



# Brotos Científicos

Revista de Investigaciones Escolares



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



Ministerio de  
Ciencia,  
Tecnología,  
Conocimiento  
e Innovación  
Gobierno de Chile



EXPLORA  
REGION  
METROPOLITANA  
SUR PONIENTE



EXPLORA  
REGION  
METROPOLITANA  
NORTE

# PRESENTACIÓN

---

**B**rotos Científicos: Revista de Investigaciones Escolares, es un proyecto que surge el año 2016, desde la Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación (VRIDEI) de la Universidad de Santiago de Chile en conjunto con el Proyecto Asociativo Regional Par Explora Región Metropolitana Norte de la Facultad de Matemáticas de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en ese entonces perteneciente a CONICYT. Hoy pertenecemos a la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica (DICYT) de la Universidad de Santiago de Chile.

Somos la primera revista indexada en toda Latinoamérica que ofrece un espacio donde estudiantes de educación básica y media, a nivel nacional e internacional, pueden publicar sus trabajos de investigación en compañía de docentes que guían sus proyectos.

El primer número salió a circulación a fines de marzo de 2017. Hoy, 6 años después, les presentamos la primera entrega del presente 2022. En este primer número colaboran nuevamente con nosotros Par Explora RM Norte y Sur Poniente, así como también el PAR Explora Los Lagos, PAR Explora Atacama y la Corporación Educacional Científica de Antofagasta (CECA).

El primer número de este año 2022 cuenta con 5 investigaciones escolares de diversos sectores y comunas de nuestro país. Santiago, Quellón y Ovalle, todos pertenecientes a las áreas de Ciencias Naturales. Queremos felicitar a los 10 autores de los trabajos (5 hombres y 5 mujeres), los profesores guías (2 hombres y 3 mujeres), los asesores científicos y los evaluadores (5 hombres y 2 mujeres). Agradecemos a todas y todos su participación en esta publicación.

En esta oportunidad contamos con el saludo editorial del Dr. Flavio Salazar, Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; la columna de opinión del Dr. Ricardo Salazar, Director de Investigación Científica y Tecnológica (DICYT); en el reportaje, presentamos a investigadoras e investigadores de la Universidad de Santiago de Chile, quienes reflexionan sobre el trabajo aplicado desde la academia y su importante conexión con la comunidad para la recuperación de aguas frente a la escasez del país y el mundo. Por otra parte, en este número contamos con la entrevista a la Dra. Sara Arenas, psicóloga e investigadora, quien nos habla de la situación crítica en términos hídricos que se vive en Copiapó, Atacama.

Finalmente, en la sección breves, ligada al quehacer docente, 3 profesoras y 3 profesores responden a la pregunta "En la sala de clases ¿cómo enseñas el cuidado del agua?". Desde la otra vereda invitamos a 6 estudiantes (3 mujeres y 3 hombres) de diferentes establecimientos educacionales del país a responder la pregunta "A partir de lo que has aprendido en tu colegio ¿cómo cuidas el agua?".

Brotos Científicos | Revista de Investigaciones Escolares  
ISSN 0719-8566 Versión Impresa | ISSN 0719-8558 Versión en Línea | Vol. 6 | N° 1 (2022)

#### **PUBLICADA POR**

Dirección de Investigación Científica y Tecnológica  
Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación  
Universidad de Santiago de Chile

#### **COLABORAN**

Proyecto Asociativo Regional, PAR EXPLORA Región Metropolitana Sur Poniente  
Proyecto Asociativo Regional, PAR EXPLORA Región Metropolitana Norte

#### **REPRESENTANTE LEGAL**

Ricardo Salazar

#### **EDITOR GENERAL**

José Luis Martínez

#### **COMITÉ EDITORIAL**

Paola Arias  
Alexis Aspée  
Diana Aurenque  
Manuel Azócar  
Oscar Bustos  
Giugliana Campos  
Alexandre Carbonnel  
Claudia Córdoba  
Angélica Ganga  
Alejandro Reyes  
Ricardo Salazar  
Carol San Martín  
Elia Soto  
Lorena Sulz  
Fernando Valiente  
Raúl Vinet

#### **EDICIÓN PERIODÍSTICA**

Irma Fernández

#### **DISEÑO Y PRODUCCIÓN**

Francisco Rodríguez

#### **CORRECTOR DE PRUEBA**

Héctor Ríos

#### **ADMINISTRADOR WEB**

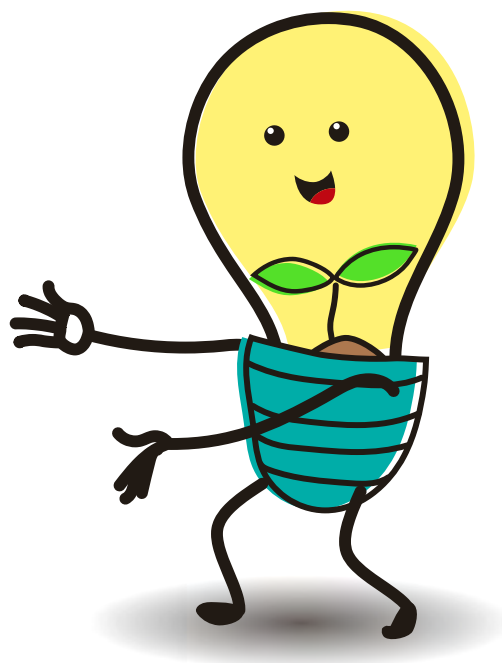
Héctor Ríos

#### **COMMUNITY MANAGER**

Irma Fernández

#### **CONTACTO**

brotescientificos@usach.cl



Todas las fotografías, imágenes y gráficos de los artículos  
son de exclusiva responsabilidad de los autores



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



## EDITORIAL

6

**Flavio Salazar**

La ciencia, la sustentabilidad y el buen vivir

## COLUMNA DE OPINIÓN

7

**Ricardo Salazar**

Crisis hídrica: un desafío de todas y todos

## REPORTAJE

8

**Paola Poch, César Huiliñir y Cristina Villamar**

Ciencia, tecnología y educación por el futuro:  
saneamiento y revalorización de agua

## ENTREVISTA

12

**Sara Arenas**

De la cuenca del Río Copiapó se entregaron muchos  
más derechos de agua de los que el río pueda soportar



## CIENCIAS NATURALES

16

**Mecanismos de remoción de compuestos de amonio  
cuaternario e hipoclorito de sodio en aguas contaminadas**

Jesús Valderrama • Víctor Alarcón • Elías Ormeño

17

**Transformando los desechos orgánicos de algas, semillas,  
frutas y verduras en aditivos alimentarios saludables**

Sofía Vásquez

23

**Conocimiento de la ciudadanía de Quellón  
sobre los usos y propiedades del pompón  
(*sphagnum magellanicum* brid)**

Javiera Bórquez • Mauricio Márquez

31

**Relaves ¿cómo es el  
ecosistema que los rodea?**

Alexandra Godoy • Constanza Godoy

41

**Comparación de dieta de *tyto alba* en sectores de la  
región metropolitana, implicancias en la diversidad  
y control de micromamíferos**

Catalina Carrasco • Francisco Cornejo

51

En la sala de clases ¿cómo enseñas a tus estudiantes el cuidado del agua?

### Docentes

**Ulises Mosqueira**

Colegio Emprender Osorno

**María Soto**

Fundación Educacional: Primitiva Echeverría

**Carlos Valenzuela**

Escuela Padre Gustavo Le Paige

**Kimberling Correa**

Complejo Educacional de Maipú Anexo Rinconada

**José Luis Vega**

Escuelita Rebelde Chepuja

**Marjorie Rojas**

Escuela Claudio Arrau D-32

A partir de lo que has aprendido en tu colegio ¿cómo cuidas el agua?

### Estudiantes

**Cristóbal Delgadillo**

Colegio Emprender Osorno

**Genesis Castillo**

Escuelita Rebelde Chepuja

**Carlos Mago**

Liceo Manuel Barros Borgoño

**Ro Zuleta**

Colegio Inglés San José

**Joaquín Cornejo**

Escuela Básica Santa Marta de Liray

**Josefa Miles**

Instituto Santa María





## LA CIENCIA, LA SUSTENTABILIDAD Y EL BUEN VIVIR

Atravesamos momentos históricos y turbulentos a nivel global. Expertos de todas las latitudes trabajan de manera transdisciplinaria para enfrentar enormes desafíos relacionados con la pandemia, la salud, el medioambiente, el cambio climático, la paz, y la crisis socioeconómica. En este contexto de amenazas e incertidumbre, necesitamos ser capaces de ver más allá del actual escenario y comprender la importancia de proyectar el papel que el conocimiento, las ciencias, las humanidades, la creación artística y la innovación deben tener para el sustento de políticas públicas sólidas en la construcción del futuro.

La ciencia, la tecnología, el conocimiento y la cultura no son lujos de países ricos. De hecho, constituyen la base para cualquier proyecto de transición desde un modelo extractivista a una sociedad integralmente avanzada basada en el conocimiento que apunte a la sustentabilidad. En este sentido, la artificial contradicción entre crecimiento económico y derechos sociales se puede resolver modificando la matriz productiva del país con un proyecto de largo plazo, que le otorgue a las instituciones públicas, a la sociedad y a los ciudadanos un papel en la construcción de su futuro, más allá del solo interés particular.

Avanzar en esta dirección requiere un fortalecimiento de las instituciones públicas, inspiradora de grandes proyectos y programas de desarrollo de interés nacional articulados desde el Estado, con participación de la academia y del sector productivo público y privado. De esta forma, se pueden alinear las potencialidades que se encuentran dispersas en organismos públicos y empresas privadas y enfocarlas en un proyecto de desarrollo común que responda a las necesidades del país, aprovechando recursos humanos, ventajas naturales y cooperación internacional.

Hasta ahora el sistema de ciencia y tecnología ha jugado un rol secundario. La promoción exacerbada de la competencia entre instituciones, e individuos, con un rol meramente asignador de recursos por parte de las instituciones del Estado, ha generado un crecimiento marginal y muy poco impacto fuera de la academia. Como resultado de esto, se observa concentración de recursos en pocos individuos, centralización y ausencia de inversión privada, y una gran masa de jóvenes investigadores que no logran inserción en un medio que no crece.

Es por esto que como Ministerio nos pusimos la misión de contribuir a articular y orientar estratégicamente, desde la estructura pública, la generación de conocimiento, la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en todo el sistema de generación y transmisión de conocimientos. Como estrategia promoveremos la investigación transdisciplinaria por misión en áreas prioritarias definidas desde los desafíos que nazcan de las necesidades de los propios territorios y del interés nacional.

El fortalecimiento estructural del ecosistema de ciencia y tecnología con aportes sustantivos de las ciencias sociales, humanidades y saberes ancestrales nos permitirá generar las transformaciones necesarias para un nuevo modelo de desarrollo sustentable, que promueva la democratización de los conocimientos, la equidad de género, la transdisciplina, la inclusión, la cooperación público-privada, la descentralización territorial, el cuidado del medio ambiente y de las comunidades, y contribuya al buen vivir de los habitantes de nuestro país

Flavio Salazar

Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación



# CRISIS HÍDRICA: UN DESAFÍO DE TODAS Y TODOS



Dr. Ricardo Salazar  
Director DICYT

**G**ota a gota, el agua se ha ido filtrando en la agenda de las autoridades mundiales hasta convertirse en una de las alertas más importantes emitidas por los organismos internacionales. El llamado “petróleo del siglo XXI” ha generado múltiples y continuos llamados de atención debido al cambio climático o por su provisión irregular en distintas partes del mundo.

Durante más de una década, Chile se ha visto afectado por una mega sequía que se extiende a lo largo y ancho del territorio. Esta condición generada por el déficit pluviométrico, combinado con los años más cálidos de los que se ha tenido registro, sumado a la constante y creciente intervención humana, han ocasionado un aumento en la pérdida de agua en las zonas cubiertas por nieve, cultivos y vegetación natural, lagos y embalses. Solo la zona centro norte y centro sur del país tienen un déficit de precipitaciones de entre el 50% y 80%, uno de los más secos de la historia del país obligando a 184 municipios a declararse con “falta extrema de agua” y a racionar su uso para más de 8 millones de personas. La acumulación de nieve ha disminuido en más de un 85%

y los embalses del país solo contienen un 53% de su capacidad. Todo esto llevó a que el año 2021 se catalogara como el más seco en la historia del país.

El cambio climático ha elevado la temperatura de la atmósfera, el océano y la tierra, provocando cambios irreversibles como lo es la crisis hídrica en nuestro país. De acuerdo con el World Resources Institute, Chile es uno de los 18 países con mayor estrés hídrico del mundo y destaca como el único territorio latinoamericano que pasará a un nivel extremadamente alto de estrés para el 2040. Si bien este es un factor importante, también el modelo productivo del país es responsable de la crisis que vivimos.

Las grandes empresas han explotado, desde tiempos inmemoriales, las napas subterráneas para obtener la mayor cantidad de agua sin un control de daños en los habitantes y pequeños agricultores de diferentes zonas del país. Paine, Petorca, Illapel, Til Til, Colina, La Higuera, Curacaví y Alhué, son algunas de las comunas más afectadas por la crisis hídrica, obligando a las autoridades a tomar medidas

que protejan los cultivos frutales, viñas y cultivos de hortalizas presentes en estos lugares. La Laguna de Aculeo, ubicada en Paine, se convirtió en uno de los casos más simbólicos y dramáticos de la crisis hídrica chilena. En solo diez años, la laguna sufrió su vaciamiento completo y se declaró completamente seca en 2018.

La falta de agua pone en alerta a una serie de elementos de nuestra vida cotidiana que dependen directamente de ella. El aumento de la degradación de los suelos y la pérdida de biodiversidad, amenaza la producción agrícola y, por tanto, la seguridad alimentaria, representando migración rural. El retraso económico de los sectores rurales se relaciona directamente con la falta de agua que, por consiguiente, trae pobreza a los pobladores de estos lugares. Es más que observable que la crisis hídrica creciente en Chile está generando serios déficits de disponibilidad de agua en muchos lugares poblados, los que arrastran eventos negativos como muertes humanas y animales, serios deterioros al medio ambiente y daños económicos de gran magnitud. La situación actual es tan grave que la crisis hídrica se ha vuelto una preocupación de todos los chilenos, llegando incluso a ser parte importante del proceso constitucional.

Ante esto, es de suma urgencia tomar medidas desde todas las distintas trincheras para proteger y poner en valor este recurso tan preciado e inigualable. Es necesario, más que nunca antes, el compromiso de los más jóvenes para enfrentar este desafío. En ese sentido las y los docentes se vuelven clave en esta misión de generar la curiosidad necesaria para que estudiantes se inserten en el mundo de las ciencias y la investigación, en busca de soluciones a problemas que nos aquejan como sociedad y humanidad. La respuesta de todas y todos los actores involucrados deben ser proyectadas a largo plazo y que pongan en el foco la innovación, con medidas que permitan evitar o disminuir los efectos del cambio climático, especialmente de la crisis hídrica, prevenir sus riesgos asociados y aumentar la conciencia ciudadana frente a esta problemática. El desafío puede parecer imposible y las soluciones demasiado ambiciosas, pero no podemos dejar que esto nos paralice. ¡Cuidar el agua es una tarea de todos y todas!

## CIENCIA, TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN POR EL FUTURO: SANEAMIENTO Y REVALORIZACIÓN DE AGUA

A partir de la crisis hídrica que se vive a nivel mundial, desde la Universidad de Santiago, investigadoras e investigadores reflexionan sobre el trabajo aplicado desde la academia y su importante conexión con la comunidad para la recuperación de aguas frente a la escasez del país.

Por Scarlett Araya, Irma Fernández e Isidora Reyes



Paola Poch, César Huiñir y Cristina Villamar

El acceso al agua y saneamiento son reconocidos por las Naciones Unidas como un derecho humano. Todas las personas deben tener el acceso garantizado a la cantidad suficiente, segura y físicamente asequible de agua para uso personal o doméstico. Sin embargo, la realidad es que **“una quinta parte de la población mundial habita en áreas que enfrentan escasez de agua, y otro cuarto de la población mundial enfrenta recortes en el suministro de agua debido a que carecen de la infraestructura necesaria para tomar agua de los ríos y acuíferos”**, da a conocer la ONU.

Si hablamos de cantidad de agua disponible, la superficie de nuestro planeta se compone en un 70% de agua, pero más del 90% no es apta para consumo humano. Según información de la Fundación española Aquae, poco más del 97% del agua del planeta corresponde a agua salada y solo el 2.5% es agua dulce, o sea, potencialmente apta para el consumo humano.

Sin embargo, del total de agua dulce sólo el 0,007% puede ser utilizada por las personas, ya que el resto se encuentra subterránea en acuíferos, congelada en glaciares

o de manera superficial en lagos, ríos, arroyos y humedales, y los números disminuyen producto de la contaminación.

Este recurso es limitado y fundamental para la vida, tal como explica la candidata a Doctora en Ecología y Biología Evolutiva **Paola Poch: “El agua resulta esencial para los seres vivos, ya que constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que realizan”**. Debido a esto, **“se convierte en un elemento indispensable**



**para la subsistencia de la vida animal y vegetal del planeta”,** añade.

Tomando en cuenta esta información, la Ingeniera Forestal y académica del Departamento de Ingeniería Geográfica de la Universidad de Santiago de Chile (Usach) advierte que **“la alteración del ciclo hidrológico podría modificar la vida y a los ecosistemas”**. Es por ello que **“se requiere una gestión y consumo sostenible del agua, considerando los escenarios de cambio climático, para evitar así su agotamiento”**, enfatiza Poch.

### Recuperación y Educación

El 10 de marzo de 2022, el Ministerio de Obras Públicas declaró escasez hídrica para el 47.5% de la población, lo que se relaciona con datos del World Resources Institute (WRI), donde Chile está en el número 18 de 164 países con alto estrés

hídrico, es decir, que la demanda de agua es más alta que la cantidad de la misma disponible.

Desde la comunidad científica y organismos mundiales, se posiciona al calentamiento global y el uso desproporcionado del agua en la agricultura a nivel industrial como los principales factores causantes de la escasez hídrica. **“En el año 2019 el WRI reveló que las extracciones de agua en el mundo se han duplicado desde la década de 1960 debido a la creciente demanda, donde la agricultura de regadío y las industrias extraen más del 80% del suministro disponible en promedio cada año”**, explica la Dra. Poch.

Para el correcto uso de este recurso, uno de los procesos más importante es el ciclo urbano del agua, que se centra en el proceso de abastecimiento (extracción del agua del medio ambiente), saneamiento

(eliminar las impurezas del agua usada), su reutilización en riego de jardines o usos industriales y la devolución de las aguas a su cauce natural.

Desde la Usach, científicas y científicos han intensificado el trabajo en materia de recuperación e innovación con diversos proyectos. Desde el Laboratorio de Biotecnología Ambiental, LABIOTAM USACH, el equipo liderado por el Doctor en Ciencias de la Ingeniería con mención en Ingeniería Química **Dr. César Huiliñir**, trabaja en torno a la revalorización de residuos líquidos para la producción de biocombustibles y recuperación de aguas, a través de la remoción de ciertos contaminantes.

El Director del Programa de Magister en Medio Ambiente con mención en Ingeniería de Tratamiento de Residuos, relata que: **“La situación es delicada, por lo que la impor-**



Fotografía: Gentileza de pexels



**tancia de recuperar agua es vital, sobre todo en tiempos de escasez”.** En ese sentido, advierte que ciertos procesos biológicos son una gran oportunidad para **“recuperar no solo el agua, sino también nutrientes y generar combustibles”**, ya que algunos de ellos han demostrado ser capaces de remover contaminantes emergentes (compuestos farmacéuticos que llegan a las aguas residuales a través de las excretas) que los procesos de saneamiento de agua en las plantas de tratamiento convencionales no logran hacerse cargo. **“Son una herramienta ya probada a escala industrial que genera pocos impactos ambientales, ya que respiran y generan CO<sub>2</sub> al igual que nosotros, y son cada vez más competitivas desde el punto de vista económico”**, enfatiza Huliñir.

Esta innovación tiene distintas y variadas aplicaciones. Según el Dr. Huliñir, la recuperación de agua residual, por ejemplo, del proyecto FONDECYT Regular 1210123: “Evaluación de la eliminación de microcontaminantes y la producción de N<sub>2</sub>O en un reactor nitrificante de lecho móvil de biopelícula secuencial (SMBBR) con zeolita natural como soporte de biomasa”, estudia la recuperación de aguas ricas en nitrógeno (amonio) con presencia de microcontaminantes, puede aportar “agua saneada sin nitrógeno y sin contaminantes emergentes y que es posible de re-usar industrialmente”.

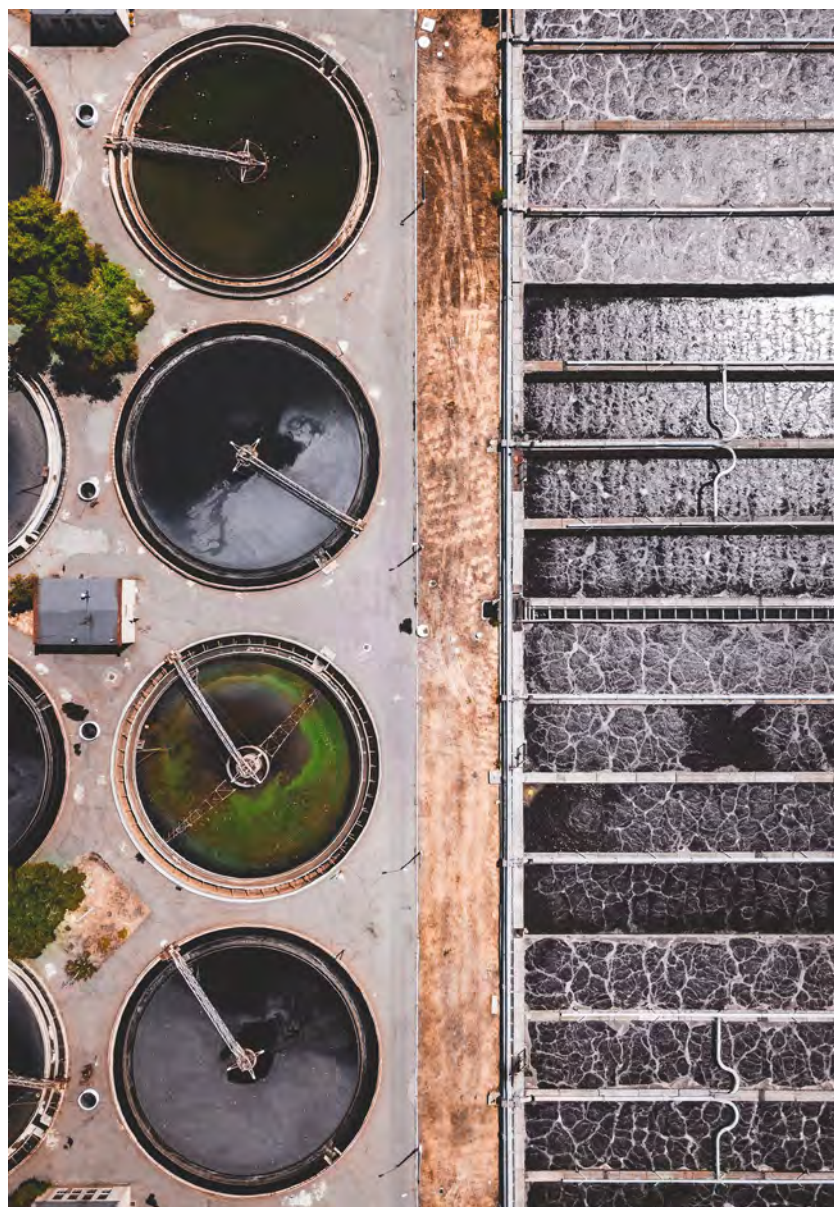
Por su parte, la Doctora en Ciencias Ambientales y directora del Laboratorio de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias y Tecnología del Agua - Ko-Yaku de la Usach, **Dra. Cristina Villamar**, apunta a la microcontaminación como un gran determinante en la escasez hídrica. **“El problema no sólo depende del agua disponible, sino de su calidad”**. Según relata, estudios recientes mencionan que el agua lluvia dejó de ser potable, debido a contaminantes presentes en la atmós-

fera que **“hacen que el agua pierda valor para usos como el potable y agrícola”**.

