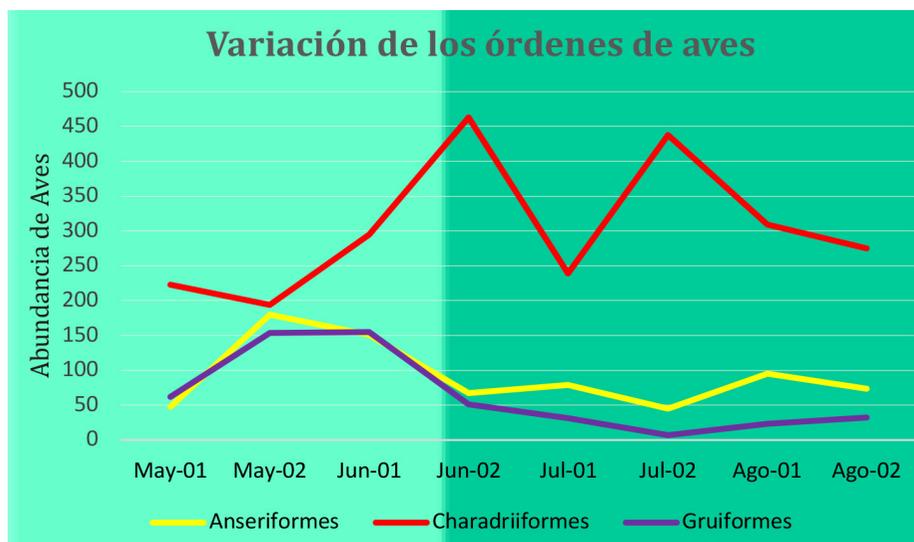


Figura N° 7. Gráfico de líneas. Muestra la variación de los órdenes anseriformes, gruiformes y charadriiformes a lo largo del tiempo de estudio. Destacando en verde claro el gráfico para cuando estuvo cerrada la desembocadura (mayo 01- junio 01) y en verde oscuro para cuando estuvo abierta (junio 02- agosto 02).

## Evaluación del agua

Según lo establecido por la guía de CONAMA (2004), se pudo evaluar al 75% de los parámetros como clase 4, es decir, que esta agua en general no es apta para la conservación de las comunidades acuáticas o usos prioritarios sin el tratamiento adecuado (CONAMA, 2004), siendo el único parámetro fuera de esta clase el pH, el cual se encontraba dentro del rango óptimo (6.5-8.5), lo que coincide con el estudio de Vargas (2017). Aun así, cabe mencionar que a pesar de la mala calidad del agua el humedal presenta altos índices de diversidad ecológica, alcanzando en promedio índices de 0,93 Simpson y 2,9 Shannon - Weaver (Cornejo *et al.*, 2017).

## Relación entre distribución de avifauna y parámetros físico-químicos

De acuerdo a los valores de correlación de Pearson obtenidos y sus respectivos gráficos, se pudo establecer que al ser todos tan cercanos a 0 y no presentar ninguna tendencia, la influencia de los parámetros físico-químicos estudiados sobre la distribución de avifauna es nula, lo que significa que las variables estudiadas no poseen una relación lineal. Por lo que se refuta la hipótesis planteada, ya que la calidad del agua, para los valores registrados, no influye en la distribución de avifauna, siendo entonces otros los factores determinantes de la distribución. Y cabe mencionar que, a pesar de no haber relación, sí se pudo apreciar que la calidad del agua y también el nivel de ésta, fueron factores determinantes en la presencia de avifauna, ya

que cuando se abrió la desembocadura al mar hubo un aumento sustancial de la salinidad del agua, teniendo como consecuencia la disminución de anseriformes (*Coscoroba coscoroba*, *Cygnus melancoryphus*, *Anas flavirostris*, *Anas georgica*, *Anas bahamensis*, *Spatula cyanoptera*, *Spatula platalea*, *Mareca sibilatrix* y *Oxyura vittata*) y gruiformes (*Fulica armillata*, *Fulica leucoptera*, *Fulica rufifrons* y *Gallinula melanops*), más el aumento de charadriiformes (Figura N° 7). Lo primero se explicaría ya que, al ser éstas aves estrictamente acuáticas, se ven más afectadas por la calidad del agua, y se infiere que éstas no están adaptadas para contrarrestar altos niveles de sal en sus cuerpos, ya que son en general especies de agua dulce y por lo tanto no han tenido la necesidad de desarrollar en gran medida su glándula salina, viéndose perjudicadas por aumentos bruscos de salinidad (Soto y Bert, 2010). Por el contrario, el aumento de aves charadriiformes (*Charadrius modestus*, *Charadrius collaris*, *Charadrius falklandicus*, *Charadrius alexandrinus*, *Vanellus chilensis*, *Haematopus palliatus*, *Larus maculipennis*, *Larus modestus*, *Larus dominicanus*, *Sterna trudeaui*, *Rynchops niger*, *Himantopus melanurus*, *Tringa flavipes*, *Calidris alba*, *Numenius phaeopus*) se explicaría por el bajo nivel del agua posterior a la apertura del estuario, ya que éstas son aves vadeadoras, lo que significa que dependen parcialmente del agua, debido a que su alimento lo encuentran en la ribera de los cuerpos de agua, viéndose favorecidas por la disminución en los niveles de agua (Moreno e Infante, 2010). En base a estos dos hechos, se puede establecer que la apertura del estuario tiene un fuerte impacto sobre el humedal.