Actualmente, la Red Pacto Global, destaca que Chile se encuentra en el “Top Ten” de los países con un 100% de cobertura en tratamiento de aguas servidas en las ciudades. Sin embargo, la **Dra. Villamar** detalla que pese a la alta cobertura de saneamiento en zonas urbanas, existe una gran brecha en comparación con las zonas rurales: **“Chile es uno de los países de Latinoamérica con mejores condiciones y coberturas de saneamiento y agua potable, pero cuando uno se**

**va al sector rural, donde está el 15% de nuestra población, esa realidad es distinta”.** Y puntualiza que **“Podríamos especular que hay un 20% de cobertura en el sector rural en cuanto a plantas de tratamiento de aguas, eso es muy bajo”**.

Tomando esta problemática como base y buscando extender el trabajo de la academia a la comunidad, es que actualmente junto con su equipo trabaja en el Proyecto VIME 167: “Fortalecimiento de competencias técnicas en operarios de plantas de tratamiento de residuos líquidos rurales ubicadas en las regiones



Fotografía: Gentileza Ivan Bandura en Unsplash



Fotografía: Gentileza de Unsplash

Bernardo O'Higgins, Valparaíso y Metropolitana" con la finalidad de mejorar los índices de saneamiento rural a través de la educación. **"Buscamos entregar ciertos conocimientos prácticos que tenemos desde la universidad para apoyar a los trabajadores"**, explica.

Para la investigadora, la educación es clave para hacer frente a esta problemática: **"Las personas que están ahí son importantes y, por lo tanto, si saben lo que están haciendo van a tomar buenas decisiones"**, explica.

Así como para la **Dra. Villamar**, también para otros científicos y científicas, la educación logra cambiar los comportamientos de las

personas hacia acciones más conscientes con su entorno. Este ha sido el caso con la evolución alimentaria de las nuevas generaciones. **"Tengo estudiantes que la mitad son vegetarianos o veganos y la otra mitad son omnívoros. Entonces ahí hay un cambio importantísimo que se está dando básicamente por la educación"**, relata. En ese sentido, destaca que **"la visión del agua debe dejar de ser antropocéntrica"** para poner énfasis en los ecosistemas acuáticos. **"Esta es la única manera real de tener acceso a agua potable o para necesidades básicas"**, enfatiza.

La **Dra. Paola Poch** enfoca el llamado al uso responsable de este recurso en todo ámbito, ya que **"has-**

**ta ahora hemos usado el agua como si fuera un recurso infinito, pero no lo es"**. En esa línea, el mensaje del **Dr. Huiliñir** apunta a la ciencia como una herramienta vital para mejorar el entorno y la vida de todas y todos. A través de ella, asegura que los jóvenes **"podrán desarrollar toda su creatividad para lograr cosas increíbles, siempre a través del trabajo duro y constante"**. A pesar de que **"No es un camino tan fácil, porque cuando se investiga, nunca sabemos si llegaremos al objetivo trazado a través de nuestra idea"**. Y concluye **"Pero aún a partir del posible 'fracaso', se aprenden cosas y se aporta a un mundo mejor"**.



Dra. Sara Arenas, psicóloga e investigadora:

## DE LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ SE ENTREGARON MUCHOS MÁS DERECHOS DE AGUA DE LOS QUE EL RÍO PUEDA SOPORTAR

La Dra. Sara Arenas lleva más de 30 años en Copiapó. Estudió en La Serena donde se tituló de psicóloga, luego se trasladó a Barcelona para estudiar un Magíster en Investigación en Psicología Social de la Universidad Autónoma de Barcelona, para después doctorarse en Intervención Psicosocial en la misma Universidad.

Por PAR Explora Atacama



Sara Arenas  
Psicóloga e investigadora

Fotografía: Gentileza de archivo PAR Explora Atacama

Actualmente es académica de la Universidad de Atacama. Conversamos sobre su tesis de doctorado en torno a la crisis hídrica en la Región de Atacama titulada: "Crisis hídrica de la ciudad de Copiapó: Construcciones de discursos, relaciones de poder e identidades en torno a un problema ambiental".

### - ¿Cómo nace esta necesidad de estudiar aspectos sociales sobre la falta de la crisis hídrica en Atacama?

Desde mi perspectiva de la comunidad, hay un aspecto metodológico

llamado etnometodología, donde las voces y las miradas son tremendamente determinadas por quienes las viven. En este caso, la etnometodología asume que existe una mirada no necesariamente objetiva, sino que viene de quienes son miembros de una comunidad, en este caso en ser miembro de la ciudad de Copiapó, donde durante muchos años este río era seco, con basura, mientras que antiguamente ese río se usaba para el esparcimiento y recreación. Al perder algo que promueve la calidad de vida surge esa necesidad de investigar: ¿Qué está pasando?

¿Qué sucedió? ¿Es todo Cambio Climático? ¿No lo es? Había que averiguar.

Ahí nació la tesis doctoral que duró 4 años. Una etnografía urbana que permite observar en territorio, especialmente los movimientos sociales que luchan a favor de cambiar las condiciones del agua, pero también a las autoridades del momento. Se realizó un análisis de prensa por dos años: qué decían los titulares, quiénes aparecían y qué decía la prensa, y se relacionó a una síntesis desde el contenido y repertorio interpreta-



Fotografía: Gentileza de archivo PAR Explora Atacama

tivo del espacio discursivo. Permite explicarnos cómo nace, cuál es el futuro y las consecuencias de la crisis.

**- Toda esta investigación recoge una perspectiva histórica de la ciudad ¿Han cambiado los copiapinos y las copiapinas?**

Es interesante, porque en algunas entrevistas semiestructuradas se les preguntó a las personas “¿Cuál es el significado del río Copiapó?”, y la gente joven decía “nada, porque no hay río, ¿cuál río?”, pero no así la gente mayor.

El tema del río fue como un ancla en varias ciudades de Chile donde la cultura y la ciudad surgen en torno al agua, además los conflictos en torno a éste ya eran históricos. Los españoles y los pueblos originarios tenían conatos y conflictos con el río que llevaba a ciertas determinaciones casi desde La Corona (en España).

Pero el conflicto del agua se comenzó a desarrollar después de la incorporación al Código actual del agua, que es uno bastante inusual en relación a los Códigos del mundo. Nos

encontramos con fenómenos que indican varios estudios donde lo básico es que en esta ciudad de la cuenca del Río Copiapó se entregaron muchos más derechos de agua de los que el río podía soportar, es decir, con todo el reglamento que hay en torno a tenencia de agua y quien la solicita, el Estado está obligado a entregarlos si es que se pide para una producción, y se entregan sin ninguna regulación. El primer fenómeno es ese: hay más derechos de agua de lo que agua tiene el río. Además, el derecho de agua tiene dificultades, dado que al ser un bien de derecho público, que debería estar garantizado por el Estado con el nuevo Código de Aguas, que es único en el mundo, pasa a ser un bien privado. Por lo tanto muchas familias que se hicieron de agua, la han podido heredar, dar en comodato, y el acceso al agua se pierde.

**- Entonces, ¿el agua es controlada por unos pocos en Copiapó?**

Claro, son muy pocas familias. En la cuenca del Río Copiapó no alcanzan a ser 20 familias las dueñas de casi el 80%. Es un dato que está en la tesis de prensa y da cuenta de lo compleja que es la situación.

**- ¿Queda en manos de privados en consumo de todas y todos?**

Exacto. También encontramos que mucha agua, entregada en su momento para trabajos agrícolas, hoy está en manos de mineras, ya que al ser dueños del agua, no existe la obligación de declarar qué uso se le dará y a quién se entrega, y esto nunca se informó. El uso que le da una empresa agrícola versus una empresa minera es muy diferente, porque el uso agrícola es estacional y mucha agua se devuelve a la cuenca, pero la minera no, es continua las 24 horas del día, los 365 días del año y no vuelve necesariamente a la cuenca.

**- En ese caso ¿No vuelve de la misma forma a la cuenca?**

Vuelve bastante más contaminada. Entonces nos encontramos con una situación hídrica compleja en esta cuenca, donde la pregunta es: ¿Cómo surge el problema? Aquí aparecen varias representaciones, pero depende de quién las dice. A nivel de empresariado y gobierno se intenta instalar que la crisis llegó para quedarse y no hay nada que hacer. Ese centro está dado por el cambio cli-



mático, el origen de la crisis, según ciertos grupos sociales. Mientras que la gente más activista sujeto-actor, evidencia que la crisis tiene un origen político que responde al modelo de gestión que hay en el Código de Aguas.

Nos encontramos con dos visiones, que esto no es una cosa etérea donde todos somos responsables, y otra donde hay ciertos responsables que tienen un momento de la historia donde asumieron esta responsabilidad. Obviamente existe esta relación entre ambas visiones, con problemas asociados al Código y también al cambio climático que se juntan y agravan la crisis.

Todo esto ha ido transformando nuestro valle. Copiapó se conocía como el Valle de los Damascos, porque tenía su origen en el foco de la pequeña agricultura del valle y casi a todas las casas del Pueblo San Fernando se les decía así. Hoy en día, la gente le cambia el nombre por el lugar de callejones. Es otra muestra de cómo el río marca la identidad.

Ahora, como no hay agua, la gente ha vendido estos lugares para sectores habitacionales y ha crecido el pueblo de San Fernando, pero no con las condiciones que tenía antes. Hay una agrupación bien pequeña que se llama "Agrupación del pueblo de San Fernando", donde están los campesinos y campesinas del pueblo que cada vez está más mermada. Gran parte de ellos y ellas son personas octogenarias que tienen terrenos y además cultivan dicho territorio.

Este cambio no sólo es en el Pueblo de San Fernando, sino que también en la gente de San Pedro (localidad al norte de Copiapó), otro foco agrícola que se ha transformado en un sector de parcelas de agrado, y no para producir alimento.

Es complejo, porque al no tener una legislación que priorice el agua



Fotografía: Gentileza de archivo PAR Explora Atacama

dulce para las personas, luego para la agricultura y en tercer nivel para la industria, no tenemos esa visión que nos permita tener cierta seguridad alimentaria y nos encontramos con estos problemas que se dieron durante la pandemia, con todo lo que significa exportar nuestros alimentos. Es muy importante recuperar esa agua para mantener cierta soberanía alimentaria que en su momento tenía el Valle de Copiapó que producía más alimentos tanto para el norte como para el sur.

#### - ¿Cómo cuidamos el agua?

Hay responsabilidades políticas. Ese "somos todos responsables", corresponde a un repertorio que se centra en el cambio climático. Pero en ese "todos tenemos que cumplir por igual y tenemos que cuidar el agua", que está super bien, hay diferencias, porque el 80% o más del agua que se ocupa de la cuenca tanto superficial como subterránea lo ocupan las empresas. Entre un 5 y 10% es para el consumo humano, y si cuida el agua lavándose los dientes lo que podría aportar a la crisis es ínfimo. Es importante igual, y me sumo a que todos seamos super cuidadosos con el agua porque estamos en

condiciones difíciles, pero se está priorizando otras situaciones, en el sentido de que se destinan desaladoras para el agua de consumo humano, mientras que el agua dulce a los procesos productivos. Algo ahí debe mejorarse.

#### - Como suele ocurrir con algunas crisis, quienes menos tienen sufren las consecuencias, ¿se ve afectada la calidad de vida de algunos, algunas?

Se merma la calidad de vida. Sabemos que está entrando en operaciones una planta desaladora para el consumo humano, al parecer ha tenido una muy buena evaluación, lo cual es súper interesante y bueno. No obstante, no viene a paliar lo de fondo, que es que tenemos una cuenca sobreexplotada que está centrada en el uso productivo. El derecho humano al agua se debe garantizar ¿dónde está?

La información que circula es tan desigual que decimos que las personas más afectadas son las que viven en sectores más empobrecidos y no necesariamente, porque hay gente que no está recibiendo agua y debe lavar durante la noche o los

fines semana. No hay agua para lavar durante el día y eso se está dando en Copiapó ahora. No lo vemos tú ni yo, porque está invisibilizado, pero es una realidad que existe. Hay personas que no se pueden bañar en el día porque no hay presión de agua y deben esperar hasta la noche y de ahí recién lavar y hacer cosas. Si eso no es desigualdad no sé qué es. Otras personas reciben agua en camiones aljibes y ahí las condiciones son más complejas porque el acceso a agua saneada como un derecho garantizado no se está dando.

Eso se enlaza con los repertorios de responsables, donde dicen que todos somos mineros y que ahí se justifica la crisis hídrica, donde todos participamos porque es parte de la identidad.

#### **- ¿Qué otros aspectos pudieron encontrar con los repertorios?**

Las Ciencias Sociales aportan varias líneas interesantes porque también nos dábamos cuenta que a nivel de conflicto y crisis hídrica, en la medida que yo tenga agua de la llave yo no haré nada, pero si dejo de tener agua en la llave puede que pase algo. Esta lógica bien particular, y lo que ha prevalecido en nuestra cultura, tiene que ver con ciertas conductas individualistas “mientras yo no tenga que lavar mi ropa de noche no me complico con lo que está más allá”. Está enlazado con el modelo económico.

#### **- Volviendo al tema del cambio de comportamiento ¿Ha influido la falta de agua en los y las habitantes de Copiapó?**

Se observó en la tesis las prácticas sociales en torno al uso del agua y sí han ido cambiando. Copiapó se llenó de pasto sintético. Ahí se ve una transformación social porque te preguntas ¿Qué significa la belleza, el pasto en una zona árida, la falta de jardines del norte? Asimismo, con el cuidado del agua, nos dimos

cuenta que la gente regaba el cemento. Hay gente que valida la compra del agua regando el cemento, aunque cada vez hay menos gente que riega a ciertas horas.

Mi tesis fue justo en el contexto del aluvión (2015). Cuando comenzó a correr el río fui a entrevistar gente que estaba mirando el río. Algunas estaban muy emocionadas, lloraban, una cosa tremenda. Niños y niñas viendo el río por primera vez, pero además veían un río de color chocolate. Ahí ves la importancia del agua, la que usamos y la que no está, porque también está en el imaginario, como antes mencioné a los jóvenes que no se relacionaban con el río.

#### **- ¿El río determina a los habitantes de Copiapó?**

Por supuesto. Y se hacen iniciativas para el río, como el Parque Kaukari que es tremenda inversión para el río y aporte a la calidad de vida, pero no logra todo su impacto si no corre agua por el río.

#### **- ¿Cuál es el desafío para salir de esta crisis? ¿Tienen que haber voluntades políticas?**

Sí, tienen que haber cambios políticos, voluntades, pero el cambio del Código de Aguas tiene años en el parlamento, ni siquiera está el uso

prioritario del agua. El senado ha sido una suerte de tensión para estos proyectos.

Hoy en día vemos que la propuesta de nueva constitución apunta a garantizar que ciertos bienes comunes como el agua no sean apropiables, que se puedan dar en comodato, pero que nadie se haga dueño del agua. Eso es tremendo aporte.

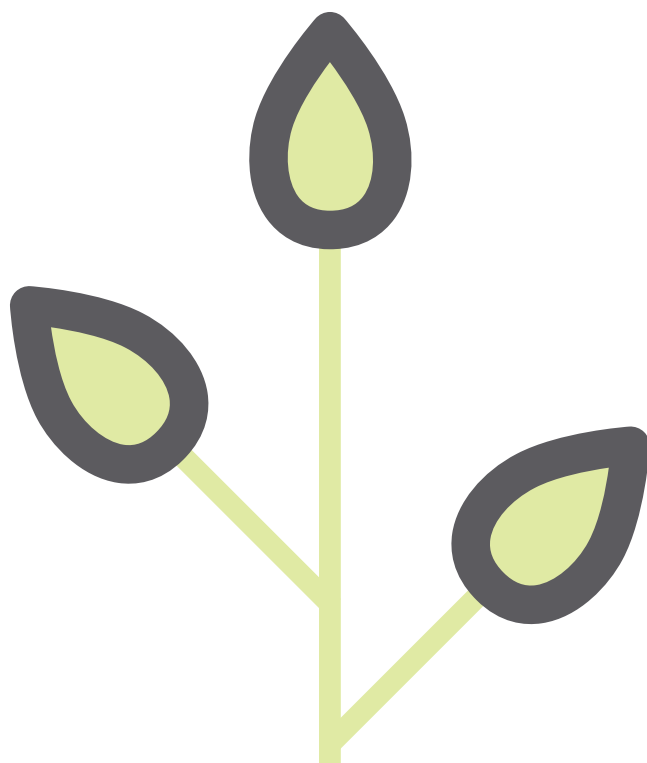
También existe un fallo contra una minera de la zona. Fueron sancionados y deben devolver agua al Río Copiapó, así lo determinó el Tribunal Ambiental, pero aún no lo hacen. Puede que hoy tengamos agua en el Kaukari que tiene que ver con la calidad de vida de las personas en relación a los metros cuadrados que se requieren para el medioambiente, pero acá estamos bajos. En caso de no poder cambiar la Constitución, por lo menos lograr que se cumpla la ley.

#### **- ¿Le ves solución a la Crisis Hídrica?**

Sí, yo creo que sí. Primero son las voluntades políticas. Que las empresas privadas inviertan más. Si los humanos estamos consumiendo agua desalada, por qué la minera no puede hacerlo también y de manera mancomunada. Y cuidar el agua resguardando que cumpla su ciclo, que tenga la posibilidad de volver a la cuenca.



Fotografía: Gentileza de archivo PAR Explora Atacama



**CIENCIAS NATURALES**

**16**



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



Artículo de Investigación / Research Article

# MECANISMOS DE REMOCIÓN DE COMPUESTOS DE AMONIO CUATERNARIO E HIPOCLORITO DE SODIO EN AGUAS CONTAMINADAS

## MECHANISMS FOR REMOVAL OF QUATERNARY AMMONIUM COMPOUNDS AND SODIUM HYPOCHLORITE IN POLLUTED WATERS

### Correspondencia

María Loyola  
m.loyola.qui@institutonacional.cl  
Instituto Nacional General  
José Miguel Carrera  
Santiago

### Autores

Jesús Valderrama  
Víctor Alarcón  
Eliás Ormeño

Instituto Nacional General  
José Miguel Carrera  
Santiago

### Evaluador

Jorge Vidal  
Universidad de Chile

<https://doi.org/10.35588/bc.v6i1.101>

Artículo Recibido: 3 de diciembre, 2021  
Artículo Aceptado: 31 de diciembre, 2021  
Artículo Publicado: 20 de agosto, 2022



### Resumen

Una consecuencia de la actual pandemia por COVID-19, es el incremento del uso de desinfectantes, como el amonio cuaternario e hipoclorito de sodio. Debido a esto, se ha generado un aumento en la contaminación de las aguas, siendo necesario buscar soluciones a esta nueva problemática. Esta investigación pretende comparar los mecanismos existentes, para posteriormente elegir el más adecuado en la remediación del agua contaminada por amonio cuaternario e hipoclorito de sodio, a partir de una búsqueda bibliográfica. Se realizó una selección de documentos, para su posterior estudio, donde se organizaron a través de una tabla comparativa y un diagrama. De los resultados analizados, se presentan cuatro métodos para la descontaminación del agua: (I) fotólisis, (II) electro-oxidación, (III) carbón activado y (IV) contactor de membrana. Se puede concluir que carbón activado es el mejor candidato, es la forma más eficiente para la descontaminación de aguas por sus características, como su capacidad de reutilización y adsorción de compuestos, transformándolos en metabolitos menos tóxicos.

**Palabras claves:** COVID-19; Contaminación; Hipoclorito de sodio; Amonio cuaternario; Mecanismos.

### Abstract

One consequence of the current COVID-19 pandemic is the increased use of disinfectants, such as quaternary ammonium and sodium hypochlorite. Due to this, an increase in water pollution has been generated, making it necessary to seek solutions to this new problem. This research aims to compare the existing mechanisms to choose the most appropriate remediation for water contaminated by quaternary ammonium and sodium hypochlorite based on a bibliographic search. A selection of documents was made for further study, where they were organized through a comparative table and a diagram. From the analyzed results, four methods for water decontamination are presented: (I) photolysis, (II) electro-oxidation, (III) activated carbon, and (IV) membrane contactor. It can be concluded that activated carbon is the best candidate, the most efficient way to decontaminate water due to its characteristics, such as its ability to reuse and adsorb compounds, transforming them into less toxic metabolites.

**Keywords:** COVID-19; Pollution; Sodium hypochlorite; Quaternary ammonium; Mechanisms.

### El Proyecto participó en:

- \* Congreso Regional de innovación e investigación Explora RM Norte 2021
- \* Expo Ciencias Nacional Chile 2021





# Introducción

El comienzo de la pandemia de COVID-19 en el 2020 nos ha afectado en distintos ámbitos, provocando un grave daño a la biosfera, ya que se ha incrementado el uso de los desinfectantes, tales como amonio cuaternario e hipoclorito de sodio que hacen frente al virus que provoca el SARS-CoV-2. Este uso masivo ha generado un incremento en la contaminación de las aguas en las ciudades, debido a que estos desinfectantes “inevitablemente son arrastradas por el agua ingresando a fuentes de agua superficial, canales de regadíos o humedales” (Rodríguez, 2020), como producto de su uso indiscriminado en lugares y situaciones no indicadas. Por otro lado, se ha evidenciado que esta práctica no es una solución para la desinfección dado que “no es eficaz, ya que la suciedad y los detritos, por ejemplo, desactivan el desinfectante y no es posible limpiar a mano esos espacios para eliminar toda la materia orgánica...incluso si no hay materia orgánica o suciedad, es poco probable que la fumigación química cubra adecuadamente todas las superficies durante el tiempo necesario para inactivar los agentes patógenos” (OMS, 2022). Y como se mencionó anteriormente, estas formas además de ser ineficaces llegan a masas de agua, lo que desemboca en una contaminación de los cursos naturales de la misma.

La contaminación del agua, es decir, cambios en su composición original, genera como producto aguas tóxicas que no pueden ser bebidas ni utilizadas para actividades esenciales.

Los amonios cuaternarios son compuestos químicos clasificados dentro del grupo de los tensioactivos ca-

tiónicos. Su estructura general comprende una porción catiónica compuesta por un átomo de nitrógeno unido a cuatro cadenas alquílicas (parte funcional de la molécula) y un átomo halógeno (generalmente cloro).

El hipoclorito de sodio (NaClO) aumenta el pH de las aguas debido a su carácter básico y su disolución en agua genera dos sustancias que juegan el papel de oxidantes y desinfectantes, éstos son el ácido hipocloroso (HClO) y el ion de hipoclorito el cual es menos activo (ClO-) (Lenntech, 2022).

La presente investigación toma vital importancia ya que se ha estudiado la poca o nula efectividad que tiene el uso asociado a los compuestos de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio de distintas formas, desde sanitización de las calles hasta el uso en el hogar debido a su capacidad para unirse a la materia orgánica, quedando el compuesto desinfectante inactivado en sedimentos y material particulado disuelto (agua), distribuyéndose y acumulándose en el medio ambiente, sin cumplir con su función desinfectante. Algunas investigaciones han dejado en evidencia que “(...) el cloro es tóxico para el fitoplancton y que el amonio produce efectos adversos en peces y anfibios. Además, este tipo de acciones puede fomentar la resistencia a los antimicrobianos” (Subpiramanyam, 2021). Por otro lado, estudios han demostrado que plantas expuestas a altas concentraciones de desinfectantes, ven inhibido su crecimiento con una disminución del peso de tallo y raíces, y una disminución del contenido de sus pigmentos fotosintéticos (Dewey *et al.*, 2021).





Considerando la información expuesta, la investigación tiene como principal objetivo comparar dentro de los mecanismos existentes, el más adecuado para la remediación del agua contaminada por amonio cuaternario e hipoclorito de sodio, a partir de una búsqueda bibliográfica; de manera tal que estos compuestos puedan ser removidos del agua o convertidos en compuestos de menor toxicidad.

En base a la búsqueda bibliográfica se buscará comparar diversos mecanismos de remoción para encontrar el más adecuado.

## Problema de Investigación

¿De qué manera se puede remover el amonio cuaternario e hipoclorito de sodio del agua contaminada producto del uso de estos desinfectantes?

## Hipótesis

“La adición de carbón activado a las aguas contaminadas por compuestos de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio constituye el método más efectivo para remover y descomponer estas sustancias”.

## Objetivo general

Comparar dentro de los mecanismos existentes, el más adecuado para la remediación del agua contaminada por amonio cuaternario e hipoclorito de sodio, a partir de una búsqueda bibliográfica.

## Objetivos específicos

- Definir el mecanismo de acción de los desinfectantes a base de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio.
- Evaluar concentraciones de estos desinfectantes en aguas tratadas, aguas residuales, y otros medios acuosos de uso cotidiano.
- Investigar tratamientos químicos de descontaminación de aguas, evaluando sus ventajas y desventajas.
- Escoger el método más adecuado para la descontaminación.

## Metodología

Tomando en cuenta la revisión bibliográfica sistemática de diversas fuentes científicas disponibles en inter-

net, se realizó una búsqueda sobre la contaminación de aguas por desinfectante como el amonio cuaternario e hipoclorito de sodio y su daño a la biosfera. Esta investigación es de carácter correlacional causal.

1. Determinación de los mecanismos de acción de los desinfectantes a base de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio: se revisaron fuentes, artículos y documentos científicos de las siguientes bases de datos en inglés: ACS, Web of Science, Google Scholar y ScienceDirect, y se escogieron en base a las siguientes palabras claves: disinfectants, COVID-19, quaternary ammonium compounds, sodium hypochlorite, photolysis, electrooxidation, activated carbon.
2. Recopilación de datos de los desinfectantes en estudio en aguas contaminadas: se realizó una revisión de los datos aportados por las fuentes mencionadas anteriormente, que dieran cuenta de las concentraciones en que se encuentran estos compuestos en distintas muestras de aguas.
3. Investigación de tratamientos químicos para la descontaminación de aguas: se escogieron mecanismos que podrían ayudar con la remoción o descomposición de los compuestos de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio, dejándolos en metabolitos menos tóxicos para la biosfera.
4. Evaluación de ventajas y desventajas: se compararon los diferentes métodos en base a criterios como, accesibilidad, complejidad del mecanismo, antecedentes de uso y factibilidad.
5. Selección del método más adecuado para la transformación y remoción de compuestos contaminantes: se escogió el método más eficaz según la forma de aplicación, los costos de uso, mecanismo de acción y los residuos que genera.

## Resultados y Discusión

Se recopilaron un total de 90 publicaciones científicas dentro de las bases de datos ACS, Web of Science, Google Scholar y ScienceDirect que contenían las palabras claves seleccionadas mostradas por el algoritmo de búsqueda. Se descartaron 60 publicaciones que no cumplían con los datos necesarios para ser analizados; presentando indicaciones de uso de los compuestos de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio en zonas industriales para la desinfección de otros patógenos, no correlacionaron una contaminación



o se enfocan en otros compuestos. Se descartaron 20 publicaciones debido a que los mecanismos de limpieza eran aplicados en otras sustancias y la información estaba desactualizada. Se analizaron los mecanismos de limpieza con los 10 restantes (Figura N° 1).

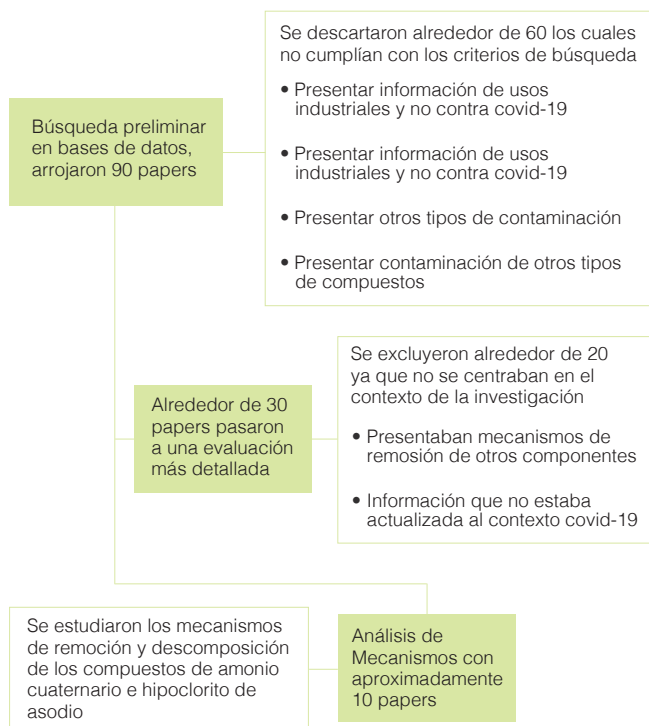


Figura N° 1. Esquema de análisis de fuentes bibliográficas y criterios de utilización.

Se encontraron 4 mecanismos de limpieza efectivos para la descomposición y remoción de compuestos de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio, estos son:

- La fotólisis: mecanismo que consiste en la ruptura de enlaces químicos por causa de energía radiante (fotones).
- Electro-oxidación: aplicación de una determinada densidad de corriente con los electrodos que dependen del objetivo a conseguir, al aplicar esta corriente se producen radicales hidroxilos en la superficie del material anódico producto de la oxidación del agua, siendo los responsables de la degradación de los compuestos tóxicos que son transformados a productos biodegradables, de forma que los efluentes puedan ser vertidos a una depuradora biológica.
- Adición de carbón activado: al adicionar este material al agua se adsorben iones y moléculas para adherirlas a su superficie, cambiando su conformación.
- Contactor de membrana: dispositivo utilizado para retirar los gases contaminantes en el agua, es decir, su fin es desgasificar el agua.

Todos estos mecanismos se compararon con ventajas y desventajas de acuerdo con criterios de accesibilidad, residuos, complejidad del mecanismo, antecedentes de uso y factibilidad (Figura N° 2).

Método	Ventajas	Desventajas
Fotólisis	- Fácil accesibilidad - Baja complejidad	- Su aplicación se limita al laboratorio - Requiere condiciones ambientales controladas
Electro-oxidación	- Fácil accesibilidad - Recuperación del material anódico.	- Se requiere de un material anódico óptimo. - Gran costo inicial para implementarlo
Carbón activado	- Fácil accesibilidad - Baja complejidad - Existe en variadas formas que permiten su uso específico. - Puede ser usado para adsorber otros componentes. - Puede ser reutilizado	- No se han estudiado sus efectos adversos en el ambiente
Contactador de membrana	- Puede permitir la industrialización de la remoción de amonio - reducción del $98,9 \pm 0,1\%$ en las concentraciones de amonio.	- Difícil accesibilidad - Alto costo - Alta complejidad del mecanismo

Figura N° 2. Tabla comparativa ventajas y desventajas de los diferentes métodos de remoción de compuestos contaminantes del agua.



El análisis correlacional de las fuentes bibliográficas muestra que existe la presencia de compuestos de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio en distintas masas de aguas como las residuales del hogar, en alcantarillas, depósitos, lagos y ríos. A pesar de estas evidencias, a la fecha se ha publicado un estudio sobre las concentraciones presentes en estos lugares, determinando concentraciones de amonio cuaternario de 4.7 y 7.7  $\mu\text{g/L}$  (Wieck *et al.*, 2020) en dos muestras de aguas de alcantarilla. Debido a la escasa información las concentraciones no fueron consideradas como parámetro de análisis en esta investigación.

De acuerdo con el análisis de datos, se contrastaron 4 mecanismos de limpieza para las aguas contaminadas, de los cuales se determinó que el más eficiente corresponde a la adición de carbón activado. Este es utilizado para la filtración de las aguas contaminadas, produciendo una reacción con todo el amonio para formar cloraminas. En el breakpoint, se produce la destrucción de las cloraminas, siendo eliminadas, reduciendo el cloro residual, y formándose tricloruro de nitrógeno, óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) el cual es liberado a la atmósfera (Tchobanoglous *et al.*, 2003; Ibarguen y Bernal, 2008). Luego de que se completa la oxidación de los compuestos oxidables y al seguir añadiendo

cloro, se sobrepasa el breakpoint y comienzan a aumentar los niveles de cloro libre (Tchobanoglous *et al.*, 2003) y puede ser reutilizado. Además, debido a su estructura de placas graníticas, permite no solamente remover el amonio cuaternario y el hipoclorito de sodio, sino también otras sustancias que puedan resultar tóxicas. Cabe destacar que, aún no se ha estudiado lo que ocurre con estos compuestos cuando son liberados a la atmósfera y si afectan de alguna manera a otros organismos. Una dificultad de esta técnica es la filtración en lagos y ríos, ya que son cuerpos de agua más difíciles de tratar por su gran escala.

Los otros 3 mecanismos de limpieza fueron descartados debido a la difícil accesibilidad como en el caso del contactor de membrana que es un equipo tecnológico muy caro y no tendría tanto impacto en la limpieza ya que solo quita los gases presentes en el agua. Los mecanismos de fotólisis son difíciles de llevar a gran escala y necesitan ambientes controlados para realizarlos y el mecanismo de electro-oxidación requiere de un material anódico suficientemente potente para la descomposición de estas sustancias contaminantes, lo que tiene un gran costo que debe ser asociado a la cantidad a usar, por otro lado, es poco factible al momento de utilizarlo en lugares de gran envergadura.

## Conclusión

Mediante una revisión bibliográfica se pudo definir el mecanismo de acción de los desinfectantes en estudio cuando se encuentran presentes en el agua y cómo estos afectan a la biosfera. Los estudios sobre la contaminación de los desinfectantes de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio es un tema reciente, del cual no hay mucha información acerca de las concentraciones en distintas masas de aguas. Si bien se cuenta con variados mecanismos efectivos para la limpieza de aguas contaminadas por los desinfectantes mencionados, esta investigación permitió determinar que el mecanismo de filtración con carbón activado es el más adecuado para solucionar esta problemática. En conclusión, se acepta la hipótesis planteada.

## Proyección

La técnica de remoción y descomposición de agentes contaminantes mediante carbón activado, como los compuestos de amonio cuaternario e hipoclorito de sodio permitiría realizar una eficaz descontaminación del agua durante la pandemia y post pandemia, donde aumentarían las concentraciones y, para futuros donde esto siga siendo un problema. Esta alternativa es la más rentable y de fácil acceso para todos. Así, los ecosistemas afectados podrán liberarse paulatinamente del daño causado.



## Bibliografía

Dewey H, Jones J, Keating M, Budhathoki-Uprety J. 2021. Increased use of disinfectants during the COVID-19 pandemic and its potential impacts on health and safety. *ACS Chemical Health Safety* 29: 27-38.

Ibarguen M, Bernal L. 2008. Establecer la demanda de cloro en el acueducto tribunas córrega de la ciudad de Pereira. Tesis, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.

Lenntech. 2022. Desinfectantes hipoclorito de sodio. <https://www.lenntech.es/procesos/desinf-eccion/quimica/desinfectanteshipoclorito-de-sodio.htm>

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2022. Preguntas y respuestas re la limpieza y desinfección de superficies del entorno inmediato en el contexto de la COVID-19 fuera del ámbito sanitario. <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/q-a-considerations-for-the-cleaning-and-disinfection-of-environmental-surfaces-in-the-context-of-covid-19-in-non-health-care-settings>

Rodriguez I. 2020. Ecotoxicólogo: “El uso de amonio cuaternario y cloro al aire libre genera efectos negativos en el medio ambiente, y nulo efecto desinfectante”. *El Mostrador* 3 de junio de 2020.

Subpiramaniyam S. 2021. Outdoor disinfectant sprays for the prevention of COVID-19: Are they safe for the environment? *Science of The Total Environment* 759. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144289>

Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD, Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater engineering : treatment and reuse*. McGraw-Hill Ed., Boston, USA.

Wieck S, Olsson O, Kümmerer K. 2018. Not only biocidal products: Washing and cleaning agents and personal care products can act as further sources of biocidal active substances in wastewater. *Environment International* 115: 247-256. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.040>





UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



Artículo de Investigación / Research Article

# TRANSFORMANDO LOS DESECHOS ORGÁNICOS DE ALGAS, SEMILLAS, FRUTAS Y VERDURAS EN ADITIVOS ALIMENTARIOS SALUDABLES

## TRANSFORMING ORGANIC WASTE FROM ALGAE, SEEDS, FRUITS AND VEGETABLES INTO HEALTHY FOOD ADDITIVES

### Correspondencia

Hayddé Gómez  
hgomez@iaemaristas.cl  
Instituto Alonso de Ercilla  
Santiago

### Autora

Sofía Vásquez

Instituto Alonso de Ercilla  
Santiago

### Evaluador

Silvia Matiacevich  
Universidad de Santiago de Chile

<https://doi.org/10.35588/bc.v6i1.102>

Artículo Recibido: 3 de diciembre, 2021

Artículo Aceptado: 5 de enero, 2022

Artículo Publicado: 20 de agosto, 2022



### Resumen

La Ley chilena 20920, tiene como propósito disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización y reciclaje con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente. El objetivo de esta investigación fue elaborar aditivos alimentarios saludables a partir de los desechos orgánicos de: algas, semillas, frutas y verduras. La hipótesis abordó que los desechos orgánicos de algas, semillas, frutas y verduras producen aditivos naturales, los que pueden ser incorporados en diferentes alimentos. La metodología consistió en pesar 300 gramos de cochayuyo, semillas de calabaza, membrillos y tomates. Se lavaron, trozaron y se hidrataron por 1 hora en un recipiente con 700 mL. Se colocaron a fuego medio durante 1 hora. Una vez fríos se molieron, tamizaron, pesaron y refrigeraron. Los resultados mostraron que cada alimento utilizado produjo diferente cantidad de aditivo natural a igual masa inicial. Destacando el cochayuyo, los membrillos, los tomates y por último las semillas de calabazas. En conclusión, este proyecto permitió comprobar la hipótesis planteada porque cada uno de los desechos orgánicos generaron un aditivo natural. Transformando los desechos orgánicos en un producto alimentario con beneficios para la salud.

**Palabras claves:** Desechos orgánicos; Aditivo natural; Saludable.

### Abstract

Chilean Law 20920 aims to reduce the generation of waste and promote its reuse and recycling in order to protect the health of people and the environment. The aim of this research was to develop healthy food additives from organic waste: algae, seeds, fruits and vegetables. The hypothesis was the organic wastes from algae, seeds, fruits and vegetables produce natural additives, which can be incorporated into different foods. The methodology consisted of weighing 300 grams of cochayuyo, pumpkin seeds, quince and tomatoes. They were washed, chopped and hydrated for 1 hour in a 700 mL. They were placed on medium heat for 1 hour. Once cold, they were ground, sifted, weighed and refrigerated. The results showed that each food used produced different amounts of natural additive at the same initial mass. Highlighting cochayuyo, quince, tomatoes and finally pumpkin seeds. In conclusion, this research proved the hypothesis that each of the organic wastes generated natural additive. Transforming organic waste into a food product with health benefits.

**Keywords:** Organic waste; Natural additive; Healthy.





# Introducción

Según un estudio del Banco Mundial, América Latina y el Caribe generan alrededor de 231 millones de toneladas de residuos con un promedio regional de 0,99 kilogramos por persona al día. Aproximadamente la mitad de los residuos en América Latina y el Caribe son alimentos y residuos orgánicos que pueden convertirse en abono. Chile se ubica sobre el promedio de la región con 1,15 kg de basura por día, ocupando el primer lugar en Sudamérica por sobre Argentina, República Dominicana y Brasil entre otros países (Kaza *et al.*, 2018). La Ley chilena 20920, tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente. A su vez, define el reciclaje como el empleo de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo, incluyendo el co-procesamiento y compostaje, pero excluyendo la valorización energética (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), considera como desechos alimentarios a los alimentos que se pierden por malas decisiones de los comerciantes y consumidores, que ocurre al final de la cadena alimentaria (ventas y consumo final) (FAO, 2012).

En Chile, existen aproximadamente 1150 ferias libres (Portal Agro Chile, 2020), destacando la Región Metropolitana con 455 ferias (Plataforma Urbana, 2016). El 92% de los puestos de la feria son de frutas y hortalizas mientras que el 8% corresponde a puestos de pescados, mariscos y otros (Portal Frutícola, 2013). Debido a la mayor disponibilidad de frutas y hortalizas en las ferias y por consecuencia, mayor cantidad de desechos alimentarios. Se seleccionaron tomates, membrillos y semillas de calabaza. Otra razón, que influyó en la elección de estos alimentos fue las propiedades saludables.

La composición química de las frutas y verduras varía significativamente según el tipo y la procedencia. Sin embargo, el componente que se encuentra en mayor cantidad es el agua (75-90%) de la parte comestible. Contienen además entre 3-20% de hidratos de carbono, 0.1-5.0% de compuestos nitrogenados, 0.6-2.5% de fibra bruta, 0.5-1.5% de minerales y 0.1 a 0.9% de grasas (Ansorena, 2000; Cid, 2000). Los hidratos de carbono que predominan en las verduras son los polisacáridos, lo que hace que tengan un sabor menos dulce y una consistencia más firme que las frutas, debido principalmente a la rigidez que le confieren la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas de las paredes celulares, y en algunos casos también a un alto conte-



nido en almidón. Por el contrario, en las frutas, la sacarosa es el oligosacárido dominante y los principales monosacáridos son la glucosa y la fructosa (Plaza-Díaz *et al.*, 2013). Las pectinas son polisacáridos presentes principalmente en las frutas (manzanas, membrillos y cítricos), con gran importancia en la textura y consistencia de las frutas. También se les conoce como gomas vegetales subproductos vegetales (cáscaras y semillas de frutas) que se utilizan como espesantes o gelificantes en diversos productos alimentarios como mermeladas, jaleas, flanes, dulces, entre otros (Ansorena, 2000). Tienen la propiedad de formar geles y absorber agua, desempeñando un papel fundamental en el procesamiento de los alimentos como aditivo (Noguera *et al.*, 2018).

Las semillas de calabaza (*Cucurbita maxima*) provenientes del zapallo camote o de guarda, se consideran comúnmente como desechos, pero tienen un alto e importante contenido de ácidos grasos y aminoácidos, que cuando se utilizan como subproducto o ingrediente pueden aportar un alto valor agregado a los productos alimenticios. Se les han atribuido varios efectos beneficiosos para la salud humana, debido a su contenido de macro y micronutrientes. Las semillas de calabaza son una fuente natural de fitoesteroles y vitaminas antioxidantes como tocoferoles y carotenoides y una excelente fuente de ácidos grasos insaturados como el oleico y linoleico. A estos compuestos se les atribuye una actividad fisiológica beneficiosa para la próstata y otros como antiparasitarios para el intestino. También, el consumo de semilla de calabaza reduce los marcadores de inflamación, aumenta el recuento de linfocitos, mejora la actividad fagocítica e inhibe la progresión del hígado graso a la esteatohepatitis y la suplementación con aceite de semilla de calabaza tiene efectos cardioprotectores, hipolipidémicos, antihipertensivos, hipoglicémicos, antihelmínticos y cicatrizantes (Lemus-Mondaca *et al.*, 2019).

En las costas de Chile, existen tres tipos de huiros que habitan las orillas del mar, dos especies de huiro negro (*Lessonia spicata* y *Lessonia berteroana*) y el más popular, el cochayuyo (*Durvillea antarctica*) (Subida, 2016). El cochayuyo no solo se destina a un fin comestible, sino también, se utiliza, como base en la elaboración de fertilizantes, combustibles, productos farmacéuticos y/o nutraceuticos. El cochayuyo como tal, destaca nutricionalmente por su equilibrada cantidad de yodo,

aproximadamente, 150 µg/100 g. Es rico en minerales, fibra y proteínas, además, posee todos los aminoácidos esenciales. Todo esto convierte al Cochayuyo en una fuente valiosa de nutrientes; por lo cual, es ideal que se le incorpore en la dieta habitual (Ortiz, 2011; Troncoso-Pantoja *et al.*, 2019).

Basándose en la Ley 20920 para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y el fomento al reciclaje, se formula este proyecto para favorecer la revalorización y utilización en reciclaje de algas, semillas, frutas y verduras. Como también, elaborar un aditivo a partir de estos productos, sustancias que se añadan a los alimentos para mantener o mejorar su inocuidad, calidad nutricional, su frescura, su sabor, su textura o su aspecto (OMS, 2018).

## Hipótesis

Los desechos orgánicos de algas, semillas, frutas y verduras producen aditivos naturales, los que pueden ser incorporados en diferentes alimentos.

## Objetivo General

Elaborar aditivos alimentarios saludables a partir de los desechos orgánicos de: algas, semillas, frutas y verduras.

## Objetivos Específicos

1. Extraer de las algas, semillas, frutas y verduras un espesante natural.
2. Comparar entre desechos orgánicos, las cantidades de espesante natural obtenidos.

## Metodología

### 1. Materiales y procedimiento

Se recolectaron desechos de estos alimentos desde una feria libre: semillas de calabaza, membrillos y tomates. Corresponden a desechos de alimentos porque según la FAO son pérdidas de alimentos que se producen al final de la cadena alimentaria (FAO, 2012). Mientras que desde el litoral central se adquirió el cochayuyo, disponible ampliamente en las costas de Chile.



A continuación, se explica paso a paso el método para obtener el espesante natural.

- a) Se pesaron 300 gramos de cochayuyo, semillas de calabaza, membrillos y tomates. Luego se lavaron y trozaron.



Pesaje inicial



Procesamiento

- b) Se agregó cada alimento por separado a una olla. Completando con 700 mL hasta cubrir los alimentos. Se hidrataron por 1 hora. Con el propósito de absorber agua. En este proceso de hidratación hubo absorción de agua por parte de los tejidos del alimento, junto con una salida de los sólidos desde el interior de estos tejidos, provocando un aumento de volumen de los alimentos (Marin *et al.*, 2006).



Hidratación

- c) Cocción a fuego medio durante 1 hora y se revolvió para evitar que se pegara.



Cocción

- d) Una vez que los alimentos se enfriaron se molió el contenido de la olla.



Molienda

- e) Se tamizó y pesó.



Tamizaje



Pesaje final

## 2. Presentación de información

Los datos fueron agrupados para presentar gráficos. Se pesó cada alimento antes y después del proceso (Gráfico N° 1) y se calculó el porcentaje de rendimiento (%) (Gráfico N° 2), calculado como:

$$(\text{gramos obtenidos} / \text{gramos iniciales}) * 100$$

## Resultados

A continuación, en la figura, se presenta la cantidad obtenida por cada uno de los alimentos procesados.



Aditivo final



Como se muestra en el gráfico N° 1, la mayor cantidad de aditivo se obtuvo desde el cochayuyo (435 g), luego los membrillos (362 g), los tomates (184 g) y por último las semillas de calabaza (83 g).

rendimiento se obtuvo en el cochayuyo (145%), posteriormente membrillos (120,7%), menor grado los tomates (61,3%) y la semilla de calabaza con 27,7%.