Tabla N° 1. Clasificación de las especies según órdenes, familias, estado de conservación y ambiente: donde el color azul representa el medio acuático y el color naranja otros ambientes.

Orden	Familia	Especie	Estado de conservación
Anseriformes	Anatidae	Cisne coscoroba	En peligro (EN)
		Cisne de cuello negro	En peligro (EN)
		Pato colorado	Preocupación menor
		Pato cuchara	Insuficientemente conocida
		Pato gargantillo	Preocupación menor
		Pato jergón chico	Preocupación menor
		Pato jergón grande	Preocupación menor
		Pato rana	Preocupación menor
		Pato real	Preocupación menor
Apodiformes	Trochilidae	Picaflor chico	Preocupación menor
		Picaflor gigante	Preocupación menor
Charadriiformes	Charadriidae	Chorlo chileno	Preocupación menor
		Chorlo de collar	Preocupación menor
		Chorlo de doble collar	Preocupación menor
		Chorlo nevado	Preocupación menor
		Queltehue	Preocupación menor
	Haematopodidae	Pilpilén	Preocupación menor
		Gaviota cahuil	Preocupación menor
		Gaviota dominicana	Preocupación menor
		Gaviota garuma	Rara, Vulnerable (VU)
		Gaviotín piquerito	Preocupación menor
		Rayador	Preocupación menor
	Recurvirostridae	Perrito	Preocupación menor
	Scolopacidae	Pitotoy chico	Preocupación menor
		Playero blanco	Preocupación menor
		Zarapito	Preocupación menor
Ciconiiformes	Ardeidae	Garza chica	Preocupación menor
		Garza cuca	Preocupación menor
		Garza grande	Preocupación menor
		Huiravo	Preocupación menor
	Threskiornitidae	Cuervo de pantano	En peligro (EN)
Columbiformes	Columbidae	Paloma	Preocupación menor
		Tortolita cuyana	Preocupación menor
Falconiformes	Accipitridae	Peuco	Preocupación menor
	Falconidae	Cernícalo	Preocupación menor
		Tiuque	Preocupación menor
	Cathartidae	Jote de cabeza colorada	Preocupación menor
Orden	Familia	Especie	Estado de conservación



Gruiformes	Rallidae	Tagua chica	Preocupación menor
		Tagua común	Preocupación menor
		Tagua de frente roja	Preocupación menor
		Tagúita	Preocupación menor
Passeriformes	Emberizidae	Chincol	Preocupación menor
		Chirihue	Preocupación menor
		Loica	Preocupación menor
		Tordo	Preocupación menor
		Trile	Preocupación menor
	Fringillidae	Cometocino de gay	Preocupación menor
		Diuca	Preocupación menor
		Jilguero	Preocupación menor
	Furnariidae	Churrete acanelado	Preocupación menor
		Tijeral	Preocupación menor
	Hirundinidae	Golondrina chilena	Preocupación menor
	Muscicapidae	Zorzal	Preocupación menor
	Passeridae	Gorrión	Preocupación menor
	Phytotomidae	Rara	Preocupación menor
	Troglodytidae	Chercán	Preocupación menor
	Tyrannidae	Cachudito	Preocupación menor
		Colegial	Preocupación menor
		Diucón	Preocupación menor
Siete colores		Preocupación menor	
Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	Flamenco chileno	Vulnerable (VU)
Galliformes	Odontophoridae	Codorniz	Preocupación menor
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	Yeco	Preocupación menor
Podicipediformes	Podicipedidae	Huala	Preocupación menor
		Pimpollo	Preocupación menor
Strigiformes	Strigidae	Chuncho	Preocupación menor

Tabla N° 2. Resumen parámetros físico-químicos: Muestra los promedios por sector de los parámetros medidos más el promedio final de dichos parámetros, además de la desviación estándar respecto a este último.