El gráfico N° 2, presenta el porcentaje de rendimiento de cada alimento procesado. El mayor porcentaje de

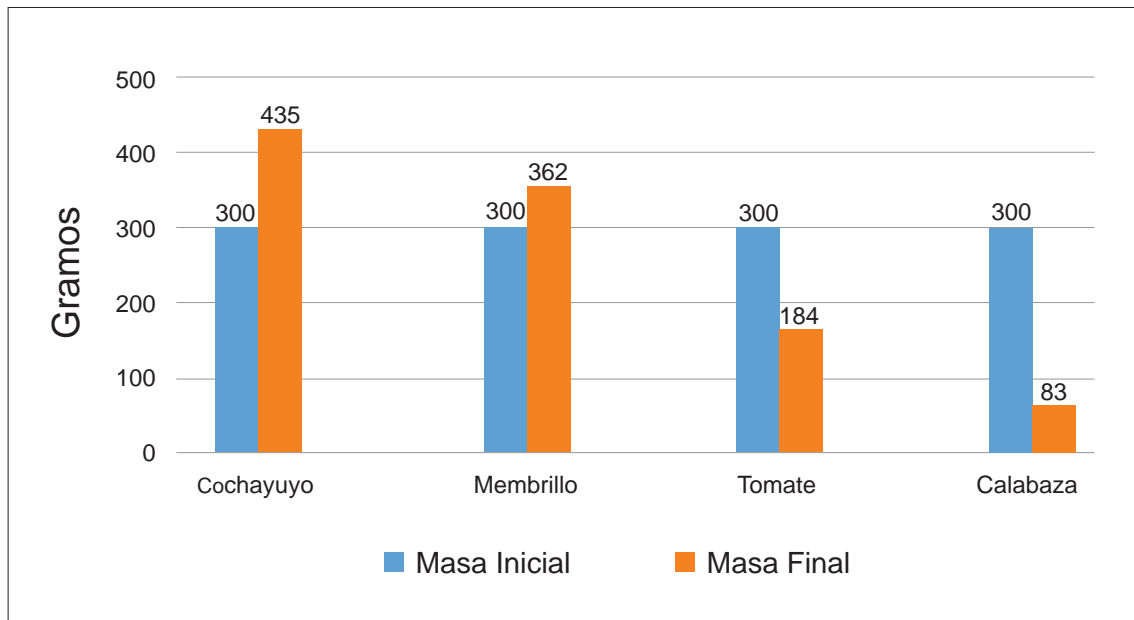


Gráfico N° 1. Masa Inicial (g) de cochayuyo, membrillos, tomates y semillas calabaza versus cantidad de espesante obtenido (masa final) (g).

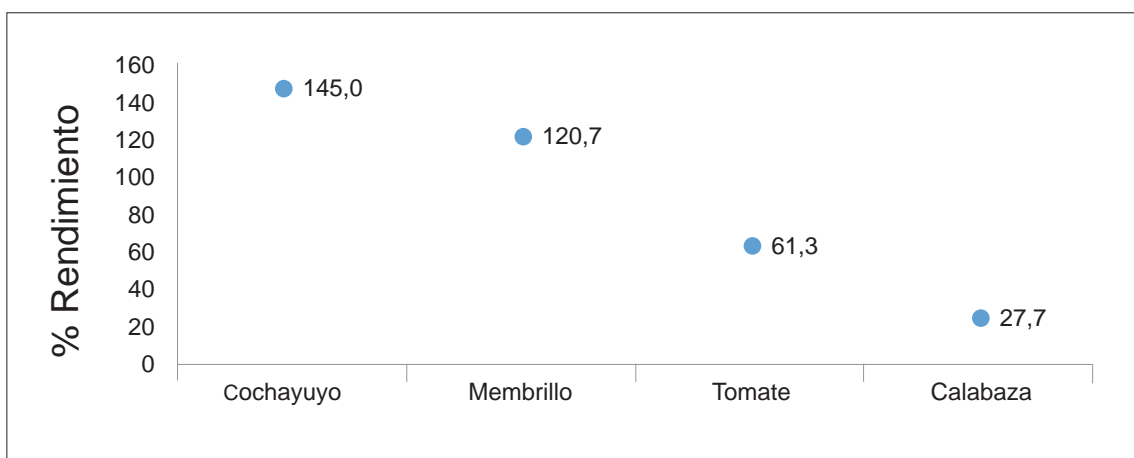


Gráfico N° 2: Porcentaje de rendimiento (%) de espesante obtenido a partir de cochayuyo, membrillos, tomates y semillas de calabaza





## Discusión

A partir de esta investigación se obtuvo un aditivo natural desde los desechos orgánicos de cochoyuyo, membrillos, tomates y semillas de calabaza. Todos los alimentos partieron con igual masa, no obstante, el mayor porcentaje de rendimiento fue en el cochoyuyo (145%), posteriormente membrillos (120,7%), luego los tomates (61,3%) y finalmente las semillas de calabaza con (27,7%). La transferencia del agua que es la solución hidratante es absorbida más rápidamente al inicio del proceso y luego disminuye gradualmente la absorción hasta que el contenido de humedad alcanza un equilibrio, es decir, que todos los espacios inter o intracelulares queden saturados con agua o con solución hidratante. El cambio de volumen del producto deshidratado es proporcional a la cantidad de agua absorbida, aumentando o recuperando su tamaño y volumen inicial. (Marín *et al.*, 2006). En esta investigación, el aumento de volumen, asociado a la absorción de agua por parte de los tejidos del cochoyuyo fue mayor en comparación con los otros alimentos. Una posible explicación a este fenómeno se debe a que el cochoyuyo se encontraba deshidratado, mientras que los membrillos y tomates eran productos frescos. En el caso de las semillas de calabaza, el tiempo de hidratación fue insuficiente lo que dificultó la absorción de agua y por

consiguiente el aumento de volumen. Se recomienda hidratación por un período de 2-4 horas (Escuela de antienviejamiento, 2021).

En relación a las características sensoriales de los productos obtenidos se puede señalar que en el caso del cochoyuyo es un olor de mayor intensidad (semejante a harina de pescado) en comparación con membrillo (aroma a fruta), tomate (aroma a tomates procesados) y semillas de calabaza (suave aroma a zapallo). En cuanto a sabor, fue característico al alimento procesado con la excepción de semilla de calabaza más insípido, neutro. La mayor consistencia se observó en el cochoyuyo, luego en membrillos, posteriormente tomates y en el último lugar la semilla de calabaza. Los organismos internacionales señalan que los aditivos alimentarios son sustancias que se pueden obtener de plantas y se añaden de forma intencionada con un determinado propósito para dotar al alimento en cuestión de características que los consumidores suelen identificar con él (OMS, 2018). Es por esta razón, que los aditivos obtenidos en esta investigación podrían incorporarse a diferentes tipos de alimentos. En el caso de los productos del cochoyuyo y semilla de calabaza podrían agregarse a alimentos salados y los membrillos y tomates a alimentos dulces, mejorando su calidad nutricional entregando beneficios para la salud de los consumidores.

## Conclusión

En este proyecto se comprobó la hipótesis del estudio. De todos los desechos orgánicos utilizados se obtuvo aditivo natural. El método utilizado fue simple, rápido, fácil de replicar y viable de sostener en el tiempo. Está descrito que en muchos lugares donde se expenden alimentos, en las costas de nuestro país como también en los hogares se eliminan muchos desechos orgánicos que podrían ser reutilizados para obtener beneficios para la salud.

## Proyección

Esta investigación permitiría reutilizar y transformar los desechos orgánicos en productos alimentarios saludables para las personas. A su vez, es absolutamente sustentable porque la oferta de desechos orgánicos como: algas, frutas, verduras y semillas están disponibles en la comunidad. Existen investigaciones que muestran que los desechos orgánicos utilizados en esta investigación producen efectos protectores con beneficios importantes para la salud de la población. Los productos obtenidos podrían incorporarse a diferentes alimentos ya sean dulces o salados. No obstante, sería adecuado en un segundo proyecto, evaluar la aceptabilidad de los consumidores en aquellos alimentos en donde se agregaron los aditivos obtenidos en esta investigación.





## Bibliografía

- Ansorena D. 2000. Capítulo 9. Frutas y frutos secos. En: Astiasarán I, Martínez J. (Eds). Alimentos composición y propiedades. <https://fisiogenomica.com/assets/Blog/pdf/Alimentos-Composicion-y-Propiedades.pdf>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2016. Ley 20920. Marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>
- Cid M. 2000. Capítulo 8. Hortalizas y verduras. En: Astiasarán I, Martínez J. (Eds). Alimentos composición y propiedades. <https://fisiogenomica.com/assets/Blog/pdf/Alimentos-Composicion-y-Propiedades.pdf>
- Escuela de antienviejecimiento. 2021. Por qué remojar y activar los frutos secos y semillas. <https://escueladeantienviejecimiento.com/por-queremojar-y-activar-los-frutos-secos-y-semillas/>
- FAO. 2012. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo - Alcance, causas y prevención. <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>
- Kaza S, Yao L, Bhada-Tata P, Van Woerden F. 2018. What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank Publications. Washington, USA. [https://pdfs.semanticscholar.org/1643/aa584ec1656018ad86c409dd36446cddb6e0.pdf?\\_ga=2.173370083.1582444480.1629071743-317485417.1625764364](https://pdfs.semanticscholar.org/1643/aa584ec1656018ad86c409dd36446cddb6e0.pdf?_ga=2.173370083.1582444480.1629071743-317485417.1625764364)
- Lemus-Mondaca R, Marin J, Rivas J, Sanhueza L, Soto Y, Vera N, Puente-Díaz L. 2019. Pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*). A review of functional attributes and by-products. *Revista Chilena de Nutrición* 46: 783-791.
- Marín E, Lemus R, Flores V, Vega A. 2006. La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista Chilena de Nutrición* 33: 527-538. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182006000500009>
- Noguera F, Gigante S, Peña N, Aude I, Montero D, Menoni C. 2018. Capítulo 4. Sistemas dispersos. En: Principios de la preparación de alimentos. <https://www.cse.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/2018/12/Principios-de-la-preparacio%CC%81n-de-alimentos-Noguera-2018.pdf>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2018. Aditivos alimentarios. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>.
- Ortiz J. 2011. Monografía composición nutricional y funcional de algas pardas chilenas: *Macrocystis pyrifira* y *Durvillaea antarctica*. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121459/Monografia%20III%20-%20Algas%20Pardas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Plataforma Urbana. 2016. Primer catastro de Ferias Libres arroja que hay más de mil espacios de este tipo en Chile. <https://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/05/15/primer-catastro-de-ferias-libres-arroja-que-hay-mas-de-mil-espacios-comerciales-en-chile>
- Plaza-Díaz J, Martínez O, Gil Á. 2013. Los alimentos como fuente de mono y disacáridos: aspectos bioquímicos y metabólicos. *Nutrición Hospitalaria* 28: 5-16.



Portal Agro Chile. 2020. Sanitización de espacios públicos para contribuir al Plan Coronavirus. <https://www.portalagrochile.cl/2020/04/02/sanitizacion-de-espacios-publicos-para-contribuir-al-plan-coronavirus>

Portal Frutícola. 2013. El rol de las ferias libres en Chile. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2013/04/22/el-rol-de-las-ferias-libres-en-chile>

Subida MD. 2016. ¿Qué son los Huiros? Revista REMA N°1. <http://chileesmar.cl/wp-content/uploads/2016/01/REMA-N%C2%B0-1.pdf>

Troncoso-Pantoja C, Aguirre-Céspedes C, Sotomayor-Castro M, Alarcón-Riveros M. 2019. Durvillaea Antártica: Revalorando un alimento patrimonial. Revista Chilena de Nutrición 46: 215-216. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182019000200215>





Artículo de Investigación / Research Article

# CONOCIMIENTO DE LA CIUDADANÍA DE QUELLÓN SOBRE LOS USOS Y PROPIEDADES DEL POMPÓN (*SPHAGNUM MAGELLANICUM* BRID)

## KNOWLEDGE OF THE CITIZENS OF QUELLÓN ABOUT THE USES AND PROPERTIES OF POMPOM (*SPHAGNUM MAGELLANICUM* BRID)

### Correspondencia

Camilo Rojas  
camrvaldivia@gmail.com  
Colegio Quellón  
Quellón, Región de Los Lagos

### Autores

Javiera Bórquez  
Mauricio Márquez

Colegio Quellón  
Quellón, Región de Los Lagos

### Evaluador

Alberto González  
Universidad de Santiago de Chile

<https://doi.org/10.35588/bc.v6i1.99>

Artículo Recibido: 25 de Octubre, 2021

Artículo Aceptado: 10 de mayo, 2022

Artículo Publicado: 20 de agosto, 2022



### Resumen

Las turberas de Chiloé representan uno de los ecosistemas más importantes de la isla al proveer diversos servicios ecosistémicos, y actualmente se encuentran amenazados por la extracción y sobreexplotación del pompón (*Sphagnum magellanicum* Brid.), su principal componente. En este escenario, el conocimiento de la ciudadanía sobre su importancia y la de sus servicios ecosistémicos resulta fundamental para su protección. Diseñamos una investigación cuantitativa para conocer la percepción de la ciudadanía de Quellón sobre la importancia del pompón y sus potenciales usos como agente antimicrobiano. De 155 encuestas aplicadas, se obtuvo que los grupos pertenecientes a pueblos originarios, los que tienen enseñanza básica incompleta o un posgrado y los que se encuentran entre 41 a 50 años conocen evidencias sobre el efecto antimicrobiano del pompón. Además, los grupos de menor edad no han tenido experiencias con el pompón como planta medicinal, a diferencia de los de mayor edad. Así, se comprueba que existe un desconocimiento general de los usos medicinales del pompón. Finalmente, se plantea la importancia de profundizar en los conocimientos etnobotánicos de la ciudadanía de Quellón, por estar ante un posible caso de extinción de la experiencia.

**Palabras claves:** *Sphagnum magellanicum*; Uso medicinal; Extinción de la experiencia.

### Abstract

The Chiloé peat bogs represent one of the most important ecosystems on the island by providing various ecosystem services, and are currently threatened by the extraction and overexploitation of pompom (*Sphagnum magellanicum* Brid.), its main component. In this scenario, the knowledge of citizens about its importance and that of its ecosystem services is essential for its protection. We designed a quantitative research to know the perception of the citizens of Quellón about the importance of the pompom and its potential uses as an antimicrobial agent. From 155 applied surveys, it was obtained that the groups belonging to native peoples, those who have not completed basic education or a postgraduate degree and those who are between 41 and 50 years old know evidence about the antimicrobial effect of the pompom. In addition, the younger groups have not had experiences with the pompom as a medicinal plant, unlike the older ones. Thus, it is verified that there is a general ignorance of the medicinal uses of the pompom. Finally, the importance of deepening the ethnobotanical knowledge of the citizens of Quellón is raised, as this is a possible case of extinction of the experience.

**Keywords:** *Sphagnum magellanicum*; Medicinal use; Extinction of experience.



# Introducción

Las turberas son un tipo de humedal que se caracteriza por la acumulación de materia orgánica en descomposición anaeróbica y con un suelo cubierto por musgos, siendo uno de los tipos de humedales más presentes en el mundo (Díaz *et al.*, 2005). Diversos servicios ecosistémicos son provistos por las turberas, entre los que se incluyen la amortiguación hidrológica, la acumulación de carbono, la obtención de plantas medicinales, la realización de actividades recreacionales, la conservación de la biodiversidad, entre otras (Díaz *et al.*, 2005; León *et al.*, 2012). En las turberas de la Isla Grande de Chiloé, las especies más frecuentes son los arbustos *Myrteola nummularia* y *Gaultheria antarctica* y el musgo *Sphagnum magellanicum*, (Díaz *et al.*, 2008), siendo en total cinco las especies de *Sphagnum* que se pueden encontrar en ellas.

Pese a la importancia de las turberas y de *S. magellanicum* en la mantención de los ecosistemas, se enfrentan actualmente a múltiples desafíos, entre los que se encuentran la extracción a mano de musgo vivo para su exportación, pues es usado como producto de horticultura en países como Japón, Corea del Sur, Estados Unidos y Taiwán (Zegers *et al.*, 2006) y la extracción de turba por maquinaria pesada para ser usada con distintos fines, como el tratamiento de aguas residuales, para el aislamiento térmico, para retener nutrientes en viveros o incluso como combustible, causando así el drenaje de las turberas sin implementación de medidas de mitigación (León *et al.*, 2012), a lo que debe sumarse el alto costo de los procesos de restauración del musgo y el hecho de que la extracción de *Sphagnum* y de turba se encuentran regidas por normativas legales distintas, siendo la de musgo regulada por el dere-

cho común y la de turba por la concesión minera (Berríos-Bloomfield y Jirón-Verdaguer, 2018). Estos factores han llevado a una sobreexplotación de las turberas, provocando en Chiloé una crisis hídrica al afectar la regulación hídrica de los suelos (Zegers *et al.*, 2006; Gajardo *et al.*, 2017).

Sin embargo, además de la importancia de *S. magellanicum* en la regulación hídrica, se ha encontrado evidencia de su potencial antimicrobiano (Wallach *et al.*, 2010), reforzando la visión de las turberas como proveedor de recursos medicinales, lo que es considerado un servicio ecosistémico (Díaz *et al.*, 2005). Así, se ha evidenciado la necesidad de realizar actividades en pro de aumentar la consciencia de la gente de Chiloé sobre el pompón, las turberas y los problemas que les aquejan (León *et al.*, 2012). Es por esto que reconocer las distintas propiedades de *Sphagnum magellanicum*, incluyendo su potencial uso como un agente microbiano, favorecerían la promoción en la ciudadanía de actitudes y acciones orientadas hacia la protección y manejo sustentable de tales ecosistemas. Así, nuestra investigación se ha centrado en conocer la percepción de la ciudadanía de Quellón sobre la importancia del pompón y sus potenciales usos como agente antimicrobiano.

## Hipótesis

Existe un desconocimiento de la ciudadanía de Quellón sobre los posibles usos del pompón (*Sphagnum magellanicum* Brid.) como agente antimicrobiano.



## Objetivo general

Conocer la percepción de la ciudadanía de Quellón sobre la importancia del pompón y sus potenciales usos como agente antimicrobiano.

## Objetivos específicos

1. Realizar una investigación bibliográfica sobre las posibles propiedades bactericidas del pompón (*Sphagnum magellanicum*).
2. Aplicar una encuesta a la ciudadanía de la comuna de Quellón sobre el conocimiento que tienen de los usos y propiedades del pompón (*Sphagnum magellanicum*).
3. Comparar el conocimiento sobre los usos y propiedades del pompón (*Sphagnum magellanicum*) de acuerdo a su pertenencia a pueblos originarios, edad, escolaridad y zona de residencia.
4. Comunicar los resultados de la investigación a través de un producto audiovisual por redes sociales y por los medios de comunicación de la comunidad.

## Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica sobre las características ecológicas y fisiológicas del pompón (*Sphagnum magellanicum*), y sus usos y aplicaciones dentro de las distintas industrias. Los documentos se buscaron en Google Scholar, con los términos “pompón AND bactericida”, “usos bactericidas del pompón”, “bactericidas AND *Sphagnum magellanicum*”, “*Sphagnum* AND medicinal”, “*Sphagnum* AND antimicrobial”, “sphagnol” y “sphagnan”. Fueron considerados todos aquellos documentos que mencionaran usos medicinales de briófitas y musgos del género *Sphagnum*, ya fuera como uso tradicional o como parte de tratamientos médicos convencionales. No se consideraron aquellos artículos que profundizaran en aplicaciones más conocidas del pompón, como su capacidad de retención de agua.

A partir de los resultados de la revisión, se aplicó una metodología cuantitativa, diseñando una encuesta en Google Forms aplicada a la ciudadanía vía online para conocer sus apreciaciones y conocimientos sobre los usos y propiedades del pompón. La difusión se hizo vía redes sociales a través de las cuentas de Facebook usadas mayormente por la comunidad, y de un Instagram creado especialmente para este fin. El único requisito para contestar fue habitar en Quellón al momen-

to de hacerlo, cerrándose la encuesta en caso de que contestaran que no lo hacían. No hubo límite de edad, aunque a los menores de edad se les solicitó adjuntar el consentimiento legal de sus apoderados legales. Los resultados fueron analizados de acuerdo al rango etario, pertenencia a pueblos originarios, zona de residencia, niveles promedio de ingreso y escolaridad alcanzada.

## Resultados

### Usos medicinales y propiedades antimicrobianas del género *Sphagnum*

Ha habido poco estudio del uso medicinal popular de las briófitas, y se ha propuesto que la relativamente escasa utilización que se ha hecho de ellas en el cuidado de la salud se relaciona con la poca biomasa que suelen aportar a los ecosistemas, pues en las regiones polares y tropicales, en donde la biomasa es mayor, se les han reportado mayores usos etnobotánicos (Sabovlevic *et al.*, 2016). La revisión reciente de Chandra *et al.* (2016), encontró que varias especies del género *Polytrichum*, con usos dentro de la medicina tradicional, poseen compuestos útiles como anticancerígenos, tales como derivados de benzonaftoxantenona o cinamoil bibenzilos, que son prometedores en el tratamiento para la leucemia. Además, la misma revisión encontró que los extractos de briófitas han sido útiles como fumigantes, además de tener efectos repelentes y antialimenticios, al prevenir los ataques de insectos y animales forrajeros. También Chandra *et al.* (2016), han encontrado que el uso de briófitas es más fuerte en comunidades tribales de diversas partes del mundo, incluyendo zonas de América como Argentina, mientras que Sabovlevic *et al.* (2016), aportan que en Chile se le da uso al musgo *Targionia sp.*, en el cual se han identificado compuestos con actividad biológica como distintas lactonas.

Respecto a los musgos del género *Sphagnum*, se ha reportado el uso de *S. sericeum* como vendaje con propiedades antimicrobianas, como tratamiento para afecciones de la piel, hemorroides y tratamientos oculares, además de múltiples usos prácticos no relacionados con la salud (Azuelo *et al.*, 2011). Además, Podterob y Zubets (2002) recogen que *Sphagnum* ha llamado la atención por sus propiedades de intercambio de iones y que sus extractos han mostrado efectos bactericidas para ciertos estafilococos y estreptococos, además de haberse reportado actividad antifúngica en 14 especies. Cabe destacar que Drobnik y Stebel (2017) recogieron el uso de una sustancia denominada sphagnol, presente en los *Sphagnum*, que fue usada con fines médicos





durante los siglos XIX y XX, al atribuírsele propiedades antisépticas que mantenían las heridas limpias al vendar con el musgo, aunque hoy se encuentra en desuso. Este sphagnol fue reconocido por el mismo estudio como una mezcla de ácido sphágñico y otros fenoles, aunque con débil acción antimicrobiana, mientras que al polisacárido sphagnano se le atribuye inhibición del crecimiento de *Bacillus subtilis*, *B. fluorescens liquiefaciens*, *Aspergillus niger* y *Daphnia* sp. (Stalheim *et al.*, 2009; Drobnik y Stebel, 2017). Estos indicios son reforzados por los hallazgos de Commiso *et al.* (2021), quienes revisaron estudios en los que se identificaron sustancias antimicrobianas en la huella de metabolitos de *Sphagnum* al compararlas con plantas con efectos antimicrobianos conocidos.

En lo referente a las propiedades antimicrobianas de *Sphagnum magellanicum*, se ha encontrado que posee actividad inhibitoria para las bacterias *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (Crespín-Cruz y Rojas-Morante, 2019), *Pectobacterium carotovorum*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi* y *Streptococcus* tipo  $\beta$ , aunque se requirieron concentraciones mayores que las necesitadas por musgos de *Sphagnum* de otras partes del mundo (Montenegro *et al.*, 2009). Además, se ha detectado que las muestras en fresco tienen acción contra los hongos levaduriformes *Malassezia pachydermatis* y *Candida albicans*, y que el efecto antibacterial es mejor contra las bacterias Gram positivas que las Gram negativas (Wallach *et al.*, 2010).

### Conocimiento de la ciudadanía de Quellón sobre los usos y propiedades de *Sphagnum magellanicum*

#### Resultados generales

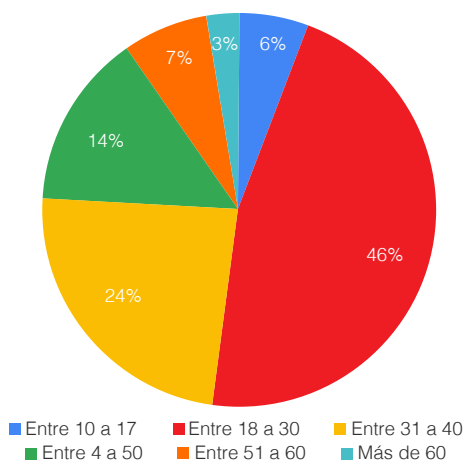


Figura N° 1. Composición etaria de la población encuestada

Se encuestó a un total de 155 personas, de las cuáles el 42% se siente parte de un pueblo originario y el 53% vive en una zona urbana. La mayoría de los encuestados (46%) tenía entre 18 y 30 años, seguido de un 24% entre 31 y 40 (Figura N° 1). El 30% completó sus estudios universitarios, el 12% tiene educación técnico-profesional y el 3% tiene un estudio de posgrado (Mg o PhD). Del total de encuestados, el 87% declara conocer el musgo pompón, el 81% declara saber dónde crece, y el 48% dice saber qué es una turbera. El 54% declara tener conocimientos intermedios del pompón, y un 20% saber muy poco. Sobre la importancia de las turberas, el 59% cree que son muy importantes, y el 77% opina lo mismo sobre el pompón. Un 78% sabe que los musgos tienen múltiples usos aprovechables por el ser humano, y el 65% conocía sus usos para obtener productos medicinales, aunque un 32% sabía que se han encontrado evidencias de las propiedades antimicrobianas del pompón. Además, el 41% declara que conocía del uso del pompón como vendaje, el 61% sabía de su uso como fuente de insumos médicos. Además, el 23% declara usar muy frecuentemente plantas medicinales, y el 26% ha usado o visto usar musgos para fines medicinales, y un 11% ha usado o visto usar pompón para fines medicinales.

A continuación, se presentan los resultados más relevantes del estudio, analizados de acuerdo a pertenencia a pueblos originarios, la zona de residencia, el rango etario, y el nivel de escolaridad. El volumen de resultados es mayor al expuesto, por lo que por términos de extensión se incluyen aquellos más pertinentes a nuestros objetivos.

#### Según la pertenencia a pueblos originarios

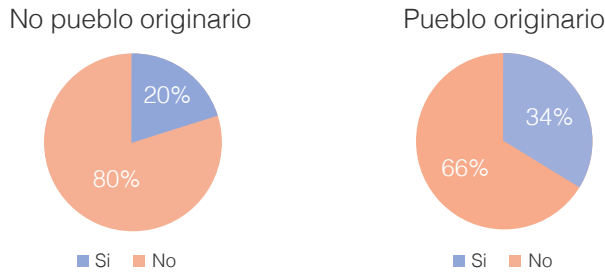
Del 42% que declara sentirse parte de un pueblo originario, la totalidad menciona serlo de los pueblos mapuche o williche. De ellos, el 91% declara conocer al musgo pompón, el 85% sabe dónde crece y el 62% sabe qué es una turbera. Además, el 38% declara usar muy frecuentemente plantas con fines medicinales, el 34% declara haber usado o visto usar musgos para fines medicinales, y el 18% haber usado o visto usar pompón para fines medicinales.

Del 58% que declara no sentirse parte de un pueblo originario, el 84% declara conocer al musgo pompón, el 78% saber dónde crece y el 39% saber qué es una turbera. El 13% declara usar muy frecuentemente plantas con fines medicinales, el 20% ha usado o visto usar musgos para fines medicinales y el 6% ha usado o



visto usar pompón para fines medicinales. En la Figura N° 2 se muestra la comparación de las respuestas de estas dos últimas preguntas de acuerdo a la pertenencia o no a un pueblo originario.

19. ¿Has usado o visto a alguien usar musgos para fines medicinales?



20. ¿Has usado o visto a alguien usar pompón para fines medicinales?

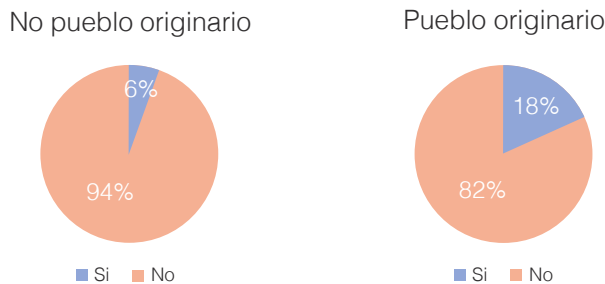


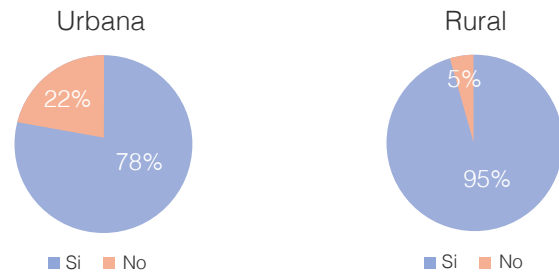
Figura N° 2. Respuestas de los encuestados a las preguntas 19 y 20 de la encuesta según su pertenencia a pueblos originarios.

### Según la zona de residencia

El 53% de los encuestados vive en una zona urbana. De ellos, el 78% conoce el pompón y el 73% sabe dónde crece, mientras que el 51% declara saber qué es una turbera. Un 29% declara haber usado o visto usar musgos para fines medicinales, y un 12% declara haber usado o visto usar pompón para fines medicinales.

Del 47% que vive en zona rural, el 95% declara conocer el pompón y 88% saber dónde crece. A su vez, el 46% afirma saber qué es una turbera. Un 18% declara usar frecuentemente plantas con fines medicinales, el 23% usa o ha visto usar musgos para fines medicinales y el 10% usa o ha visto usar pompón para fines medicinales.

6. ¿Conoces el musgo pompón?



7. ¿Sabes dónde crece el pompón?

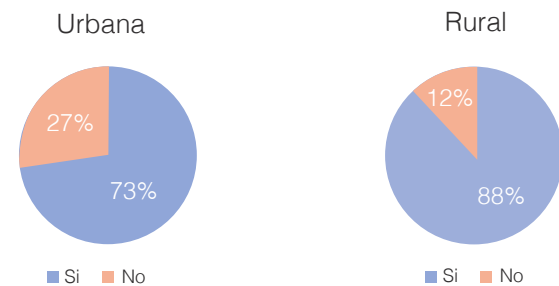


Figura N° 3. Respuestas de los encuestados a las preguntas 6 y 7 de la encuesta según su zona de residencia.

En la Figura N° 3 se muestran la comparación en las respuestas respecto al conocimiento del pompón según la zona de residencia.

### Según el rango etario

El 89% de los encuestados de entre 10 y 17 años, el 82% de entre 18 a 30 años, el 95% de entre 31 a 40 años, el 86% de entre 41 a 50 años, el 91% de entre 51 a 60 años y el 100% de los de más de 60 declaran conocer el musgo pompón.

Todos los grupos etarios declaran en gran proporción conocer al pompón, variando desde el 82% en el rango de 18 a 30, hasta un 100% en el de mayores de 60. Sobre el término turbera, los que tienen un mayor conocimiento son los grupos de 31 a 40 y de 41 a 50, ambos con un 59%, y el menor es el grupo de 10 a 17, con un 22% de conocimiento. El 100% del grupo de 10 a 17 años declara no haber usado ni visto usar pompón para fines medicinales, mientras que el 27% de los grupos de 41 a 50 y de mayores de 60 declara sí haberlo hecho (Figura N° 4).



20. ¿Has usado o visto a alguien usar pompón para fines medicinales?

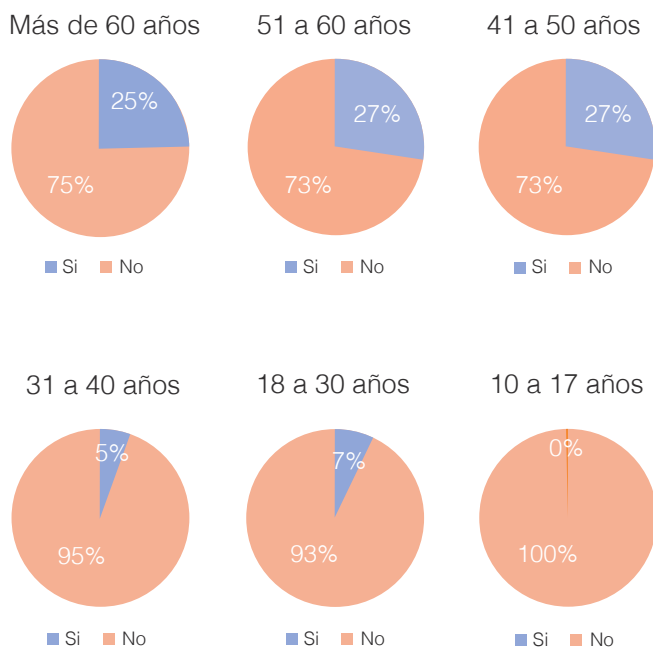


Figura N° 4. Respuestas de los encuestados al uso del pompón con fines medicinales de acuerdo a su rango etario

### Según nivel de escolaridad

Los grupos con mayor conocimiento que se han podido observar frente a saber qué es el musgo pompón, corresponden a Educación Básica completa, educación básica incompleta y posgrado con un 100%, mientras que se puede observar una leve disminución frente a los otros niveles de estudios. Con respecto al conocimiento de la turbera, es mayor en el posgrado y la Educación Básica incompleta, y a la vez se presenta el rango con menor conocimiento, que es la Universidad incompleta con un 63%.

El 100% de los encuestados de Educación Básica completa, el 100% de Educación Básica incompleta, el 83% de Enseñanza Media completa, el 91% de Enseñanza Media incompleta, el 89% de Técnico profesional, el 91% de universidad completa, el 50% de universidad incompleta y el 100% de Posgrado, declaran conocer el musgo pompón. El 100% de Educación Básica completa, el 100% de Educación Básica incompleta, el 70% de Educación Media completa, el 82% de Educación Media incompleta, el 78% de Técnico profesional, el 87% de Universidad completa, el 60% de Universidad incompleta y el 100% de posgrado, declaran saber dónde crece el pompón.

### Comunicación de los resultados a la comunidad

Para la difusión de la encuesta y los resultados se creó una página de Instagram (@pompones\_de\_curanue), que se muestra en la Figura N° 5. En el momento de la redacción de este informe, se encuentra en desarrollo un producto audiovisual para la difusión de los resultados, que será divulgado a través de la página junto a los demás productos informativos diseñados para tal fin.



Figura N° 5. Publicación de la página de Instagram creada como parte de la investigación.

### Discusión

A partir de los resultados obtenidos, se observa que dentro del rango de edades que se encuentran entre los 18 y 30 años la mayoría de los encuestados no se siente parte de un pueblo originario, su nivel de estudio predomina dentro de lo universitario y esto junto con el rango de edad se puede relacionar con el medio de difusión de la encuesta aplicada, ya que al ser online obtuvimos una mayor cantidad de respuestas provenientes de este sector de la población, siendo esta nuestra principal limitación.

El grupo que se identifica como parte de un pueblo originario declara en un 62% saber qué es una turbera, superior al 39% de aquellos que no se sienten parte de un pueblo originario. Además, el 70% de los encuestados pertenecientes a un pueblo originario cree las turberas son muy importantes, contrastando con el 51% de quienes no se identifican como parte de un pueblo. Esto es consistente con el mayor conocimiento que suelen tener los pueblos originarios sobre las plantas, asociado a la importancia que éstas tienen en su vida cotidiana (Gutiérrez-Pilquiman, 2017; Musaubach *et al.*, 2018), asociado además a la idea mapuche del conocimiento como una construcción colectiva que pertenece al grupo en su totalidad, el kimün, por lo que es



transmitido entre las distintas generaciones pertenecientes a la cultura (Sepúlveda-Sepúlveda, 2006).

De acuerdo a la zona de residencia se observan diferencias en el conocimiento del pompón y donde crece, siendo mayor en los sectores rurales que los urbanos, si bien en ambos la importancia declarada para las turberas y el pompón es similar. Interesantemente, los residentes del sector urbano declaran usar o haber visto utilizar al pompón como planta medicinal con más frecuencia que los residentes de sectores rurales. Esto podría deberse al incremento en el acercamiento que han tenido los habitantes de la ciudad al uso de plantas medicinales, generalmente decepcionados por la medicina convencional (Ramírez-García, 2017).

El término turbera es poco manejado tanto por los sectores de mayor edad como los de menos edad, siendo las edades intermedias quienes tienen un mayor conocimiento. Además, se observa que la importancia que se le otorga a las turberas y al pompón aumenta junto con la edad. El grupo de 10 a 17 años es el que muestra menos acercamiento con los musgos con un uso medicinal, con un 0% declarando haber usado o visto usar al pompón con fines medicinales, contrastando con el 27% que sí declara haberlo usado o visto en el grupo de 51 a 60 años. Esto podría originarse en un menor acercamiento experiencial de los jóvenes al pompón, originando una pérdida del uso del pompón

con fines médicos con el paso de las generaciones, y siendo evidencia de un posible caso de extinción de la experiencia, en el sentido de Pyle (2011).

Los grupos del estudio que más declaran saber qué es el pompón y dónde crece son los con Enseñanza Básica completa, Enseñanza Básica incompleta y los de pueblos originarios, alcanzando el 100%, pudiendo explicarse este resultado por la importancia que el pueblo mapuche le atribuye a la transmisión oral de conocimientos herbolarios (Sepúlveda-Sepúlveda, 2006). Los grupos con mayor porcentaje de declaración de conocimientos sobre las aplicaciones médicas del pompón son aquellos que poseen posgrado y aquellos con enseñanza básica incompleta. Este resultado podría deberse a que ambos grupos poseen distintos tipos de evidencia, uno basado en conocimiento científico formal y otro en saberes prácticos y experienciales (Bilański, 2018). Así, se pone en relevancia la importancia de continuar estudiando los conocimientos etnobotánicos de los distintos grupos de la ciudadanía y el origen de dichos conocimientos. Quiénes tienen menor porcentaje de conocimiento varía entre el Técnico-Profesional, la Enseñanza Media completa y Enseñanza Media incompleta y el universitario incompleto. Esto podría relacionarse también con las edades, ya que tienden a ser gente un poco más joven, lo que se vincularía con la extinción de la experiencia descrita más arriba.

## Conclusión

Nuestro estudio, si bien posee la limitación de no poder ser generalizable a toda la ciudadanía de Quellón por haberse difundido la encuesta vía online, dificultando que algunos sectores de la población accedieran a ella, constituye una aproximación a los conocimientos de los quelloninos sobre los usos no convencionales del pompón. Así, hemos encontrado que los grupos que se identifican como parte de los pueblos mapuche o williche y que habitan en la zona rural declaran en mayor proporción conocer más al pompón y las turberas frente a quienes no se identifican con un pueblo originario o que habitan en la ciudad. En cuanto al conocimiento sobre las evidencias de la actividad antimicrobiana del pompón, concluimos que se corrobora nuestra hipótesis de que existe un desconocimiento general de la población de Quellón sobre los usos medicinales del pompón y sus efectos antimicrobianos, si bien el grado varía de acuerdo al grupo analizado, puesto que quienes se identificaban como parte del pueblo mapuche o williche declararon mayores niveles de conocimiento, al igual que quienes obtuvieron un posgrado o tienen la enseñanza básica incompleta. Interesantemente, no hubo diferencias entre los sectores urbanos y rural. Así, queda para investigaciones posteriores el corroborar estas tendencias y el profundizar en los motivos para que existan tales diferencias.



## Bibliografía

Azuelo A, Sariana L, Pabualan M. 2011. Some medicinal bryophytes. Their ethnobotanical uses and morphology. *Asian Journal of Biodiversity* 2: 49-80.

Bilański G. 2018. Validación y usos del saber científico-académico. Hacia una comunidad universitaria de saber experiencial. *Espacios en Blanco* 28: 221-244.

Berríos-Bloomfield A, Jirón-Verdaguer X. 2018. Régimen jurídico de los humedales tipo turbera. Sobre la necesidad jurídica de regular la extracción de turba y musgo *Sphagnum* en el Archipiélago de Chiloé. Revisión crítica a las alternativas para su regulación. Tesis, Universidad de Chile.

Chandra S, Chandra D, Barh A, Pankaj, Pandey R, Sharma. I. 2016. Bryophytes: Hoard of remedies, an ethno-medicinal review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* 7: 94-98. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.01.007>

Commiso M, Guarino F, Marchi L, Muto A, Piro A, Degola F. 2021. Byo-activities. A review on how bryophytes are contributing to the arsenal of natural bioactive compounds against fungi. *Plants* 10: 203. <http://doi.org/10.3390/plants10020203>

Crespín-Cruz Y, Rojas-Morante K. 2019. Delimitación de la actividad antibacterial del *Sphagnum magellanicum*. Tesis, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Díaz MF, Larraín J, Zegers G, Tapia C. 2008. Caracterización florística e hidrológica de las turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 81: 455-468. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2008000400002>

Díaz MF, Zegers G, Larraín J. 2005. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la isla de Chiloé. <https://core.ac.uk/download/pdf/48034398.pdf>

Drobnik J, Stebel A. 2017. Tangled history of the European uses of *Sphagnum* moss and sphagnol. *Journal of Ethnopharmacology* 209: 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.07.025>

Gajardo P, Mondaca E, Santibáñez P. 2017. La minería industrial como una nueva amenaza al espacio marino costero de Chiloé. Bahía de Cucao como caso de estudio. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad* 3: 110-138.

Gutiérrez-Pilquiman Y. 2017. Estudio etnobotánico del bosque nativo y su vinculación con cuatro pueblos originarios presentes en el museo de la vivienda tradicional local. Tesis, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Larraín J. 2007. Adiciones a la flora de musgos de la isla grande de Chiloé, Chile. *Gayana Botánica* 64: 7-23. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432007000100002>

León CA, Larraín J, Oliván-Martínez G. 2018. Mosses of peatlands in Isla Grande de Chiloé, Chile. Keys for identification. *Gayana Botánica* 75: 667-675. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432018000200667>

León CA, Oliván-Martínez G, Fuertes-Lasala E. 2012. Turberas esfagnosas de Chiloé (Chile) y su problemática ambiental. *Boletín de la Sociedad Española de Briología* 38: 29-40.





Montenegro G, Portaluppi M, Salas FA, Díaz MF. 2009. Biological properties of the Chilean native moss *Sphagnum magellanicum*. *Biological Research* 42: 233-237.  
<https://doi.org/10.4067/S0716-97602009000200012>

Musaubach MG, Di Biase A, Berón M. 2018) De epew y foikes. Un análisis etnobotánico y etnohistórico sobre las plantas en los pueblos mapuche y rankulche. *Quinto Sol* 22: 1-24.  
<https://doi.org/10.19137/qs.v22i2.1464>

Podterob AP, Zubets EV. 2002. Medicinal plants. A history of the medicinal use of plants of the genus *Sphagnum*. *Pharmaceutical Chemistry Journal* 36: 192-194.  
<https://doi.org/10.1023/A:1019884605441>

Pyle R. 2011. *The thunder tree. Lessons from an urban wildland*. Oregon: Oregon State University Press, Oregon, USA.

Ramírez-García C. 2017. Plantas mágicas de la costa valdiviana. Guía etnobotánica. *Revista Austral de Ciencias Sociales* 11: 169-172.  
<https://doi.org/10.4206/rev.austral.cienc.soc.2006.n11-09>

Sabovlević M, Sabovlević A, Ikram NK, Peramuna A, Bae H, Simonsen H. 2016. Bryophytes. An emerging source for herbal remedies and chemical production. *Plant Genetic Resources* 14: 314-327. <https://doi.org/10.1017/S1479262116000320>

Sepúlveda-Sepúlveda P. 2006. La transmisión de los conocimientos medicinales herbolarios mapuche en la escuela. Tesis, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

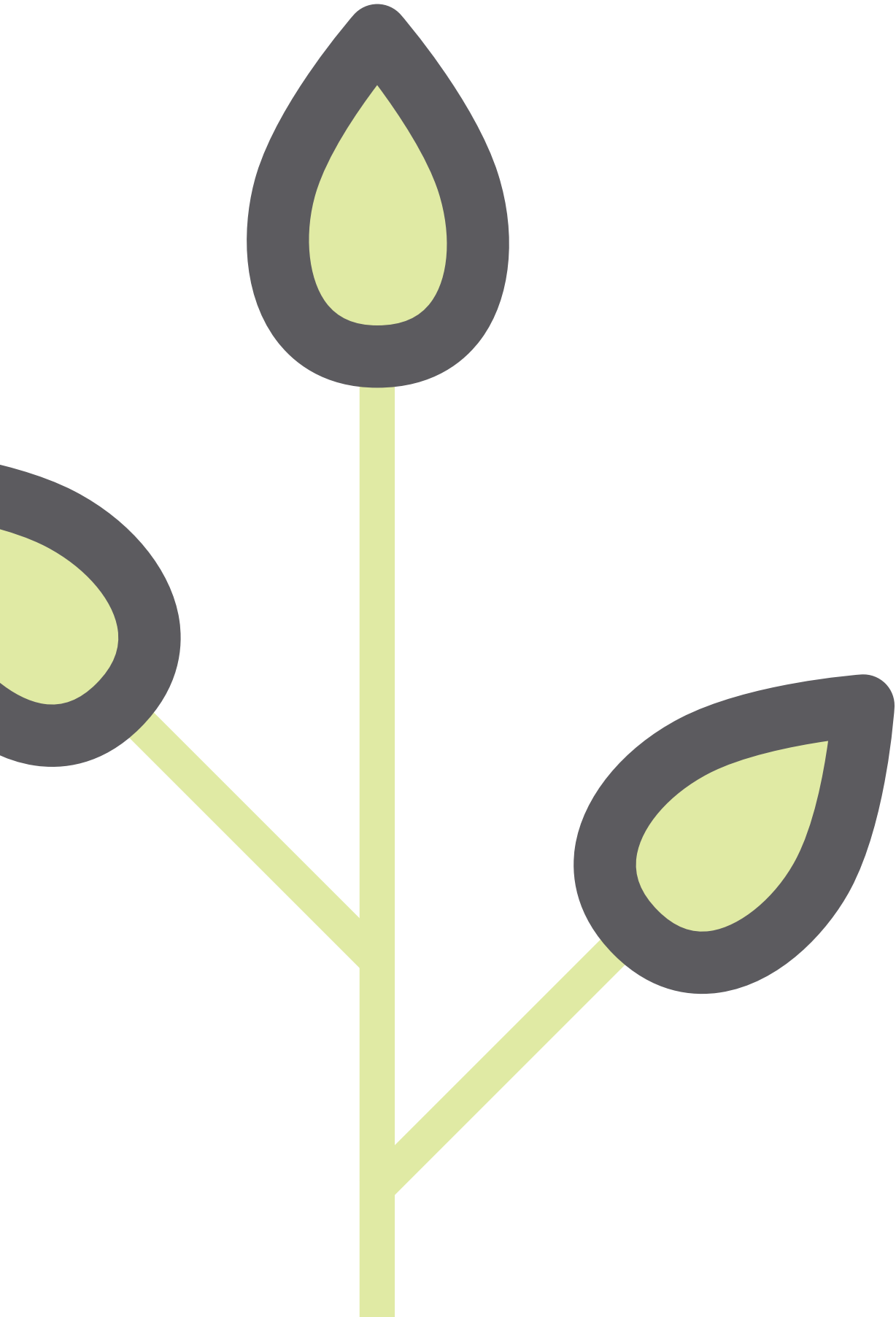
Stalheim T, Ballance S, Christensen BE, Granum PE. 2009. Sphagnum. A pectin-like polymer isolated from *Sphagnum* moss can inhibit the growth of some typical food spoilage and food poisoning bacteria by lowering the pH. *Journal of Applied Microbiology* 106: 967-976.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.04057.x>

Villagrán-Moraga C. 2020. Historia biogeográfica de las briófitas de Chile. *Gayana Botánica* 77: 73-114. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432020000200073>

Wallach P, López L, Oberpaur C, Vararezza F, Maier L. 2010. Estudio preliminar de efectos antimicrobianos 'in vitro' del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. *Agro Sur* 38: 80-86.  
<https://doi.org/10.4206/agrosur.2010.v38n2-03>

Zegers G, Larraín J, Díaz FM, Armesto JJ. 2006. Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de *Sphagnum* en la Isla Grande de Chiloé. *Revista Ambiente y Desarrollo* 22: 28-34.







UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



Artículo de Investigación / Research Article

# RELAVES ¿CÓMO ES EL ECOSISTEMA QUE LOS RODEA?

## TAILINGS WHAT IS THE SURROUNDING ECOSYSTEM LIKE?

### Correspondencia

Marjorie Ibacache  
ip.marjorie@gmail.com  
Colegio Raúl Silva Henríquez  
Ovalle, Coquimbo

### Autores

Alexandra Godoy  
Constanza Godoy

Colegio Raúl Silva Henríquez  
Ovalle, Coquimbo

### Asesor Científico

Nelson Vásquez  
Universidad Católica del Norte

### Evaluador

Miguel Vera  
Universidad de Santiago de Chile

<https://doi.org/10.35588/bc.v6i1.105>

Artículo Recibido: 1 de mayo, 2022  
Artículo Aceptado: 9 de junio, 2022  
Artículo Publicado: 20 de agosto, 2022



### Resumen

La región de Coquimbo posee el 51,3% de los depósitos de relaves que existen en el país. De acuerdo a la información que entrega el Sernageomin, el relave es un sólido pulverizado que se descarta de las operaciones mineras y no es considerado tóxico, pero en contacto con agua de pH ácido podría generar gases tóxicos debido a que puede tener en su composición química elementos como arsénico, cianuro, cobre, cinc y/o plomo. Existen sectores habitados donde se pueden encontrar éstas estructuras, incluso cercanos a pueblos y ciudades donde los pobladores deben convivir con ellos. La finalidad de esta investigación corresponde a identificar el ecosistema (playas, quebradas, cerros, carretera, plantaciones agrícolas, pueblos y/o ciudad) que rodea a los depósitos de relave que están ubicados en la provincia del Limarí mediante la revisión de los Catastros de depósitos de relaves en Chile en los años 2019- 2020 y la herramienta Google Earth. Se obtuvo como principal resultado que el 36% de los depósitos de relave de la provincia se encuentran en sectores no habitados como cerros, carreteras, playas y quebradas, mientras que el 64% se encuentra en las cercanías a plantaciones agrícolas, pueblos y/o ciudades.

**Palabras claves:** Relaves; Depósitos de relave; Provincia del Limarí; Minería

### Abstract

The Coquimbo region has 51.3% of the tailings deposits that exist in the country. According to the information provided by Sernageomin, tailings is a pulverized solid that is discarded from mining operations and is not considered toxic, but in contact with acidic pH water, it could generate toxic gases due to its chemical composition including elements such as arsenic, cyanide, copper, zinc, lead. There are inhabited sectors where these structures can be found even close to towns and cities where the inhabitants must live with them. The purpose of this research corresponds to identify the ecosystem (beaches, ravines, hills, highways, agricultural plantations, towns and/or cities) that surrounds the tailings deposits that are located in the province of Limarí through the revision of the Cadastres of tailings deposits in Chile in the years 2019-2020 and the Google Earth tool. The main result was that 36% of the province's tailings deposits are found in uninhabited sectors such as hills, highways, beaches, and streams, while 64% are located near agricultural plantations, towns and/or cities.

**Keywords:** Tailings; Tailings deposits; Limarí Province; Mining.

### El Proyecto participó en:

\* Feria Virtual Provincial Limarí 2020 organizada por el PAR explora Conicyt de la Región de Coquimbo.



# Introducción

Desde pequeñas jugábamos en un cerro de color gris cercano a nuestra casa en el pueblo de Panulcillo ubicado en la comuna de Ovalle de la provincia del Limarí, hoy sabemos que no se trata de un cerro sino más bien de un depósito de relaves.

Según el catastro realizado por el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin, 2022a), en la región de Coquimbo existen 389 depósitos de relaves de un total de 757 que existen en el país.

De acuerdo a ello se deben conocer dos conceptos:

- Relave: Es un sólido pulverizado que se descarta en operaciones mineras.
- Depósito de relaves (Figura N° 1): Corresponde a una obra de ingeniería diseñada para satisfacer exigencias legales nacionales, de modo que se aisle completamente los sólidos depositados del ecosistema circundante.



Figura N° 1. Depósito de relaves ubicado en la Comuna de Ovalle



Según la información entregada por el Sernageomin (2022b), el relave de minería al estar constituido por roca molida y agua no se considera como material tóxico. No obstante, también se menciona que los relaves al reaccionar con agua de pH ácido podrían transportar sustancias tóxicas, sobre todo aquellos que poseen elementos como el arsénico, cianuro, cobre, cinc, plomo, entre otros; ya que son considerados tóxicos para el ser humano (Londoño *et al.*, 2016), causando un desastre si estos toman contacto con cualquier fuente de agua.

Lagos (1997), señala que si estas instalaciones no son controladas pueden generar varios riesgos como por ejemplo, riesgo sísmico, hidrogeológico, generación de polvo, contaminación del suelo y en consumo de agua (López *et al.*, 2003), ejemplo de ello ocurrió en el año 1965 en la Región de Valparaíso cuando a raíz de un terremoto colapsaron 2 tranques de relaves en la localidad del Melón inundando por completo el poblado “el Cobre” ubicado a 15 minutos de los pies del relave (Medvinsky-Roa *et al.*, 2015) y afectó a las personas, en el año 2016 en la faena Minera Doña Inés de Collahuasi ubicada en el sector de Ujina, región de Tarapacá, se produjo un derrame producto de una rotura de una canaleta de transporte afectando a cuatro ejemplares de Vicuña (El Economista América, 2016), especie protegida y contaminando napas subterráneas.

De acuerdo a los antecedentes y considerando que los depósitos de relaves podrían generar contaminación tanto a los distintos hábitats, especies y a las personas que habitan lugares donde se han construido estas estructuras, es que surge la pregunta ¿en qué sectores se encuentran los depósitos de relave ubicados en la provincia del Limarí?

## Hipótesis

En los sectores donde hay poca actividad humana, deberían existir una mayor cantidad de depósitos de relave.

## Objetivos

Objetivo general: Identificar los sectores que rodean a los depósitos de relave que están ubicados en la provincia del Limarí.

## Objetivos específicos

Localizar los depósitos de relave que existen en la provincia del Limarí mediante el catastro de depósitos de relave (Sernageomin, 2022a).

Clasificar los sectores que rodean a los depósitos de relave de la provincia del Limarí en playas, quebradas, cerros, carretera, plantaciones agrícolas, pueblos y/o ciudad mediante la observación de los mapas de Google Earth.

## Métodos

La metodología utilizada es de carácter cualitativa descriptiva, ya que con esta investigación se busca identificar y clasificar los sectores que rodea a los depósitos de relave de acuerdo a la información recopilada.

Para llevar a cabo la investigación es que se trabajó con la siguiente información proporcionada por el Sernageomin:

- Catastro de depósitos de relaves en Chile (actualización 10-08-2020), información proporcionada a través de una planilla Excel.
- Catastro de depósitos de relaves en Chile 2019 (versión Google Earth).

Para la detección de los depósitos de relaves se utilizaron las ubicaciones en el catastro de relaves 2019 y se clasificaron estos de acuerdo a las cercanías con plantaciones agrícolas, cerros, playa, quebrada, carreteras, pueblos y/o ciudad.

Para lograr la caracterización y clasificación de los depósitos de relave es que se tomaron capturas de pantalla de estas construcciones ubicadas en las cinco comunas que conforman la provincia del Limarí (Ovalle, Río Hurtado, Punitaqui, Combarbalá y Monte Patria) mediante la herramienta de Google Earth para poder observar que es lo que los rodea.





Las imágenes se revisaron a una altura entre 1 a 1.5 Km para poder localizar los depósitos y obtener capturas de pantalla considerando la mayor parte de los elementos que rodean a las estructuras (Figura N° 2)



Figura N° 2. Vista de depósito de relave utilizando la herramienta google earth.

## Resultados y Discusión

Según el catastro de depósitos de relaves del Sernageomin (2022a), en la provincia del Limarí existen 70 depósitos los cuales están distribuidos en:

Comuna	Combarbalá	Monte Patria	Ovalle	Punitaqui	Rio Hurtado
Depósitos	18	11	19	19	3

Tabla N° 1. Cantidad de depósitos de relaves (elaboración propia)

De acuerdo a lo observado en los mapas según la ubicación entregada por el catastro del Sernageomin podemos clasificar los depósitos de relave ubicados en la provincia de la siguiente manera:

	Plantaciones agrícolas	Pueblos y/o ciudad	Cerros	Playas	Quebradas	Carreteras	Total
Combarbalá	2	3	13	0	0	0	18
Monte Patria	3	0	8	0	0	0	11
Ovalle	1	3	3	5	4	2	19
Punitaqui	7	3	8	0	1	0	19
Rio Hurtado	1	1	1	0	0	0	3

Tabla N° 2. Distribución de los depósitos de relaves en los sectores de las comunas de la provincia del Limarí (elaboración propia)



En cuanto a los depósitos localizados en las cercanías a los pueblos y/o ciudades de la provincia del Limarí, logramos observar que: De los tres ubicados en las cercanías a pueblos y/o ciudades en la comuna de Combarbalá, dos de ellos se encuentran abandonados y uno inactivo (Tabla N° 3)

Comuna	Observación	Coordenadas
Combarbalá	Abandonado, se observan viviendas a 500 m aproximadamente.	-31.175528, -71.010748
	Abandonado, está aparentemente bajo tierra y se ven casas alrededor (Figura N° 3)	-31.112979, -71.157928
	Inactivo, está aparentemente bajo tierra y se ven casas alrededor	-31.114040, -71.161104

Tabla N° 3. Observación del ecosistema que rodea a los depósitos de relaves cercanos a pueblos y/o ciudad en la comuna de Combarbalá.

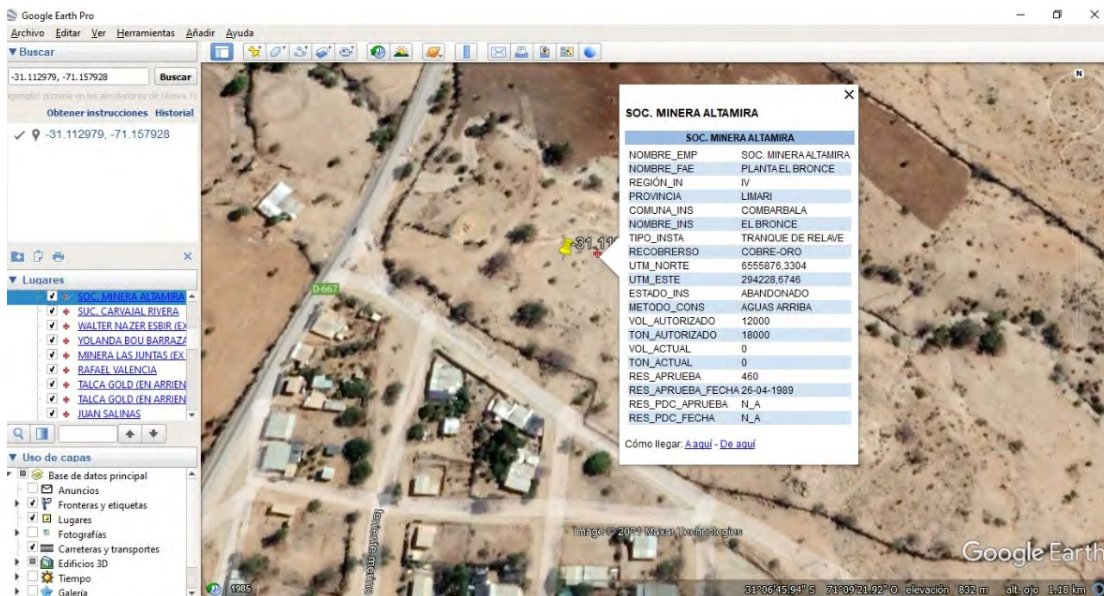


Figura N° 3. Depósito de relave abandonado observado a través de google earth, donde se evidencia la presencia de casas alrededor.

Los tres depósitos de relaves ubicados en las cercanías a pueblos y/o ciudades en la comuna de Ovalle se encuentran inactivos y a su alrededor existen plantaciones agrícolas y la localidad de Lagunillas (Tabla N° 4).

Comuna	Observación	Coordenadas
Ovalle	Inactivo, se encuentra cercano a plantaciones agrícolas, quebrada el Ingenio y a 1,7 Km de las casas más cercanas.	-30.5530354416, -71.1777065458
	Inactivo, aparentemente reforestado, se encuentra una plantación agrícola a 1 minuto y a 1,8 Km de las casas mas cercanas.	-30.5490298575, -71.1755034047
	Inactivo, aparentemente reforestado, se encuentra a 1,4 Km de las casas más cercanas.	-30.5509467429, -71.1770118408

Tabla N° 4. Observación del ecosistema que rodea a los depósitos de relaves cercanos a pueblos y/o ciudad en la comuna de Ovalle.





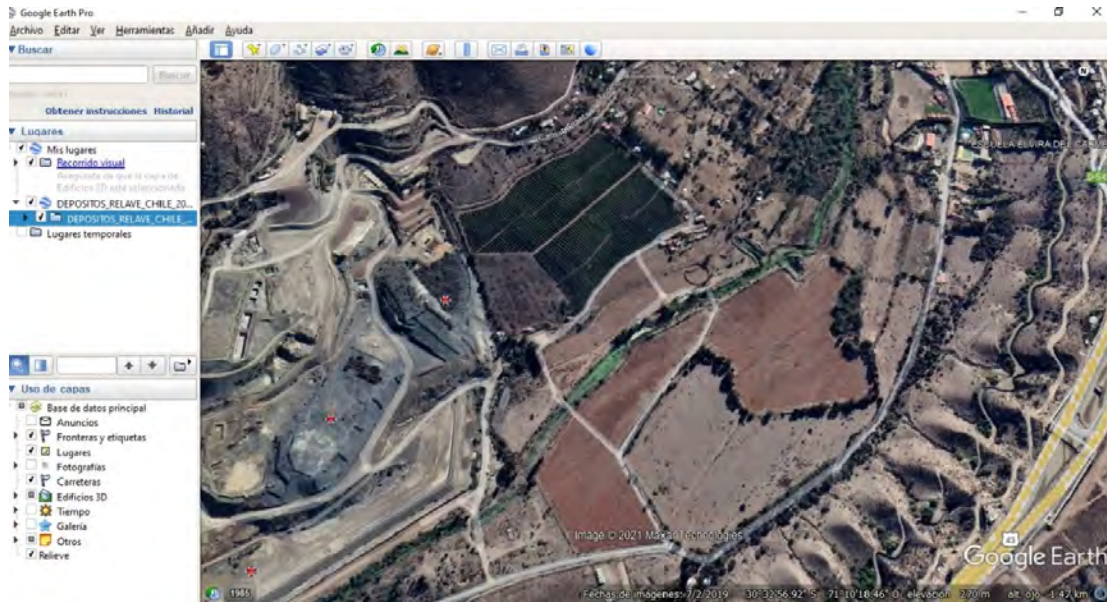


Figura N° 4. Depósitos de relaves de la comuna de Ovalle, las cruces rojas indican la ubicación.

Dos de los tres depósitos de relaves ubicados en las cercanías a pueblos y/o ciudades en la comuna de Punitaqui se encuentran inactivos y uno abandonado (Tabla N° 5)

Comuna	Observación	Coordenadas
Punitaqui	Inactivo, a 500 metros de Pueblo Nuevo	-30.859630, -71.240989
	Abandonado , a 270 metros de Pueblo Nuevo	-30.863951, -71.245057
	Inactivo, aparentemente reforestado, a 23 metros de Punitaqui (Figura N° 5)	-30.848507, -71.253018

Tabla N° 5. Observación del ecosistema que rodea a los depósitos de relaves cercanos a pueblos y/o ciudad en la comuna de Punitaqui.



Figura N° 5. Depósito de relaves de la comuna de Punitaqui aparentemente reforestado.



Existe sólo un depósito de relaves en las cercanías a pueblos y/o ciudades en la comuna de Río Hurtado, el cual se encuentra inactivo y en sus cercanías hay una cancha de futbol (Tabla N° 6)

Comuna	Observación	Coordenadas
Río Hurtado	Inactivo, a 260 m de una cancha de futbol y a 120 m de la casa más cercana, al parecer está bajo tierra (Figura N° 6)	30.3965905371, -70.8677828577

Tabla N° 6. Observación del ecosistema que rodea a los depósitos de relaves cercanos a pueblos y/o ciudad en la comuna de Río Hurtado.

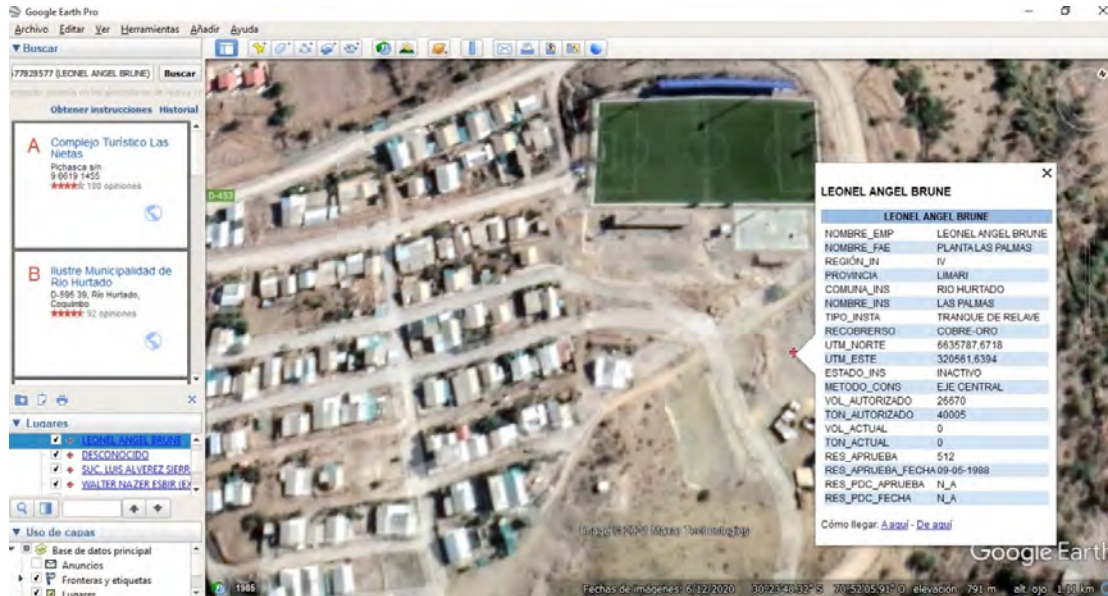


Figura N° 6. Depósito de relaves ubicado en la comuna de Río Hurtado.

Además, se encontraron 55 construcciones (Figura N° 7) similares a las observadas (acumulaciones de material gris) con anterioridad (Tabla N° 7).

	Plantaciones agrícolas	Pueblos y/o ciudad	Cerros	Playas	Quebradas	Carreteras	Total
Combarbalá	1	0	14	0	0	0	15
Monte Patria	0	1	6	0	0	0	7
Ovalle	1	0	5	0	2	0	8
Punitaqui	0	1	22		1	0	23
Río Hurtado	0	0	2	0	0	0	2

Tabla N° 7. Distribución de construcciones similares a los depósitos de relaves en los sectores de las comunas de la provincia del Limarí (elaboración propia)





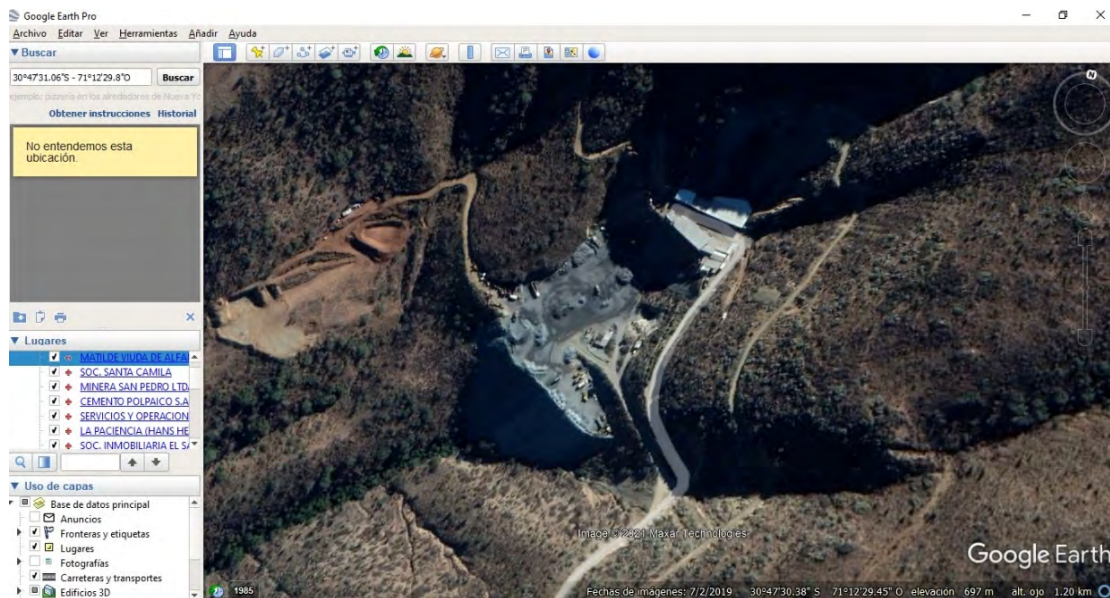


Figura N° 7. Estructura que aparentemente podría ser un depósito de relaves pero que no aparece en el catastro del Sernageomin.

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que de los 70 depósitos de relaves ubicados en la provincia del Limarí, las comunas que más depósitos poseen son Ovalle y Punitaqui con 19, luego Combarbalá con 18, Monte Patria con 11 y finalmente Río Hurtado con 3.

Sin embargo, el que las comunas no posean una gran cantidad de depósitos, no quiere decir que éstos no estén cerca de las comunidades ya que en el caso de Río Hurtado dos de sus tres depósitos se encuentran en las cercanías de la vegetación y del pueblo. Incluso en el mapa se puede observar que está ubicado al costado de una cancha de fútbol.

De acuerdo a la Tabla N° 2, 45 depósitos de relaves, es decir, el 64% están en lugares que no son directamente habitados por personas (cerros, playas, quebradas y carreteras) mientras que 25, es decir, el 36%

están distribuidos en zonas donde existen plantaciones agrícolas y directamente habitados como lo son los pueblos y ciudades.

La metodología utilizada es útil para poder detectar a grandes rasgos el ecosistema que rodea a los depósitos de relaves, sin embargo, es deficiente al momento de querer recopilar información anexa como por ejemplo, daños por contaminación, especies endémicas del sector que han sufrido daños, percepciones de los habitantes del sector, etc.

Para mejorar la metodología es necesario poseer estrategias complementarias, como por ejemplo, entrevistas a las personas que viven en sectores aledaños a los depósitos de relaves, además de un listado de las especies endémicas (vegetación o animales) presentes en los cerros donde se encuentran distribuidos los depósitos y si éstas se han visto amenazadas.