Parámetros	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Promedio	Desviación Estándar
pH	8,1825	8,22875	8,19125	8,200833333	0,024569205
TDS (ppt)	7,93625	7,91125	7,9075	7,918333333	0,015629166
C.E (mS)	15,85375	15,845	15,81	15,83625	0,023150324
T° Agua	15,3875	15,2875	14,6375	15,10416667	0,407226391



Tabla N° 3. Evaluación de calidad del agua. Muestra la evaluación de la calidad del agua en base al promedio de los parámetros medidos.

Parámetros	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Promedio	Calidad del Agua
pH	8,1825	8,22875	8,19125	8,200833333	Óptima
TDS (ppt)	7,93625	7,91125	7,9075	7,918333333	Clase 4
C.E (mS)	15,85375	15,845	15,81	15,83625	Clase 4
$\Delta T^\circ$ (C°)	3,5625	3,5625	3,8625	3,6625	Clase 4

Tabla N° 4. Relación entre dos variables: Muestra los valores del coeficiente de correlación de Pearson para las relaciones entre conductividad eléctrica y aves, pH y aves, total de sólidos disueltos y aves, temperatura y aves.

Variabes	Pearson
C.E-Aves	-0,031462335
pH-Aves	-0,04955888
TDS-Aves	-0,028314111
Temperatura-Aves	0,051162728

## Conclusiones

En conclusión, se refuta la hipótesis planteada ya que no hay relación entre la calidad del agua y la distribución de avifauna en los parámetros obtenidos y sus valores, sin embargo, la calidad de ésta sí influye en la presencia de especies estrictamente acuáticas, como lo son las pertenecientes a las familias anatidae (cisnes y patos) y rallidae (taguas). Igualmente, se concluye que la apertura artificial del estuario tiene un impacto importante en el humedal, afectando tanto la calidad de su agua como la avifauna presente en él, por lo que es necesario tomar medidas para regular dicha situación. Por otra parte, se puede establecer a este humedal como un sitio que merece ser rescatado y protegido por la comuna, ya que, a pesar de presentar una mala calidad de agua de acuerdo a los parámetros medidos, registra altos índices de diversidad ecológica.

## Bibliografía

Abarca F. 2007. Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. En IN Ecología, Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México, Ciudad de México, México.

Aguirre J, Celis I. 2016. Monitoreo de la avifauna de la laguna Petrel. Pichilemu, Región de O'Higgins.

Chapman D, Kimstach V. 1996. Selection of water quality variables. En D Chapman, Water quality assesments, Londres, UK.



- CONAMA. 2004. Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas. Chile.
- Cornejo J, Rebolledo L, Molina C, Miranda M, Allendes C. 2017. Un tesoro escondido que reclama ser descubierto a través de cantos y trinos no escuchados. Colegio Charly's School, Pichilemu. Proyecto Científico, 47° Feria Científica Nacional Juvenil MNHN 2017.
- Hoffman A, Armesto J. 2014. Ecología del Agua. Chile: Corporación Instituto de Ecología y Biodiversidad.
- INN, 1996. Norma chilena 411/2 Of. 96 Calidad de agua – Muestreo. Parte 2. Guía sobre técnicas de muestreo.
- Jaramillo Á. 2005. Aves de Chile. Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Moreno P, Infante D. 2010. Habitantes de los Humedales. En P Moreno, D Infante, Veracruz. Tierra de Ciénagas y Pantanos, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Pearson K. 1895. Note on regression and inheritance in the case of two parents. Proceedings of the Royal Society of London 58: 240-242.
- PLADECO. 1997. Plan de Desarrollo Comunal de Pichilemu 1997-2003. En D. Pichilemu.
- Ramírez C, San Martín C. 2008. Ecosistemas Dulceacuícolas. En CONAMA, Biodiversidad de Chile, Patrimonios y Desafíos, Ocho Libros Editores, Santiago, Chile.
- Ramsar. 1971. Convention on Wetlands of International Importance specially as Waterfowl Habitat. Ramsar, Irán.
- Saldías W. 2012. La Laguna de Petrel y Laguna de Cáhuil "están abiertas": cada una tienen su historia ligada a los políticos. PichilemuNews. Obtenido de <http://www.pichilemunews.cl/detalle.php?id=1320>
- Sarlingo M. 1998. Proyecto Ecología Política, Interdisciplinariedad y Cambio Social. FACSOUNICEN, Departamento de Antropología Social, Buenos Aires, Argentina.
- Soto C, Bert E. 2010. Valoraciones clínica de los problemas renales en aves ornamentales. Revista electrónica de veterinaria 11 (11B). [www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111110B/111003B.pdf](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111110B/111003B.pdf)
- Vargas JM. 2017. Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Petrel (Región de O'Higgins), para la aplicación de cultivos acuáticos como alternativa fitorremediadora para la eliminación de contaminantes a escala laboratorio. Tesis, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.



# ¿Por qué crees que hay menos mujeres que estudian ciencia?

## MARÍA JOSÉ LARRAZABAL



Nacionalidad Chilena

Especialidad Ingeniería y Tecnología de Alimentos

Universidad de Antofagasta

Creo que se debe principalmente al rol que la sociedad ha asignado a las mujeres, orientados principalmente al cuidado de las familias, siempre bajo la dirección de un "padre". En los últimos años se han visto avances significativos respecto de una mayor igualdad de oportunidades y derechos, sin embargo, aún existen situaciones cotidianas que no contribuyen a esto. Un ejemplo claro ocurre en cualquier tienda comercial, donde encontraremos juguetes destinados para niños, de aventuras y acción, y otros para niñas, generalmente orientados a roles más domésticos o de "princesas". Las películas infantiles, durante mi infancia, consistían en un "héroe" que salvaba a una "princesa", y recién en la última década hemos visto películas donde la protagonista es una joven que toma decisiones, se equivoca, aprende, busca soluciones, asume riesgos y consigue su objetivo. Se requiere de más juguetes, cuentos, películas, libros, documentales, etc., que contribuyan a informar a la población, especialmente a los más pequeños/as, sobre mujeres que hayan destacado por su aporte en diversos campos, ciencias, ingeniería, artes, literatura y otros, de manera de generar cambios culturales y mostrar a las niñas el amplio abanico de posibilidades de las cuales pueden escoger.

## CRISTINA MOYANO



Nacionalidad Chilena

Especialidad Historia

Universidad de Santiago de Chile

El mundo de la ciencia se ha construido culturalmente sobre una concepción racionalista galileana, de ello deriva una representación que valoriza la "razón" y la "objetividad", como principios organizadores de la labor científica. En Occidente la razón ha sido un valor asociado a los hombres, propio de la masculinidad moderna, excluyendo de ella a la mujer representada desde la emocionalidad y subjetividad. Así, las representaciones culturales configuran marcos de sentido que inciden en las acciones y decisiones de los sujetos. Si participamos de la idea de que el género es una construcción histórica y cultural, quizás podemos entender por qué las mujeres no se sienten atraídas ni logran representarse en una ciencia que las excluye en sus representaciones sociales, en tanto valoriza actitudes y características que culturalmente se asocian a lo masculino. Cuestionar esas construcciones de género quizás nos permita superar el biologicismo determinista y reflexionar desde la dimensión política que operan las decisiones sobre las elecciones profesionales.

---

## KATIA GYSLING

Nacionalidad Chilena

Especialidad Neurofarmacología

Pontificia Universidad Católica de Chile



Pienso que se debe a la tradición de que las mujeres no debían seguir estudios universitarios, sobretodo de carreras con alta dedicación, para dedicarse a la crianza. Incluso en algunos países, las mujeres no eran aceptadas en algunas carreras universitarias. Por suerte, en nuestro país no hubo restricciones formales/reglamentarias para el ingreso de mujeres a las distintas carreras universitarias. Sin embargo, la costumbre y creencias de la sociedad igual limitaron el acceso de mujeres a carreras científicas. Grande fue mi sorpresa cuando estuve como postdoctorante en la Universidad de Yale, EE.UU. y enterarme que el año que ingresé a la Universidad en Chile, no habría sido aceptada allá por ser mujer. Esta situación hizo que se hicieran conocidos principalmente hombres científicos, lo que llevó a que, además de las creencias de la sociedad, no hubiera modelos a seguir para las mujeres. De hecho, el caso de Marie Curie resultaba muy especial en mis años de colegio.

Felizmente, las estadísticas muestran que en los últimos años la situación en Chile ha cambiado y hoy tenemos un número creciente de mujeres optando por carreras científicas.

---

## PAOLA ARIAS

Nacionalidad Chilena

Especialidad Física

Universidad de Santiago de Chile



A mi parecer, esta pregunta tiene muchas aristas. Por nombrar algunas, están los estereotipos: las mujeres no son buenas en ciencias, aunque los estudios muestren que las mujeres son tanto o más capaces que hombres en este ámbito, e incluso mejores en humanidades. Por otro lado, los modelos a seguir de mujeres exitosas en ciencias son escasos y los que existen, poco visibles en cargos de importancia o influencia en la sociedad. Como tercera arista, diría que las ciencias en general, para hombres y mujeres son consideradas tópicos difíciles, muy abstractos y con una gran incertidumbre laboral. La mujer, tal vez movida por el instinto, tiende a buscar alternativas que provean de cierta seguridad, especialmente pensando en la familia. Sin embargo, no podemos olvidar que las mujeres tienen una excelente presencia y desempeño en ciencias biológicas y químicas. La tarea pendiente está en motivarlas a explorar más las matemáticas, física e ingeniería. A medida que avanzamos en espacios de igualdad dentro de nuestra sociedad, con mujeres en cargos de importancia en la toma de decisiones, y en el entendimiento que los roles familiares son compartidos, con seguridad la mujer se sentirá cómoda también en estas áreas de las ciencias también.

---

## MARYSOL ALVEAR



Nacionalidad Chilena

Especialidad Bioquímica

Universidad de La Frontera

Debido a los estereotipos de género que persisten hasta el día de hoy en nuestra sociedad y que comienzan a expresarse desde el nacimiento. Las niñas suelen cuidar muñecas y desde muy pequeñas suelen apoyar a sus madres en las actividades del hogar. Se les inculca tempranamente de que serán las responsables de la crianza de sus hijos. Por otra parte, Matemáticas, Física y Química suelen ser consideradas materias difíciles y que las personas que se dedican a ellas se piensa que son brillantes y es habitual que la imagen de una persona especialmente brillante se asocie a los hombres. De hecho, muchas niñas desarrollan la idea de que las mujeres son menos inteligentes que los hombres, los motivos que las llevan a esta percepción son variados e involucran a una sociedad donde hasta el día de hoy no hay igualdad de oportunidades para mujeres y hombres.

---

## MARIE-LAURE GUILLEMIN



Nacionalidad Francesa

Especialidad Evolución Biológica y Ecológica de Algas.

Universidad Austral de Chile

Creo que hoy en día, hay muchísimo interés de parte de las mujeres en hacer ciencia. No estoy diciendo que no hay que seguir aumentando los esfuerzos de difusión y programas de acercamiento de la ciencia a las mujeres en la escuelas y colegios; pero si uno mira en la Feria Científica Antártica (la FAE) o en las actividades organizadas por Explora se da cuenta que ya hay muchas chicas brillantes presentando trabajos científicos de primera. No creo que falta el interés pero si a veces falta la conexión, el saber como acercarse al mundo científico y estos programas, y otros, son fantásticos en este sentido. Ponen en contacto grupos de mujeres interesadas en hacer ciencia desde muy joven con investigadores y investigadoras. También las cifras muestran que hay muchas mujeres inscritas en pregrado en las Universidades y cursando carreras científicas, aunque es verdad que todavía siguen sin ser muy bien representadas en las carreras de ingeniería, matemática o física.

Para mí, el desincentivo o mas bien el cuello de botella que hacen que no tenemos tantas mujeres en la academia como podríamos es al nivel de las contrataciones. En todas partes existe un sesgo al momento de contratar científicos que siempre esta en desfavor de la mujeres. Esto hace que, aun después de terminar sus tesis de postgrado, hay muchas mujeres que se desaniman con seguir con los concursos que llevan a contratación de científicos. Creo firmemente que si queremos que mas mujeres hagan ciencias solo falta contratar mas de ellas! Las mujeres son tan capaces como los hombres de ser científicas y de desarrollar líneas de investigación novedosas solo hay que darles una chance de hacerlo.

TODAS LAS FOTOGRAFÍAS O IMÁGENES  
DE LOS ARTÍCULOS SON DE EXCLUSIVA  
RESPONSABILIDAD DE LOS MISMOS  
AUTORES.



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



**explora**  
Un Programa CONICYT

**PAREXPLORA**  
**RMNORTE**  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



FACULTAD DE MATEMÁTICAS  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CHILE



# Brotos Científicos

Revista de Investigaciones Escolares

[brotescientificos.usach.cl](http://brotescientificos.usach.cl)



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



**explora**  
Un Programa CONICYT

**PAREXPLORA**  
**RMNORTE**  
PROYECTO ACCIÓN REGIONAL



FACULTAD DE MATEMÁTICAS  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CHILE