## Conclusión

Se puede afirmar que el 36% de los depósitos de relave distribuidos en la provincia del Limarí están ubicados en las cercanías de vegetaciones, ciudades y pueblos cercanos, mientras que el 64% de éstos se encuentran ubicados en lugares que no están habitados por personas como lo son cerros, quebradas, playas y carreteras. Ambos escenarios podrían ser complejos ya que como menciona el Sernageomin, si bien los depósitos de relaves no son peligrosos, éstos podrían desprender sustancias tóxicas si entran en contacto con agua o podría existir contaminación por polución (López *et al.*, 2003). Es necesario que el Sernageomin se haga cargo de los depósitos de relaves abandonados, ya sea a través de planes de Fito o biorremediación para evitar que estos puedan producir algún tipo de contaminación al ecosistema que los rodea y de la misma manera que los municipios actúen como entes fiscalizadores o reguladores. A través de la investigación surgen otras preguntas, como por ejemplo ¿Por qué existen depósitos de relaves ubicados sobre las quebradas?, ¿las quebradas tenían agua antes de la construcción de los depósitos de relaves?, ¿Por qué existen depósitos de relaves en las cercanías de plantaciones agrícolas?, ¿Quién se hace responsable de las construcciones que no aparecen en el catastro del Sernageomin? todas las cuales podrían ser resueltas en investigaciones futuras.

## Bibliografía

El Economista América. 2016. Solicitan investigación por derrame de relave minero en Collahuasi. <https://www.eleconomistaamerica.cl/empresas-eAm-chile/noticias/7754416/08/16/Solicitan-investigacion-por-derrame-de-relave-minero-de-Collahuasi.html>

Lagos GE. 1997. Impactos ambientales de la minería en Chile. *Ambiente y Desarrollo* 13: 13-20.

Londoño-Franco LF, Londoño-Muñoz PT, Muñoz-García FG. 2016. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 14: 145-153.

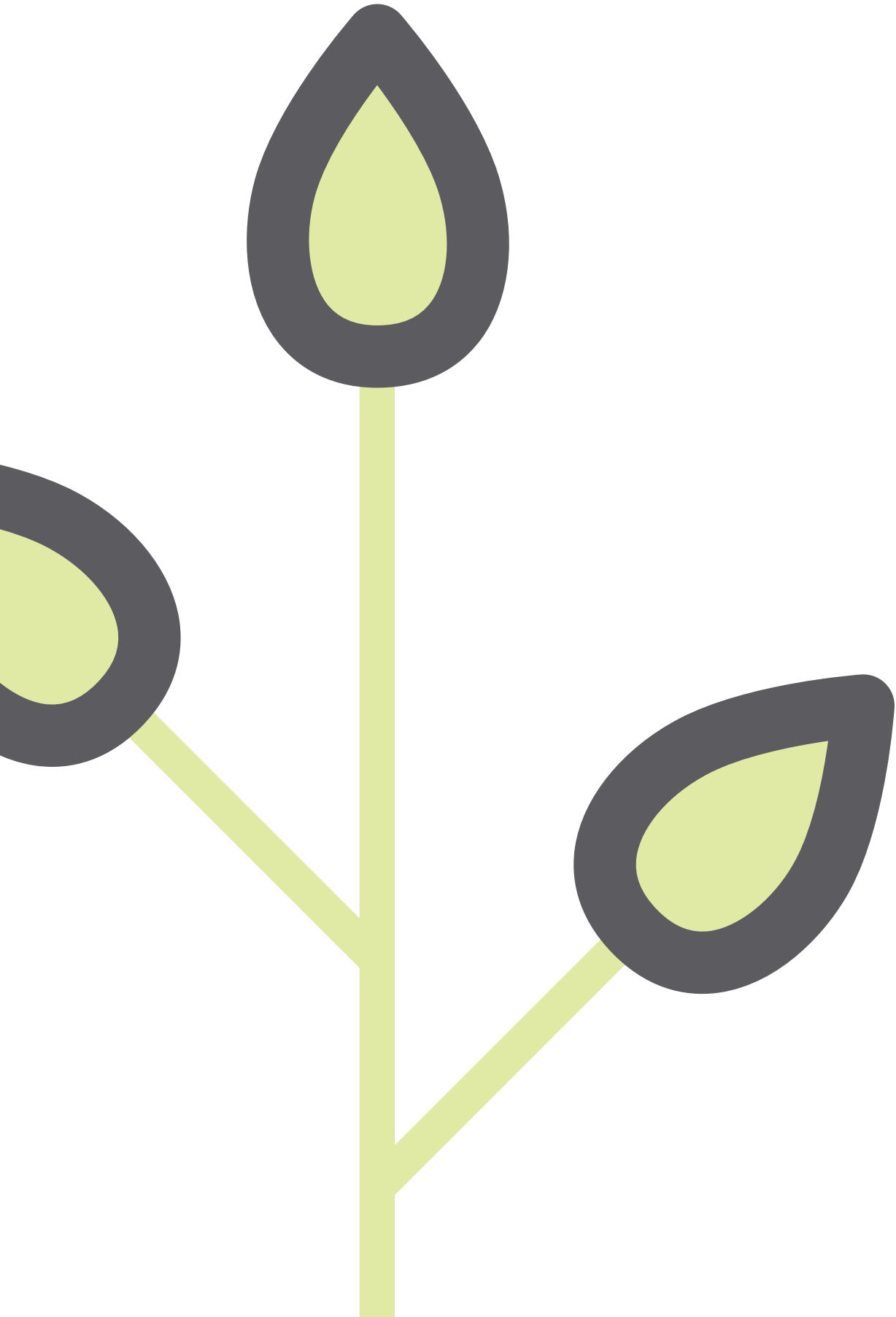
López P, Ainzúa S, Zolezzi C, Vasconi P. 2003. La minería y su pasivo ambiental. *Análisis Políticas Públicas*. Publicaciones Terram N° 24.

Medvinsky-Roa G, Caroca V, Vallejo J. 2015. Informe sobre la situación de los relaves mineros en Chile para ser presentado en el cuarto informe periódico de Chile para el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, pertenecientes al Consejo Económico Social de las Naciones Unidas. Fundación Relaves Chile y Fundación Terram. [https://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CESCR/Shared%20Documents/CHL/INT\\_CESCR\\_CSS\\_CHL\\_20605\\_S.pdf](https://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CESCR/Shared%20Documents/CHL/INT_CESCR_CSS_CHL_20605_S.pdf)

Sernageomin. 2022a. Datos públicos depósito de relaves. <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-relaves/>

Sernageomin. 2022b. Preguntas frecuentes. <https://www.sernageomin.cl/preguntas-frecuentes-sobre-relaves/>







UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



Artículo de Investigación / Research Article

# COMPARACIÓN DE DIETA DE *TYTO ALBA* EN SECTORES DE LA REGIÓN METROPOLITANA, IMPLICANCIAS EN LA DIVERSIDAD Y CONTROL DE MICROMAMÍFEROS

COMPARISON OF THE DIET OF *TYTO ALBA* IN SECTORS OF THE METROPOLITAN REGION, IMPLICATIONS ON THE DIVERSITY AND CONTROL OF MICROMAMMALS

## Correspondencia

Carlos Zurita  
cazuritar@uc.cl  
Centro de Investigación  
Científica Escolar (CICE)  
Santiago

## Autores

Catalina Carrasco  
Francisco Cornejo

Centro de Investigación  
Científica Escolar (CICE)  
Santiago

## Asesor Científico

Fabián Jaksic  
Centro de Ecología Aplicada y  
Sustentabilidad (CAPES UC)

## Evaluador

Paula Aráneda  
Pontificia Universidad Católica de Chile

<https://doi.org/10.35588/bc.v6i1.103>

Artículo Recibido: 25 de Octubre, 2021  
Artículo Aceptado: 10 de mayo, 2022  
Artículo Publicado: 20 de agosto, 2022



## Resumen

Con el objetivo de comparar un área silvestre protegida con un sector suburbano perturbado en cuanto a su diversidad de micromamíferos, se recolectan egagrópilas de Lechuza Blanca (*Tyto alba*) obtenidas del sector La Aurora de Curacaví, que se identifica como una zona suburbana con cierto grado de perturbación; y otras obtenidas del Parque Nacional Río Clarillo. Se identificaron los ítems dietarios de *T. alba*, enfocado en micromamíferos. Se obtiene un mayor porcentaje de roedores exóticos en el Parque Nacional Río Clarillo que en el sector de Curacaví. Se realiza un cálculo del índice de diversidad Simpson, donde se obtiene un valor levemente superior en la zona de Curacaví en comparación al Parque Nacional Río Clarillo. Se infiere que el área silvestre protegida en estudio está sirviendo como un hábitat favorable para los roedores exóticos. Además, se infiere que la hipótesis de perturbaciones intermedias podría estar influyendo en los resultados en el índice de Simpson para la zona de Curacaví.

**Palabras claves:** Lechuza blanca; *Tyto alba*; Roedores exóticos; Río Clarillo; Curacaví.

## Abstract

In order to compare a protected wilderness area with a disturbed suburban sector in terms of its diversity of small mammals, owl pellets of white owl (*Tyto alba*) were collected from the La Aurora sector of Curacaví, which is identified as a suburban area with a certain degree of disturbance; and others obtained from the Río Clarillo National Park. Dietary items of *T. alba* were identified, focusing on small mammals. A higher percentage of exotic rodents is obtained in the Río Clarillo National Park than in the Curacaví sector. A calculation of the Simpson diversity index is made, where a slightly higher value is obtained in the Curacaví area compared to the Río Clarillo National Park. It is inferred that the protected wilderness area under study is serving as a favorable habitat for exotic rodents. In addition, it is inferred that the hypothesis of intermediate disturbances could be influencing the results in the Simpson index for the Curacaví area.

**Keywords:** White owl; *Tyto alba*; Exotic rodents; Clarillo River; Curacaví

## El Proyecto participó en:

- \* Feria Científica Nacional del Museo Nacional de Historia Natural 2019. Destacada Participación.
- \* Expociencias Nacional de la Fundación Club Ciencias Chile. 2º Lugar del Evento.
- \* Expociencias Guatemala 2020. 1º Lugar. Acreditado para representar a Chile en Expociencia Costa Rica.





# Introducción

La lechuza blanca (*Tyto alba*), perteneciente al orden Strigiforme, se distribuye a nivel mundial y en todo tipo de ambientes, excepto en las áreas polares. Debido a su dieta especializada en micromamíferos, es una de las especies más importantes en la regulación de las poblaciones de roedores (Del Hoyo *et al.*, 1999). La mayor parte de los estudios indica que *Tyto alba* consume principalmente roedores múridos, incluyendo de manera oportunista otro tipo de presas tales como lagomorfos, marsupiales, quirópteros, reptiles, anfibios, insectos y aves (Jaksic y Yáñez, 1979). De manera excepcional, esta especie puede consumir una alta proporción de aves, posiblemente como una respuesta a la disminución poblacional de micromamíferos (Noriega *et al.*, 1993).

Las aves rapaces regurgitan periódicamente agregados de materiales no digeridos de sus presas, los cuales incluyen pelos, huesos, plumas y exoesqueletos de insectos, llamados egagrópilas, cuyo análisis ofrece valiosa información acerca de los hábitos alimenticios, sin invertir largas jornadas de observación directa, ni causar perturbación directa al ave que las produce (Zurita *et al.*, 2018). El estudio de las egagrópilas y la identificación de sus ítems dietarios, permiten un estudio de las interacciones interespecíficas entre aves del orden y además permite obtener datos de la oferta ambiental en los lugares de estudio, pudiendo establecer índices comunitarios que permiten estimar la diversidad de roedores.

La biodiversidad o diversidad biológica es la suma total de toda la variación biótica desde el nivel de genes al de ecosistemas (Purvis y Raven, 2000). La diversidad biológica de Chile comparada con países tropicales es bastante menor, sin embargo, posee un alto nivel de endemismo, atribuible principalmente, a factores bio-geográficos (Naranjo, 1993). Este marcado endemismo que presenta Chile se hace más evidente en su porción central mediterránea, constituyendo el área geográfica nacional con mayor endemismo y cuyas características han determinado que se considere a la región como uno de los 25 puntos prioritarios (hotspots) de biodiversidad a nivel global (Myers *et al.*, 2000). Más aún, los ecosistemas mediterráneos son considerados como esenciales para la conservación a nivel mundial, ya que son áreas de alta concentración de especies endémicas, las cuales han experimentado aceleradas tasas de destrucción de su hábitat (Medail y Quezel, 1997).

En nuestro país, la información sobre los hábitos alimentarios de *Tyto alba* proviene principalmente de áreas naturales, existiendo pocos trabajos que documenten su dieta en áreas suburbanas. La disponibilidad de presas en estos ambientes podría ser diferente a la de los ambientes naturales y, de esta manera, podría afectar la composición de la dieta (González *et al.*, 2004). El impacto de las actividades sobre la ecología trófica de las aves depredadoras no ha sido aún establecido, a pesar de la importancia de este gremio como regulador de la biodiversidad de sus presas (Nanni *et al.*, 2012).



Pese a la extensa cobertura del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), algunas regiones ecológicas del país están inadecuadamente representadas, como es el caso de los ecosistemas mediterráneos, que cubren un 16% del territorio y que se despliegan desde el norte de la Región de Coquimbo hasta el sur de la Región del Maule (Di Castri, 1973). Un lugar que refleja bien este ecosistema es el Parque Nacional Río Clarillo (PNRC), ubicado en la comuna de Pirque (Región Metropolitana), que presenta escasos antecedentes documentados de aves rapaces, los cuales se limitan a planes de manejo de CONAF y catastro de aves, así como también escasez de datos sobre su distribución. Existen datos de presencia de lechuza blanca (*Tyto alba*) dentro del parque como una de las especies que presenta mayor abundancia entre las rapaces (Díaz *et al.*, 2002).

Existen estudios previos que detectan la presencia de roedores exóticos dentro de áreas del SNASPE y dentro del Parque Nacional Río Clarillo, enfatizando la importancia de las Strigiformes como biocontroladores de roedores exóticos, que pueden ser vectores de infecciones para las poblaciones humanas (Zurita *et al.*, 2018).

## Pregunta de Investigación

¿Qué diferencias existen en la dieta de *T. alba* entre un sector perturbado suburbano y un área silvestre protegida, ambas en un clima mediterráneo, y cómo éstas evidencian diferencias en la diversidad y representatividad de roedores nativos y exóticos?

## Hipótesis

Dado que las zonas suburbanas poseen un mayor grado de perturbación que las áreas silvestres protegidas, se espera una diferencia en la composición dietaria de *T. alba*, lo que evidencia que un área suburbana perturbada presente una mayor diversidad de micromamíferos y una proporción diferente entre exóticos y nativos frente a un área silvestre protegida.

## Objetivo General

Comparar un área silvestre protegida dentro del sistema (SNASPE) con un sector suburbano perturbado en cuando a su diversidad de micromamíferos.

## Objetivos Específicos

1. Calcular y analizar el índice Simpson de diversidad alfa de un área suburbana perturbada y un área SNASPE.
2. Comparar la proporción de la presencia de micromamíferos exóticos y nativos en un área suburbana perturbada y un área SNASPE.
3. Inferir el rol de las áreas silvestres protegidas en la conservación de micromamíferos nativos en áreas silvestres protegidas.

## Metodología

**A. Trabajo de Campo:** El área silvestre protegida estudiada es el Parque Nacional Río Clarillo (33° 46' S, 70° 27' O), ubicada a 45 kilómetros al suroeste de la ciudad de Santiago, en la comuna de Pirque, Provincia Cordillera de la Región Metropolitana. Parque cuya superficie abarca 13.185 hectáreas, posee un clima mediterráneo y se define como un cajón precordillerano andino que abarca desde los 870 a 3050 msnm (Díaz *et al.*, 2002; Zurita *et al.*, 2018). Los vegetales dominantes son *Cryptocarya alba*, *Persea lingue*, *Lithrea caustica*, *Quillaja saponaria*, *Acacia caven* y *Puya berteroniana*.

La comuna de Curacaví, está ubicada a 46,7 km de Santiago, pertenece a la provincia de Melipilla (Región Metropolitana). El sitio de muestreo se caracteriza por encontrarse en un micro valle dentro de dos pequeñas colinas (33° 42' S, 71° 01' O) (Figura N° 1). En este valle se concentran viviendas urbanas, pequeña agricultura y alta densidad de caminos. Las colinas circundantes presentan un mayor grado de degradación, principalmente espinales de *A. caven*. Específicamente, en el punto de muestreo hay presencia de plantaciones de árboles exóticos, principalmente *Eucalyptus globulus*, *Phoenix canariensis* y *Washingtonia filifera*. Lo anterior indica que este sitio está altamente intervenido por el ser humano, tanto por la introducción de especies exóticas como la degradación del hábitat.



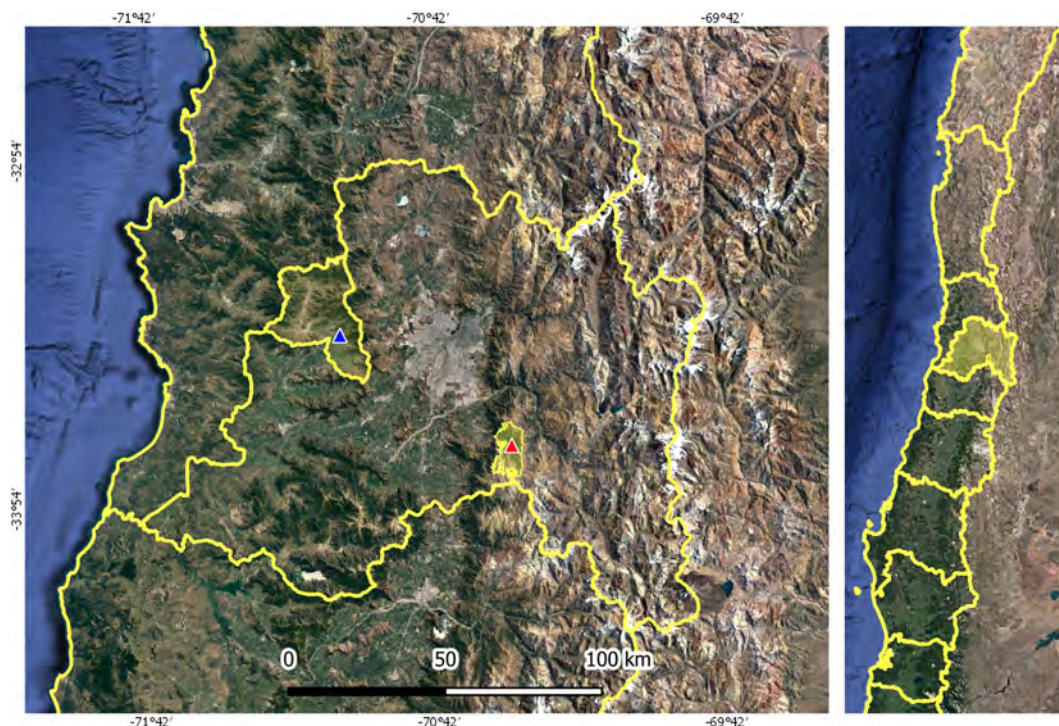


Figura Nº 1. Área de estudio. En azul se encuentra indicada el área de muestreo en Curacaví y en rojo en Río Clarillo

**B. Trabajo de Laboratorio:** Las egagrópilas de *T. alba* se caracterizan por ser compactas y presentar un tono brillante alrededor de ella, proveniente de la mucosa del esófago del ave (Zurita *et al.*, 2018). Para identificar los ítems dietarios, se disgregaron las egagrópilas en peróxido de hidrógeno para así separar los restos óseos de los pelos de la presa, para un posterior análisis de los cráneos o de la morfología dentaria de las mandíbulas encontradas, acorde a claves de identificación de Reise (1973).

**C. Análisis de Datos:** Debido a que *T. alba* consume principalmente roedores (Jaksic y Yáñez. 1979) dentro de sus ítems dietarios, el análisis se enfoca en el consumo de estos micromamíferos.

Los datos utilizados para el área silvestre protegida del Parque Nacional Río Clarillo, son los registrados en el estudio de Zurita *et al.* (2018), y estos hacen referencia a la dieta de *T. alba* en dicha zona durante el periodo 2017-2018. Datos que fueron comparados con los obtenidos en el área suburbana intervenida del sector La Aurora, de Curacaví. Se registran los datos corres-

pondientes a especies y proporción encontradas en cada una de las zonas. Al mismo tiempo, se identifican los micromamíferos exóticos y nativos de cada sector estudiado.

Para analizar la diversidad alfa en cada sector, se utilizó el índice de abundancia proporcional de Simpson:  $s = 1 - \sum p_i^2$ , donde  $p_i$  corresponde a la abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie en el número total de individuos de la muestra.

## Resultados

	Curacaví	Parque Nacional Río Clarillo
Número de egagrópilas	119	50
Número de presas	94	122

Tabla Nº 1. Número de egagrópilas y presas analizadas por sector estudiado.

En la zona suburbana de Curacaví se recolectaron 119 egagrópilas en las cuales se encontraron 94 presas, mientras que en el PNRC se analizaron 50 egagrópilas, registrando 122 presas.



Nombre común Especie	Parque Nacional Río Clarillo (n)	Frecuencia en PNRC (%)	Sector La Aurora, Curacaví (n)	Frecuencia en Curacaví (%)
<b>Ratón Oliváceo</b> <i>Abrothrix olivacea</i>	20	16.4	11	11.7
<b>Cururo</b> <i>Spalacopus cyanus</i>	0	0	6	6.4
<b>Rata negra</b> <i>Rattus rattus</i>	24	19.7	16	17
<b>Ratón Chinchilla</b> <i>Abrocoma bennetti</i>	10	8.2	8	8.5
<b>Ratón Orejudo de Darwin</b> <i>Phyllotis darwini</i>	0	0	19	20.2
<b>Degú de Bridges</b> <i>Octodon bridgesi</i>	0	0	1	1.1
<b>Laucha doméstica</b> <i>Mus musculus</i>	30	24.6	16	17
<b>Degú costino</b> <i>Octodon lunatus</i>	0	0	4	4.2
<b>Yaca</b> <i>Thylamys elegans</i>	0	0	9	9.6
<b>Degú</b> <i>Octodon degus</i>	10	8.2	3	3.2
<b>Rata arbórea</b> <i>Irenomys tarsalis</i>	0	0	1	1.1
<b>Ratón de pelo largo</b> <i>Abrothrix longipilis</i>	2	1.6	0	0
<b>Ratón colilargo</b> <i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	26	21.3	0	0
<b>Total Muestras</b>	<b>122</b>	<b>100</b>	<b>94</b>	<b>100</b>

Tabla N° 2. Conteo del número de presas por especies de roedores encontradas en egagrópilas recogidas de lechuga blanca (*Tyto alba*). La Tabla muestra el número de presas por especies (n) de lechuga blanca (*Tyto alba*) en una zona protegida, Parque Nacional Río Clarillo y en un sector urbano intervenido de Curacaví. En blanco se muestran roedores nativos-endémicos y en naranja aquellos exóticos.

En el PNRC las especies que predominan son *Mus musculus*, *Oligoryzomys longicaudatus* y *Rattus rattus*. En el sector La Aurora de Curacaví fue posible encontrar con mayor frecuencia relativa *Phyllotis darwini*, *Rattus rattus* y *Mus musculus*. En color blanco se indi-

can los roedores nativos y en color naranja se indican los roedores exóticos. La información de exótico y nativo fue obtenida de las fichas de biodiversidad del ministerio de medio ambiente.





Nombre común Especie	Presas Recolectadas (n)	Razón del número de individuos por especie y el total de individuos (pi)	Cuadrado de la razón del número de individuos por especie y el total de individuos ((pi)²)
<b>Ratón de pastizal</b> <i>Abrothrix olivacea</i>	20	0,164	0,027
<b>Rata negra</b> <i>Rattus rattus</i>	24	0,197	0,039
<b>Ratón Chinchilla</b> <i>Abrocoma bennetti</i>	10	0,082	0,007
<b>Laucha doméstica</b> <i>Mus musculus</i>	30	0,246	0,061
<b>Degú</b> <i>Octodon degus</i>	10	0,082	0,007
<b>Ratón de pelo largo</b> <i>Abrothrix longipilis</i>	2	0,016	0,0002
<b>Ratón colilargo</b> <i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	26	0,213	0,045
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>1</b>	<b>0,1862</b>
<b>Índice de Simpson <math>S = 1 - \sum pi^2</math></b>			<b>0,8138</b>

Tabla N° 3. Cuantificación de la diversidad de especies de roedores encontradas en egagrópilas recolectadas de lechuga blanca (*Tyto alba*) en Parque Nacional Río Clarillo. La tabla muestra el número de presas por especies (n), la razón del número individuos por especie y el total de individuos total (pi) y su cuadrado (pi)² datos necesarios para calcular el índice de Simpson (S).

Nombre común Especie	Presas Recolectadas (n)	Razón (pi)	Cuadrado de la razón ((pi)²)
<b>Ratón de pastizal</b> <i>Abrothrix olivacea</i>	11	0,117	0,014
<b>Cururo</b> <i>Spalacopus cyanus</i>	6	0,064	0,004
<b>Rata negra</b> <i>Rattus rattus</i>	16	0,170	0,024
<b>Ratón Chinchilla</b> <i>Abrocoma bennetti</i>	8	0,082	0,007
<b>Ratón Orejudo de Darwin</b> <i>Phyllotis darwini</i>	19	0,202	0,041
<b>Degú de Bridges</b> <i>Octodon bridgesi</i>	1	0,011	0,001
<b>Laucha doméstica</b> <i>Mus musculus</i>	16	0,170	0,029
<b>Degú costino</b> <i>Octodon lunatus</i>	4	0,042	0,002
<b>Yaca</b> <i>Thylamys elegans</i>	9	0,046	0,009
<b>Degú</b> <i>Octodon degus</i>	3	0,032	0,001
<b>Rata arbórea</b> <i>Irenomys tarsalis</i>	1	0,032	0,001
<b>Total Muestras</b>	<b>94</b>	<b>1</b>	<b>0,1362</b>
<b>Índice de Simpson <math>S = 1 - \sum pi^2</math></b>			<b>0,8638</b>

Tabla N° 4. Cuantificación de la biodiversidad especies de roedores encontradas en egagrópilas recogidas de lechuga blanca (*Tyto alba*) en el Sector la Aurora, Curacaví. La tabla muestra el número de presas por especies (n), la razón del número individuos por especie y el total de individuos total (pi) y su cuadrado (pi)² datos necesarios para calcular el índice de Simpson (S).



De la composición de la dieta de *T. alba* en el PNRC (Tabla N° 2), el 44,3% de ella corresponde a especies exóticas y un 55,7% a especies Nativas, en cambio, en el sector La Aurora de Curacaví, el 34% de su dieta corresponde a especies exóticas y el 66% a especies nativas. En las egagrópilas disgregadas, obtenidas de Curacaví, se registraron algunas especies nativas que no fueron encontradas en el muestreo de Río Clarillo (Tabla N° 2). Lo que podría tener una incidencia en la diversidad de los dos sectores.

## Discusión y Análisis

En base a estos datos se infiere que el menor porcentaje de especies exóticas en un ambiente suburbano perturbado intervenido se puede atribuir a la mayor presencia de efecto antrópico en ese sector, que implica un control artificial de micromamíferos ejercido por raticidas, trampas, gatos domésticos, entre otros, lo que podría provocar una presión sobre estos micromamíferos a migrar a otros sectores con menor grado de intervención. Llama la atención el alto porcentaje de roedores exóticos al interior de un área silvestre protegida, lo cual se puede atribuir a la presencia de sectores de camping, su cercanía a la ciudad de Pirque, disponibilidad de alimento para ellos, entre otros (Zurita *et al.*, 2018). Se ha descrito para otras áreas silvestres la presencia de *Rattus rattus* como un mívrido introducido, teniendo una extensa distribución en ellas en Chile (Lobos *et al.*, 2005). Los SNASPE otorgan a los roedores exóticos un hábitat de óptimas condiciones, con alimento y menor efecto antrópico directo sobre ellos, lo que favorecería su presencia y alta representatividad dentro de ellas. Es más, en otros trabajos sobre la invasión de exóticos en áreas silvestres se evidencia que los murinos

(*Mus musculus* y *Rattus rattus*) han invadido de preferencia la región mediterránea de Chile central, ello se ha visto favorecido por el alto grado de deterioro ambiental de la región, donde se concentran la mayor parte de la población humana del país (Lobos *et al.*, 2005). Estos roedores exóticos causan perturbaciones en el ecosistema que invaden, trasladan y transmiten enfermedades, establecen relaciones mutualistas con algunas especies, son agresivos con otras y se reproducen todo el año (Matisoo-Smith y Robbins, 2004).

Al realizar el cálculo de índice de Simpson para el PNRC se obtuvo un valor de 0,81 y para el sector de Curacaví se obtuvo un valor de 0,86. Se obtiene un valor levemente mayor de biodiversidad alfa en el sector suburbano de Curacaví, lo que podría explicarse a través de la hipótesis de perturbaciones intermedias, que explica que la presencia de estas perturbaciones podría mantener niveles de diversidad mayores a los que había en ausencia de dicha alteración. Alteraciones muy fuertes disminuirían fuertemente la diversidad, mientras que, alteraciones muy pequeñas no tendrían efecto en la diversidad. Se sabe que ciertos grados de perturbación liberan nutrientes en los ecosistemas que serían aprovechados por los individuos, favoreciendo el aumento de diversidad (Oltra, 2016).

Las barreras geográficas de Chile le confieren a la biota del país un carácter insular que puede acrecentar su fragilidad frente a especies exóticas (Jaksic, 1998). De esta forma, es necesario promover la conservación dentro y fuera de áreas silvestres protegidas, sumado al control de fauna exótica dentro de las áreas del SNASPE, que alteran de forma negativa la presencia y representatividad de roedores nativos y endémicos de Chile.

## Conclusión

Se concluye que la diversidad alfa en el sector La Aurora de Curacaví es mayor que en el área silvestre protegida del Parque Nacional Río Clarillo, esta diferencia se puede justificar por la hipótesis de perturbaciones intermedias. Aún así cabe destacar la mayor proporción de especies de micromamíferos exóticos en el PNRC, resultando preocupante por las alteraciones ecológicas que conlleva su presencia y resaltando la importancia de las aves strigiformes como biocontroladores de animales exóticos. Al mismo tiempo llama la atención la alta proporción de micromamíferos nativos que ocupan como hábitat un área suburbana perturbada, lo que podría explicarse por la liberación de nutrientes que conlleva la perturbación. Se cumplen los objetivos y se acepta la hipótesis de trabajo.

## Agradecimientos

Agradecemos al Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES) la oportunidad de realizar esta investigación y a ANID PIA/BASAL FB0002 por el financiamiento. Agradecemos profundamente el apoyo y guía del Dr. Fabián Jaksic Andrade, académico de la Pontificia Universidad Católica de Chile y Director CAPES.



## Bibliografía

Del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J. 1999. Handbook of the birds of the world. Barn owls to hummingbirds. Lynx Edicions, Barcelona, España.

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. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2002000200013>

Di Castri F. 1973. Climatographical comparison between Chile and the western coast of North America. In Mediterranean-type ecosystems: origins and structure. Springer-Verlag, Berlín, Germany. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-65520-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-65520-3_3)

González D, Ausset M, Skewes O, Figueroa R. 2004. Variación estacional en el consumo de roedores por la lechuza de campanario (*Tyto alba*) en un área suburbana de Chillán, Centro-sur de Chile. *Hornero* 19: 61-68

Jaksic F, Yáñez J. 1979. The diet of the barn owl in Central Chile and its relation to the availability of prey. *The Auk* 96: 619-621. <https://doi.org/10.1093/auk/96.3.619>

Lobos G, Ferres M, Palma RE. 2005. Presencia de los géneros invasores *Mus* y *Rattus* en áreas naturales de Chile: un riesgo ambiental y epidemiológico. Revista Chilena de Historia Natural 78: 113-124. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2005000100008>

Medail F, Quezal P. 1999. Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84: 112-127..

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>

Nanni AS, Ortiz PE, Jayat JP, Martín E. 2012. Variación estacional de la dieta de la Lechuza de Campanario (*Tyto alba*) en un ambiente perturbado del Chaco Seco Argentino. *Hornero* 27: 149-157.

Naranjo J. 1993. Situación de la conservación de la biodiversidad en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Chile. Parque Nacional Iguazú, Argentina CONAF, Argentina.

Noriega JI, Aramburú RM, Justo ER, De Santis LJM. 1993. Birds present in pellets of *Tyto alba* (Strigiformes, Tytonidae) from Casa de Piedra, Argentina. *Journal of Raptor Research* 27: 37-38.

Oltra C. 2016. Hipótesis de la alteración intermedia. <http://sinergia-christian.blogspot.com/2016/07/trasplantar-hipotesis-y-teorias-de-un.html>

Purvis A, Raven P. 2000. Extincion by numbers. *Nature* 403: 843-845.

Reise D. 1973. Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. Instituto de Biología, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Matisoo-Smith E, Robbins JH. 2004. Origins and dispersals of Pacific people: evidence from mtDNA phylogenies of the Pacific rat. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 101: 9167-9172. <https://doi.org/10.1073/pnas.0403120101>

Zurita C, Erazo A, Opitz M. 2018. Sobreposición de dieta estacional de Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y lechuza blanca (*Tyto alba*) mediante el estudio de egagrópilas en la Reserva Nacional Río Clarillo. *Biodiversidata: Conservación, gestión y manejo de áreas silvestres protegidas*. Boletín N°6: 33-39.



# En la sala de clases ¿cómo enseñas a tus estudiantes el cuidado del agua?

Por Par Explora Los Lagos, RM Norte, Sur Poniente y  
Corporación Educacional Científica de Antofagasta (CECA)

## ULISES MOSQUEIRA



Área Ciencias

Colegio Emprender Osorno

Osorno, Región de Los Lagos

Enseñar en ciencias se relaciona comúnmente con exponer teorías y una serie de conceptos muy abstractos y poco aplicables a la vida cotidiana. En este sentido, los esfuerzos de quienes realizamos la labor de formar ciudadanos, se deben enfocar y maximizar para romper estos paradigmas. Desde mi vereda, el cuidado del agua es un tema transversal en mis salas de clases. Teniendo en cuenta que lidero la agrupación “Defensores del río Rahue”, generando conocimiento y desarrollando actividades de divulgación de uno de los cursos de agua más importantes del sur de nuestro país. Iniciativa que me ha permitido visibilizar la importancia de contar y preservar uno de los recursos más valiosos para la humanidad. De esta manera, el cuidado del agua parte generando y compartiendo el conocimiento para la valoración personal y trascendencia social, comprendiendo que el agua no solo es un recurso cada vez más escaso, si no también, un elemento esencial para que el ecosistema se encuentre en equilibrio, de lo cual la sociedad debe aprender a ser parte permitiendo la formación de ciudadanos con sentido de pertenencia y conciencia ambiental.

## MARÍA SOTO



Área Ciencias Naturales y Tecnología

Fundación Educacional: Primitiva Echeverría

Renca, Región Metropolitana

En el colegio concientizamos el cuidado del agua con el ejemplo como profesores y profesoras, dándoles a conocer a los alumnos que es un recurso que tenemos que utilizar responsablemente y cuidar porque es cada vez más escaso a nivel nacional y mundial. En el año 2020 realizamos una investigación que se denominó: “Sufriendo por la baja cantidad de agua apta para el consumo humano”. Desde esta iniciativa nace el compromiso del cuidado de este valioso recurso. Se motiva a los estudiantes a que cuiden el recurso hídrico en la escuela, casa o donde quiera que se encuentren. En la escuela cerrando las llaves que están abiertas y goteando en los baños, apagando las luces que no se están utilizando. Mientras que en sus casas, reutilizar el agua cuando se pueda, utilizar botellas con agua en el estanque del baño para limitar la descarga, al lavarse los dientes utilizar solo un vaso de agua para no dejar la llave abierta.



---

## CARLOS VALENZUELA



Área Ciencias Naturales

Escuela Padre Gustavo Le Paige

Antofagasta, Región de Antofagasta

En la Unidad “La Hidrósfera y el cuidado del agua en el planeta Tierra”, se busca que los estudiantes desarrollen diversas capacidades, como la investigación, el análisis y la observación y, que de esta manera puedan adquirir la conciencia de la importancia del agua, así como de su cuidado, debido a la escasez y el bajo porcentaje de agua dulce que existe en el planeta. Una forma de cuidar el agua es enseñarle a los niños y niñas acciones que promuevan su buen uso, de manera que puedan efectuarlas en su casa y enseñarlas al resto de la familia. Como docente trato de internalizar en los estudiantes hábitos que les puedan servir no solamente a ellos, sino que a toda la comunidad. Uno de los pasos importantes es hacerles pensar acerca de su importancia, como por ejemplo, en qué momentos la utilizamos, si creen que la malgastan, si son conscientes de aquellos que no la tienen, y de ese modo despertar su mente crítica y su responsabilidad ante este tema. Creo que es muy importante enseñar a los estudiantes que el agua es uno de los bienes más preciados y más importantes que tiene el ser humano.

---

## KIMBERLING CORREA



Área Ciencias Naturales

Complejo Educacional Maipú  
Anexo Rinconada

Maipú, Región Metropolitana

Para abordar esta temática es necesario, en primera instancia, saber qué conocen nuestros estudiantes sobre el recurso y qué acciones realizan para el cuidado del agua, ya sea en su hogar o en la escuela. A partir de estas ideas, se hace mucho más entretenido ligarlas con algún material concreto para trabajar, como noticias, animaciones, entre otros, que ojalá se encuentren orientados al contexto nacional de cómo nuestro país aborda la escasez hídrica. Hemos trabajado, con los y las estudiantes de enseñanza media, en investigaciones de conflictos socioambientales que abordan el tema del agua, su uso, qué tipo de políticas públicas están involucradas, cómo afectan a las comunidades, entre otros. A partir de estas investigaciones los y las estudiantes han construido diferentes estrategias para comunicarlas, a través de podcast o videos publicitarios que expliquen el conflicto y las acciones para cuidar el recurso. Por otro lado, con estudiantes de básica, se ha trabajado en la construcción de modelos que evidencien las consecuencias de no cuidar el recurso hídrico. Como comunidad educativa celebramos efemérides como el día del agua, en donde toda la comunidad participa en actividades de reflexión y comenta sus acciones para cuidar este recurso tan preciado.

---

## JOSÉ LUIS VEGA



Área Ciencias Naturales

Escuelita Rebelde Chepuja

Antofagasta, Región de Antofagasta

En la Escuelita Rebelde Chepuja, ubicada en el Campamento Altamira en la ciudad de Antofagasta, tenemos una academia científica. Se trata de un programa de innovación científico-social que se desarrolla sin interrupciones desde el año 2019, con talleres científicos realizados por docentes de la Corporación Educacional Científica de Antofagasta (CECA), con estudiantes cuyas edades fluctúan entre 3 y 15 años. Realizamos ciencia desde los territorios, donde cada domingo tenemos talleres científicos multinivel donde abordamos diversos temas entre los que se incluyen los cuidados del agua. Por ejemplo, desarrollamos una actividad denominada Antropoceno, donde los estudiantes realizaron un collage destacando el estado actual del planeta, sus causas y soluciones. En este taller los estudiantes destacaron la sequía como un problema actual del planeta. También hemos planificado una actividad para el mes de septiembre de visita al humedal urbano La Chimba, el cual fue declarado el año 2021 como santuario de la naturaleza, y donde junto a monitores de la Fundación Kennedy los estudiantes tendrán un taller del ciclo del agua.

---

## MARJORIE ROJAS



Area Ciencias Naturales

Escuela Claudio Arrau D-32

Calama, Región de Antofagasta

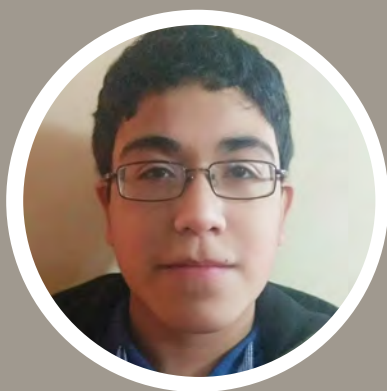
El agua es una fuente de vida insustituible y fundamental, además de ser esencial y un recurso cada vez más escaso a nivel mundial. Por esta razón le enseñamos a los estudiantes usos apropiados para aprovechar este recurso de forma indagatoria a través de su vida cotidiana. También proyectando causas del agotamiento como: contaminación, sequías, el cambio climático, disminución por crecimiento de la población. Es de suma urgencia que ellos sean capaces de dar soluciones: hacer un uso solidario del recurso, cuidar las reservas, evitar o restringir actividades y uso en el hogar, dando posibilidad de reflexionar en la forma de como pueden aportar en el cuidado del agua desde sus casas y en la propia escuela, ya que en el establecimiento contamos con una brigada ecológica donde los estudiantes son parte primordial y colaboran con el cuidado del medio ambiente y lo comparten con toda la comunidad escolar a través de su instagram.



# A partir de lo que has aprendido en tu colegio ¿cómo cuidas el agua?

Por Par Explora Los Lagos, RM Norte, Sur Poniente y  
Corporación Educacional Científica de Antofagasta (CECA)

## CRISTÓBAL DELGADILLO



Curso 1<sup>ro</sup> medio

Colegio Emprender Osorno

Osorno, Región de Los Lagos

El agua de nuestros ríos es muy importante para el desarrollo y cuidado de nuestras comunidades, ya que afecta a todos directamente. Cuidar el agua puede comenzar evitando contaminar los ríos, informar a las autoridades sobre situaciones de contaminación masiva, de ser posible compartir información con las autoridades para la correcta toma de decisiones con respecto al agua de los ríos. En nuestras casas podemos instalar perlizadores de agua en grifos; los cuales introducen aire al flujo de agua aumentando la eficacia de agua en los hogares o introducir botellas con agua en los estanques del WC, para reducir la pérdida de agua en cada descarga. Por otro lado, sabemos que reducir el consumo de carnes rojas también ayuda mucho debido a la cantidad de agua que se necesita para la producción de ganado, y con esto aumentar el consumo de verduras y frutas en el día a día progresivamente, esto puede marcar un cambio en el ahorro familiar al igual que en la salud y esperanza de vida. Por esto y más debemos proteger nuestros ríos y aprovecharlos de manera sustentable.

## GENESIS CASTILLO



Curso 6<sup>to</sup> básico

Escuelita Rebelde Chepuja

Antofagasta, Región de Antofagasta

El profesor en el colegio nos ha enseñado lo importante que es el agua para el medio ambiente y lo importante que es cuidarla, y yo siempre en conversaciones con mis amigas o familiares les enseñé esto, lo importante que es cuidar el agua. En casa cierro la llave mientras me cepillo los dientes y estoy muy atenta a que cierren bien la llave de la cocina. Mi mamá me ha enseñado desde pequeña a cuidar el agua en la casa. A veces estoy aburrida y me pongo a pensar qué pasaría si no tuviéramos agua y creo que no habría vida, ya que el agua es vida. Incluso a veces me pongo triste porque veo que mucha gente no se preocupa por cuidar el agua.



---

## CARLOS MAGO

Curso 3<sup>ro</sup> medio

Liceo Manuel Barros Borgoño

Santiago, Región Metropolitana



A partir de lo que he aprendido como estudiante, he logrado comprender cuál es la importancia que tiene el agua en el mundo y en nuestras vidas. Esto gracias a asignaturas como ciencias o tecnología, que muchas veces tocan temas como los del medio ambiente, cambio climático, y a veces la vida cotidiana. El caso es que en todos esos tópicos el agua es un factor importante, y los profesores muchas veces se han encargado de darnos recomendaciones básicas de cómo podemos ayudar a conservar de mejor forma el agua, como por ejemplo, no darse baños innecesariamente largos, no dejar el grifo abierto si no lo estamos usando e incluso diversas formas de reutilizarla. También en talleres como el de ciencias, el cual este último año me ha proporcionado información extra y una vista un poco más compleja de la importancia y el funcionamiento de este recurso natural en los ecosistemas, y en el planeta en general. Espero en algún momento poder tener mis propias técnicas para ahorrar agua porque tal vez puedan llegar a ser necesarias en un futuro.

---

## RO ZULETA

Curso 4<sup>to</sup> medio

Colegio Inglés San José

Antofagasta, Región de Antofagasta



En mi colegio se ha fomentado el cuidado del agua a partir de acciones concretas que apuntan a la formación de consumidores responsables, orientándose a la reducción de nuestras huellas hídricas y de carbono. Con respecto a la huella hídrica: cuido el agua acortando las duchas, tratando de disminuir el consumo de carne de vaca que representa alrededor del 70% de la huella hídrica global, y poniendo al sobreconsumo de bienes sobre todo aquellos que contienen plástico. Las emisiones de carbono se ven reducidas al preferir productos biodegradables, las 3R y el uso del transporte público. La gestión ecológica de residuos que dañan las aguas como los plásticos, las pilas e incluso el aceite son también formas fáciles de aplicar en la vida doméstica para prevenir la contaminación del agua. Sin embargo, su cuidado va más allá de lo que podemos poner en práctica cotidianamente, por lo que es de suma importancia la educación y divulgación ambiental. La crisis climática no solo se enfrenta con acción sino también con concientización sobre fenómenos como el aumento del nivel del mar, las sequías y desertificaciones o la acidificación de los océanos. La información es poder, poder para actuar por la naturaleza.

---

## JOAQUÍN CORNEJO



Curso 5<sup>to</sup> básico

Escuela Básica Santa Marta de Liray

Colina, Región Metropolitana

Yo cuido el agua tomando duchas cortas y cerrando la llave mientras me enjabono. También usando un vaso de agua para lavarme los dientes. En mi casa regamos las plantitas en horarios con poco calor y cuando lavamos el auto lo hacemos con un balde de agua y un paño, de esta forma gastamos menos agua que usando la manguera. Cuando viajo con mi familia o vamos de paseo, siempre llevamos una bolsa para recoger nuestra basura. También recogemos algunos desperdicios de la calle para después llevarla hasta un basurero. Así evitamos que esta basura llegue a los ríos o playas y contamine las aguas.

---

## JOSEFA MILES



Curso 3<sup>ro</sup> medio

Instituto Santa María

Antofagasta, Región de Antofagasta

Durante estos años, mi colegio me ha enseñado que el agua es vital para cada organismo que pertenece al planeta Tierra y cómo los seres humanos tenemos el deber de proteger y cuidar este recurso. Mi colegio se ha centrado en enseñarnos a buscar nuevas formas de conservar y preservar el agua, para generar personas capaces de comprender su importancia. Hoy en día, gracias a lo que he aprendido puedo realizar mínimas acciones que ayudan a cuidar el agua, como por ejemplo, lavarme los dientes sin dejar el grifo abierto, programar duchas cortas, fijarnos que no existan filtraciones, reciclar el agua de la lavadora, no utilizar el inodoro como basurero, si es posible juntar el agua en una tina mientras se caliente, para luego poder utilizarla en las plantas o lo que uno estime conveniente. No solo debemos aplicar estas mínimas acciones, también deberíamos buscar formas de reutilizar el agua, tenemos un claro ejemplo en la ciudad de Antofagasta donde existen varias plantas desaladoras que tienen como objetivo poder convertir agua salada en agua potable. Son simples y pequeños actos que si los aplicamos todos, podemos generar grandes cambios que permiten conservar el agua que tanto necesitamos para sobrevivir.



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



Ministerio de  
Ciencia,  
Tecnología,  
Conocimiento  
e Innovación

Gobierno de Chile



**EXPLORA**  
REGION  
METROPOLITANA  
SUR PONIENTE



**EXPLORA**  
REGION  
METROPOLITANA  
NORTE



# Brotes Científicos

Revista de Investigaciones Escolares

@BrotesCientificos



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



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE

