



# Brotes Científicos

Revista de Investigaciones Escolares



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

**PAR EXPLORA**  
RMSURORIENTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



UNIVERSIDAD  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

**PAR EXPLORA**  
RMSURPONIENTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



UNIVERSIDAD  
DE CHILE

# PRESENTACIÓN

---

La revista Brotes Científicos es una publicación creada en conjunto por el Proyecto Asociativo Regional, PAR EXPLORA de CONICYT Región Metropolitana Norte de la Facultad de Matemáticas de la Pontificia Universidad Católica y la Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad de Santiago de Chile. En la actualidad, la revista, cuenta con el apoyo de el Proyecto Asociativo Regional, PAR EXPLORA de CONICYT Región Metropolitana Sur Oriente y Sur Poniente, ambos, de la Universidad de Chile.

El objetivo principal de esta publicación, es ofrecer un espacio que permita dar a conocer a nivel nacional, las investigaciones de los estudiantes de Educación Básica y Media, que hayan participado en alguna de las instancias de investigación científica escolar u otros eventos, organizados por los proyectos EXPLORA a lo largo de todo Chile.

En esta quinta edición, Brotes Científicos presenta 5 artículos de las áreas de ciencias sociales y naturales, provenientes de las regiones Metropolitana y del Biobío. Felicitamos a los 5 equipos de estudiantes (5 mujeres y 6 hombres) y docentes (3 mujeres y 2 hombres) que con su perseverancia, permitirán dar continuidad a esta revista, que espera proyectarse en el tiempo con cada vez más investigaciones escolares.

En esta oportunidad contamos con el saludo editorial del Vicerrector de Investigación, Desarrollo e Innovación, Dr. Julio Romero Figueroa; la columna de opinión sobre el eclipse, del Dr. José Maza Sancho, Premio Nacional de Ciencias Exactas 1999; el reportaje a los Proyectos Asociativos Regionales EXPLORA y la entrevista a la Dra. Marina Stepanova, Investigadora del Departamento de Física de la Universidad de Santiago de Chile. Por último, ofrecemos breves testimonios de profesoras y profesores, en relación a la pregunta ¿De qué forma contribuye un eclipse de sol para realizar ciencia?

## **PUBLICADA POR**

Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad de Santiago de Chile  
Proyecto Asociativo Regional, PAR EXPLORA de CONICYT Región Metropolitana Sur Oriente  
Proyecto Asociativo Regional, PAR EXPLORA de CONICYT Región Metropolitana Sur Poniente  
Brotes Científicos | Revista de Investigaciones Escolares  
ISSN 0719-8566 Versión Impresa | ISSN 0719-8558 Versión en Línea | Vol. 3 | N° 1 (2019)

## **EDITOR GENERAL**

José Luis Martínez

## **COMITÉ EDITORIAL**

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

## **EDICIÓN PERIODÍSTICA**

Nadia Politis

## **DISEÑO Y PRODUCCIÓN**

Francisco Rodríguez

## **CORRECTORES DE PRUEBA**

Nadia Politis  
Héctor Ríos

## **ADMINISTRADOR WEB**

Héctor Ríos

## **CONTACTO**

[brotescientificos@usach.cl](mailto:brotescientificos@usach.cl)

Todas las fotografías o imágenes de los artículos son de exclusiva responsabilidad de los mismos autores.



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

**PAR EXPLORA**  
RMSURORIENTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



UNIVERSIDAD  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

**PAR EXPLORA**  
RMSURPONIENTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



UNIVERSIDAD  
DE CHILE

## EDITORIAL

6

**Julio Romero Figueroa**

Chile, un laboratorio natural para la ciencia

## COLUMNNA DE OPINIÓN

7

**José Maza Sancho**

El eclipse que abre camino a la ciencia

## REPORTAJE

8

**Proyectos Asociativos Regionales EXPLORA**

Ciencia escolar participativa y ciudadana

## ENTREVISTA

12

**Marina Stepanova**“Aprendí la teoría de la Relatividad de Einstein  
mucho antes que las Leyes de Newton”

## CIENCIAS SOCIALES

16

**Nivel de desarrollo de funciones ejecutivas  
en puntos del joven escolar**

Ursula Ponce • Felipe Latorre • Gabriela Vallejos

17

**Diversificando estrategias multiplicativas: una  
oportunidad para incluir y profundizar los aprendizajes**

Jahel Cornejo • Patricia Olivares

25



## CIENCIAS NATURALES

32

**La electrooxidación como método efectivo de remoción  
de amonio en las aguas de lagos eutrofizados**

Leandro Arcos • Gerald Ávila

33

**Detección de potenciales reservorios de hantavirus en áreas  
del SNASPE por medio del estudio de egagrópilas de Tucúquere  
(*Bubo magellanicus*) y Lechuza Blanca (*Tyto alba*)**

Alonso Erazo • Tyndall Volosky

43

**Desarrollo de un fertilizante natural para estimular la germinación  
de semillas de *Solanum lycopersicum* (tomate cherry)**

Helena Zambrano • Iván Belmar

55

¿De qué forma contribuye un eclipse de sol para realizar ciencia?

**Andrea Jara**

Escuela República del Ecuador E-79

**Alan Avila**

Colegio San Vicente-Altazor

**Rocío del Pilar Iribarren**

Escuela Ecológica Humberto González Echegoyen D-121

**César Piñones**

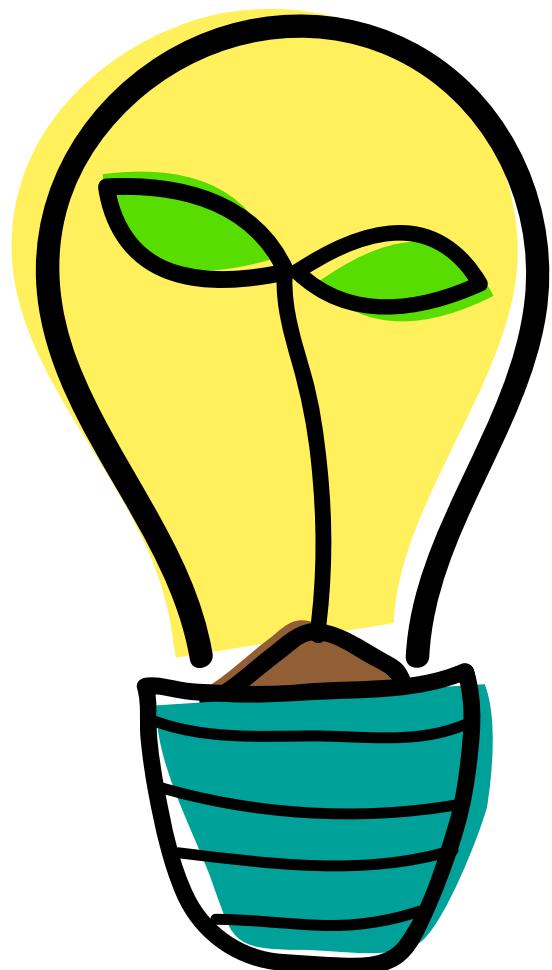
Colegio Cumbres del Choapa

**María Cambor**

Colegio María Mazzarello y Liceo Gabriela Mistral

**Iván Pincheira**

Colegio de los Sagrados Corazones de Concepción





## CHILE, UN LABORATORIO NATURAL PARA LA CIENCIA

Tres años consecutivos de eclipses totales de Sol, han situado a nuestro país -una vez más- en la mira internacional de las ciencias y la observación astronómica. Y me refiero a "ciencias" porque un fenómeno de tal magnitud nos permite estudiar la incidencia del Sol desde la perspectiva de disciplinas tan diversas como la Física, Biología, Sociología, Economía e incluso Comunicaciones.

El estudio de la corona solar, el efecto de una oscuridad total sobre los seres vivos y la naturaleza, el explosivo incremento del turismo en las regiones de Atacama y Coquimbo, junto con extensas coberturas de prensa del fenómeno y la euforia en redes sociales, son un reflejo del efecto eclipse sobre nuestro país.

A este ciclo llamado "Temporada de eclipses" se suma el entusiasmo de profesores y estudiantes que una vez más han sacado la voz por la ciencia. A modo de ejemplo, escuelas de La Serena, realizan conversatorios y talleres relacionados con el fenómeno astronómico; en Santiago, la llamada Fiesta eclipse USACH convoca a la comunidad universitaria y escolar a dialogar sobre una cultura científica interdisciplinaria e integrada a la formación escolar de base.

Por otro lado, gracias a una colaboración con los Proyectos Asociativos Regionales, PAR EXPLORA, de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), invitamos a los estudiantes del país a publicar sus investigaciones escolares en formato artículo (paper), mientras que un comité editorial evalúa rigurosamente los trabajos y entrega feedback a sus autores. Este trabajo -por supuesto- no sería posible sin el liderazgo de los profesores y la inspiración que fomentan desde el aula.

En este número conoceremos investigaciones que reflejan una legítima preocupación sobre nuestra biodiversidad, con el desarrollo de un fertilizante natural para estimular la germinación de semillas de tomate cherry, o la detección de potenciales reservorios de virus Hanta en áreas silvestres protegidas del Estado, mientras que otras publicaciones invitan a pensar y reflexionar sobre el aprendizaje y la educación chilena. También conoceremos, en palabras del Premio Nacional de Ciencias Exactas, José Maza, y la académica de la Universidad de Santiago de Chile, Marina Stepanova, la importancia científica de los eclipses.

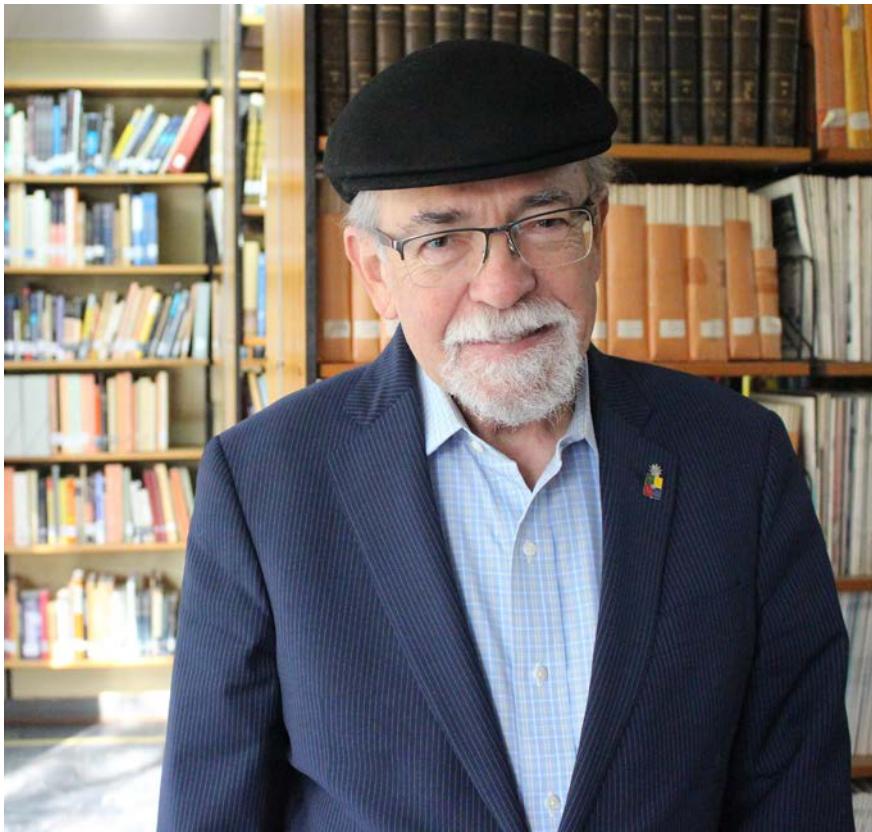
Nuestro país ofrece condiciones inmejorables para desarrollar investigación científica de campo, desde nuestros áridos ecosistemas en el norte, hasta la Antártica al sur. Los eclipses son un ejemplo más de cómo los fenómenos naturales nos recuerdan que la curiosidad y el asombro son parte de nuestra esencia, nos acompañan desde nuestra formación temprana y son quizás la pieza clave para iniciarnos en el mundo de la ciencia. Un camino que desde la Universidad de Santiago de Chile alentamos para que más niños y niñas se sumen a través de una mayor participación en carreras de Tecnología, Ingeniería, Ciencias Naturales, Exactas y Sociales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Rm Figueiroa".

Julio Romero Figueiroa

Vicerrector de Investigación, Desarrollo e Innovación  
Universidad de Santiago de Chile

# EL ECLIPSE QUE ABRE CAMINO A LA CIENCIA



José Maza Sancho  
Premio Nacional de Ciencias Exactas 1999  
Profesor Titular Universidad de Chile

**U**n eclipse solar siempre puede tener novedades, cosas imprevistas. La corona, por ejemplo, pese a que está al lado de la fotósfera, tiene una temperatura distinta a ella. Por lo mismo, es de especial interés para los investigadores, y el 2 de julio generará nuevos datos para su análisis y estudio.

¿Cómo es que la corona, esa peluca del sol, tiene 2.000.000°K en circunstancias que la superficie -de la cual sale la luz- tiene 5.800°K? El eclipse del 2 de julio de 2019 nos aportará datos, sin ninguna duda. Y siempre tener más datos ayuda a mejorar los modelos. El sol tiene un ciclo de actividad de 11 años que pasa por una actividad magnética muy alta -se llena de manchas- y después pasa por un mínimo, ¿Cómo se va a comportar la corona ahora que estaremos en el mínimo? Bueno, eso lo vamos a comprobar cuando observemos una vez más este fenómeno. Ahora, el eclipse también nos abre una

arista social que tanto a las ciencias sociales como físicas les llama la atención: El hecho de que 500 mil personas, o tal vez un millón, viaje a La Serena para ver el eclipse de sol, me parece que va a causar un impacto enorme. Los niños que hoy tienen 10, 12 ó 14 años y que observen el eclipse tendrán un recuerdo de por vida. En 50 años se acordarán del fenómeno. Recordemos que no se va a repetir un eclipse de sol en el Valle del Elqui en los próximos 200 años. Fenómenos como estos nos recuerdan que la astronomía es importante, del mismo modo que toda las ciencias que se generan en nuestro país como la física, matemática, incluso la historia.

La mayor parte de las noticias positivas de Chile en el mundo son provistas por la astronomía, así lo informa Imagen de Chile en sus últimos estudios. Y hoy, más del 40% de los telescopios ópticos del mundo están en

Chile. Con la construcción del telescopio ELT (Extremely Large Telescope) en el cerro Armazones en el Desierto de Atacama, el Magallanes Gigante (Giant Magellan Telescopio) en el cerro Las Campanas en Valparaiso, y del LSST (Large Synoptic Survey Telescope) en el cerro Pachón en Coquimbo, el 70% de los telescopios ópticos del mundo estarán en nuestro país.

En estos tiempos, se puede estudiar astronomía como en seis o siete universidades en Chile, a diferencia de cuando yo empecé que era una época donde se creaba la primera carrera de astronomía en Chile, el año 1966. Hoy se están doctorando en Chile, o el extranjero, al menos 10 jóvenes astrónomos chilenos ¡Todos los años! Y si sacan cuentas, podríamos decir que en total, somos como 100 astrónomos en Chile.

Tenemos los mejores cielos del mundo, y si con todo lo que estoy haciendo motivo a que más estudiantes quieran ser astrónomos y astrónomas, mucho mejor. Me asombra, y me encanta, la cantidad de niñas de 10, 12 años, que llegan con su mamá con uno de mis libros bajo el brazo diciendo que se los firme y que quieren estudiar astronomía. Mucha gente llega y me dice: "¿Usted me puede enseñar astronomía?", y yo les digo "Sí, pero te tenes que apurar, porque yo no voy estar todo el tiempo", les digo y después me río.

El eclipse total de sol de 2019 en La Serena, 2020 en Temuco y 2021 en la Antártica abrirán caminos para la astronomía, pero también para las ciencias de la tierra, la sociología, la historia y la tecnología entre otros. Además de entusiasmo por la ciencia mostrará la necesidad que más jóvenes y niños se interesen por la ciencia y se planteen seguir una carrera universitaria relacionada con la materia.

Celebro que este número de la revista "Brotes Científicos" destaque la importancia de este fenómeno astronómico para nuestra sociedad. Que motive a los estudiantes por acercarse a las publicaciones científicas a partir de sus primeros papers. Que este interés no decaiga y sea reforzado por los profesores, que son los mayores responsables de la motivación de muchos y muchas.

Realmente tengo mucha esperanza que los próximos años serán de gran impulso para la ciencia chilena y el interés de los jóvenes en ella.

## CIENCIA ESCOLAR PARTICIPATIVA Y CIUDADANA

Desarrollados por el programa EXPLORA de CONICYT, los Proyectos Asociativos Regionales (PAR) se distribuyen en todo el país con el objetivo de fortalecer lazos académicos entre científicos, comunidades escolares y público general. La Región Metropolitana concentra los PAR RM Norte, Sur Poniente y Sur Oriente, y Brotes Científicos conversó con parte de ellos para conocer los desafíos que inicia la dirección 2019-2022.

Por Nadia Politis



Los Proyectos Asociativos Regionales del programa EXPLORA CONICYT están presentes en la Región Metropolitana a través de sus PAR Norte, Sur Poniente y Sur Oriente. Imagen: Gentileza CONICYT.



Carola Gutiérrez Rosales, Directora del Proyecto Asociativo Regional, PAR EXPLORA de CONICYT Región Metropolitana Sur Oriente

Buscan fomentar habilidades propias de las ciencias, tecnología e innovación en comunidades escolares, despertar el interés de científicos e investigadores por acercar su trabajo a la sociedad, y propiciar el encuentro entre la ciudadanía y el mundo de la ciencia. Son los Proyectos Asociativos Regionales, también conocidos como “PAR EXPLORA” que durante ciclos de cuatro años desarrollan vinculación científica con las comunidades de su zona.

Cada PAR EXPLORA se ubica en distintos puntos del país, al alero de una universidad, conformando una verdadera “red nacional de ciencia” que incorpora la realidad de cada región. “Estar presentes en todas las regiones del país nos tiene muy satisfechos y con grandes expectativas. En ese sentido, los PAR EXPLORA son nuestros aliados estratégicos y su labor es clave para que la ciudadanía y, especialmente, la población escolar, se apropien del conocimiento, miren el mundo con una visión más crítica y se hagan preguntas”, señala Natalia Mackenzie, Directora del Programa EXPLORA de CONICYT.

La directora destaca que a través de las iniciativas que los PAR desarrollan y que cuentan con los lineamientos del Programa, se busca justamente promover la curiosidad y el pensamiento crítico, es decir, “personas que sean más reflexivas y capaces de tomar mejores decisiones”.

Para dar forma a las iniciativas desarrolladas en el país, EXPLORA da a conocer cada temporada el “tema científico del año”, del cual se desprenden las acciones de sus colaboradores, siendo el Sol el hilo conductor de las acciones. En el año del Sol se realizarán talleres, intervenciones, presentaciones y encuentros, considerando cuatro ejes temáticos de acción: El Sol como estrella, su relación con la vida, los pueblos originarios y la producción de energía.

Un desafío de gran envergadura al considerar las cifras de la Región Metropolitana: 52 comunas, de las cuales 18 son rurales. La región, dividida en seis provincias, concentra los PAR RM Norte, Sur Poniente y Sur Oriente.

## Profesores en el centro

Desde la comuna de La Pintana, el equipo PAR EXPLORA Sur Oriente realiza su propia revolución científico-social. Su directora, Carola Gutiérrez Rosales, lleva ocho años en la conducción del proyecto y con el apoyo de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile enfatiza que su sello diferenciador sitúa a la comunidad escolar como principales beneficiarios: "Nos preocupan mucho sus necesidades, y por lo mismo nuestro equipo -que es interdisciplinario- trata de abordar desde distintas aristas estos requerimientos profesionales para entregar herramientas y fortalecer su trabajo", dice.

El PAR EXPLORA Sur Oriente ofrece a los docentes recursos educativos y capacitaciones: "Tenemos disponibles cuatro talleres que tienen relación con los ejes temáticos que estableció EXPLORA para el año del Sol, y que los vamos a desarrollar en conjunto con la Biblioteca Viva del Mall Plaza Vespucio", señala la Directora de Mundo Granja.

Para el equipo, la ciencia con sentido social cobra fuerza al tener acceso a la realidad de la sala de clases, gracias al contacto directo con los profesores. Los debates científicos escolares, son un ejemplo de ello ya que gracias a la entrega de herramientas como la argumentación, el pensamiento crítico y la tolerancia se busca llegar a una resolución pacífica de los conflictos. "Nos gusta decir que trabajamos con personas científicamente informadas", aclara Gutiérrez.

En sintonía con la temporada de eclipses impulsada por el gobierno, piezas explicativas digitales han destacado la importancia científica del fenómeno, junto con invitar a la observación segura. Para el mes de Octubre adelantan que realizarán una nueva versión de la Fiesta de la Ciencia, la que durante 12 años celebra la Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología en torno a la temática del año escogida por el Programa EXPLORA de CONICYT. Junto a ello, elaborarán un Mural Científico, el cual es el sello del PAR en el territorio ¿El lugar escogido? La comuna de La Florida.

El proyecto se vincula de forma directa con 13 comunas de la Región Metropolitana: Pedro Aguirre Cerda, San Miguel, San Joaquín, Macul, Peñalolén, La Cisterna, San Ramón, La Granja, La Florida, San José de Maipo, La Pintana, Puente Alto y Pirque. Para conocer las gestiones del PAR EXPLORA RM Sur Oriente se puede visitar su web [www.explora.cl/rmsuroriente](http://www.explora.cl/rmsuroriente) y sus redes sociales Facebook, Twitter, Instagram y YouTube.



Parte del equipo PAR EXPLORA Sur Oriente en La Pintana, que busca estrechar puentes entre la comunidad escolar y la ciencia.

## Ciencia abierta y colaborativa

Debutando como nuevo PAR EXPLORA RM Sur Poniente, el equipo dirigido por Sandra Rojas Barlaro, desarrolla sus proyectos desde la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas en Beauchef 850. Tras cinco años en la Universidad de Chile y su Departamento de Geofísica, Rojas recuerda el lema de trabajo de su postulación: "Ciencia abierta y colaborativa para el buen vivir. Y no fue una casualidad porque con el proyecto buscamos vincular la divulgación científica con la realidad social y el territorio donde se desarrolla este proyecto. Nosotros cubrimos 22 comunas de la región, donde la mitad son rurales", afirma.

Rojas señala que la interdisciplina guiará sus acciones en el año del Sol, y que el proyecto "La ciencia del teatro" es el mejor ejemplo de ello. La iniciativa es desarrollada con el Teatro Nacional Chileno y la Facultad de Artes de la Universidad de Chile, y mediante el trabajo de estudiantes, profesores, asesoras científicas y el prestigioso director Ramón Griffero, se montarán obras de teatro que tendrán al Sol como eje dramático.

Para celebrar la temporada de eclipses el PAR Sur Poniente ha desarrollado un trabajo colaborativo con el Núcleo de Astronomía de la Universidad Diego Portales para realizar experiencias de ciencia inclusiva para los estudiantes: "Los invitamos a escuchar el Sol", aclara Rojas. Explicando que mediante la interpretación de datos y su posterior traducción a sonidos, se invita a la reflexión sobre el estudio científico de la estrella.



Sandra Rojas Barlaro, Directora del Proyecto Asociativo Regional, PAR EXPLORA de CONICYT Región Metropolitana Sur Poniente

Durante este año, el equipo trabajará en un programa de Ciencia Ciudadana para generar una metodología participativa para identificar problemáticas del territorio: "La ciencia ciudadana permite la participación de comunidades a partir de sus propios problemas y realidades". La participación con establecimientos educacionales certificados por el Ministerio del Medio Ambiente será clave, ya que a través de la "certificación ambiental" se busca trabajar con colegios que puedan desarrollar proyectos en esta área.

El proyecto Ciencia Ciudadana trabaja con cinco comunas de la Región Metropolitana: Estación Central, Maipú, Calera de Tango, El Monte y María Pinto. Para conocer las gestiones del PAR EXPLORA RM Sur Poniente se puede visitar su web [www.explora.cl/rmsurponiente](http://www.explora.cl/rmsurponiente) y sus redes sociales Facebook, Twitter, Instagram y YouTube.

### ¿Cómo participar?

Cada Proyecto Asociativo Regional construye sus propias herramientas de apoyo docente, escolar y ciudadano. Sin embargo, el contacto con académicos o asesores científicos es fundamental. El Campamento Explora VA! el Programa de Apoyo a Docentes (PAD), 1000 Científicos 1000 Aulas y el Congreso regional de investigación escolar son parte de las iniciativas.

Los meses previos a Octubre, los equipos preparan su despliegue para la Semana Nacional de la Ciencia y la

Tecnología. Es considerado el evento de divulgación científica de mayor alcance a nivel nacional, y se traduce en una fiesta temática abierta, gratuita y con módulos de experimentación para toda la comunidad.

Para conocer en detalle el trabajo realizado por el programa EXPLORA y sus proyectos asociados, se puede ingresar a [www.explora.cl](http://www.explora.cl) o las redes sociales @exploraconicyt en Twitter, exploraconicyt en Instagram y Programa Explora de Conicyt @exploraconicyt en Facebook.



Parte del equipo PAR EXPLORA RM Sur Poniente en Santiago Centro, que busca posicionar la ciencia ciudadana desde el fortalecimiento de las comunas.

Dra. Marina Stepanova

## “APRENDÍ LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD DE EINSTEIN MUCHO ANTES QUE LAS LEYES DE NEWTON”

**La Doctora en Física de la Universidad Estatal de Moscú descubrió su vínculo con la ciencia desde temprana edad. Su pasión por la investigación la ha llevado a estudiar la física del plasma espacial y la magnetósfera de nuestro planeta, y hoy desde la Universidad de Santiago de Chile (USACH) participa en grupos de investigación de plasmas espaciales y astrofísicos y de Antártica.**

Por Nadia Politis

Con tan solo cuatro años, Marina Stepanova miraba programas de ciencia en la televisión rusa. Eran los años setenta y la producción “Evidente, pero increíble” (Очевидное-невероятное) se tomaba la pantalla hablando sobre la sociedad de la información y el avance de la ciencia en manos de su conductor, el físico Serguéi Kapitsa. Es uno de los primeros recuerdos que Stepanova evoca al narrar parte de sus principales influencias en ciencia.



Dra. Marina Stepanova, Investigadora del Departamento de Física de la Universidad de Santiago de Chile

**- ¿Considera que el programa marcó su vocación por la ciencia?**

No estoy cien por ciento segura, pero al programa iban muchos científicos, y gran parte de ellos eran físicos. Primero discutían un tema específico, y después mostraban un documental relacionado. El programa estaba orientado para adultos, pero yo con cuatro años lo disfrutaba mucho. Y a los nueve años tenía claro que quería ser física.

**- ¿La pasión por la Física era tal, que decidió seguirla con una carrera universitaria?**

Yo soy un poco anómala. Pensaba que mi caso era normal, pero la estadística dice que no lo es, ya que quise ser física muy joven. No tenía dudas al respecto. Yo sabía que mi trabajo iba a tener mucha Matemática, que iba a dedicarme a estudiar las leyes fundamentales del Universo, y mi idea era ir por la línea de relatividad general, cosmología y gravitación. Esas eran las ideas que me apasionaban a la edad de nueve años (ríe).

**- ¿Y de qué forma estudió la disciplina previo a su ingreso a la Universidad?**

Me gustaba tanto física que la empecé a leer y aprender. De hecho fue extraño ya que aprendí la Teoría de la relatividad de Einstein mucho antes que las Leyes de Newton. Como tenía tantas ganas de leer sobre física, mi mamá siempre me compraba libros del tema, y afortunadamente en Rusia los científicos escribían muy buenos libros de divulgación. Partí con ellos y seguí con los libros más avanzados. Entré a la Facultad de Física (en la Universidad Estatal M.V. Lomonósov de Moscú) donde teníamos tres años de plan común, lo cual era muy bueno para madurar lo que uno realmente quería hacer. En ese momento yo decidí no seguir con Física Teórica, sino dedicarme a Física Espacial. Yo quería algo más tangible y real. Como dicen en Chile, sentí que le di el "palo al gato".

**- ¿De qué forma la marcó su formación universitaria en Rusia?**

Tuve la suerte de estudiar en una Universidad (Universidad Estatal M.V. Lomonósov de Moscú) donde hubo cuatro premios Nobel de Física. La instrumentación de los primeros satélites la realizó gente de mi laboratorio, con los cuales yo iba a tomar tecito. Por lo mismo el hecho de visitar lugares como Goddard Space Flight Center de la NASA en Estados Unidos fue interesante, pero no provocó en mí el impacto de "wow, llegué".

**El desembarco en Chile**

Desde su oficina en el Departamento de Física de la Universidad de Santiago de Chile (USACH), en Estación Central, la investigadora en Física espacial recuerda su llegada a Chile en el año 1995. En aquella época la escasez de especialistas en física de plasma era una realidad.

**- ¿Qué la motivó a cruzar todo un océano para llegar a nuestro país?**

Cuando tú eres joven, y lo que tú haces a nadie le importa, eso es muy difícil de tolerar. Cuando uno está en búsqueda de hacer algo grande en la vida, es muy importante la retroalimentación. Qué valgo yo como profesional y como persona. Se habla de mi generación como la "generación perdida". Yo terminé la universidad en el año 1988, y el entorno político de la época nos obligó a escoger: O te cambiabas de país, o te cambiabas de profesión. Es difícil y complejo de explicar a la vez.

**- ¿Tenía referencias de Chile y su ciencia previo a su llegada?**

La primera vez que yo vine a Chile fue de paseo en el año '90. Fue porque en ese momento yo tenía amigos aquí. Vi que en Chile se podía realizar carrera científica. Despues volví a Rusia, hice mi doctorado, y después postulé a la USACH como investigador asociado y quedé. Y aquí formé mi familia. Los chilenos son muy parecidos a los rusos. Tienen conceptos de amistad mucho más cercanos a nosotros. Hay lazos de amistad que son mucho más fuertes, que duran décadas y son casi irrompibles. También porque el país es muy moderno en términos de telecomunicaciones y tecnología. Los satélites están arriba, los datos en la web, y uno puede trabajar sin problema.

**- ¿Considera que la investigación en su área ha avanzado en nuestro país?**

Sí, y lo valoro muy positivamente. Cuando llegué a Chile, en mi especialidad la Física espacial, había cerca de dos investigadores en áreas semejantes. Despues llegó el profesor Juan Alejandro Valdivia, que tenía su postdoctorado en la NASA, y con él pude trabajar en temas que eran de mi línea de investigación como Física de plasmas espaciales y astrofísicos, y Física espacial. En esa época éramos dos, y ahora hay más de 10. Es un aumento muy significativo, especialmente en los últimos 10 años.

## Plasma espacial

"El 99,9% del universo está compuesto por plasma. Las estrellas, el viento estelar y medio interestelar son plasma. Para el universo es el estado más natural posible, y nosotros -en la Tierra- vivimos una excepción", aclara la profesora Stepanova. Y por lo mismo -dice- es difícil manejarlo, porque está muy caliente.

### - ¿De qué época data el estudio del plasma?

Los experimentos con plasma se remontan a los años '60, primero con el "Tokamak" acrónimo en ruso de "cámara toroidal con bobinas magnéticas" (тороидальная камера с магнитными катушками), después el dispositivo "Stellarator" de Estados Unidos y ahora con "ITER" (International Thermonuclear Experimental Reactor), una cooperación internacional muy grande donde se busca que un reactor termonuclear de prueba pueda sujetar un plasma el tiempo suficiente para gatillar una reacción termonuclear. ¿Por qué? Porque para realizar una reacción termonuclear se necesita una temperatura muy alta, y evidentemente estará en un estado de plasma.

### - ¿Cómo podría explicar qué es el plasma?

Uno normalmente sabe que hay tres estados de la materia: sólido, líquido y gas. Y también sabe que hay que ir calentando un material para que se pueda convertir en otro. Es decir, si yo caliento el hielo, se convertirá en agua, y si caliento el agua se convertirá en vapor. ¿Pero qué pasa si yo sigo calentando el material? La energía será tan alta, que los átomos al chocar unos contra los otros perderán electrones, convirtiéndose en iones y ese material se convertirá en un plasma. El plasma más básico es el resultado de la combinación de protones y electrones. Algo así como un átomo de Hidrógeno desarmado, o un "gas" de protones y electrones si lo quieras decir de otra forma.

### - ¿Qué propiedades puede tener un plasma?

Es un perfecto conductor, porque está lleno de partículas cargadas, y también es muy susceptible a los campos magnéticos y eléctricos. También el plasma representa el comportamiento colectivo de los átomos. Indiquemos un ejemplo -a nivel atómico- para entenderlo mejor: La interacción de un protón o electrón con cualquier otra partícula por separado (protón-protón, electrón-electrón) es mucho más débil que su interacción con todas las partículas que lo rodean. Esto lo diferencia -por ejemplo- del comportamiento del gas,

ya que llega un átomo, choca con el otro y ¡pum! Sale un átomo para la izquierda y otro para la derecha. En el caso del plasma el comportamiento de un ion o electrón depende de su interacción con el resto de las partículas, y por eso es tan difícil de manejar.

### - ¿En qué área se clasificaría su objeto de estudio?

Por la naturaleza de mis investigaciones (el espacio) podríamos decir que pertenecen a Geofísica, junto con océanos, tierras sólidas, atmósfera y planetas, según la clasificación de American Geophysical Union. Ahora, la Física espacial es muy cercana a la Astrofísica ya que la Magnetósfera y viento solar están compuestos por plasma, que es lo que yo estudio: Plasmas Espaciales y Astrofísicos. El viento solar es lo mismo que el viento estelar, la Magnetósfera de la Tierra es similar a la de Júpiter e incluso de un pulsar, y si se descubre que los llamados exoplanetas tienen sus propios campos magnéticos, tendrían sus propias Magnetósferas. Es el mismo tema.

## Estudio de Antártica y eclipses

En la actualidad, la profesora Stepanova desarrolla sus investigaciones en el Grupo de Investigación Antártica, Grupo de Física de Plasmas Espaciales y Astrofísicos, y Ciencias de la Tierra y el Espacio. Todos pertenecientes a la Universidad de Santiago de Chile. Desde la academia, participa en iniciativas de divulgación científica, ciencia ciudadana y mujeres en ciencia. Durante más de diez años representaba a América Latina en el Committee on International Participation de American Geophysical Union.

La profesora Stepanova fue seleccionada este 2019 por el Instituto Antártico Chileno (INACH) como miembro titular del Consejo Nacional de Ciencia Antártica (CNCIA) para los próximos cuatro años. Y con ello, representará a nuestro país ante el Comité Científico Internacional para la Investigación en la Antártica (SCAR), red que busca impulsar investigación científica a beneficio de la comunidad global.

### - ¿Por qué realizar estudios en Física Espacial en la Antártica?

Porque tenemos instrumentos -llamados magnetómetros- en distintas bases antárticas. Y el magnetómetro es un dispositivo que mide la variación del campo magnético terrestre. Esta variación no se genera dentro de la Tierra, sino que en la Ionósfera y la Magnetósfera, y justamente yo trabajo en ambas.

**- Chile ha figurado en el escenario internacional debido a los eclipses totales de Sol del 02 de Julio de 2019 (Atacama y Coquimbo) y el 14 de Diciembre de 2020 (Araucanía) ¿De qué forma se puede realizar ciencia durante estos fenómenos astronómicos?**

El Sol tiene una estructura, y sin entrar en detalles de los componentes que tiene en su interior, su capa exterior se llama corona. Esta parte registra un escape constante de plasma desde la superficie del Sol. La corona es la que genera el viento solar, que choca con nuestro campo magnético y genera la Magnetósfera. Entonces, durante un eclipse total de Sol, la Luna cubre el disco del Sol y se pueden observar y estudiar propiedades de la corona solar. De hecho, los instrumentos que miden en el espacio las propiedades de la corona funcionan del mismo modo y, se llaman "coronógrafos".

**- Esto quiere decir que aún hay estudios relativos a la corona solar...**

La corona tiene grandes misterios no resueltos, por ejemplo el calentamiento. Porqué si la superficie del Sol registra una temperatura de seis mil grados, la corona tiene una temperatura de millones de grados ¿Cómo se logra calentar? Es un fenómeno que todavía no tiene respuesta.

**- Y durante el eclipse total de Sol ¿Qué estudios se pueden hacer en esos breves minutos de sombra?**

Cuando se produce un eclipse total de Sol, la incidencia de la Luna entre esta estrella y nuestro planeta produ-

ce una sombra que se proyecta sobre el territorio. En ese momento la ionósfera registra una incidencia menor de radiación solar. Y a diferencia del cambio día-noche cuando el Sol aparece y se oculta sobre nuestro planeta, que es paulatino, durante un eclipse total de Sol este cambio es mucho más rápido. Esto nos permite hacer estudios mucho más focalizados de las propiedades de la ionósfera.

## Físicos espaciales

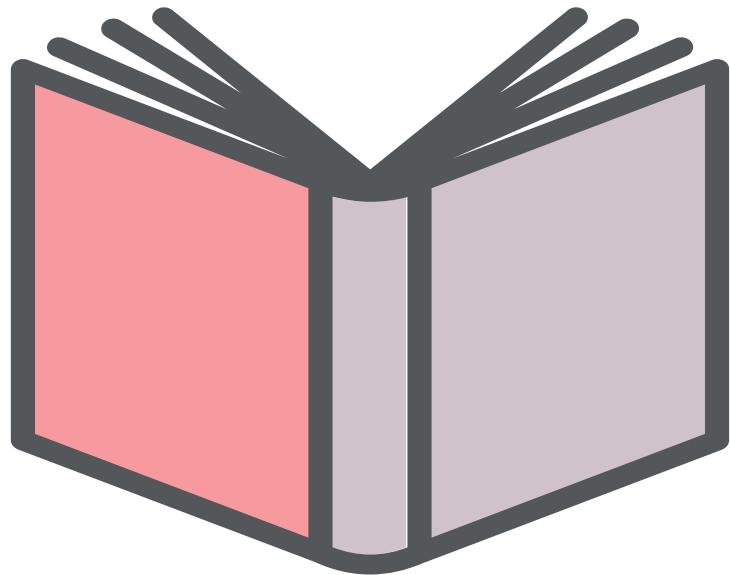
**- ¿De qué forma las condiciones físicas del planeta pueden incidir en nuestra vida diaria?**

Al igual que los huracanes que se registran en la tierra, fuera de ella existen fenómenos espaciales extremos llamados "tormentas geomagnéticas". Tiempo atrás, cuando usábamos solo piedras y fogatas, no nos importaban este tipo de fenómenos, pero ahora como casi todos nuestros dispositivos electrónicos utilizan GPS, sí nos importan las tormentas de este tipo.

**- ¿Una tormenta geomagnética puede inhabilitar ciertos tipos de tecnología?**

En lo que se refiere a ese fenómeno en específico, hay daños en la superficie de la tierra que se pueden traducir en la interrupción de las comunicaciones, daños a los satélites, o riesgos para una tripulación de vuelos transpolares. La rama de física espacial que está orientada al estudio de estos fenómenos extremos, y que ahora está tomando su propia independencia se llama *Space Weather*.





**CIENCIAS SOCIALES**

**16**

# NIVEL DE DESARROLLO DE FUNCIONES EJECUTIVAS EN PUNTOS DEL JOVEN ESCOLAR

## DEVELOPMENT LEVEL OF EXECUTIVE FUNCTIONS IN POINTS OF THE YOUNG SCHOOL

Ursula Ponce • Felipe Latorre • Gabriela Vallejos  
 Profesor Guía: Jimmy Muñoz  
 British Royal School, La Reina  
 Asesor Científico: Cristian Rojas  
 Evaluadora: Claudia Córdoba

### Resumen

Las funciones ejecutivas son un grupo de procesos mentales que permiten el logro de una tarea u objetivo. Este trabajo se enfoca en las tres funciones principales que son: atención, control inhibitorio y memoria de trabajo, ello considerando la madurez en diferentes etapas de los estudiantes de la escuela chilena Royal School Británico. Para esto, dividimos a los estudiantes evaluados en cuatro grupos, desde quinto a duodécimo grado, dependiendo de su nivel. Luego, los estudiantes, sus padres y el maestro de aula registraron el Inventario de la Función Ejecutiva Integral (CEFI) en su versión adaptada, respondiendo a diferentes aspectos del estudiante. Los objetivos fueron determinar el desarrollo de los estudiantes y si hubo algún cambio significativo en dicho aspecto, y ver si las respuestas de los tres informantes fueron similares o no. Los hallazgos indicaron que hubo cambios en el avance de los estudiantes según sus calificaciones, y también que hubo diferencias significativas en cada una de las respuestas de los informantes en algunas calificaciones de nivel. Todo esto podría explicarse sobre la base de las edades de los estudiantes, así como de su entorno y madurez.

**Palabras claves:** Funciones ejecutivas; Escolares; Procesos mentales; Atención; Control inhibitorio; Memoria.

### Abstract

The executive functions are a group of mental processes that enable the achievement of a task or goal. In this paper, the focus are the main three of these functions, which are attention, inhibitory control, and working memory, and their maturity in different stages of the chilean school British Royal School. For this, we divided the tested students into four groups from fifth to twelfth grade, depending on their grade level. Then they, the students, their parents and homeroom teacher each took the Comprehensive Executive Function Inventory (CEFI) in its adapted version, answering about the student in question. The objectives were to determine the development of these and if there were any significant changes in said development, and to see if the three informants' answers were similar of not. The findings summarized that, there were, in fact, changes in advancement depending on the grades, and also that there were significant differences in each of the informants' answers in some level grades. These all could be due to the ages of the students, as well as their environment and maturity.

**Keywords:** Executive functions; Schoolchildren; Mental processes; Attention; Inhibitory control; Memory.



# Introducción

Existen diferentes teorías que intentan explicar cómo el cerebro humano lleva a cabo ciertas acciones como la concentración o la memoria, y una de ellas se fundamenta mediante la neuropsicología y su campo de las funciones ejecutivas (FE). Éstas se definen como “un conjunto de procesos mentales necesarios para el logro de una meta” (Miller y Cohen, 2001; Epsy, 2004; Burgess y Simons, 2005). Entre las múltiples funciones ejecutivas, hay tres funciones bases, las cuales son memoria de trabajo, control inhibitorio y atención (ver Diamond, 2013). La atención es aquella FE que dictamina la respuesta de enfoque predominante del cerebro sobre un objeto u hecho particular más que sobre otros estímulos (por ejemplo, llámese concentración), mientras que el control inhibitorio es el que se encarga de centrar la atención propia, comportamiento, pensamientos o emociones en pro de un objetivo particular, más que de atender a los impulsos (Diamond, 2013), por lo tanto atención y control inhibitorio trabajan simultáneamente. La memoria de trabajo, por su parte, entra en juego cuando es necesario concretar tareas con información previamente aprendida e internalizada, mas no presente explícitamente, momento en el que se trae de vuelta el contenido requerido para usarlo. De acuerdo con la teoría que propone Arán (2010), las FE se van desarrollando y mejorando con el paso del tiempo, iniciando en la etapa de la niñez y continuando durante la adolescencia hasta llegar a su punto máximo en la adultez. Luego, al cumplir una cierta edad, ya en la vejez, las FE comienzan a ser menos eficientes y se es necesario un ejercicio continuo de las mismas para preservarlas. Estudios previos en el desarrollo de su funcionamiento no proveen ningún dato consistente en efectos relacionados al sexo. Es así como tenemos a

Welsh *et al.* (1991), quienes no encontraron efectos importantes del sexo en ninguna de las funciones, y luego a Reader *et al.* (1994) que, en contraste, notaron que las niñas con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (ADHD por su sigla en inglés) tenían un nivel significativamente más alto en mediciones de fluidez verbal que los niños. Respecto a intervalos de edades, Levin *et al.* (en Brocki y Bohlin, 2004) encontró las mejoras más relevantes en errores por impulsividad y respuestas erróneas, al evaluar una muestra con el go/no-go test, entre los grupos de los más pequeños (7-8 años) y los de edad media (9-12), sin una mejora particular o persistente en el grupo de los mayores (13-15 años). El test Go-no Go es un tipo de prueba en la cual el individuo es sentado frente a un aparato con un botón a su alcance, que debe ser presionado cuando un estímulo cualquiera se le sea presentado (como una ampolleta encendida o un objeto en una pantalla), el Go, pero al presentarse un estímulo específico, se le instruye que no debe presionar (como una ampolleta de un color designado previamente), el No Go.

## Nuestro Estudio

Este estudio trata el campo de las FE y su desarrollo en el ser humano, aterrizando al espectro etario entre los 10 y los 18 años (adolescencia temprana hasta adolescencia tardía), ambas edades incluidas, en individuos que participan activamente de su etapa escolar y desde una perspectiva de percepción tridimensional, vale decir, evaluando el desarrollo de las mismas según tres variables distintas que posea el objeto de estudio. La realización de este estudio radica en que, si bien ha



habido estudios previos que tratan el tópico de las FE, estas, que juegan un rol importante en el aprender de una persona, no han sido lo suficientemente investigadas en el contexto del aula chilena, con lo que el equipo decidió generar sus propios datos al respecto. Cabe destacar que el área estudiada es cercana a los investigadores, quienes pertenecen a la etapa escolar al momento del estudio. El grupo trabajó con estudiantes del rango de edades mencionado previamente, todos pertenecientes al establecimiento particular pagado British Royal School, de la comuna de La Reina, Región Metropolitana [SIMCE, 2017]. Esto, debido a que el equipo pertenece al colegio mencionado, y optó por desarrollar la investigación en su propio contexto escolar, que pertenece al nivel socioeconómico alto.

Por medio de este trabajo, se propuso responder la siguiente interrogante: ¿Qué niveles de desarrollo presentan las funciones ejecutivas: atención, control inhibitorio y memoria de trabajo en distintos puntos de la etapa escolar, considerando la edad de los estudiantes (edad escolar), sus sexos (femenino y masculino) y distintos informantes (estudiante, apoderado y profesor)? Bajo esta sentencia, propusimos que en nuestra población, las FE a estudiar tendrían un distinto nivel de su desarrollo según fuera la edad y el sexo de los estudiantes evaluados, así como que la percepción del desarrollo de las FE sería similar entre los profesores, vale decir, habría una intracorrelación de los resultados propuestos por los profesores. El objetivo principal propuesto fue evaluar el desarrollo de las FE a lo largo de la etapa escolar, considerando: edad de los estudiantes, sexo y distintos informantes. Esto se logaría generando datos concretos de cada una de las tres FE escogidas, para luego comparar, para cada una de las mismas, la variación de su desarrollo respecto al grupo etario, el sexo, y lo reportado por cada informante.

## Características y procedimiento

El paradigma de esta investigación es cuantitativo ya que busca explicar el fenómeno y la relación entre variables mediante datos numéricos, y el tipo de estudio es descriptivo-correlacional, porque permite caracterizar las variables dependientes (atención, control inhibitorio y memoria de trabajo), medidas según las variables independientes (edad, sexo e informante) y porque se analiza la relación que hay entre los resultados obtenidos por cada informante para establecer la concordancia que hay entre ellos. La población del estudio corresponde a todos los estudiantes del colegio que se encontraban entre Quinto Básico y Cuarto Medio al momento de la realización del estudio, 776 estudiantes. La muestra corresponde a todos los estudiantes

que eligieron participar y que contaron con el consentimiento informado de sus apoderados, firmado por estos últimos. El grupo consta de un total de 136 estudiantes pertenecientes a 8 niveles de enseñanza, de los cuales 60 son hombres y 76 mujeres, cuyos resultados fueron divididos en 4 grupos según su edad: a) Quinto y Sexto Básico, cuyo promedio de edad es de 10,8 años, b) Séptimo y Octavo Básico, cuyo promedio de edad es de 13,3 años, c) Primero y Segundo Medio, cuyo promedio de edad es de 14,9 años, y d) Tercero y Cuarto Medio, cuyo promedio de edad es de 16,9 años. La selección de la muestra fue no probabilística, invitando a todos a participar de forma voluntaria. Como instrumento de medición se utilizó el test de funciones ejecutivas del cuestionario Comprehensive Executive Function Inventory (CEFI), adaptado y traducido al español por Rojas-Barahona *et al.* (2017). Este es un cuestionario de percepción, que genera datos acerca de cómo piensa el encuestado. Ante este inconveniente es que el equipo decidió que el cuestionario no sólo fuera respondido por los estudiantes, quienes reportaron su propio desarrollo funcional, sino que era óptimo agregar las visiones de los apoderados de cada individuo objeto de estudio y de su profesor jefe, para con esto ampliar el espectro de visiones y, con ello, poder obtener una visión más objetiva de cada alumno del grupo, controlando la variable expuesta. Se optó por elegirlos a ellos, debido a que, por un lado, el apoderado es quien, se asume, usualmente comparte el hogar con el alumno, por lo tanto lo ve cotidianamente y puede formarse una opinión válida de cómo el pupilo bajo su custodia se enfrenta al mundo; y por otro lado, el profesor jefe es el adulto a quien se le asocia el estudiante en el contexto escolar. Rush (2001), afirma que conocer a los estudiantes significa que los docentes saben de la importancia de mantener altos estándares y expectativas para todos ellos, y que motivarlos también requiere incorporar su cultura del hogar, lenguaje y experiencias en el currículum diario. Además, el proceso de educar consiste en desarrollar lo que está dentro de la persona. (De Giraldo *et al.*, 2000), por lo cual se propone que el docente sabe de sus alumnos. En esa misma línea, y en referencia a lo planteado por Education at a Glance (2014, OECD Indicators, recuperado de Huffington Post), sabemos que la cantidad de horas en las que el docente es requerido para educar en Chile varía de 1.000 a 1.100 al año. De esto podemos inferir que en base al intervalo postulado, el profesor pasa anualmente tanto tiempo con sus estudiantes que le es más fácil generar un juicio respecto a ellos. Con la adición de apoderados y profesores al estudio, se añadieron 162 informantes más: 136 apoderados y 26 profesores. La forma final de obtener los datos, entonces, fue que por cada alumno voluntario que participó del estudio se le entregaron tres copias



del cuestionario de la CEFI, uno para que él/ella respondiera qué percibía del desarrollo en su persona, un segundo para que se lo entregara a su apoderado y que él/ella entregara su percepción del alumno bajo su tutoría, y un tercero que se le fue entregado al profesor jefe del alumno, quien respondiera qué percepción tenía él/ella del alumno del estudio. Así, se obtuvieron 3 cuestionarios por cada uno de los 136 voluntarios del objeto de estudio. Cada versión del test contó con 33 afirmaciones en formato de escala tipo Likert con 6 opciones de respuesta donde 0 era Nunca y 5 era Siempre. El cuestionario presentaba preguntas del estilo: “¿Le das importancia a las opiniones de otros sobre tus actos?” (no incluida en el test, sólo redactada para exemplificar el tipo de pregunta), y cada informante recibió el mismo con adaptación de la pregunta, para facilitar las respuestas (por ejemplo, si al estudiante se le preguntó “¿Tú...?”, al apoderado se le preguntó “¿Su hijo/a...?”, y al profesor “¿El alumno/a...?”). El procedimiento de recogida de información fue el siguiente: Primero se realizó la invitación al estudio y se entregaron los consentimientos informados, a quienes los devolvieron firmados se les entregó los cuestionarios de autorreporte que fueron entregados a los distintos informantes, y se solicitó su devolución en un plazo de 7 días. Para responder a los objetivos del estudio se realizó Análisis de la Varianza (ANOVA) para comparar los resultados de las funciones ejecutivas según los grupos de edad. Además se realizó análisis de Tukey para ver las diferencias específicas entre grupos. Se utilizó este test porque permite comparar los resultados de la variable dependiente en más de dos grupos. Este análisis se realizó para los resultados obtenidos a partir de los distintos informantes.

Para realizar la comparación por sexo se realizó el análisis de comparación de medias *T* de Student ya que eran dos grupos. Este análisis se realizó para los resultados obtenidos a partir de los distintos informantes. En ambos análisis se cumplió el supuesto de normalidad que valida la utilización de estos test. Por último se realizaron análisis de Correlación de Pearson para establecer las relaciones entre los resultados obtenidos por cada informante. Este análisis se llevó a cabo porque todas las variables eran continuas, cumpliendo con el requisito para este tipo de correlaciones.

## Resultados y análisis

Luego de tabular todos los resultados, se hizo una etapa de análisis mediante las pruebas ya mencionadas, para determinar si las hipótesis planteadas terminaban por ser válidas o falsas.

### Niveles de desarrollo de las Funciones Ejecutivas según edad y sexo.

Se hizo un análisis global, vale decir, considerando los resultados postulados por los tres informantes, que tuvo como objetivo validar la hipótesis de que los puntajes variarán según el grupo etario al que correspondiera un segmento de la muestra. De esto se arrojó que no existen diferencias significativas que determinen que hay un incremento temporal del desarrollo de estas funciones, por lo tanto no podríamos apuntar una edad clave en que se presente un peak considerable. Según lo hallado, con un *F* (Varianza estadísticamente significativa entre dos grupos) de 0,528 y un *p* (Probabilidad de que los resultados sean acordes a lo que se intenta demostrar nulo) de 0,664, los puntajes promedio de la atención de cada nivel son: para el Grupo N° 1 (Quinto y Sexto Básico), 103 puntos; para el Grupo N° 2 (Séptimo y Octavo Básico), 105 puntos; para el Grupo N° 3 (Primero y Segundo Medio), 104 puntos; para el Grupo N° 4 (Tercero y Cuarto Medio), 107 puntos. Por su parte, el control inhibitorio, con un *F* de 1,243 y un *p* de 0,297, obtuvo los siguientes puntajes: Grupo N° 1, 103 puntos, Grupo N° 2, 106 puntos, Grupo N° 3, 107 puntos, y Grupo N° 4, 108 puntos. Por otra parte, la memoria de trabajo, con un *F* de 0,484 y un *p* de 0,694, obtiene, para los grupos el puntaje a presentar: Grupo N° 1, 99 puntos, Grupo N° 2, 102 puntos, Grupo N° 3, 100 puntos, y Grupo N° 4, 101 puntos. Los resultados fueron ordenados en la Tabla N° 1, a continuación:

TABLA N° 1	<i>F</i> <sub>3,135</sub>	<i>p</i>	$\bar{x}$ 5°-6°	$\bar{x}$ 7°-8°	$\bar{x}$ I°-II°	$\bar{x}$ III°-IV°
AT	0,528	0,664	103	105	104	107
CI	1,243	0,297	103	106	107	108
MT	0,484	0,694	99	102	100	101

AT= Atención; CI= Control inhibitorio; MT= Memoria de trabajo

Dado el alto *p* obtenido en las tres FE estudiadas, el equipo no es capaz de rechazar la hipótesis nula (que fue planteada como el puntaje de las FE se mantiene o al menos se asemeja entre los grupos etarios), y cabe la probabilidad de que en distintas edades el desarrollo de las FE sea, efectivamente, semejante.

Por otra parte, tampoco se hallaron resultados estadísticamente significativos que demostraran una diferencia de nivel de desarrollo de ninguna de las FE según sexo. Los hallazgos arrojan que, con un *F* de 0,015 y un *p* de 0,901, las mujeres y los hombres obtuvieron un puntaje promedio de 105 puntos respecto a la atención; con un *F* de 0,223 y un *p* de 0,636, en el ámbito del control inhibitorio las mujeres obtuvieron un puntaje ponderado de 107 puntos, mientras que los hombres están un



punto más abajo, en 106; y con un  $F$  de 0,103 y un  $p$  de 0,748, la memoria de trabajo reportada en promedio es de 101 puntos en las mujeres y 100 puntos en los hombres. La Tabla N° 2, inmediatamente posterior a este párrafo, resume la información ya entregada:

TABLA N° 2	$F_{3,135}$	$p$	$\bar{x}$ Mujer	$\bar{x}$ Hombre
AT	0,015	0,901	105	105
CI	0,223	0,636	107	106
MT	0,103	0,748	101	100

AT= Atención; CI= Control inhibitorio; MT= Memoria de trabajo

No es posible para el equipo descartar que exista diferencia entre hombres y mujeres, a pesar de lo reportado por las columnas de promedio mujer y promedio hombre, ya que las tres FE tienen asociado en su ANOVA un valor de  $p$  demasiado alto como para descartar esta posibilidad.

Sí, obviando los altos valores de  $p$  en ambas tablas, se contarán los datos para responder a la primera hipótesis planteada, es decir, las funciones ejecutivas a estudiar tienen un distinto nivel de su desarrollo según la edad y el sexo de los estudiantes evaluados, se diría que no hay diferencias relevantes ni significativas que avalen lo propuesto, por ende el equipo la considera falsa.

### Reportes del profesor jefe

Respecto a la segunda hipótesis, los datos obtenidos de las funciones ejecutivas para cada estudiante, reportada por sus profesores jefe, revelan que estos muestran consistencia interna entre las funciones ejecutivas, es decir, informan que los alumnos tienen un alto o bajo desarrollo de sus FE, de alguna forma más o menos similar. Si bien no era un objetivo revisar intracorrelación de los otros dos informantes, el equipo decidió hacerlo, y no halló correspondencia entre sus respuestas, no obstante, se optó por no ocupar estos datos debido a que no resultaron estadísticamente significativos. Aún así, se hizo un proceso de discusión para intentar explicar lo arrojado por los tests, y se concluyó que la diferencia entre las respuestas de cada informante se podría atribuir al hecho de que en los primeros dos grupos (Quinto y Sexto, Séptimo y Octavo), los padres están mucho más involucrados en la vida escolar de sus hijos, muchas veces ayudándolos a estudiar para sus distintas asignaturas, y de esta manera presenciar las funciones ejecutivas en proceso. Por otro lado, al llegar a enseñanza media, los alumnos se vuelven más autónomos, lo que hace que los padres solo comparten con ellos en un ambiente no académi-

co, donde se convierte más complejo ver estas funciones en ejecución.

Volviendo al profesor jefe y su reporte, y de acuerdo con lo descubierto, la atención, en esta instancia obtuvo un  $F$  de 5,378 y un  $p$  inferior a 0,05, la media de los puntajes para esta FE en cada nivel son: para el Grupo N° 1 (Quinto y Sexto Básico), 96 puntos; para el Grupo N° 2 (Séptimo y Octavo Básico), 108 puntos; para el Grupo N° 3 (Primero y Segundo Medio), 105 puntos; para el Grupo N° 4 (Tercero y Cuarto Medio), 105 puntos. Por otra parte, el control inhibitorio, con un  $F$  de 6,682 y un  $p$  inferior al 0,001, obtuvo la siguiente media de puntajes: Grupo N° 1, 96 puntos, Grupo N° 2, 109 puntos, Grupo N° 3, 110 puntos, y Grupo 4, 105 puntos. Finalmente, la memoria de trabajo, con un  $F$  de 5,343 y un  $p$  inferior a 0,05, obtiene, para los grupos el puntaje a presentar: Grupo N° 1, 93 puntos, Grupo N° 2, 103 puntos, Grupo N° 3, 100 puntos, y Grupo N° 4, 99 puntos. Debido a la significancia del hallazgo, se elaboró una Tabla N° 3 que recapitula todo lo descrito anteriormente:

TABLA N° 3	$F_{3,135}$	$p$	$\bar{x}$ 5°-6°	$\bar{x}$ 7°-8°	$\bar{x}$ I°-II°	$\bar{x}$ III°-IV°
AT	5,378	<0,05	96	108	105	105
CI	6,682	<0,001	96	109	110	105
MT	5,343	<0,05	93	103	100	99

AT= Atención; CI= Control inhibitorio; MT= Memoria de trabajo

Los valores de  $p$  obtenidos en esta instancia aseveran que el análisis realizado, el cual muestra los puntajes obtenidos entre los distintos grupos según percibe el profesor jefe al alumno, tiene una probabilidad muy alta de ser certero; en otras palabras, los resultados de la tabla son estadísticamente significativos. El Grupo N° 1 (Quinto y Sexto Básico) presenta una ponderación significativamente menor de puntajes en las tres FE evaluadas en relación a las obtenidas por el Grupo N° 2 (Séptimo y Octavo Básico). La alta diferencia de puntajes entre estos dos primeros tiene relación directa con el mecanismo de organización de cursos en el establecimiento en donde se rindió el test CEFI. El colegio British Royal School separa a sus estudiantes en tres ciclos distintos, ciclo infant (Playgroup a segundo básico), ciclo junior (Tercero a Sexto Básico) y ciclo senior (Séptimo a Cuarto Medio). La transición de estudiantes del Grupo N° 1 al Grupo N° 2 involucra una serie de compromisos, tales como mayor responsabilidad y organización; considerando que a partir del Grupo N° 2 se deja de tener sala propia y casilleros dentro del aula, y comienzan a tener que desplazarse cada clase a la sala del respectivo profesor de la asignatura y a tener casilleros fuera de estas, con candado, y de responsabilidad propia. Parte de los trabajos previos que podrían



respaldar nuestra investigación son los de Becker *et al.* (1987) y Passler *et al.* (1985) los cuales concluyen que el desarrollo de la inhibición dura por lo menos de los 6 a los 12 años. Otra posible explicación para esto va de acuerdo a la Teoría de Procesos Cognitivos de Piaget, la cual estipula que hasta los 11 años el niño

desarrolla la capacidad de realizar operaciones mentales concretas, y a partir de los 12 años el mismo es capaz de hacer un análisis más profundo o una reflexión, lo que implica un aumento de sus habilidades cognitivas (Piaget, 2015).

## Conclusiones

Esta investigación intentó evaluar de qué forma las funciones ejecutivas se desarrollan durante la etapa escolar. Se evaluaron los resultados de 136 estudiantes de un colegio particular pagado, en base a 3 informantes, el alumno mismo, su profesor jefe y su apoderado, a través de un test de percepción, el cuestionario CEFI, adaptado para medir estas tres FE (atención, control inhibitorio, memoria de trabajo). Como resultado se obtuvieron diversos datos: A modo general no se observan diferencias de desarrollo, aunque no es posible descartar la posibilidad de que existan y hayan existido factores que no pudieron ser controlados que hayan alterado los resultados. Por otro lado, se descubrió que el profesor jefe, como cúmulo informante, guarda correlación entre lo que responde, lo que no se vio en los otros informantes, y que puede ser atribuido al tiempo que este pasa con sus alumnos, y la variedad de alumnos con los que comparte su tiempo. Finalmente, el profesor reporta que existe un peak del desarrollo de las FE estudiadas entre Quinto y Octavo Básico, resultado relacionable a cambios hormonales que ocurren en el adolescente, así como el cambio de ambiente escolar en el que se inserta el alumno a la edad en la cual se observan diferencias mayores, al menos en el establecimiento educacional muestreado.

Entonces en base a todo lo planteado, se puede concluir que en el establecimiento en donde se obtuvo la muestra, el desarrollo de las FE presenta su punto crítico entre quinto y séptimo en adelante, y que un factor de ello es el cambio de ciclo escolar que se vive entre sexto y séptimo.

Como último punto a considerar, es importante mencionar las limitaciones del estudio realizado. En primer lugar, la muestra no es representativa a nivel país, ciudad o comuna, debido a que toda la misma fue extraída de un mismo establecimiento educacional. En segundo lugar, el cuestionario aplicado es de percepción, por lo cual no hay forma de medir objetivamente la parte cognitiva de cada individuo, el equipo debió confiar en cada una de las respuestas otorgadas por cada uno de los informantes. En tercer lugar, el sector socioeconómico que fue escogido para evaluar no es el más numeroso en la región donde se realizó la investigación, otra razón para considerar esta misma como no representativa. Tampoco es posible hablar de un desarrollo visto a lo largo del tiempo, debido a que el equipo no siguió a su muestra por los 8 años que dura el cursar los años de los grupos etarios, sino que se prefirió medir alumnos aleatorios cursando aquellos años, como referentes del grupo etario buscado. No hubo un seguimiento, más bien hubo un análisis en base a distintos individuos con distintas edades. Finalmente, el número de participantes no es tal como para hablar de conductas generalizadas (136 personas no representan de manera adecuada la cantidad de estudiantes de una comuna, región, sector socioeconómico y menos país).

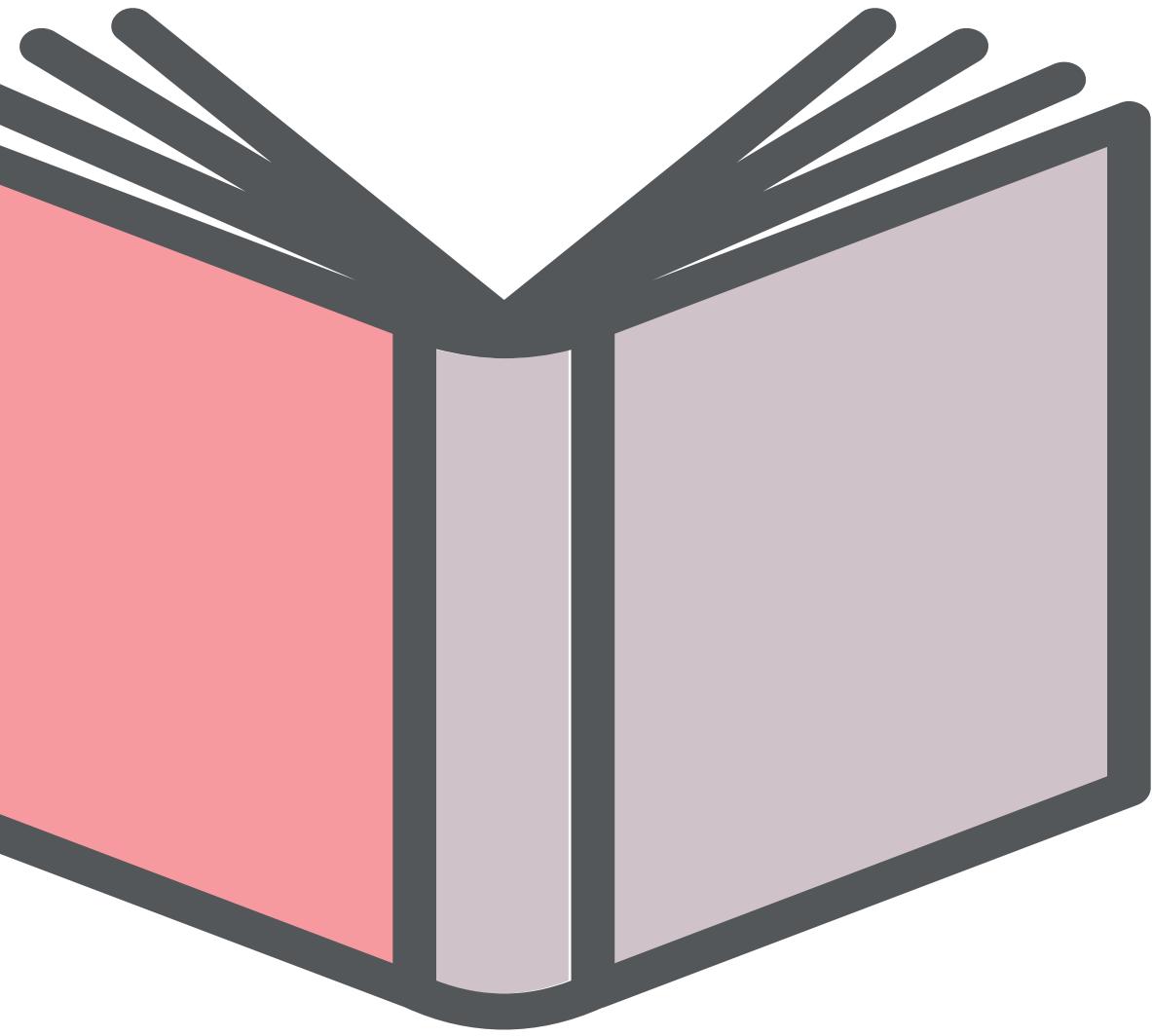
A modo de cierre, se considera logrado el objetivo general, el cual proponía observar el desarrollo de las 3 FE que evaluamos, considerando variables como sexo, edad y distintos informantes. Si bien debido a las limitaciones de este estudio no es posible considerarlo representativo o generalizable, el equipo acuerda que sería interesante una extensión del mismo a distintas comunas, sectores socio-económicos y regiones, para poder evaluar si los resultados aquí presentados corresponden a una muestra más grande y, nuevamente, representativa para así poder obtener datos de Chile de manera general, país que, como fue mencionado anteriormente, casi no tiene información acerca de las funciones ejecutivas y su desarrollo a nivel país.



## Bibliografía

- Arán V. 2011. Funciones ejecutivas en niños escolarizados: Efectos de la edad y del estrato socioeconómico. *Avances en Psicología Latinoamericana* 29: 98-113.
- Becker MG, Isaac W, Hynd GW. 1987. Neuropsychological development of nonverbal behaviors attributed to "frontal lobe" functioning. *Developmental Neuropsychology* 3: 275-298.
- Brocki KC, Bohlin G. 2004. Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology* 26: 571-593.
- Burgess P, Simons J. 2005. Theories of frontal lobe executive function: Clinical applications. En: Halligan PW, Wade DT, ed. *Effectiveness of rehabilitation for cognitive deficits*. Oxford University Press, New York, USA.
- De Giraldo L, Mera R. 2000. Clima social escolar: percepción del estudiante. *Colombia Médica* 31:23-27.
- Diamond A. 2013. Executive Functions. *Annual Review of Psychology* 64: 135-168.
- Espy K, McDiarmid M, Cwik M, Stalets M, Hamby A, Senn T. 2004. The contributions of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology* 26: 465-486.
- Klein R. 2014. American teachers spend more time in the classroom than world peers. *Says report*, Nueva York, USA.
- Miller E, Cohen J. 2001. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience* 24: 167-202.
- Passler MA, Isaac,W, Hynd GW. 1985. Neuropsychological development of behavior attributed to frontal lobe. *Developmental Neuropsychology* 1: 349-370.
- Piaget J. 2015. *The Psychology of the child*. Basic Books, Nueva York, USA.
- Reader M, Harris E, Schuerholz L, Denckla M. 1994. Attention deficit hyperactivity disorder and executive dysfunction. *Developmental Neuropsychology* 10: 493-512.
- Rojas-Barahona CA, Förster CE, Tapia N. 2019. CEFI psychometric analysis: in the Chilean population. Enviada a publicar.
- Rush B. 2001. To know them is to teach them. Carolina del Norte, USA.  
<http://www.learnnc.org/lp/pages/777>
- SIMCE. 2017. Resultados educativos, 2017; Establecimiento: Colegio British Royal School.  
<http://www.simce.cl/ficha2017/?rbd=12087>
- Welsh M, Pennington B, Groisser D. 1991. A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology* 7: 131-149.





# DIVERSIFICANDO ESTRATEGIAS MULTIPLICATIVAS: UNA OPORTUNIDAD PARA INCLUIR Y PROFUNDIZAR LOS APRENDIZAJES\*

## DIVERSIFYING MULTIPLICATIVE STRATEGIES: AN OPPORTUNITY TO INCLUDE AND DEEPEN LEARNING

Jahel Cornejo • Patricia Olivares

Profesora Guía: Alejandra Farfán

Liceo Polivalente Presidente José Manuel Balmaceda, Independencia

Asesora Científica: Pilar Peña

Evaluador: Daniel Ríos

### Resumen

El artículo que se presenta en las siguientes páginas, sistematiza los resultados de una investigación realizada en el Liceo Polivalente Presidente José Manuel Balmaceda, en la comuna de Independencia, durante el año 2018. En ella nos planteamos el objetivo de confeccionar un dossier para el aprendizaje de la multiplicación, que contribuyera a diversificar las estrategias de enseñanza en la clase de matemática, considerando de este modo, los aportes de los y las estudiantes migrantes presentes en nuestra escuela. A partir del diagnóstico de dos necesidades específicas en nuestro contexto educativo pero que, consideramos, pueden ser sintomáticas de una realidad actual de otros espacios, levantamos dos necesidades: a) la de realizar acciones pedagógicas participativas y colaborativas en la clase, en este caso, específicamente de matemáticas, sobre la base del intercambio intercultural de saberes, b) la de reconocer las percepciones y aprehensiones que tienen las y los estudiantes migrantes al momento de aprender a multiplicar en Chile, para de este modo, visibilizar formas tácitas de discriminación o expulsión simbólica en el desarrollo de la clase. Para ello se utilizaron técnicas de recolección de datos cualitativas, a través de entrevistas semi-estructuradas con 49 estudiantes de 10 nacionalidades distintas, todos y todas ellas con menos de 1 año de residencia en Chile.

**Palabras claves:** Estrategias; Diversificar; Intercultural; Migrante; Discriminación.

### Abstract

This article systematizes the results of an investigation carried out in the Polyvalent High School President José Manuel Balmaceda, in the commune of Independencia, during 2018. We aimed to prepare a dossier to learn multiplication contributing to diversifying teaching strategies in the mathematics class considering the contributions of the migrant students who attend school. Starting from the diagnosis of two specific needs in our educational context but which can be symptomatic of a current reality of other spaces, we raise two needs: a) to carry out participatory and collaborative pedagogical actions in the classroom, specifically mathematics, based on the intercultural exchange of knowledge, and, b) to recognize the perceptions and apprehensions that migrant students have when they learn multiplication in Chile. In this way, it was intended to visualize discrimination or symbolic expulsion in the class's development. For this purpose, we used qualitative data collection techniques through semi-structured interviews with 49 students of 10 different nationalities, all of them with less than 1 year of a residence in Chile.

**Keywords:** Strategies; Diversification; Intercultural; Migrant; Discrimination.

El Proyecto participó en:

- \* XIII Congreso Regional Escolar de la Ciencia y la Tecnología Región Metropolitana Norte, 24 y 25 de octubre de 2018. Premio a la Creatividad, innovación e impacto.
  - \* Tercera Expociencias Nacional, realizada en Santiago de Chile, 17, 18 y 19 Octubre de 2018. 1<sup>er</sup> lugar.
- El Proyecto participará en:
- \* Expociencias Internacional ESI 2019, 22 al 28 de septiembre de 2019. Abu Dhabi, Emiratos Árabes.



# Introducción

La urgencia por la descolonización de los saberes y la incorporación de lo que Boaventura de Sousa ha denominado las epistemologías del sur (Santos, 2016) en el repertorio de conocimientos y discursos hegemónicos, ha sido sin lugar a dudas, un campo en disputa también para la educación, la didáctica y el currículum. Es en ese sentido que, tras la celebración del Quinto Congreso Internacional de Educación Matemática (ICME5) en 1984, el cuestionamiento hacia las formas de conocer y construir el conocimiento matemático a través de la etnomatemática, comenzó a cobrar fuerza en el relevo de aquellos grupos y sociedades no consideradas dentro de la hegemonía eurocentrica (Peña-Rincón, 2015).

Sin embargo, una observación rápida a la realidad de las escuelas chilenas nos muestra que, tanto en el currículum explícito como el currículum oculto (Jackson, 2001) aquellos grupos y sociedades que, en el caso de la enseñanza de la matemática, la etnomatemática pretendía hacer emerger, continúan siendo marginados y sus saberes invisibilizados. En ese sentido, el Ministerio de Educación se ha pronunciado, procurando establecer lineamientos para la inclusión de niñas, niños y adolescentes diversos, considerando en dicha diversidad una oportunidad para aprender y construir conocimiento situado a partir de la diferencia.

Así, consideramos que la imposición de un tipo de algoritmo de la multiplicación en la clase de matemática, no contribuye al respeto y la valoración por la diversidad, ni mucho menos, colabora en la construcción de saberes no hegemónicos que disputen la colonialidad del saber matemático (Lander, 2009), sino, por el contrario,

con ello se ve afectado el rendimiento general de los estudiantes migrantes, debido a que no se validan sus saberes de origen; y también se afectan las posibilidades de aprendizaje de toda la clase debido a que no se están considerando distintas formas de aprender a multiplicar y las profundización del aprendizaje a partir del contraste de dichos algoritmos.

De este modo, la investigación que presentamos se estructura de la siguiente manera:

## Hipótesis

La imposición de resolver ejercicios matemáticos, específicamente el algoritmo de la multiplicación, de una manera en particular, dificulta el aprendizaje de niños, niñas y adolescentes migrantes y margina, simbólicamente sus experiencias y saberes previos.

## Pregunta de investigación

¿Qué estrategias multiplicativas que forman parte de los conocimientos de los y las estudiantes del liceo José Manuel Balmaceda permiten diversificar las estrategias de enseñanza en el aula de matemáticas?

## Objetivo General

Sistematizar las diversas estrategias de resolución del algoritmo de la multiplicación utilizados por jóvenes migrantes en un contexto educativo particular, a saber, el Liceo Polivalente Presidente José Manuel Balmaceda.



## Objetivos Específicos

1. Reconocer las percepciones que tienen las y los estudiantes migrantes del liceo, sobre el algoritmo de la multiplicación.
2. Identificar los distintos algoritmos multiplicativos presentes en las experiencias y saberes de los y las estudiantes migrantes de dicho establecimiento.
3. Construir colectivamente un dossier con diversas estrategias multiplicativas que permitan diversificar las didácticas de matemáticas en el aula.

## Metodología

La investigación realizada es de carácter cualitativo, donde la recolección de información se realizó a través de entrevistas semi-estructuradas de respuesta abierta y 5 focus-group. En las primeras, se buscó extraer información en torno a las percepciones y representaciones que tenían las y los estudiantes migrantes sobre la forma de enseñanza de la matemática en Chile. En el caso de los focus-group, se pretendía indagar sobre las diferencias o similitudes existentes entre las formas de multiplicación; dichas instancias se organizaron en 5 grupos de 10 estudiantes con un criterio de máxima variabilidad.

El tipo de estudio realizado es de carácter exploratorio en relación al establecimiento y descriptivo en función del problema. Es exploratorio porque a nivel institucional es la primera vez que se realiza una investigación de este tipo con el fin de determinar desde los actores sociales implicados, las condicionantes que afectan en la falta de diversificación de estrategia para la enseñanza de algoritmos en cursos multiculturales. Es a la vez descriptivo, porque no solo describe el estado del arte del problema, sino que también busca determinar las causas que afectan a la situación; donde se denomina también las condiciones sociales, culturales, y lingüísticas (Schroeder, 2005).

Como dijimos anteriormente, la muestra de estudiantes con los que trabajamos se realizó a partir del criterio de máxima variabilidad con niñas, niños y adolescentes de Cuarto básico a Tercero Medio. El porcentaje que representan dichas nacionalidades en la muestra, es proporcional a la configuración cultural del Liceo, donde desde el año 2018 las primeras mayorías las representan las y los jóvenes venezolanos y colombianos.

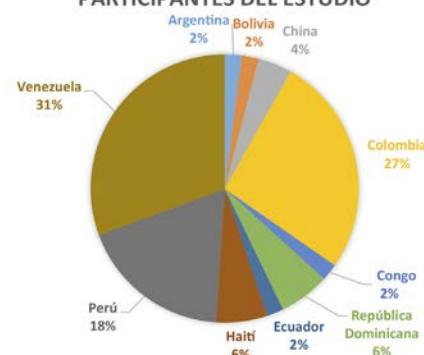


Focus-group 1, junio de 2018.

La muestra fue como sigue en el siguiente cuadro:

Argentina	1
Bolivia	1
China	2
Colombia	13
Congo	1
República Dominicana	3
Ecuador	1
Haití	3
Perú	9
Venezuela	15

NACIONALIDADES DE LOS JÓVENES PARTICIPANTES DEL ESTUDIO



De acuerdo a los cursos en los que se encontraban dichos estudiantes, la muestra es como sigue:

4to básico	China	1
5to básico	Venezuela	2
	Colombia	1
6to básico	Colombia	1
	Argentina	1
	Venezuela	1
7mo básico	Perú	1
	Colombia	3
	Congo	1
	Haití	1
	Perú	3
	Venezuela	4
8vo básico	Bolivia	1
	China	1
	Colombia	4
	República Dominicana	2
	Perú	3
	Venezuela	1
I Medio	Haití	1
	República Dominicana	1
	Venezuela	1
	Ecuador	1
	Colombia	2
	Perú	1
II Medio	Venezuela	3
	Haití	1
	Colombia	1
	Perú	1
III Medio	Venezuela	3
	Colombia	1

## Marco Teórico

Para efectos de esta investigación, hemos intentado situar las reflexiones sobre las didácticas específicas de la matemática de un contexto particular, en un marco analítico mayor dado por los planteos provenientes del campo de la epistemología y las Ciencias Sociales,

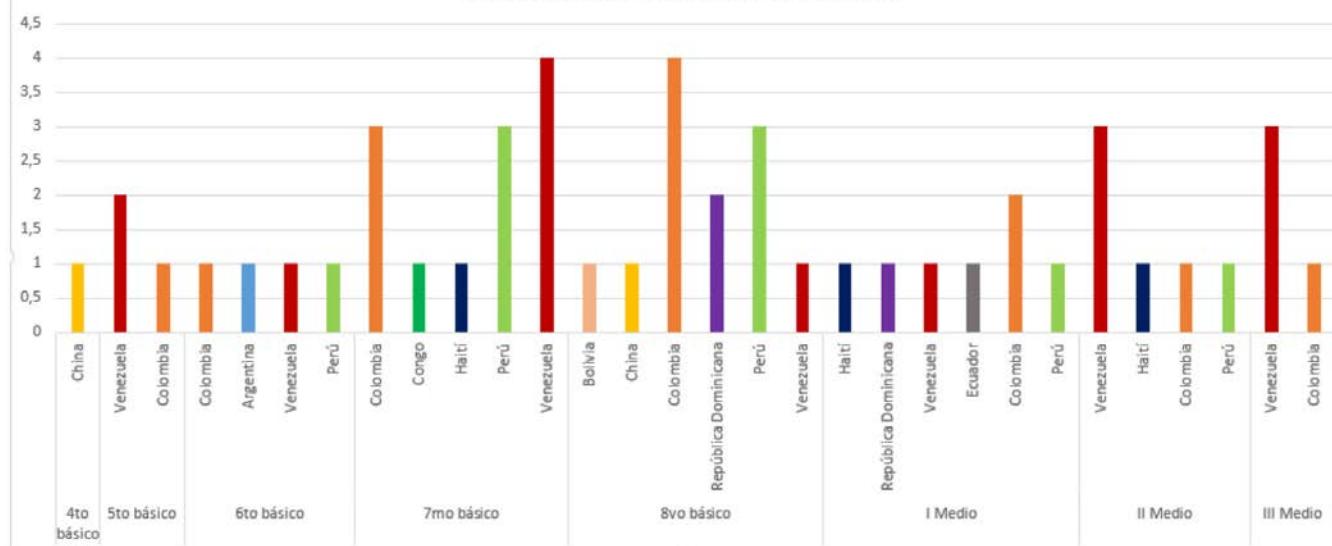
fundamentalmente aquellas aportaciones que dicen relación con el cuestionamiento a la relación de dependencia cognoscitiva que hemos establecido, en tanto sur, con los nortes epistémicos. Lo que Pierre Bourdieu denominaría los “racismos de la inteligencia”, donde el “classment” escolar vendría a naturalizar las diferencias de clase entre jóvenes, transmutándolas en diferencias de “inteligencias”.

Así, entonces, siguiendo los planteos de Bourdieu, la reproducción de dichas diferencias a través de los métodos escolares o, más precisamente en este caso, perpetuando la enseñanza de sólo un algoritmo de la multiplicación, legitimaría las diferencias de clase derivadas de la condición migrante y además, a partir de la no diversificación de estrategias de enseñanza-aprendizaje, excluiría a aquellos/as estudiantes que sin ser migrantes, podrían aprender de mejor manera a partir de otros métodos.

De esta manera, consideramos que la práctica educativa de la imposición de un algoritmo de la multiplicación, forma parte del modelo de reproducción cultural, analizado por Bourdieu, que se inscribe en una lógica eurocétrica de la didáctica de la matemática. Empero, la realidad contextual nos obliga a revisitar estas prácticas, donde por ejemplo, Alexis Ramírez en el seminario “Migrantes, mi escuela, mi mundo” (2016) plantea que:

“Hoy nuestros alumnos y alumnas nos hablan en idiomas lejanos, multiplican y dividen con operaciones distintas, usan trenzas de colores y nos completan con sus vivencias la rica historia de América Latina, entregándonos un aporte cultural que aún no estamos en condiciones de dimensionar”.

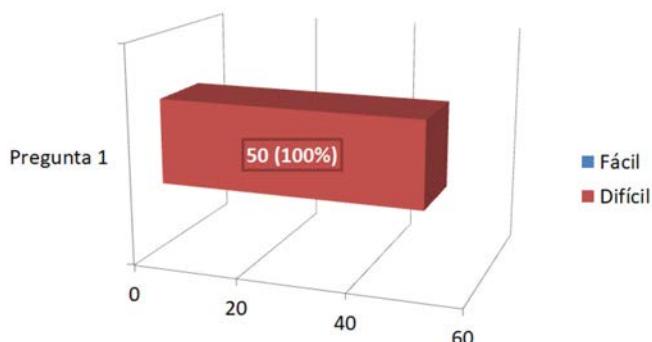
Participantes por curso y por nacionalidad



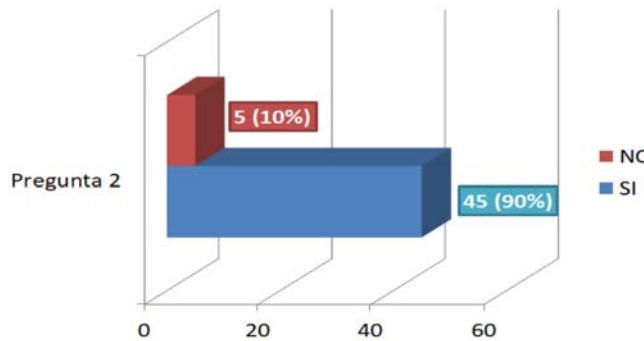
La literatura señala que en nuestras escuelas debemos acoger a los estudiantes migrantes y también realizar las adaptaciones curriculares pertinentes, por lo tanto, la diversificación de estrategias en la enseñanza de algoritmos matemáticos debemos considerarla como instancias de valoración de las contribuciones de los estudiantes migrantes, y como alternativas de acciones pedagógicas que favorecen a toda la clase. Lo anterior “no sólo abarca el acceso a la enseñanza, sino además la obligación de eliminar la discriminación en todos los planos del sistema educativo, establecer unas normas mínimas y mejorar la calidad” (UNICEF-UNESCO, 2008). De manera que todos los estudiantes de nuestro país tienen derecho a una educación de calidad e inclusiva. Por esta razón “en nuestras escuelas no debe importar cómo llegaron los padres de los niños y niñas migrantes a Chile, ni tampoco su estatus legal ya que todos tienen derecho a la educación” (Ramirez, 2016).

## Resultados y discusión

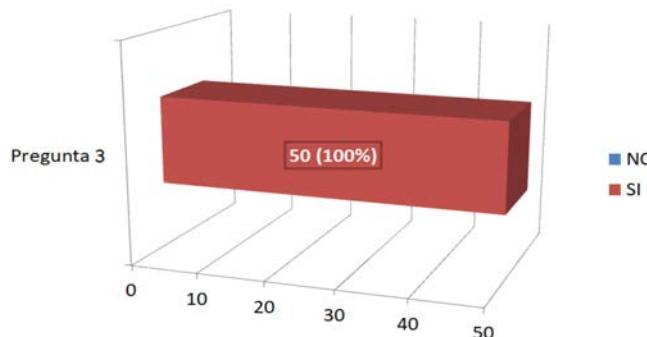
Objetivo específico 1: Reconocer las percepciones que tienen las y los estudiantes migrantes del liceo, sobre el algoritmo de la multiplicación. De los estudiantes entrevistados el 100% estima que ha sido muy difícil aprender matemática en Chile y particularmente la enseñanza del algoritmo de la multiplicación, lo que incide directamente en la motivación y participación en clases de la asignatura.



El 100% de los estudiantes migrantes declara que el acento y vocabulario que emplean sus profesores les dificulta la comprensión de las explicaciones sobre el algoritmo de la multiplicación. Algunos destacan el uso del vocabulario a trabajar en el desarrollo de la clase, que se forma a partir de las colaboraciones de todos los estudiantes y se encuentra presente durante el desarrollo de toda la clase.

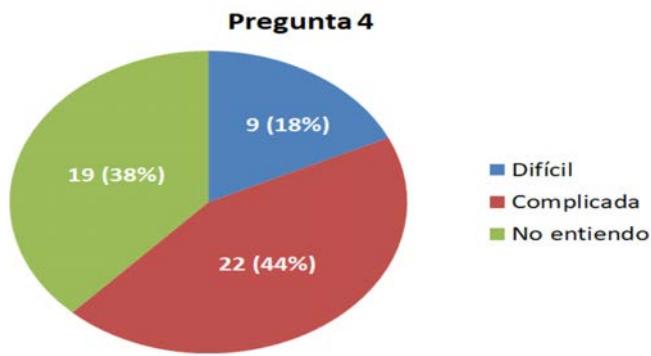


El 100% de los estudiantes indica que sus profesores les permiten multiplicar de la forma en que les enseñaron en su país de origen, pero que al momento de realizar la corrección esta se hace de la forma única que se realiza en Chile por lo tanto les resulta difícil seguir la corrección de cada ejercicio debido a que no existe la posibilidad que la profesora resuelva y corrija los ejercicios de la forma en que ellos multiplican.



Frente a la pregunta sobre como consideran la forma de multiplicar en Chile, el 100% la considera muy complicada, que realizan demasiados cálculos y que preferirían que se utilizaran diversos tipos de algoritmo para que así todos los estudiantes independiente de su origen y dificultades pudieran tener un amplio abanico de posibilidades donde cada uno pueda elegir que método le resulta más fácil a la hora de multiplicar. Estas respuestas apuntan directamente a que nuestra metodología debe reformularse y desarrollar prácticas pedagógicas que permitan compartir conocimientos y realizar experiencias interculturales.





Objetivo Específico 2: Identificar cuáles son los distintos algoritmos multiplicativos presentes en el Liceo Presidente José Manuel Balmaceda.

El 100% de los y las estudiantes entrevistados logra explicar el desarrollo del algoritmo de la multiplicación enseñado en su país natal, donde entre otros aspectos, logran asociar la ubicación de los dígitos, el valor de ellos según su posición y el uso de la reagrupación (que nosotros conocemos como reserva), a través de tres formas distintas de desarrollar la multiplicación tales como el algoritmo vertical usado por estudiantes de Colombia, Venezuela y Bolivia, el algoritmo en celosía usado por estudiantes que vienen de Haití, y el algoritmo de barras de bambú utilizado por estudiantes procedentes de China.

Objetivo Específico 3: Construir colectivamente un dossier con diversas estrategias multiplicativas que

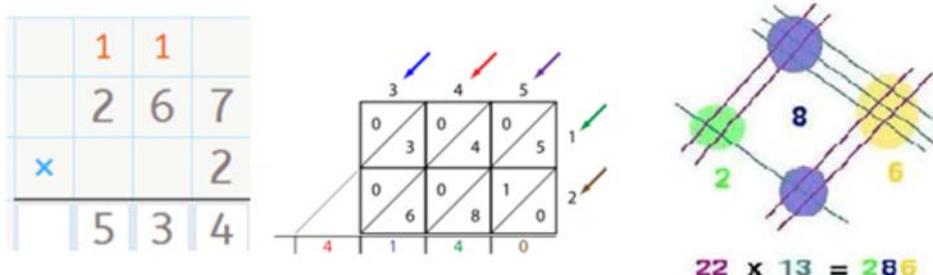
permitan diversificar las didácticas de matemática en el aula.

La principal ventaja de utilizar diferentes tipos de algoritmos es que, a todos y todas las estudiantes de la clase, se les brindan diferentes oportunidades y formas de acceder al conocimiento y al desarrollo de habilidades tomando como referencia las formas de aprender, intereses, saberes, estilos y ritmos de aprendizaje de cada estudiante.

Por otra parte cada uno de estos algoritmos permite:

- tener presente los distintos niveles de agrupación de las cantidades (en grupos de a 10, 100 , mil o más elementos).
- hacer visibles los procesos de reagrupación que en nuestro algoritmo conocemos como reserva.
- darle sentido a los procesos de reagrupación.

En relación con las desventajas, la imposición de un único algoritmo abreviado (en el que no es visible la descomposición que está implícita en la acción de multiplicar siguiendo el orden posicional de los factores ni la reagrupación de cantidades), dificulta la construcción de aprendizajes significativos al no existir la necesaria vinculación entre los conocimientos previos y los nuevos que se deben adquirir. Esto es más patente aún en el caso de estudiantes migrantes que conocen otras maneras de multiplicar en las que sí comprenden el sentido de cada paso del algoritmo.



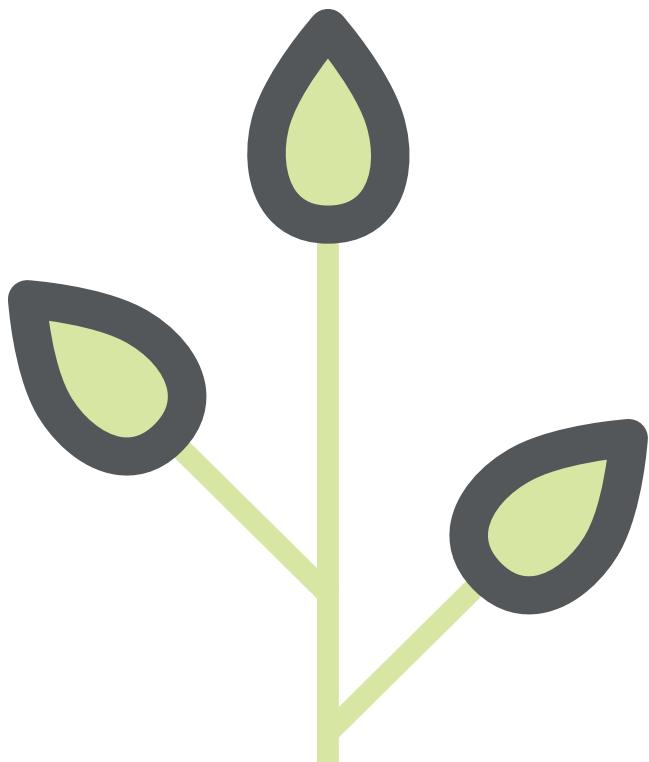
## Conclusión y Proyección

La imposición de un tipo de algoritmo de la multiplicación no favorece el aprendizaje de las y los estudiantes de la clase de matemática y excluye los saberes de origen de las y los estudiantes migrantes que conocen otras maneras de multiplicar. Si bien en muchos casos, a los estudiantes extranjeros se les permite utilizar sus propios algoritmos a la hora de hacer cálculos en clases, no se les permite utilizarlos en las evaluaciones. Esta es una situación de exclusión de saberes de origen. La situación de exclusión se profundiza, pues los estudiantes extranjeros tienen dificultades para comprender el algoritmo abreviado de uso común en Chile, producto del choque cultural y pedagógico al que se ven enfrentados cada día, que involucra entre otros aspectos, dificultades con el vocabulario, acento, estrategias y enfoques metodológicos. Para disminuir las barreras de entrada, por tanto sería óptimo trabajar con los docentes, en relación con la valoración de los saberes de origen de sus estudiantes para la enseñanza de la multiplicación y el uso de distintos algoritmos y formas de representación (que incluyan el uso de materiales concretos). Pensamos que es imperioso diversificar algunas prácticas educativas en la clase de matemática, incentivando y valorando los conocimientos que pueden poner en juego las y los estudiantes migrantes para poder profundizar el aprendizaje matemático de todas y todos mediante el contraste de los distintos algoritmos de la multiplicación. Para que todos y todas las estudiantes de una clase tengan suficientes oportunidades de aprender matemática, independiente del tema a enseñar, se requiere gestionar un cambio de paradigma sobre las maneras de hacer matemática y de enseñarla, que considere la diversificación de representaciones, estrategias y algoritmos según las características de cada cultura y/o de cada estudiante. De este modo, junto con brindar la oportunidad de aprendizaje a toda la clase, se valora el aporte de cada uno de los actores de ella, sin que se produzcan las situaciones de exclusión que hemos constatado en este estudio. Otro factor que no favorece el aprendizaje inclusivo en matemática es la falta de disponibilidad de tiempo de las y los docentes para la atención individual de cada estudiante. Pensamos que por este motivo pueden optar por pedir que trabajen a su manera sin generar actividades que motiven el aprendizaje desde otras miradas y metodologías que ayuden a lograr que todas y todos aprendan. Este aspecto podría ser el foco de un nuevo estudio que indague las percepciones de los docentes sobre las dificultades para la inclusión de estrategias diversas en la clase de matemática.

## Bibliografía

- Jackson PW. 2001. La vida en las aulas. Ed. Paideia, La Coruña, España.
- Lander E, Dussell E, Mignolo W, Coronil F, Castro-Gómez S, Moreno A, López SF. 2009. La colonialidad del saber. Ed. El Perro y la rana, Caracas, Venezuela.
- Peña-Rincón P. 2015. Descolonizar los saberes: un gran desafío para la etnomatemática. Revista Latinoamericana de Etnomatemática 8: 4-9.
- Ramirez A. 2016. Superintendencia de Educación lanza estudio sobre migrantes, mi escuela, mi mundo. <https://www.supereduc.cl/prensa/superintendencia-de-educacion-lanza-estudio-sobre-migrantes-mi-escuela-mi-mundo/>
- Santos B. 2016. Epistemologías del sur: Perspectivas. Ed. Akal, Madrid, España.
- Schroeder J. 2005. Más allá de los platos típicos: el proyecto matemática intercultural en el Perú. Cuadernos Interculturales 3: 51-63.
- UNICEF-UNESCO. 2008. Un enfoque de la educación para todos basado en los derechos humanos. Nueva York, USA.





**CIENCIAS NATURALES**

**32**

# LA ELECTROOXIDACIÓN COMO MÉTODO EFECTIVO DE REMOCIÓN DE AMONIO EN LAS AGUAS DE LAGOS EUTROFIZADOS

ELECTRO-OXIDATION AS AN EFFECTIVE METHOD OF AMMONIUM REMOVAL IN THE WATERS OF EUTROPHIC LAKES

Leandro Arcos • Gerald Ávila  
 Profesora Guía: María Magdalena Loyola  
 Instituto Nacional, Santiago  
 Asesora Científica: María Soledad Ureta  
 Evaluador: Ricardo Salazar

## Resumen

Las problemáticas ambientales tales como la eutrofización se han visto en aumento en el último tiempo, ésta, se ha podido observar en depósitos acuíferos chilenos (Laguna Carén, Vichuquén, etc.). Es crucial la investigación de métodos para el saneamiento de las aguas contaminadas en estas localidades, puesto que su calidad tiene una incidencia directa en la calidad de vida de las poblaciones cercanas a los depósitos acuíferos. Diversos métodos se han propuesto para la solución de esta problemática, y en esa línea la presente investigación estudió la posibilidad de que la electrooxidación pueda constituir un método efectivo para la remoción de amonio en muestras contaminadas, esto debido a la importancia de este ion en el fenómeno de la eutrofización. Los procesos experimentales llevados a cabo demuestran la efectividad del método en condiciones ideales ya que se observó una remoción efectiva del amonio, sin embargo, presentó algunos inconvenientes en la remoción del mismo ion en la muestra obtenida del lago Vichuquén, lo que sugiere seguir profundizando los estudios.

**Palabras claves:** Electrooxidación; Electrolisis; Amonio; Eutrofización.

## Abstract

Environmental problems such as eutrophication have been increasing recently, as has been observed in Chilean aquifer deposits (e.g. Laguna Carén, Vichuquén). The investigation of methods for the sanitation of contaminated water in these localities is key, since its quality has a direct impact on the quality of life of the populations close to the aquifer deposits. Several methods have been proposed to solve this problem, and in this focus the present investigation studied the possibility that electro-oxidation could be an effective method for the removal of ammonium in contaminated samples, due to the importance of this ion in the phenomenon of eutrophication. The experimental processes used in this study show the effectiveness of the method under ideal conditions, since ammonium was removed. However, the method has some drawbacks in the elimination of ions in the sample obtained from Lake Vichuquén, which suggests carrying out more in-depth studies.

**Keywords:** Electrooxidation; Electrolysis; Ammonium; Eutrophication.



# Introducción

El trabajo descrito a continuación tiene como fin comprobar la eficacia de la remoción del amonio por vía electroquímica en las condiciones de un lago eutrofizado: cierto porcentaje de materia orgánica, pH, presencia de otros compuestos, etc.

Bajo esta premisa, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Es un método efectivo la remoción de ion amonio por vía electroquímica al realizarse en las condiciones de un lago?

Es entonces donde se plantea la hipótesis: la electrooxidación constituye un método capaz de degradar las concentraciones de ion amonio en las aguas de un lago eutrofizado.

La principal motivación del equipo investigativo es entregar un aporte a la innovación en las tecnologías medioambientales, fomentando el cuidado de los ecosistemas de los lagos, ríos, etc., además de colaborar al mejoramiento de la calidad de vida a las personas que habiten cerca y se vean como consumidores de dichas aguas.

El origen de la idea proviene de la búsqueda de aplicaciones de la electroquímica, siendo una de ellas la electrooxidación del amonio. La investigación fue llevada a cabo con el apoyo de la Dra. María Soledad Ureta Zañartu y la profesora María Magdalena Loyola Penchulef en el Laboratorio de Electrocatalisis de la Universidad de Santiago de Chile en la Facultad de Química y Biología.

## Objetivo General

Degradar el ion amonio por medio de la electrooxidación.

## Objetivos Específicos

1. Determinar y remover amonio en muestras experimentales por electrooxidación en condiciones de laboratorio.
2. Determinar las concentraciones de amonio por espectrofotometría.
3. Determinar la eficiencia de la remoción del amonio en muestras tomadas desde el lago Vichuquén, región del Maule, Chile.

## Estado de Arte

### I) Eutrofización en lagos chilenos.

#### Absorbancia mediante MTT:

La eutrofización describe el proceso de sobresaturación de recursos para alimentar un ecosistema acuático, lo que implica que no puedan ser eliminados de forma natural. Las consecuencias que trae este fenómeno es un aumento en la actividad bacteriana además de un alza considerable del fitoplancton y algas verdeazuladas. Esto provoca que la fauna marina empiece a decaer y morir debido al descenso considerable del oxígeno



en el agua (ahora consumido por los nuevos organismos presentes). Concretamente, una de las características de la presencia de eutrofización es el cambio de color de lagos y ríos en Chile; existiendo como ejemplos depósitos acuíferos tales como la Laguna Aculeo, Carrén y Vichuquén, volviéndose una problemática en cuanto a áreas de conservación de la fauna marina y medioambiente; además del turismo.



Figura N° 1. Laguna Aculeo, describe gráficamente la problemática de la eutrofización y cómo afecta a la fauna local. (García, 2017)

La principal causa de esto proviene de la actividad industrial excesiva, además de la rápida urbanización y falta de tratamiento de aguas servidas, es pertinente hacer la observación de que una mejor distribución de los recursos hídricos puede contribuir a suavizar este problema.

Sin embargo, el alcance de la eutrofización no solo se limita a causar estragos en el ecosistema marino, sino que también acarrea problemas para la población local. Según exponen Caro y Céspedes, (2004): “Un efecto importante de la contaminación biológica es el peligro que ésta implica para la salud ya que en las aguas ricas en materia orgánica de origen doméstico proliferan organismos que causan enfermedades tales como alergias, diarrea, tifus, hepatitis.”

## II) Vichuquén como modelo de estudio.

Se ha decidido como grupo investigativo centrarnos en el Lago Vichuquén, puesto que es un cercano ejemplo de la eutrofización, además de presentar zonas de cultivo.

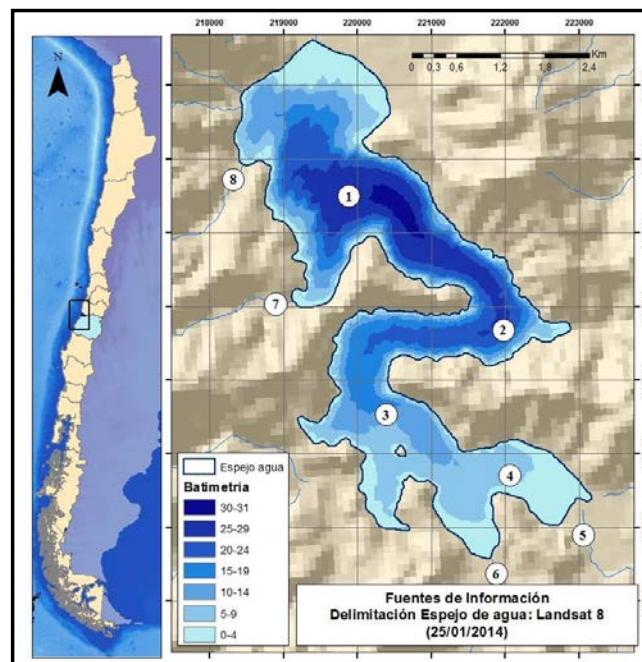


Figura N° 2. Vichuquén, distribución geográfica. (Padrero et al., 2016)

Pedreros et al. (2016) confirman la información presentada, puesto que señalan que el Lago Vichuquén se encuentra en un estado eutrófico-hipertrófico<sup>1</sup>, además de que presenta una alta predominancia de cianobacterias verdeazuladas. El mismo artículo sugiere como una medida auxiliar, un tratamiento de oxidación química en conjunto con procedimiento de biorremediación<sup>2</sup>.

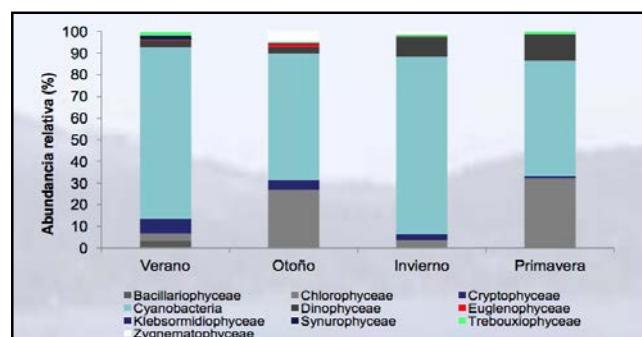


Gráfico N° 1. Distribución de fitoplancton en el lago Vichuquén, alta abundancia relativa de las Cianobacterias. (Pedreros et al., 2016).

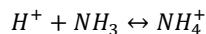
<sup>1</sup> Referente al índice de Carlson. Mide la cantidad de clorofila (y con esto, también estaría midiendo indirectamente la transparencia del agua), fósforo, nitrógeno y oxígeno presente en el agua. Se desprende de esto que un estado hipertrófico tiene aguas muy turbias, con cantidades anormalmente altas de fósforo y nitrógeno, pero bajísimas cantidades de oxígeno debido a la alta descontrolada de algas verdeazuladas que lo consumen.

<sup>2</sup> Procesos que emplean hongos, plantas y/o enzimas para devolver un medio ambiente de un estado alterado a su condición natural.



### III) Ion amonio.

Es un derivado del amoniaco, proveniente de la adición de un protón hidrógeno, según esta ecuación, al disociarse en un medio acuoso:



Reacción 1: Formación del ion amonio por medio del amoníaco por la adición de un protón hidrógeno

La relevancia que toma el ion amonio en este contexto llega a ser su participación en el ciclo de nitrógeno, siendo parte de la ruta metabólica de determinadas bacterias que lo transforman en nitrato para que las plantas puedan usarlo como nutriente para la síntesis de aminoácidos.

Por ende, si se quiere preservar un ambiente en condiciones óptimas, es necesario realizar mediciones periódicas, y estar atento a las medidas que nos permitan mantener el equilibrio de este compuesto.

### IV) Fundamentos de la oxidación electroquímica.

Uno de los métodos usados en el tratamiento de aguas residuales es la electrooxidación. En este método se suministra electricidad para producir una reacción química con el objetivo de transformar un contaminante en una sustancia no nociva. Dentro de una celda ocurre una reacción redox: una especie se oxida (cede electrones), mientras que la otra especie se reduce (obtiene electrones).

Dentro de la celda, el electrodo en el que ocurre la reducción se llama cátodo; mientras que el electrodo en el que ocurre la oxidación se llama ánodo (Baeza y García, 2011).

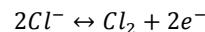
### V) Material de los electrodos.

Se cree necesario elegir adecuadamente los materiales de los electrodos con el fin de evitar a toda costa que dentro de la celda ocurra la oxidación del agua, proceso que consumiría parte de la energía suministrada. Como expone Montilla *et al.* (2014): "Los electrodos de diamante dopados con boro han surgido como un nuevo material anódico debido a sus propiedades como estabilidad física, química y electroquímica. Estas características hacen a estos electrodos especialmente interesantes para el tratamiento electroquímico de aguas residuales, debido sobre todo a su elevado sobrepotencial para la reacción de formación de óxigeno".

Por lo que un ánodo de diamante dopado en boro resulta ser excelente en esta tarea, con una gran vida útil y estabilidad, siendo su único aspecto negativo el alto costo del material, que traería problemas al considerar una aplicación a gran escala. Esto siendo demostrado por experimentos como el llevado a cabo por Cabeza *et al.* (2007) que señalaron: "A boron doped diamond electrode was employed. Experimental results show an excellent ammonium removal efficiency".

### VI) Electrooxidación del amonio.

La degradación del amonio ocurre principalmente debido a la oxidación indirecta. El contaminante es eliminado en el interior de la celda gracias a la acción de fuertes oxidantes generados por las reacciones electroquímicas. En presencia de cloruro, se genera cloro en la superficie del ánodo. (Cabeza *et al.*, 2007)



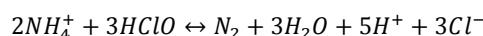
Reacción 2: Oxidación del cloruro a cloro gas en el ánodo

Este cloro gas inmediatamente reacciona con el agua para formar ácido hipocloroso ( $HClO$ ) e ion hipoclorito ( $ClO$ ). La concentración de estos dos compuestos es dependiente del pH, esto es, a medida que cambia el pH cambia la concentración de ambas especies haciendo a una de los dos más predominante. Al pH natural del agua la especie predominante que se forma es ácido hipocloroso (Cid Amor, 2014).



Reacción 3: Formación de ácido hipocloroso

Finalmente, el ácido hipocloroso reacciona con el amonio en una reacción de oxidación, formando nitrógeno gaseoso.



Reacción 4: Formación de nitrógeno gas a partir de ion amonio

### VII) Concentración de cloruros.

Cuanto mayor sea la concentración de esta especie mayor será la velocidad de eliminación de nitrógeno debido a la mayor formación de cloro molecular y por consiguiente mayor formación de ácido hipocloroso e ion hipoclorito, responsables de la reacción del nitrógeno amoniacial a nitrógeno gas. (Cid Amor, 2014)



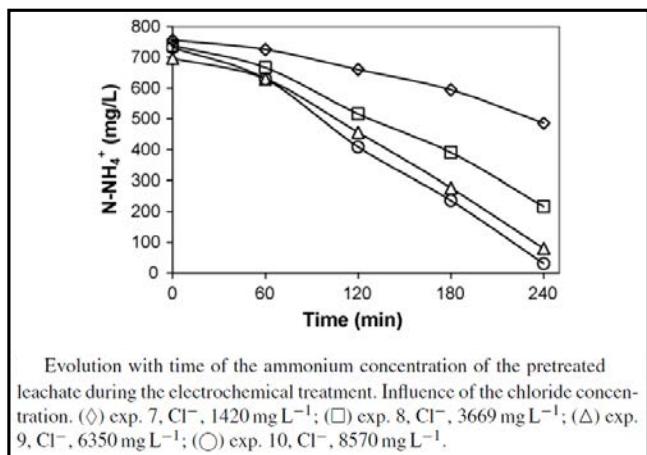


Gráfico N° 2. Influencia de la concentración de cloruros en la remoción de amonio en un periodo de tiempo (Cabeza *et al.*, 2007)

Por todo esto, se puede determinar que la concentración de cloruro óptima para poder eliminar la mayor cantidad de amonio en el menor tiempo posible es de 8570 mg/L.

#### VIII) Reactivo de Nessler.

Determinar la concentración de amonio en diferentes muestras es necesario para saber si se produjo una remoción efectiva del ion amonio en una celda electro-lítica. El método espectrofotométrico se fundamenta en la medición de la absorbancia en muestras después de agregar el reactivo de Nessler que forma un complejo de color amarillo en presencia de amonio.

Como lo señalan Paneque *et al.* (2010) "El método de Nessler es muy empleado para determinar N por colorimetría en soluciones que tienen bajo contenido y siempre que las diluciones que sean necesarias hacer permitan obtener resultados confiables".

El reactivo a utilizar (HI-93715-01) consta de dos soluciones, una solución A de hidróxido de sodio NaOH y una solución B de tetryodomercuriato (II) de potasio K<sub>2</sub>[HgI<sub>4</sub>]. Según Paneque *et al.* (2010), el amoniaco y amonio, en condiciones alcalinas, reaccionan con el K<sub>2</sub>[HgI<sub>4</sub>] formando un complejo de color amarillo.

## Metodología.

### Materiales y equipos utilizados:

1. Espectrofotómetro Avantes.
2. Reactivo de Nessler (HI-93715-01 Rango medio, 0 mg/L - 9,99 mg/L).
3. Equipo de electrólisis.
4. Papel pH.
5. Electrodo (ánodo) de Diamante dopado con Boro (BDD)
6. Electrodo (cátodo) de Titanio.
7. Medio de cultivo bacteriano CHROMagar.
8. Equipo para realizar tinción gram (colorantes Cristal Violeta, Lugol, Fucsina y Safranina)
9. Microscopio óptico.
10. Aceite de inmersión.

Se elaboró una curva de calibración de soluciones patrón con concentraciones de amonio conocidas (0,5 - 1,2 - 1,5 - 2,4 - 2,5 - 3,6 - 4,2 - 4,8 - 5 mg/L) luego, por medio de un espectrofotómetro, se midió su tasa de absorción a una longitud de onda estable de 430 nm (donde la absorbancia no supere el valor de 1).

El procedimiento utilizado para medir la absorbancia consiste en agregar 10 µL de cada reactivo a 2 ml de solución a estudiar.

Luego de generar la curva de calibración, se procedió a realizar una electrólisis bajo las condiciones expuestas en el marco teórico:

- Ánodo de BDD (diamante dopado en boro) y cátodo de titanio.
- pH ácido (entre 2 y 3).
- Concentración de cloruro 8750 mg/L.

Se extrajeron muestras cada 30 minutos para luego analizarlas y generar un gráfico de concentración de amonio en función del tiempo.

Se recolectaron muestras del lago Vichuquén siguiendo los protocolos de toma de muestras, las que pasaron por un filtrado para eliminar la mayor cantidad de materia orgánica posible y luego, se procedió a realizar la electrólisis.

Finalmente, con las muestras tomadas de la electrólisis, se procedió al análisis usando la curva de calibración y se realizó un cultivo bacteriano, además de una tinción Gram, para determinar la presencia de bacterias fijadoras del nitrógeno, es decir, aquellas que transforman el amonio en nitritos, con el fin de identificar posibles interferentes en la electrooxidación.

### I) Curva de calibración

Luego de medir la absorbancia de las soluciones patrón de amonio, se elaboró un gráfico de absorbancia en función de las concentraciones ( $\text{mg/L}$ ) conocidas de las soluciones.

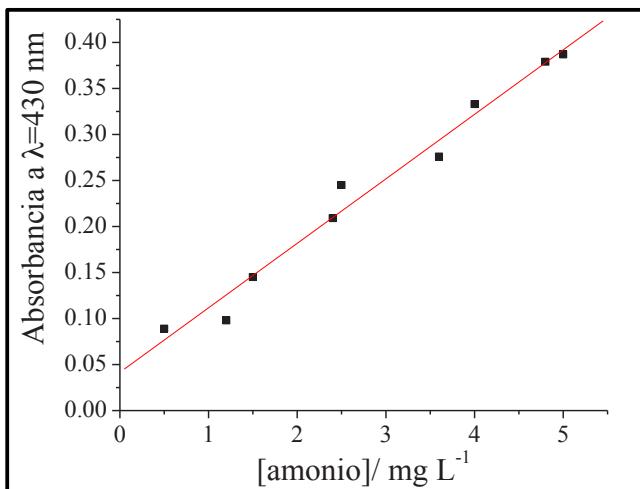


Gráfico N° 3. Absorbancia en función de la concentración de amonio a una longitud de onda de 430 nm.

En el Gráfico N° 3 se muestra cómo la formación del complejo amarillo, al aumentar la concentración de amonio, provoca un aumento de la tasa de absorbancia. Por lo tanto, para determinar la concentración de amonio solo basta con medir su absorbancia después de agregar el reactivo para luego ubicarla en la curva de calibración.

### II) Electrólisis en condiciones de laboratorio

Se elaboró un gráfico con los datos de la absorbancia de las muestras de la electrólisis. En el Gráfico N° 4 se aprecia como la muestra de 120 min. y 150 min. se salen de la curva, esto ocurrió, porque ambas muestras presentaron errores en su preparación, ya que, al momento de agregar el reactivo, parte de ellas fue derramada sobre el mesón, por lo que reactivo no pudo diluirse en la muestra completa, sino que en un volumen menor de esta.

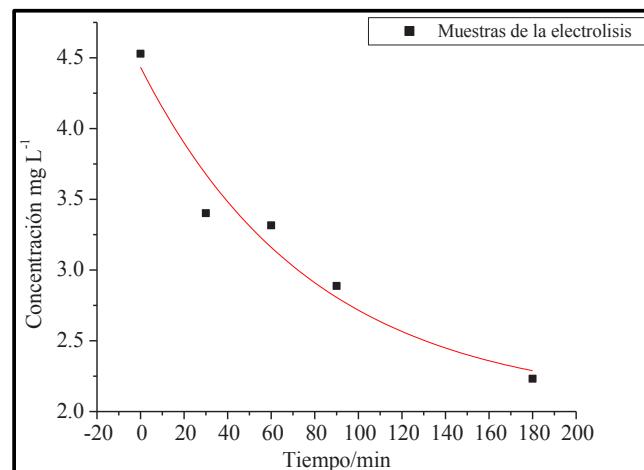


Gráfico N° 4. Absorbancia a 430 nm en función del tiempo de electrolisis.

Luego de determinar las concentraciones de amonio en las muestras de la electrólisis ubicando la absorbancia de las muestras en la curva de calibración, se obtuvo que efectivamente ocurrió una remoción de amonio (Gráfico N° 5), donde se removió gran parte del amonio en la celda, aproximadamente 77,78%, en un periodo de 3 horas.

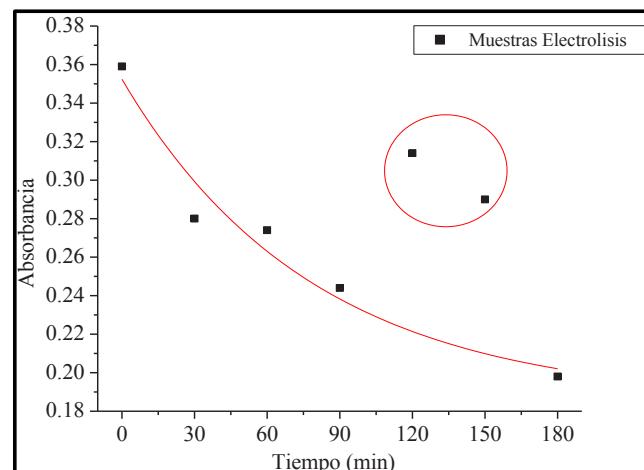


Gráfico N° 5. Concentración de amonio en función del tiempo de electrólisis en las muestras tomadas.

### III) Muestras del lago Vichuquén

En el cultivo de bacterias de las muestras del lago Vichuquén, se encontraron bacilos GRAM-, presumiblemente Rizobacterias, las cuales son fijadoras de nitrógeno.

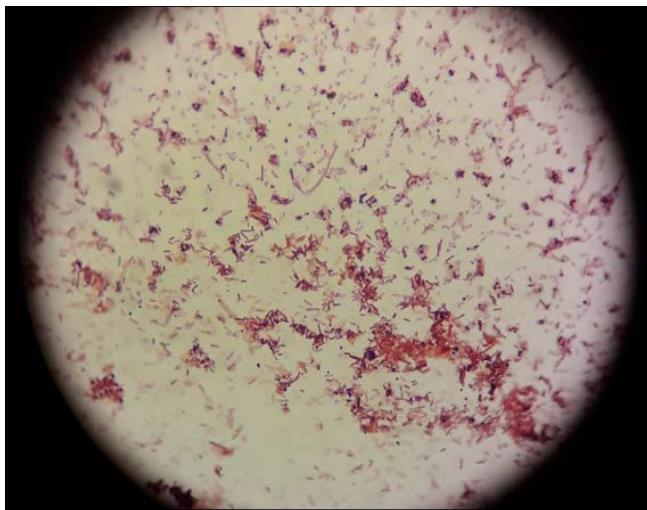


Figura N° 3. Cultivo de bacterias en aceite de inmersión x100.

En el caso de la electrólisis de la muestra del lago Vichuquén, se generó un gráfico con los datos de absorbancia de las muestras de la电解ysis. Sin embargo, la absorbancia que se muestra en el Gráfico N° 6 no permite determinar si se produjo la remoción efectiva de amonio.

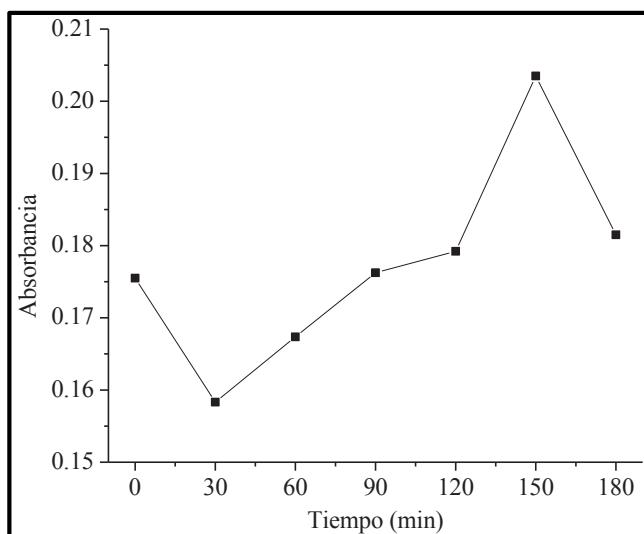


Gráfico N° 6. Absorbancia a 430 nm en función del tiempo de电解ysis.

## Análisis y discusión

A partir de los resultados obtenidos de la electrólisis en condiciones de laboratorio, nuestro objetivo específico se cumplió al remover efectivamente el amonio por medio de la electrooxidación. Sin embargo, en las condiciones del lago, el ion amonio no se llegó a degradar. Por lo tanto, solo éste no se cumplió, ya que se logró producir una electrólisis adecuada en condiciones de laboratorio además de determinar y medir presencia de ion amonio.

Es necesario analizar qué factores específicos entorpecieron la electrólisis de la muestra del lago Vichuquén, aunque como hipótesis a este asunto, se propone que hay bacterias presentes en la superficie del electrodo que entorpecieron esta tarea, ya que éstas, al adherirse impiden la conducción de la electricidad, y, por ende, una adecuada electrólisis.

Además, el reactivo de Nessler utilizado en la investigación, puede verse afectado en su funcionalidad, ya que la presencia de cloraminas orgánicas es capaz de provocar una reacción con éste. Y, por otro lado, la materia orgánica también puede actuar como interferente, así expone Cid Amor (2014). “La materia orgánica presente en el agua (DQO) tiene un efecto negativo sobre la eliminación de amonio por electrooxidación ya que es oxidable y compite en la utilización de la energía eléctrica suministrada”.

Bajo estas condiciones, la hipótesis de la investigación se refuta, ya que este método no fue capaz de degradar amonio en las condiciones del lago. Pero, aun así, es necesario realizar indagaciones y obtener resultados que permitan explicar este hecho.

## Conclusión

En síntesis y considerando lo expuesto anteriormente, se cumplieron 2 de 3 objetivos, los cuales fueron determinar y remover amonio en muestras generadas en laboratorio y expuestas solo a condiciones de éste. Sin embargo, en las muestras del lago Vichuquén no se observó lo esperado (que es nuestro tercer objetivo) acorde a los resultados obtenidos en las muestras generadas previas a las del lago, y los posibles factores capaces de explicar este fenómeno son los descritos a continuación:

- Problemas para mantener las condiciones de laboratorio (por ejemplo, la de mantener pH ácido de la muestra considerando que las aguas tienen pH natural alcalino).
- El método del reactivo de Nessler es bastante susceptible a errores, por lo que se debió mantener máxima rigurosidad y cuidado al momento de analizar las muestras, lo que pudo ser una interferencia debido a la reciente experiencia de los investigadores en el manejo de los equipos.

A pesar de que la hipótesis planteada se vea objetada, quedan aún muchas interrogantes por resolver. En ese sentido, se proponen algunas posibles mejoras en una futura investigación relacionada con la remoción del ion amonio desde muestras de aguas de lagos eutrofiados, entre ellas:

- Confirmar por microscopía electrónica de barrido la presencia de bacterias en la superficie del electrodo.
- Centrifugar las muestras obtenidas del lago a estudiar, previamente a la electrólisis, para eliminar la materia orgánica presente en las muestras.
- Utilizar un electrodo selectivo de amonio para determinar las concentraciones de este en lugar de usar el reactivo de Nessler, puesto que requiere menos tiempo y gastos según es expuesto en investigaciones relacionadas en donde se comparan ambos métodos: “Comparado con otras técnicas analíticas, el uso de EIS presenta varias ventajas: es relativamente barato y simple, con un espectro muy amplio de aplicación y uso en concentraciones que pueden variar en un rango muy amplio”. (Arango y Pérez, 2005)

## Bibliografía

Arango G, Pérez J. 2005. Determinación de nitratos y amonio en muestras de suelo mediante el uso de electrodos selectivos. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 58: 2733-2740.

Baeza A, García A. 2011. Principios de electroquímica analítica. Universidad Nacional Autónoma de México.

Cabeza A, Urtiaga AM, Rivero MJ, Ortiz I. 2007. Ammonium removal from landfill leachate by anodic oxidation. Journal of Hazardous Materials 144: 715-719.

Caro R, Céspedes G. 2004. Lluvia ácida y eutrofización. Guía de Trabajo Práctico, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.



Cid Amor Á. 2014. Estudio de viabilidad de un proceso de eliminación de amonio mediante electrooxidación en la EDAR Valle del Vinalopó (Elda). Tesis de Maestría, Universidad de Alicante, España.

García P. 2017. Los peces de Aculeo mueren por la pésima planificación territorial. diario Universidad de Chile. Recuperado de <http://radio.uchile.cl/2017/11/13/la-escases-hidrica-que-ha-generado-masiva-mortandad-de-peces-en-la-laguna-aculeo/>

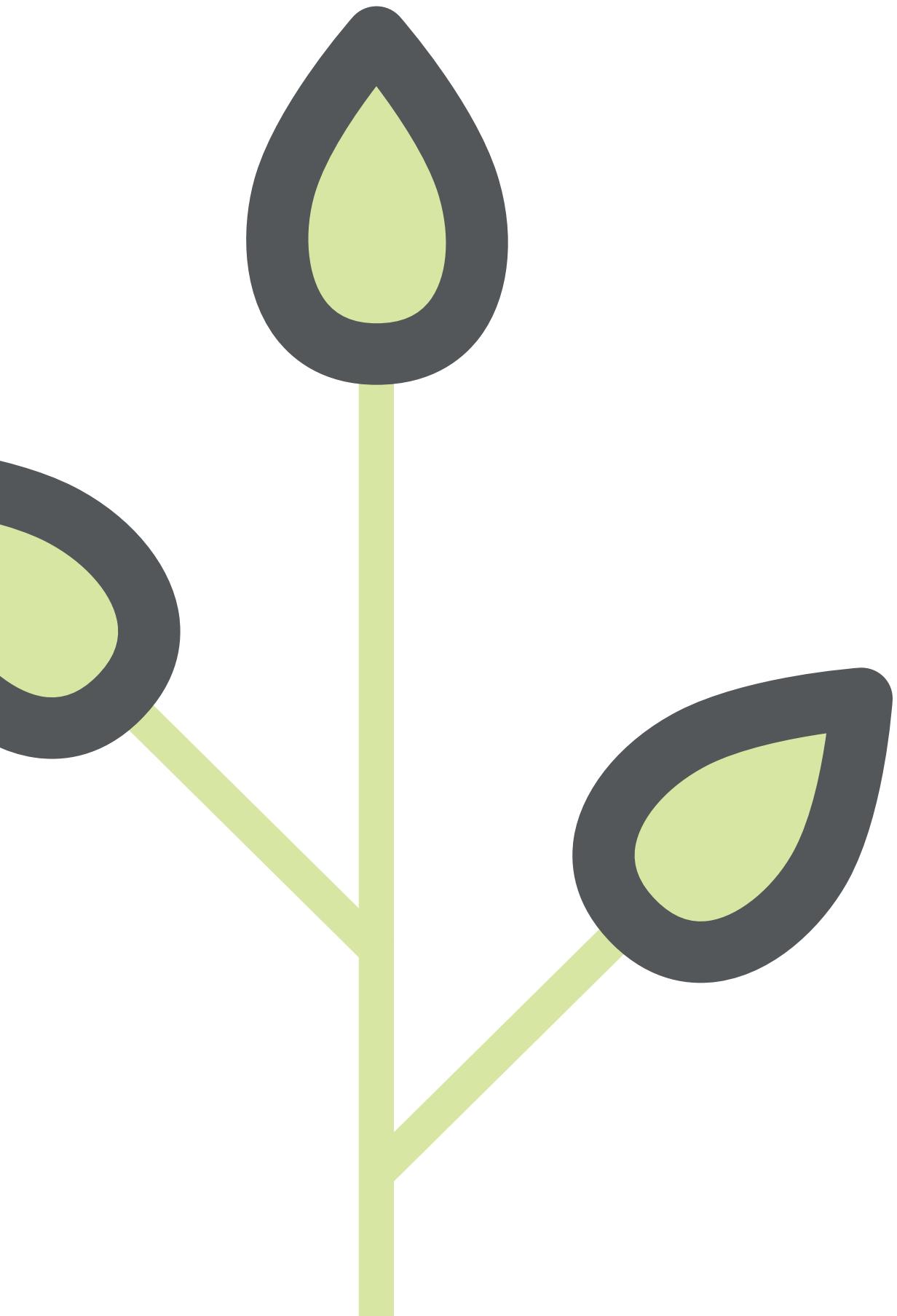
Montilla F, Gamero-Quijano A, Morallón E. 2014. Electrodos de diamante dopado con boro para el tratamiento electroquímico de aguas. Boletín del Grupo Español del Carbón 31: 8-12.

Paneque V. 2010. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba.

Pedreros P, Araneda N, Almanza V, Milla N, Torrejón F, Félez J, Álvarez D, Araneda A, Urrutia R. 2016. Diagnóstico ambiental y evaluación del estado trófico actual del Lago Vichuquén: Propuestas para su manejo y recuperación. Panel presentado en I Congreso Iberoamericano de Limnología, Universidad de Concepción, Chile.

Pérez García G. 2012. Nuevas tecnologías en la regeneración de aguas basadas en la eliminación electroquímica de contaminantes. Tesis Doctorado. Universidad de Cantabria, Santander, España.





# DETECCIÓN DE POTENCIALES RESERVORIOS DE HANTAVIRUS EN ÁREAS DEL SNASPE POR MEDIO DEL ESTUDIO DE EGAGRÓPILAS DE TUCÚQUERE (*BUBO MAGELLANICUS*) y LECHUZA BLANCA (*TYTO ALBA*)\*

DETECTION OF POTENTIAL RESERVOIRS OF HANTAVIRUS IN AREAS OF SNASPE THROUGH THE STUDY OF LESSER HORNED OWL (*BUBO MAGELLANICUS*) AND BARN OWL (*TYTO ALBA*)

Alonso Erazo • Tyndall Volosky

Profesor Guía: Carlos Zurita

Centro de Investigación Científica Escolar (CICE), Santiago

Asesor Científico: Fabian Jaksic

Evaluador: Alberto González

## Resumen

La investigación se llevó a cabo en 6 áreas del SNASPE: Norte (Parque Nacional Fray Jorge y Reserva Nacional Las Chinchillas), Centro (Reserva Nacional Lago Peñuelas y Parque Nacional Río Clarillo) y Sur (Parques Nacionales Conguillío y Villarrica). Se recolectaron 211 egagrópilas pertenecientes a Tucúquere (*Bubo magellanicus*) y Lechuza Blanca (*Tyto alba*), posteriormente se analizaron e identificaron sus ítems dietarios y cuáles de ellos se comportan como roedores potenciales reservorios de hantavirus. Se obtiene que las áreas del SNASPE del sur del país presentan una mayor abundancia de roedores que se comportan como potenciales reservorios de hantavirus y al mismo tiempo con una alta seropositividad (siendo este el caso de *Oligoryzomys longicaudatus*) lo que podría aumentar el riesgo de contagio en esta zona comparada con las del norte y centro. Queda de manifiesto la importancia de las aves rapaces como controladores de roedores potenciales reservorios de hantavirus de alta y baja seropositividad.

**Palabras claves:** Hanta; Egagrópilas; SNASPE; Lechuza blanca; Tucúquere.

## Abstract

We carried the research in 6 areas of SNASPE: North (Fray Jorge National Park and Las Chinchillas National Reserve), Centro (National Reserve Lake Peñuelas and Clarillo River National Park) and South (Conguillío and Villarrica National Parks). We collected 211 egagropylars belonging to Tucuquere (*Bubo magellanicus*) and White Owl (*Tyto alba*), later they analyzed and identified their dietary items and which of them behave as potential rodents reservoirs of hantaviruses. The results show that the SNASPE areas of the south of the country have a greater abundance of rodents that act as potential reservoirs of hantaviruses, and, with a high seropositivity (this being the case of *Oligoryzomys longicaudatus*) which could increase the risk of contagion in this area, compared with those in the north and center. The importance of raptors as controllers of rodents, potential reservoirs of hantaviruses of high and low seropositivity is evident.

**Keywords:** Hantaviruses; Owl Pellets; SNASPE; White owl; Tucúquere.

El Proyecto participó en:

- \* 48° Feria Científica Nacional del Museo Nacional de Historia Natural, obteniendo Mención Honrosa.
- \* XIII Congreso Regional Explora CONICYT RM Norte, siendo premiada como una de las 6 mejores investigaciones en la categoría Ciencias Naturales.
- \* 3ra. Exposición Nacional de la Fundación Club Ciencias Chile, obteniendo el 3er. Lugar de la categoría Enseñanza Media y Acreditado para representar a Chile en la OKSEF, Esmirna, Turquía en Junio 2019.

El Proyecto participará en:

- \* 2da. Helvencuencia Austral en la ciudad de Valdivia, obteniendo el 1er. Lugar de la categoría Enseñanza Media y acreditado para representar a Chile en la Exposcience MILSET en Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos en Septiembre 2019.



# Introducción

En Chile, los roedores están ampliamente distribuidos, de norte a sur, tanto en áreas urbanas, silvoagropecuarias y silvestres (Spotorno *et al.*, 2000), siendo ésta última un componente importante del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Estas áreas se encuentran abiertas a turistas durante todo el año, exponiéndolos al contacto con fauna representativa del lugar y, junto con ello, a posibles contagios de enfermedades zoonóticas, siendo una de ellas el Síndrome Pulmonar producido por hantavirus.

El género hantavirus, forma parte de la familia Bunyaviridae y comprende un número importante de virus que se distribuyen en todo el mundo, entre ellos se incluyen los hantavirus de Europa y Asia que causan fiebre hemorrágica con síndrome renal (FHSR) y los del continente americano que producen el síndrome pulmonar por hantavirus (SPH) (Flores, 2015). Esta última, al momento del contagio, expresa síntomas tales como fiebre, dolor muscular, dolor de cabeza, vómitos y diarrea.

Las vías aéreas son la principal ruta de transmisión de los hantavirus de roedores a humanos, a partir de la saliva o las excretas que se inhalan directamente del animal o cuando se mueve material fresco o seco contaminado, los virus también se pueden introducir al hombre directamente por la piel herida. Entre los roedores la transmisión del virus es por mordeduras, esta vía también puede ocasionalmente producir infección en humanos. Hasta la fecha no se ha reportado transmisión de hantavirus de persona a persona, en el caso

de FHSR en Asia pero si del SPH en Chile, donde hay registro del contagio del virus de persona a persona, en supuesto por una mutación del mismo y que se encuentra en estudio, hecho ocurrido en la Región de los Lagos durante enero 2019.

Sin embargo, la información obtenida en Argentina sugiere que pudo haber existido anteriormente transmisión de persona a persona durante el brote de 1996 ocurrido en las ciudades de El Bolsón y Bariloche (Flores, 2015). Las personas infectadas desarrollan rápidamente una fiebre que se desencadena en complicaciones cardiopulmonar, edema pulmonar y falla hemodinámica.

La confirmación de la presencia de Hantavirus en las poblaciones de roedores silvestres en Chile ocurrió en el año 1995, como consecuencia de la identificación del primer caso humano del síndrome pulmonar por Hantavirus (SPH) en la zona del Segundo Corral, X Región del país (Pavletic, 2000). Este caso generó una variedad de estudios para conocer la epidemiología y ecología del virus en el país, lo que ha permitido identificar las especies de roedores que se comportan como reservorios (organismo que es capaz de mantener y transmitir el virus sin enfermar) del hantavirus cepa Andes, entre los que se encuentra el Ratón orejudo de Darwin (*Phyllotis darwini*), Pericote Austral (*Loxodontomys micropus*) Ratón de pelo largo (*Abrothrix longipilis*), Ratón Olivaceo (*Abrothrix olivaceus*) y, su principal reservorio, Ratón de cola larga (*Oligoryzomys longicaudatus*) (Spotorno *et al.*, 2000). A éstos, se han agregado dos reservorios nuevos del virus, Rata Negra (*Rattus rattus*) y Laucha Doméstica (*Mus musculus*)



(Lobos *et al.*, 2005), quienes presentan una variedad distinta del hantavirus, llamada Seoul (Palma, 2018, Comunicación personal).

Actualmente, la identificación y reconocimiento de roedores presentes en distintas zonas de Chile se lleva a cabo a través de técnicas de trámpeo y recolección de individuos vivos, exponiendo a un riesgo de contagio a quien manipula las trampas. Quienes se exponen a un mayor riesgo de contagio son los turistas que frecuentan zonas poco aireadas e investigadores que deben trabajar con individuos vivos (Spotorno *et al.*, 2000).

Las aves rapaces pertenecientes al Orden Strigiformes, de las cuales destacan la Lechuza Blanca (*Tyto alba*), y el Tucúquere (*Bubo magellanicus*), son controladores naturales de los roedores reservorios de hantavirus para la población humana. (Zurita *et al.*, 2018).

Es posible identificar los roedores potenciales reservorios de Hantavirus, presentes en una zona a través del estudio de la dieta de aves rapaces por medio del análisis de egagrópilas, regurgitados de material no digerido en cuyo interior podemos encontrar pelos, huesos, plumas o exoesqueletos de insectos (Rosenberg y Cooper, 1990). El análisis de las egagrópilas ofrece valiosa información acerca de los hábitos alimenticios, sin invertir largas jornadas de observación directa, ni causar perturbación directa al ave que las produce y sin tener que exponerse al contacto directo con los roedores reservorios de Hantavirus, reduciendo así el riesgo de contagio (Redpath *et al.*, 2001). Además, se conoce que el Hantavirus sufriría acción enzimática y degradativa en el tubo digestivo del ave que depreda al potencial reservorio (pH ácido del tracto digestivo del ave, tiempo, destrucción celular inducida por virus, entre otros) inactivando su capacidad de infección. Por ende, la manipulación de egagrópilas no implica un riesgo para quien trabaje con ellas, puesto que el virus es muy lábil y se encontraría fragmentado dentro de sus restos (Jaksic, 2017, Comunicación personal).

El propósito de la investigación es identificar los potenciales reservorios de hantavirus por medio de una técnica distinta a las habitualmente aplicadas que permite minorizar el riesgo de contagio.

El área de mayor riesgo de Hantavirus en Chile se sitúa entre las regiones del Biobío y Aysén. Más del 60% de las personas que contraen el hantavirus residen en esta zona (Cruz, 2017, Comunicación personal).

Actualmente los servicios de salud pública en Chile (MINSAL e ISP) describen la distribución de *Oligoryzomys*

*longicaudatus* (como principal vector de Hanta) por región, pero sin especificar su presencia y representatividad en áreas del SNASPE (Minsal-ISP, 2013). Este roedor es quien presenta la mayor seropositividad (estado inmunitario que se caracteriza por la presencia de un anticuerpo creado frente a un antígeno al que se vio expuesto el organismo hospedero) de Hantavirus en el país.

Es por ello que el objetivo de este estudio es poder determinar de forma cuantitativa la representatividad de este reservorio (y otras especies de roedores como potenciales reservorios de Hantavirus) en distintos Parques y Reservas del SNASPE del norte, centro y sur de Chile.

## Pregunta de Investigación

¿Cuál es la representatividad de roedores potenciales reservorios de Hantavirus (Cepa Andes) en áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE) del norte, centro y sur de Chile?

## Hipótesis

Dado que se ha registrado mayor cantidad de casos de contagio de Hantavirus en el sur del país, entonces se espera que la representatividad de roedores potenciales reservorios del virus, encontrados en la dieta de aves rapaces, sea mayor en las áreas del SNASPE del sur, comparada con el centro y norte de Chile.

## Objetivo General

Analizar la representatividad de roedores reservorios de Hantavirus encontrados en egagrópilas de aves rapaces recolectadas en Áreas Silvestres Protegidas, en el norte, centro y sur de Chile, y establecer potenciales zonas de riesgo de transmisión del Síndrome Pulmonar por Hantavirus para la población (turistas, trabajadores y mastozoólogos).

## Objetivos Específicos

- Identificar y cuantificar las especies de roedores depredadas por aves rapaces (*T. alba* y *B. Magellanicus*) que habitan las áreas del SNASPE en estudio.
- Determinar y cuantificar los ítems dietarios de aves rapaces (*T. alba* y *B. Magellanicus*) que son potenciales reservorios de hantavirus.
- Establecer las zonas que tienen mayor potencial de riesgo de contagio de hantavirus.



## Metodología

### A. Trabajo de Campo

El trabajo de campo se llevó a cabo entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía, abarcando tres zonas con condiciones climáticas y ambientales divergentes: dos áreas del SNASPE del norte del país: Parque Nacional Fray Jorge ( $30^{\circ}38' S$   $71^{\circ}40' O$ ) y Reserva Nacional Las Chinchillas ( $31^{\circ}37' S$   $71^{\circ}09' O$ ), ambos ubicados en la IV Región; dos áreas del SNASPE del centro: Reserva Nacional Lago Peñuelas ( $33^{\circ}07' S$   $71^{\circ}24' O$ ) V Región y Parque Nacional Río Clarillo ( $33^{\circ}46' S$   $70^{\circ}27' O$ ) Región Metropolitana; y dos áreas del SNASPE del sur: Parque Nacional Conguillío ( $38^{\circ}40' S$   $71^{\circ}39' O$ ) y Parque Nacional Villarrica ( $39^{\circ}29' S$   $71^{\circ}43' O$ ), ambos ubicados en la IX Región. Todas estas áreas se encuentran bajo la administración de CONAF, con altas tasas de visitas de turistas durante todo el año y caracterizadas por la presencia de bosque nativo y abundante fauna que forma diversas interacciones tróficas.

El trabajo de campo se llevó a cabo durante los meses de marzo a septiembre de 2018, abarcando las estaciones de otoño e invierno. Se realizaron 2 visitas a cada Parque y/o Reserva y se recolectaron egagrópilas de aves rapaces pertenecientes al orden Strigiformes. Para ello se identificaron perchas pertenecientes a Tucúquere (*B. magellanicus*) y Lechuza Blanca (*T. alba*). Estas especies son de hábitos generalistas (Jaksic, 2003) por lo que sus egagrópilas serían una muestra representativa de la presencia de roedores del lugar. Las perchas fueron georreferenciadas y las egagrópilas fueron transportadas al laboratorio envueltas dentro de papel absorbente para preservarlas hasta su posterior análisis de los ítems dietarios. De cada egagrópila se identificó la especie de procedencia, y se tomó nota de la fecha y lugar donde fue recolectada (Figura N° 1).

### B. Trabajo de Laboratorio

Cada egagrópila recolectada fue inmersa en una solución de agua oxigenada con el fin de separar los restos óseos del contenido restante de ella. Se obtuvieron los cráneos de los roedores depredados y se procedió a su reconocimiento a nivel de especie mediante el uso de claves de identificación (Reise, 1975). Esta clave de identificación ocupa como principal criterio de comparación la morfología dentaria de mandíbula y maxilar. Se cuantificaron los ítems de presa de micromamíferos en las egagrópilas y posteriormente se identificaron cuáles de estos se conocen como potenciales reservorios de hantavirus.

### C. Análisis de Datos

Los datos obtenidos fueron ordenados en tablas por especie de ave rapaz. Cada tabla especifica las presas encontradas en las egagrópilas (análisis descriptivo), el área del SNASPE de la cual fue recolectada y el porcentaje respecto del total que representa la presa. Posteriormente se elaboró un gráfico que determina el porcentaje de representatividad que tienen los roedores potenciales reservorios de hantavirus encontrados en las egagrópilas por zona del país, con la finalidad de determinar cuál(es) de las zonas en estudio tiene(n) mayor posibilidad de riesgo de contagio de hantavirus.

El propósito del estudio es realizar comparaciones entre zonas y no entre áreas del SNASPE, por ello se reúnen en un solo resultado las dos áreas del SNASPE analizadas por zona, debido a que los ítems dietarios se basan en micromamíferos, siendo ambas especies depredadores generalistas y, con ello, no existen diferencias significativas en la dieta de ambas aves (Muñoz-Pedreros et al., 2016). En trabajos previos se ha descrito una muy alta sobreposición de dieta entre *B. magellanicus* y *T. alba* y por lo tanto estaría correcto agrupar ambas dietas en sólo un resultado (Zurita et al., 2018).



Figura N° 1: Egagrópilas de Lechuza Blanca (izquierda) y de Tucúquere (derecha). Cabe destacar que ninguna de las aves rapaces en estudio tiene preferencias alimentarias por una presa en particular en ninguno de los sitios de estudio (Jaksic. 2003).

De las 211 egagrópilas en estudio, 74 pertenecen a la zona norte, 70 a la zona centro y 77 a la zona sur. De las 11 especies de roedores encontradas, 6 corresponden a potenciales reservorios de hantavirus: Ratón orejudo de Darwin (*Phylotis darwini*), Ratón de pelo largo (*Abrothrix longipilis*), Ratón olivaceo (*Abrothrix olivaceus*), Rata negra (*Rattus rattus*), Laucha doméstica (*Mus musculus*) y el principal reservorio, Ratón de cola larga (*Oligoryzomys longicaudatus*) (Tabla N° 1).

Ítem Dietario	Zona Norte		Zona Centro		Zona Sur	
	PN Fray Jorge F (%)	RN Chinchilla F (%)	RN L. Peñuelas F (%)	PN Rio Clarillo F (%)	PN Conguillío F (%)	PN Villarrica F (%)
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	0 (0,0)		26 (21,3)		65 (55,4)	
<i>Phylotis darwini</i>	41 (51,9)		0 (0,0)		4 (3,6)	
<i>Abrothrix olivaceus</i>	1 (1,3)		20 (16,4)		21 (18,4)	
<i>Rattus rattus</i>	0 (0,0)		24 (20,0)		12 (10,7)	
<i>Mus musculus</i>	0 (0,0)		30 (24,4)		1 (0,5)	
<i>Abrothrix longipilis</i>	0 (0,0)		2 (1,6)		8 (6,5)	
<i>Abrocoma benetti</i>	19 (24,1)		10 (8,2)		0 (0,0)	
<i>Thylamys elegans</i>	4 (5,1)		0 (0,0)		0 (0,0)	
<i>Spalacopus cyanus</i>	1 (1,3)		0 (0,0)		0 (0,0)	
<i>Auliscomys boliviensis</i>	1 (1,3)		0 (0,0)		0 (0,0)	
<i>Octodon degus</i>	3 (3,8)		10 (8,1)		0 (0,0)	
Roedores no Determinados	7 (8,7)		0 (0,0)		0 (0,0)	
<b>Total Mamíferos</b>	<b>77 (97,5)</b>		<b>122 (100,0)</b>		<b>111 (95,1)</b>	
Passeriforme no Determinado	2 (2,5)		0 (0,0)		6 (4,9)	
<b>Total Aves</b>	<b>2 (2,5)</b>		<b>0 (0,0)</b>		<b>6 (4,9)</b>	
<b>Total Presas Vertebradas</b>	79		122		117	
<b>Total de Egagrópilas</b>	74		70		77	

Tabla N° 1. Composición dietaria de *T. alba* y *B. magellanicus* en 3 zonas de Chile. F% = Porcentaje de ocurrencia. En color verde se destacan aquellos roedores potenciales reservorios de hantavirus.

El ítem dietario más frecuente en la zona norte fue Ratón orejudo de Darwin (*Phylotis darwini*), en la zona centro fue la Laucha doméstica (*Mus musculus*) y en la zona sur fue el Ratón de cola larga (*Oligoryzomys longicaudatus*) (Tabla N° 1).

La representatividad de roedores del total de las presas depredadas que son potenciales reservorios de hantavirus en las tres zonas de estudio es presentada en

la Figura N° 2. Se puede observar un aumento en la representatividad de roedores potenciales reservorios de hantavirus de norte a sur, siendo la zona sur el área de estudio que tiene la mayor frecuencia de estos roedores encontrados en egagrópilas de las aves rapaces en estudio, de lo cual se infiere que podría ser la zona con mayor riesgo de contagio del virus para la población humana.

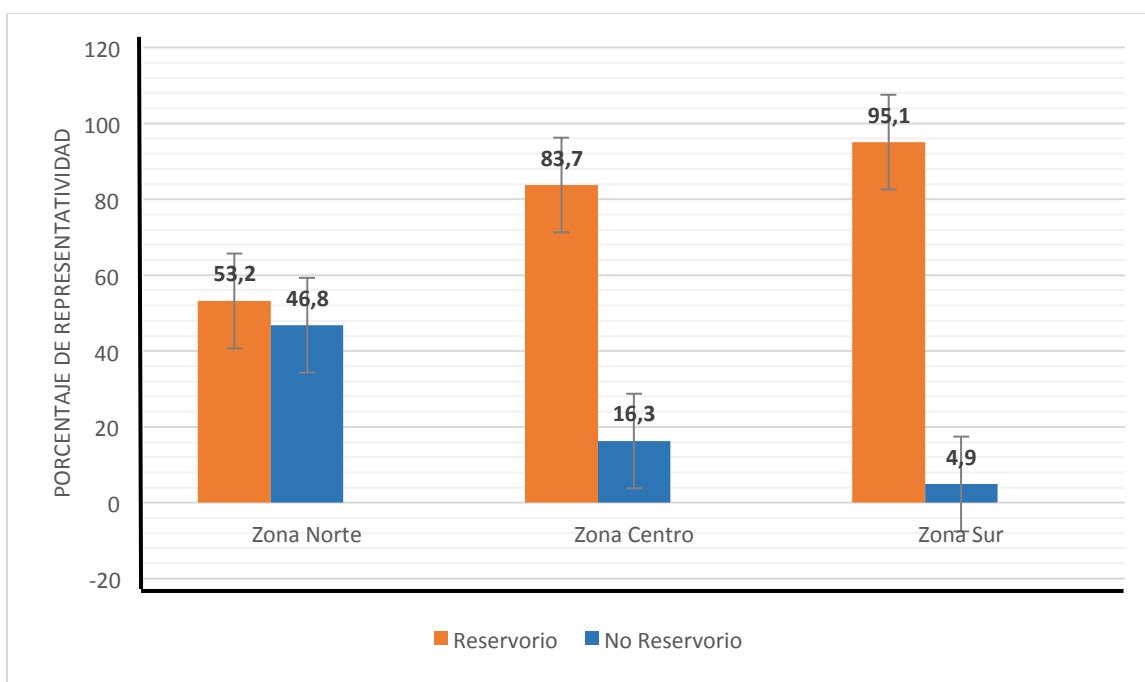


Figura N° 2. Representatividad de roedores potenciales reservorios de hantavirus por zona geográfica de Chile.

En el caso de la zona norte se reconocieron dos potenciales reservorios que representan el 53,2% de las presas depredadas, uno de ellos es el Ratón orejudo de Darwin (*Phylotis darwini*) con un 51,9% de representatividad con respecto del total de presas.

En el caso de la zona central aparecen cinco roedores potenciales reservorios de hantavirus que representan el 83,7% de las presas depredadas. De estos cinco, tres sobrepasan el 20% de representatividad con respecto al total de presas, estos son: Laucha doméstica (*Mus musculus*), Rata negra (*Rattus rattus*) y Ratón de cola larga (*Oligoryzomys longicaudatus*). La presencia de Ratón de cola larga significa un alto riesgo para la población debido a su alta seropositividad (Ortiz *et al.*, 2004), pero su representatividad sigue sin ser tan alta como en la zona sur del país.

Finalmente, en la zona sur de Chile es posible encontrar seis reservorios de hantavirus, los cuales representan el 95,1% del total de presas depredadas, de entre los cuales destaca otra vez el Ratón de cola larga (*O. longicaudatus*), esta vez con una representatividad que supera la mitad de las muestras (55,4%). Esto significa un alto riesgo para la población humana, mayor que el de la zona central, debido a que la seropositividad del Ratón de cola larga (*O. longicaudatus*) en la zona sur del país es mayor que en la zona central (7,23% vs. 3,2%) (Murúa *et al.*, 2003).

## Discusión

Se infiere que en el sur del país existen ciertas condiciones ambientales que favorecen el potencial biótico de la especie Ratón de Cola larga (*O. longicaudatus*), tales como: humedad, temperatura, entre otros, la cual se expresa como aumento en el número de roedores cada un determinado período de tiempo, esto se debe a la alta presencia de Quila (*Chusquea quila*) en el sur del país, que prolifera cada 12-14 años (Jaksic y Lima, 2003) generando ratadas (aumentos exponenciales) de Ratón de Cola Larga (*Oligoryzomys longicaudatus*) las cuales constituyen un verdadero riesgo epidemiológico para la población humana.

Se infiere que la ocurrencia de casos de hanta en Chile en la zona sur del país se deba a la alta presencia de roedores potenciales reservorios de hantavirus y su elevada seropositividad (Muñoz-Pedrero *et al.*, 2016).

Por otro lado, la mera identificación de roedores potenciales mediante el estudio de egagrópilas de aves rapaces si bien es suficiente para definir un riesgo, no

necesariamente es suficiente para definir un área endémica para el hantavirus, para ello se hace necesario algún método bioquímico que permita la identificación de la presencia del hantavirus dentro de los restos óseos de los roedores en las egagrópilas.

Sin embargo, las otras zonas de estudio también poseen una alta representatividad de roedores potenciales reservorios de hantavirus, pero la diferencia radica en la mayor representatividad, presencia y abundancia del ratón de cola larga (*Oligoryzomys longicaudatus*) en la zona sur, además de que este es el que posee la mayor seropositividad de todos los roedores en Chile (Muñoz-Pedreros *et al.*, 2007) y por ello es un factor indiscutible en el riesgo de contagio con el virus. La alta presencia de *P. darwini* en la zona norte, que, si bien es un potencial reservorio de hantavirus, no presenta un riesgo epidemiológico para la población nortina debido a su baja seropositividad (Ortiz *et al.*, 2004).

De las áreas del SNASPE en estudio, quienes presentan un mayor potencial de riesgo de contagio con el hantavirus cepa Andes corresponden al Parque Nacional Villarrica y Parque Nacional Conguillío, puesto que fueron las áreas con mayor número de roedores que se comportan como potenciales reservorios de hantavirus y, al mismo tiempo, que presentan una elevada seropositividad.

Se propone aquí un método distinto de estudio de los potenciales roedores vectores de hantavirus a través de egagrópilas de aves rapaces, permitiendo así reducir el riesgo de contagio que se tiene al tomar contacto directo con roedores reservorios y de alta seropositividad de hantavirus a través de los típicos métodos de trampas usados en la actualidad.

Finalmente, el riesgo de contagio con hantavirus dependerá de varios factores entre los cuales se encuentran: la presencia de roedores que sean potenciales reservorios de la enfermedad, la seropositividad de los roedores que se encuentran en el área, la presencia de humanos que tomen contacto directo o indirecto con roedores y finalmente las condiciones ambientales para que el virus pueda mantenerse fuera del huésped para ser transmitido a una persona. El caso más dramático es el del sur de Chile ya que se presentan estos cuatro factores, por lo que se hace necesario incentivar las campañas de prevención y educación de la enfermedad, como la campaña "Elige Cuidarte" del MINSAL que busca informar respecto de la sintomatología y medidas de prevención del contagio.



Desde otra perspectiva, se hace necesario extender e intensificar las campañas del Ministerio de Salud, junto con CONAF, que buscan reducir los riesgos de contagio por hantavirus, sobre todo, en las áreas del

SNASPE del sur del país. A pesar de que el número de infectados por año es bajo, su tasa de mortalidad sigue siendo alta.

## Conclusiones

Se concluye que la representatividad de roedores potenciales vectores de hantavirus, es mayor en el sur de Chile en las áreas en estudio. A esto se añade que el uso de egagrópilas de especies de aves rapaces nocturnas de hábitos generalistas es un método fiable para la identificación de potenciales reservorios de hantavirus, disminuyendo así el riesgo de contagio para investigadores. Este estudio logra confirmar y determinar que las regiones sur en estudio representan un mayor riesgo de contagio con hantavirus, debido a la alta y significativa presencia de *Oligoryzomys longicaudatus*, su principal vector, en las egagrópilas de las rapaces en estudio en los parques del sur de Chile, cumpliéndose los objetivos y aceptándose la hipótesis de trabajo. Por ello se hace indispensable fomentar las campañas de CONAF y MINSA para la educación y conocimiento del potencial riesgo de contagio con esta enfermedad.

Emerge la importancia de las aves rapaces como controladores biológicos de plagas de roedores potenciales vectores de hantavirus debido al alto porcentaje que éstos representan en su dieta, minorizando entonces las posibilidades de contagio de esta enfermedad a la población humana.

## Proyecciones

- Desarrollar una metodología que permita determinar si el roedor que formó parte de la presa del ave rapaz fue seropositivo.
- Expandir las áreas de estudio, abarcando una mayor área geográfica, en especial, hacia el sur.
- Divulgar la importancia de los Strigiformes en el control de roedores exóticos y reservorios del hantavirus, promoviendo la valoración y conservación de los Strigiformes.
- Divulgar los resultados obtenidos a turistas visitantes de las áreas del SNASPE en estudio, enfatizando las del sur del país, con el objetivo de promover las campañas que evitan el contagio con hantavirus dentro de Reservas y Parques Nacionales.

## Bibliografía

Flores R. 2015. Hantavirus – Recursos de Virología, Departamento de Microbiología y Parasitología, Universidad Nacional Autónoma de México.  
<http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/virologia/hantavirus.html>

Jaksic F, Lima M. 2003. Myths and facts on ratadas: bamboo blooms, rainfall peaks and rodent outbreaks in south America. Ecología Austral 28: 237-251.

Lobos G, Ferres M, Palma E. 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.



MINSAL-ISP. 2013. Guía clínica de prevención, diagnóstico y tratamiento del síndrome cardiopulmonar por Hantavirus.

Muñoz-Pedreros A, Rutherford P, Gil C. 2007. Mapas de riesgo para hantavirus en el Parque Nacional Conguillio sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 80: 363-379.

Muñoz-Pedreros A, Gil C, Yañez J, Rau J, Möller P. 2016. Trophic ecology of two raptors, barn owl (*Tyto alba*) and white-tailed kite (*Elanus leucurus*), and possible implications for biological control of hantavirus reservoir in Chile. The Wilson Journal of Ornithology 128: 391-403.

Murúa B, Navarrete C, Cádiz S, Figueroa M, Padula P, Zaror C, Mansilla G, González L, Muñoz-Pedreros A. 2003. Síndrome pulmonar por Hantavirus: situación de los roedores reservorios y la población humana en la Décima Región, Chile. Revista Médica de Chile 131: 169-176.

Ortiz JC, Venegas W, Sandoval J, Chandía P, Torres-Perez F. 2004. Hantavirus en roedores de la octava Región de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 77: 251-256.

Pavletic C. 2000. Hantavirus: Su distribución geográfica entre los roedores silvestres de Chile. Revista Chilena de Infectología 17: 186-196.

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

Reise D. 1973. Clave para la identificación de los cráneos de Marsupiales y Roedores Chilenos.

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

Spotorno A, Palma E, Valladares JP. 2000. Biología de roedores reservorios de Hantavirus en Chile. Revista Chilena de Infectología 17: 197-210.

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 6:, p 33-39.





Equipo de trabajo en el Parque Nacional Fray Jorge, Abril 2018.



Equipo de trabajo en la Reserva Nacional Las Chinchillas, abril 2018.



Equipo de Trabajo en la Reserva Nacional Lago Peñuelas, septiembre 2018.



Equipo de Trabajo en el Parque Nacional Villarrica, Mayo 2018.



Lechuza Blanca (*Tyto alba*) en el Parque Nacional Río Clarillo, Septiembre 2018.



Tucúquere (*Bubo magellanicus*) en el Parque Nacional Fray Jorge, Abril 2018.





Cráneo de roedor encontrado al interior de una egagrópila de Lechuza Blanca.



Equipo de trabajo en la búsqueda de perchas de aves rapaces en el Parque Nacional Fray Jorge, abril 2018



# DESARROLLO DE UN FERTILIZANTE NATURAL PARA ESTIMULAR LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *SOLANUM LYCOPERSICUM* (TOMATE CHERRY)

DEVELOPMENT OF A NATURAL FERTILIZER TO STIMULATE THE GERMINATION OF SEEDS OF *SOLANUM LYCOPERSICUM* (TOMATO CHERRY)

Helena Zambrano • Iván Belmar

Profesora Guía: Cecilia Amigo

Colegio Concepción Chiguayante, Chiguayante, Región del Biobío

Asesora Científica: Katherine Sossa

Evaluadora: Luisauris Jaimes

## Resumen

La siguiente investigación plantea la aislación de bacterias que promueven la germinación del tomate cherry, para ello se aislaron bacterias endófitas y epífitas aisladas de la raíz de la planta, de las que se preparó caldo de cultivo y se sembró en placas. Las semillas anteriormente seleccionadas fueron sumergidas y dispuestas en cámaras oscuras para el estudio de la germinación. Las semillas germinaron al cabo de 3 días de estudio, pudiendo deducir un posible efecto positivo en la germinación de las plántulas con los inóculos, así como del estado nutricional de las semillas, con un rendimiento alto respecto a las semillas que se encontraban sin inóculo.

**Palabras claves:** Germinación; Tomate cherry; Bacterias epífitas; Bacterias endófitas.

## Abstract

This investigation aimed to isolate bacteria that promote the germination of the cherry tomato. For this purpose, endophytic and epiphytic bacteria isolated from the root of the plant were isolated, from which culture broth was prepared and planted. The previously selected seeds were submerged and arranged in dark chambers for germination study. The seeds germinated after 3 days of study, being able to deduce a possible positive effect in the germination of the seedlings with the inocula, and the nutritional status of the seeds, with a high yield regarding seeds without inoculum.

**Keywords:** Germination; Cherry tomato; Epiphyte bacteria; Endophytic bacteria.



# Introducción

El tomate es la principal hortaliza cultivada en todo el mundo, tanto a cielo abierto como en invernadero (Flores *et al.*, 2007). El tomate es originario de América del Sur, aunque se considera a México como el centro de su domesticación; con la llegada de los españoles se expandió al viejo continente y de ahí a todo el mundo; con su comercialización y la difusión lograda, actualmente forma parte de la dieta alimenticia de varias culturas. Se considera que a nivel internacional, las hortalizas junto con las frutas ocupan en nuestros días el segundo lugar de los productos agropecuarios, después de los cereales. Se estima que tan solo dos hortalizas contribuyen con el 50% de la producción en el mundo: la papa y el tomate, lo cual nos indica el enorme valor que este último cultivo representa no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial.

De acuerdo a las estimaciones de la FAO, que no hacen distinción entre tomate para consumo fresco e industrial, el tomate es la hortaliza más cultivada en el mundo, alcanzando 4,8 millones de hectáreas en el año 2017, con una producción de 179 millones de toneladas. A nivel mundial, el tomate se considera la hortaliza más importante, ocupando el primer lugar tanto en superficie como en volumen de producción.

En Chile ocupa el lugar 40° en superficie, con 15.833 hectáreas, y el lugar 24° en producción, con 993.076 toneladas, lo que permite visualizar que los rendimientos promedio alcanzados a nivel nacional superan a los de varios países (63 ton/ha; posición 34) (FAO, 2017).

A nivel nacional y desde el punto de vista de la alimentación de la familia chilena, el tomate también es considerado la hortaliza más importante. Ocupa el primer lugar dentro de las hortalizas de la canasta (ponderación de 0,32%), lo que significa que es la hortaliza a la que los hogares destinan más recursos, de acuerdo a los datos entregados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (ODEPA, 2014).

Una nueva forma de hacer agricultura, vinculada con la producción de alimentos sanos y orientados al mercado de exportación ha venido ganando importancia en la agricultura mundial desde los años 80; esta es la agricultura orgánica, ecológica o biológica, la cual se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales a través de prácticas especiales, como compost, abonos verdes, control biológico, repelentes naturales a base de plantas, asociación y rotación de cultivos, entre otros más, este tipo de agricultura excluye insumos de síntesis química (Gómez *et al.*, 2003). La producción orgánica, es un método agrícola en el cual no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos; esto coincide, en forma general, con la normatividad de algunos países como México, Europa, Estados Unidos y Japón (FAO, 2001).

Los biofertilizantes en base a microorganismos se revelan como una estrategia importante para lograr una agricultura sustentable, el uso de biofertilizantes, vía microorganismos que habitan la rizósfera del suelo en estrecha relación con la planta, su utilización permite disminuir insumos químicos, reduciendo el impacto



ambiental desfavorable que se vive en los últimos años, permitiendo obtener ahorros económicos, incrementar rendimientos, mejorar la salud general de las plantas y regenerar paulatinamente las características físicas, químicas y biológicas de los suelos (Gómez *et al.*, 2003). Entre los organismos microbianos más estudiados y empleados como biofertilizantes y antagonistas de enfermedades se encuentran las bacterias *Rhizobium*, *Azospirillum* y los hongos micorrílicos arbusculares como *Glomus*, entre otros.

Con base en lo antes señalado, consideramos que este trabajo modestamente pudiese favorecer el uso de biofertilizantes para aquellos productores interesados en una agricultura orgánica amigable con el medio ambiente y de bajo impacto ambiental.

## Hipótesis

Las bacterias endófitas y epífitas aisladas de la raíz de *Solanum lycopersicum* (tomate cherry) promueven la germinación de las semillas de tomate cherry.

## Objetivo general

Evaluar los efectos de las bacterias endófitas y epífitas aisladas de *Solanum lycopersicum* (tomate cherry) como promotores en la germinación de sus semillas.

## Objetivos específicos

- Aislamiento de bacterias endófitas y epífitas de la raíz de *Solanum lycopersicum* (tomate cherry).
- Evaluar el efecto de las bacterias en la germinación de la semilla de *Solanum lycopersicum* (tomate cherry).

## Metodología

### Aislamiento de Bacterias

A partir de la raíz de una planta de tomate cherry se dividió la muestra en dos, 1,769 gramos para el aislamiento de bacterias epífitas y 1,675 gramos para las bacterias endófitas, ambas muestras fueron lavadas en agua para retirar la tierra que tenían. Una de las muestras fue desinfestada para quitar las bacterias que quedan fuera y así asegurarse sólo de aislar las de dentro, la desinfestación se realizó lavando la muestra en etanol y luego en agua estéril, para proceder a molerla, luego ambas muestras (molida y entera) fueron

puestas en tampón PBS (tampón fosfato salino) pH 7,2 y llevadas al sonicador por 5 minutos. Luego de esto se realizaron diluciones seriadas de 1:10; 1:100; 1:1000; 1:10000 con tampón PBS y se dispuso a sembrar en placas con medio de cultivo TSA (Agar tripticasa Soja). La siembra fue con rastillo poniendo 100 µL de cada dilución por duplicado en las placas y se dejó incubando por aproximadamente 48 horas a 25°C.

Posterior a ello se realizó el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) a las placas en donde era más fácil hacerlo, aquellas que tenían mayor factor de dilución, además se realizó el recuento de colonias diferentes y se aislaron. La aislación de realizó también en placas Petri con medio de cultivo TSA al 50%, pero esta vez con el método de siembra por estrías y al igual que las anteriores se dejaron incubar de 24 a 48 horas a 25°C.

### Tinción Gram

La muestra se dispuso en un portaobjeto previamente marcado con el nombre de la cepa en lápiz grafito y fue fijada mediante calor. Posterior a ello, se agregó cristal violeta en cantidad suficiente para cubrir el frotis y se dejó actuar por 1 minuto, después se lavó con el mínimo de agua para eliminar el exceso de colorante cuidando que el chorro no cayera directamente en la muestra, se le agregó lugol en cantidad suficiente para cubrir el frotis y se dejó actuar por 1 minuto. Se lavó con agua nuevamente y se decoloró con alcohol hasta que el efluente saliera incoloro y se lavó con agua para eliminar el exceso de disolvente, después se agregó safranina en cantidad suficiente hasta cubrir el frotis y se dejó actuar 1 minuto, se lavó con agua para eliminar el exceso del colorante de contraste y se puso a secar la preparación a temperatura ambiente, posterior a ello se observó al microscopio.

### Ensayo de Germinación de Semilla

Las 8 cepas seleccionadas anteriormente fueron sembradas en el medio TSA de forma estriada y fueron incubadas de 24 a 48 horas. Posteriormente se preparó el inóculo en caldo TSB (triptona de soja) al 50%, para las 8 diferentes cepas, en agitación por 16 a 18 horas.

Se preparó el patrón (McFarland) como referencia para ajustar la concentración de cada solución a 0,5 McFarland, es decir, a la primera turbidez visible, lo que equivale a 108 células/mL. Para disolver se utilizó agitación con Vortex, por 1 minuto.



### Tratamiento de las Semillas

Las semillas fueron desinfectadas en alcohol al 70% por 3 minutos. Después fueron enjuagadas 5 veces con agua destilada estéril. Finalizado el enjuague, se sumergieron en hipoclorito de sodio al 3% por 3 minutos y por último se enjuaga 5 veces con agua destilada estéril, se disponen en una placa Petri con toalla nova estéril para acelerar el secado de las semillas.

Se sumergieron las semillas estériles dentro del caldo de bacterias en medio PBS, se agitó por 5 minutos aproximadamente y se pusieron en una cámara oscura -placa Petri con papel absorbente y una malla donde se dispusieron las semillas-, se incubó en oscuridad entre 20-25°C y se controló diariamente la germinación por aproximadamente 15 días.

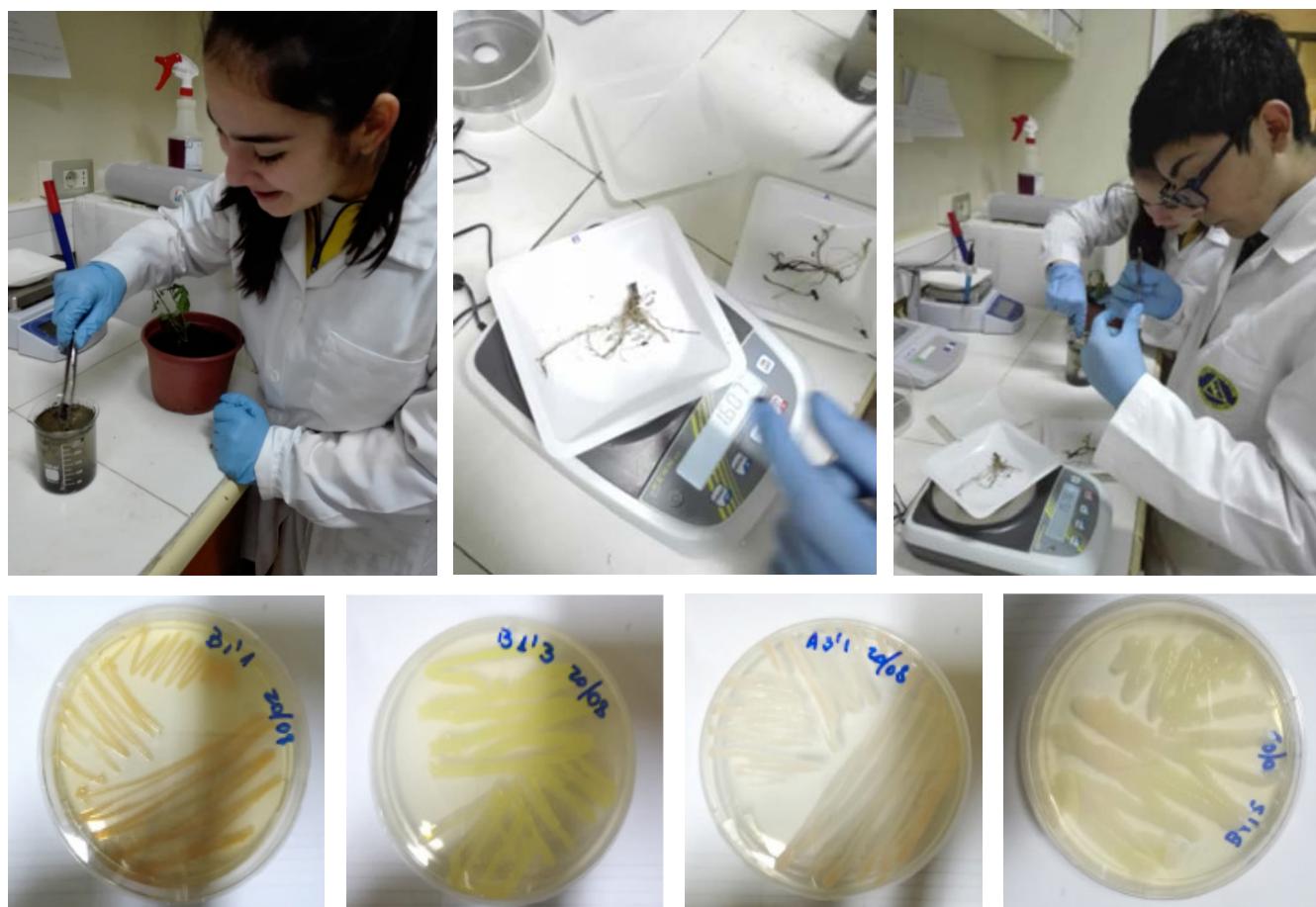
### Resultados

Las colonias bacterianas obtenidas tanto epífitas como endófitas se mantuvieron en cultivo sobre medio TSA 50% y se les llevó a cabo una caracterización morfoló-

gica basándose en los criterios de forma colonial, el tipo de superficie, elevación del crecimiento y tipo de borde, dándoles nombre a cada cepa distinta según lo observado. Algunas se mostraron blancas, amarillas, naranjas y rosadas, con aspecto lechoso la mayoría pero una en particular con una especie de filamentos, las que presumiblemente sean bacterias propias de la rizosfera de la planta.

Al realizar la tinción gram a ocho cepas seleccionadas, cinco de estas demostraron ser gram positivo (+) y tres, gram negativo (-). En cuanto a sus características morfológicas seis cepas demostraron ser cocos y tres bacilos.

También se evaluó el efecto de las bacterias endófitas y epífitas en la germinación de las semillas, para ello se eligieron 8 cepas anteriormente seleccionadas en el proceso de aislación y se dejaron en promedio 6 a 7 días germinar, de los 8 aislados 3 presentaron una estimulación en la germinación. Los aislados que presentaron esta característica fueron B'1.2, A3.3 y A'3.1. El aislado B'1.2 (endófito) presentó una velocidad de germinación de 9,14 semillas germinadas por día y el



tiempo en que comenzaron a germinar fue de 2,5 días, mientras que para A3.3 (epífita) la velocidad fue de 10,5 semillas germinadas por día y el tiempo en que comenzaron a germinar fue de 4 días, mientras que para la cepa A'3.1 (epífita) la velocidad fue de 10,25 semillas germinadas por día y el tiempo en que se demoró en germinar fue de 4 días (Tabla N° 1, Gráfico N° 1 y N° 2).

Todos los aislados generan una mayor velocidad de germinación de semillas, pero no alcanzan a ser diferencias significativas, debido a que las desviaciones estándar son altas y no se presentan diferencias significativas en los porcentajes de germinación de semillas a los 7 días.

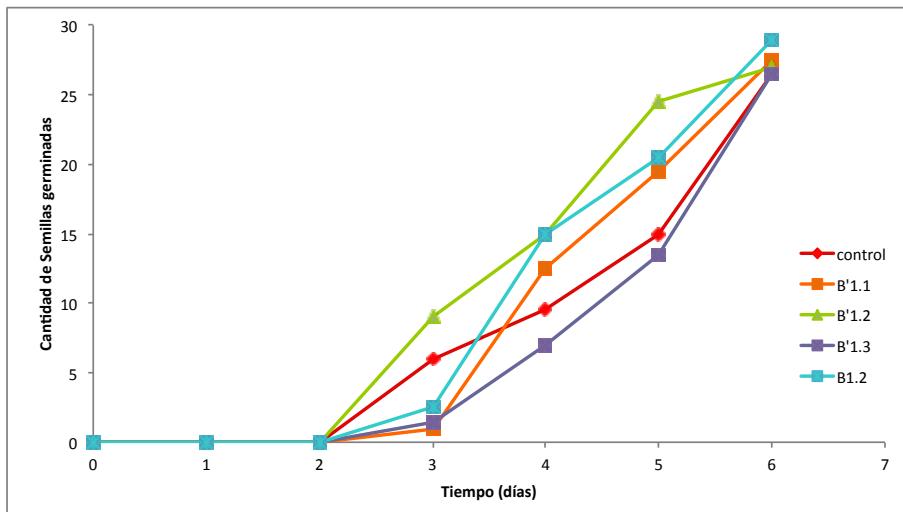


Gráfico N° 1. Semillas germinadas de tomate Cherry por día inoculadas con bacterias endófitas.

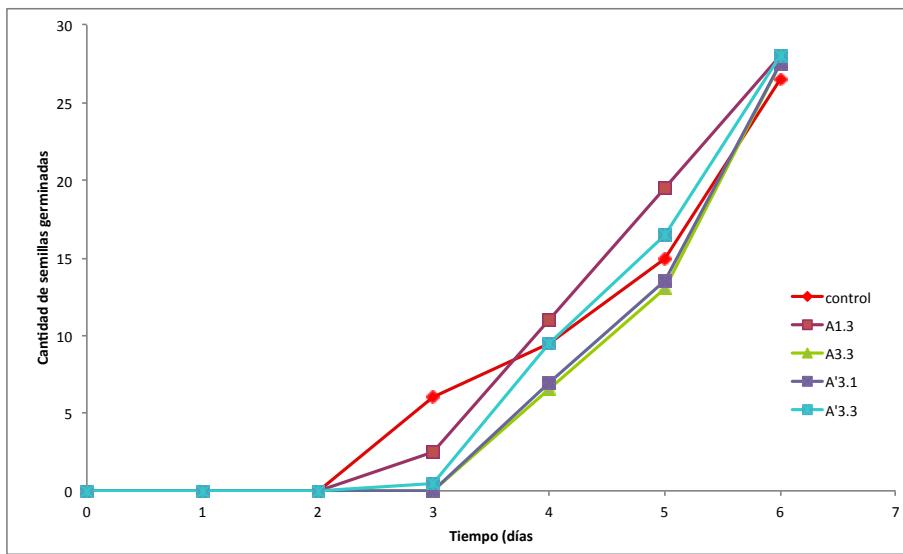


Gráfico N° 2. Semillas germinadas de tomate Cherry por día inoculadas con bacterias epífitas.



Tabla N° 1. Velocidad de germinación, porcentaje de germinación a las 7 días y tiempo de inicio de la germinación de semillas de Tomate cherry inoculadas con bacterias Epífitas y Endófitas de Tomate Cherry.

Aislado	Origen	Velocidad (semillas germinadas/día)	Germinación		Porcentaje (%)
			Tiempo inicio (días)		
Control	sin bacterias	6,70	3		93,3
B'1.1	Endófita	8,65	3		100
B'1.2	Endófita	9,14*	2,5		91,7
B'1.3	Endófita	8,15	3		91,7
B1.2	Endófita	8,50	3		100
A1.3	Epífita	8,50	3		98,4
A3.3	Epífita	10,5*	4		96,7
A'3.1	Epífita	10,25*	4		100
A'3.3	Epífita	8,95	3		95

\* Valores con diferencias significativas con respecto al control.

## Discusión

Las diferencias en la cantidad de los aislados tanto epífitos como endófitos obtenidos de la raíz de una planta de tomate cherry, pueden evidenciar la influencia de factores ambientales locales sobre las microfloras presentes en la raíz. El método de cultivo en placa y el período de incubación por 15 días resultaron efectivos para la observación de las características de las bacterias y elegir 8 cepas para el ensayo de germinación.

En el caso de los microorganismos epífitos aislados a partir de 1,769 gramos de la raíz de la planta, se obtuvieron 795000 UFC (unidades formadoras de colonia) mientras que para los aislamientos bacterianos endófitos 4100 UFC de aislamientos bacterianos, esta diferencia puede deberse principalmente porque la penetración de las bacterias endófitas es más difícil en la raíz que las epífitas, ya que las endófitas pueden residir en tejidos de las plantas, principalmente espacios intercelulares, raramente en espacios intracelulares y dentro de tejidos vasculares (Macculley, 2002) y pasan al tejido a través de los estomas, heridas y áreas de emergencia de raíces laterales. La cantidad de organismos endófitos es altamente variable, ya que depende de la especie de bacteria y el genotipo de la planta hospedera, además del estado de la planta, la densidad del inóculo y las condiciones ambientales (Pillay y Norwalk, 1997).

El comportamiento de mayor abundancia de las bacterias como epífitos observado, podría ser explicado debido a que se apunta que las bacterias podrían tener una ventaja competitiva con respecto a la colonización de la rizosfera frente a los demás microorganismos y además investigaciones realizadas en Estados Unidos y en Europa en los últimos años han determinado la

presencia de bacterias epífitas en plantas sensibles a heladas reportándose como catalizadores activos para la formación de núcleos de hielo, aumentando la posibilidad de que sean estas bacterias, las que limiten el enfriamiento de esas plantas (Lindow, 1983a; Lindow, 1983b).

En el ensayo de tinción gram de los ocho aislados, 5 fueron gram positivo y 3 negativos, dentro de este tipo de caracterización pueden existir bacterias del tipo *Azospirillum* (gram negativo), *Azotobacter* (gram negativo), *Rhizobium* (gram negativo), *Pseudomonas* (gram negativo) y *Bacillus* (gram positivo), todas ellas bacterias promotoras de la germinación y crecimiento de plantas y la mayoría gram negativo. Probablemente nuestra cantidad de bacterias gram positivos (cinco) frente a las gram negativo (tres) se deba principalmente a bacterias del tipo *Bacillus*, pero esto debería ser corroborado por una caracterización con ADN.

Para el ensayo de germinación de los ocho aislados, tres presentaron características promotoras de la germinación, dos de ellas epífitas y una endófita. Si las bacterias epífitas promueven más la germinación de las semillas que las endófitas no lo sabemos, debido a que esta información no está registrada, ya que no existen investigaciones de este tipo en esta planta, por lo tanto, nuestra investigación podría ser un precedente para investigaciones futuras.

De acuerdo a la información experimental obtenida, nuestra hipótesis de investigación pudo ser contrastada y los aislados de la raíz del tomate cherry pueden ser propuestos como un biofertilizante, lo que podría ser de gran ayuda a la industria agrícola.



## Conclusión

Se aislaron las bacterias endófitas y epífitas de la raíz de *Solanum lycopersicum* (tomate cherry).

Se obtuvo una mayor cantidad de aislados epífitos con respecto a los endófitos para la raíz aislada de tomate cherry.

La mayor parte de los aislados fueron gram positivo (+) y cocos.

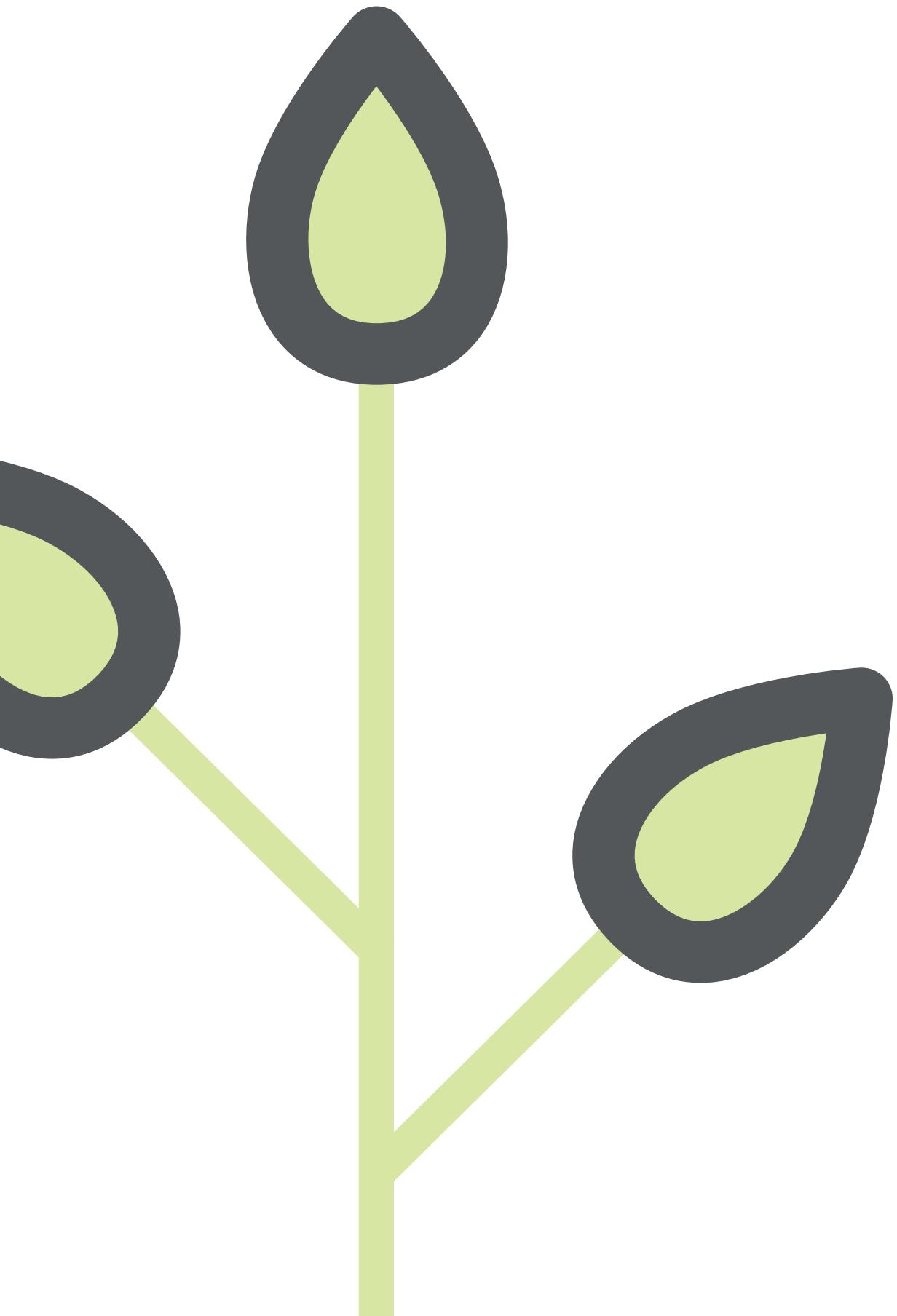
Los aislados B'1.2, A3.3 y A'3.1 estimulan la germinación de semillas de tomate Cherry aumentando su velocidad de germinación, teniendo el potencial uso como fertilizante natural.

Los aislados de bacterias endófitas y epífitas no tienen efecto en el porcentaje de germinación de semillas de tomate Cherry a los 6 días.

## Bibliografía

- Briz J. 2004. Agricultura ecológica y alimentación. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Flores J, Ojeda-Bustamante W, López I, Rojano A, Salazar I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. Terra Latinoamericana 25: 127-134.
- Gómez T, Gómez C, Schwentesius R. 1999. Desafíos de la agricultura orgánica comercialización y certificación. Editorial Mundi-prensa, México.
- Lindow S. 1983a. The role of bacterial ice nucleation in frost injury to plants. Ann Rev Phytopathol 21: 363-384.
- Lindow S. 1983b. Methods of preventing frost injury caused by epiphytic ice nucleation-active bacteria. Plant Dis 67: 327-333.
- Macculley M. 2002. Niches for bacterium endophytes in crop plants: A plant Biologists view. Aust J Plant Physiol 28: 983-990.
- Organización de las Naciones Unidas. 2001. El estado mundial de la agricultura y alimentación, Roma, Italia.
- Pérez A, Rojas J, Fuentes J. 2010. Diversidad de bacterias endófitas asociadas a raíces del pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa*) en tres localidades del Departamento de Sucre, Colombia. Acta Biol Colomb 15: 219-228.
- Pillay V, Norwark J. 1997. Inoculum, density, temperature, and genotype effect on in vitro growth promotion and epiphytic and endophytic colonization of tomato (*Lycopersicon esculentum L.*), seeding inoculated with a *Pseudomonas* bacterium. Can J Microbiol 43: 354-361.
- Rosenblueth M, Martínez-Romero E. 2006. Bacterial endophytes and their interaction with host. Mol Plant Microbe Interact 19: 827-837.





# ¿De qué forma contribuye un eclipse de sol para realizar ciencia?

BREVES

## ANDREA JARA



Especialidad Biotecnología y Procesamiento de Minerales

Escuela República del Ecuador E-79  
Antofagasta, Segunda Región

Chile será testigo de este eclipse solar total el cual es una oportunidad única para realizar ciencia fuera del aula de clases. El eclipse contribuye a poner sobre la mesa el tema de la astronomía y acercar estos contenidos que parecen tan lejanos a la ciudadanía, en especial a los niños y niñas. Es una instancia para poder enseñar de una manera didáctica y observar este fenómeno en primera fila y no a través de un libro que en estos tiempos más modernos resulta monótono para los escolares. Es una excusa perfecta para a salir a terreno, organizar una visita con el curso o academia científica para poder observar y poder repasar el sistema solar con sus planetas, el origen de la vida, los movimientos de la tierra, las fases lunares, las capas de la atmósfera solar, los tipos de eclipses y las etapas de este, además aprender como se observa un eclipse de manera segura y como proteger nuestros ojos. Los docentes, científicos y los que sientan la necesidad de transmitir su conocimiento acerca de este tema puedan conversar con niños, explicarles y resolver dudas, porque al final... ellos serán los futuros científicos y científicas.

## ALAN AVILA



Especialidad Física

Colegio San Vicente-Altazor  
Viña del mar, Quinta Región

Sin duda un eclipse de sol es un acontecimiento que llama la atención, tanto los amantes de la ciencia como quienes no se han aventurado mucho en la comprensión de la naturaleza detienen su rutina en forma obligada y se concentran por algunas horas en esperar, observar y comentar un fenómeno astronómico. Este evento genera una curiosidad transversal, las personas se hacen preguntas y se maravillan independientemente de sus gustos o conocimientos. Cuando pensamos en la ciencia creemos que se trata sólo de tecnicismos y leyes que están fuera de nuestra compresión o intereses, sin embargo, quienes la viven día a día compartirán conmigo que realizarla no es más que hacerse preguntas y maravillarse con la naturaleza. El dos de julio cuando todos los ojos estén mirando el sol y el día se vuelva noche, todos seremos científicos, porque hacer ciencia no es resolver ecuaciones complejas que solo comprenden algunos pocos, es fundamentalmente cuestionarse guiado por la curiosidad y la perfección de nuestro entorno. Si a este ingrediente principal le sumamos un método para dar respuesta a las interrogantes seremos hombres y mujeres de ciencia. El eclipse debe ayudarnos a recordar que el afán por entender surge de manera natural, la ciencia nos pertenece a todos y democratizarla es el deber de quienes se vinculan con ella.

## ROCÍO DEL PILAR IRIBARREN



Especialidad Química

Escuela Ecológica Humberto González  
Echegoyen D-121 (Ex Monitora)

Antofagasta, Segunda Región

Este contribuye de una forma enorme en acercar la ciencia a la comunidad, los curiosos comienzan a investigar sobre que es y como poder observarlo. Siendo Antofagasta, una región de gran carácter astronómico, este es un evento trascendental, el cual plantará la semilla de la astronomía en cada persona. Posteriormente, más de algún niño llegara a consultar a internet o a sus profesores de ciencia sobre el tema. Muchos, en especial la gente que es fan de la astronomía, ya están comprando los lentes que se necesitan o preparando sus lentes artesanales. Además, en mi ciudad se han realizado charlas informativas sobre el eclipse que veremos, y también se ha explicado de el en medios de comunicación, principalmente, se han dado cuenta que es algo único que se podrá observar, al menos en nuestra ciudad, en un 80%. Por lo cual, la gente se está informando sobre ello. La principal pregunta, es si el hermoso cielo azulado estará despejado y nos permitirá hacer ciencia, observando este maravilloso fenómeno.

## CÉSAR PIÑONES



Especialidad Ciencia Escolar en  
Biodiversidad de Zonas Áridas

Colegio Cumbres del Choapa

Salamanca, Cuarta Región

Trabajo en la Región Estrella, en el Valle de Choapa; un lugar apartado de los centros de investigación. Desde este contexto, el eclipse solar nos invita a repensar como promovemos y generamos ciencia desde la escuela. Durante los meses previos al eclipse, postulamos a una de nuestras estudiantes a una beca del Ministerio de Educación para jóvenes talentos en astronomía. El premio; una visita al Observatorio La Silla para presenciar el eclipse. La trayectoria de esta estudiante, pese a que en nuestra provincia no hay centros de divulgación y observatorios astronómicos, da cuenta de cómo las escuelas pueden promover el desarrollo de diálogo creativo y sinérgico en ciencias, vía academias y proyectos. Dichos espacios promueven comunidades educativas intelectuales y deliberantes en favor de la ciencia. Esto se entrelaza con los valores del quehacer científico moderno, los cuales nos hablan de cooperación multidisciplinaria y en red, la valoración de la curiosidad y la búsqueda incesante de mejores respuestas. Este eclipse es una interpellación para que toda comunidad escolar, impacte su entorno generando conocimiento. La ciencia debe ser democratizada no sólo en su difusión a la ciudadanía, sino que en su producción, más aún si se trabaja entre cerros y quebradas. Un fenómeno astronómico como este, es una oportunidad de asombro y curiosidad, para movilizar preguntas e investigación situadas en el territorio.

## MARÍA CAMBLOR

Especialidad Biología y Ciencias Naturales

Colegio María Mazzarello  
y Liceo Gabriela Mistral

Puerto Natales, Décima Segunda Región



La Real Academia Española define ciencia como el conjunto de conocimientos sistemáticos en torno a los fenómenos naturales. Pues bien, uno de los tantos fenómenos naturales que ha marcado la historia de la humanidad son los que tienen relación con los astros. Se sabe que los mayas pensaban que, en un eclipse solar, la luna devoraba el sol, pues desconocían que este es un fenómeno de alineación cósmica perfecta, donde la luna oculta el sol desde la perspectiva de la tierra. Un eclipse solar puede ser incluso uno de los fenómenos más sorprendentes utilizado como una gran forma de cuestionarse el universo y sus maravillas. Además de presentarse como una oportunidad de estudio desde distintas disciplinas del conocimiento, por ejemplo: astronomía, estadística, física, historia, geografía, matemáticas, etc. Lo maravilloso de esto, es que cuestionarse es algo innato en el ser humano y propio del método científico, por lo tanto, cualquier oportunidad desde la mas imperceptible para el ojo humano, por ejemplo, multiplicación celular, hasta la mas obvia de las situaciones, como un eclipse solar, se presentan como oportunidades para "hacer ciencias". Invito a todos a mirar el cielo el 2 de julio del presente año y observar como "la luna se devora el sol". A asombrase de la Naturaleza y a cuestionarse, puesto que ese es el punto de partida del conocimiento científico.

## IVÁN PINCHEIRA

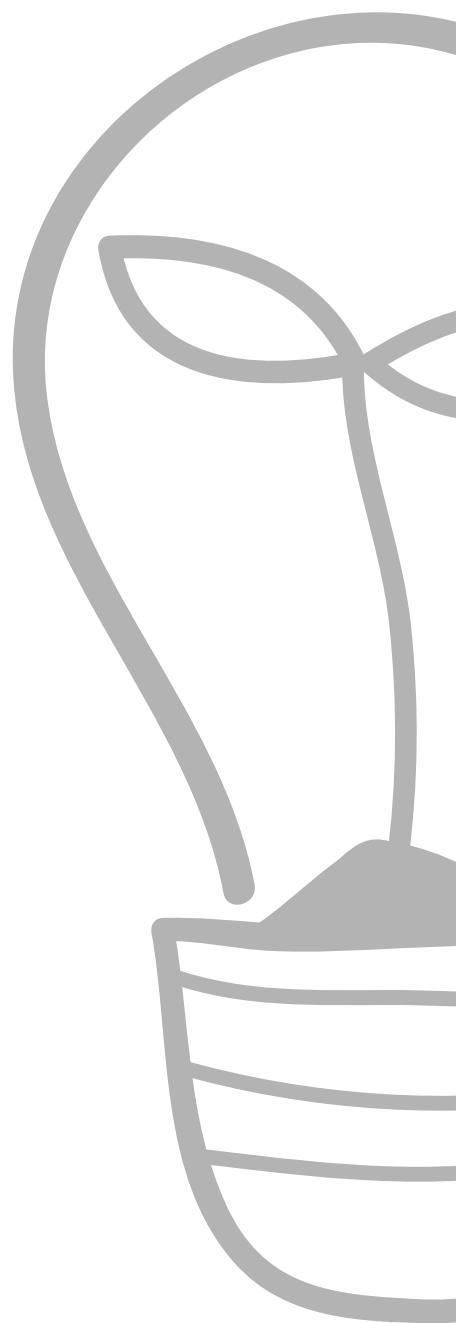
Especialidad Biología y Ciencias Naturales

Colegio de los Sagrados Corazones  
de Concepción, Hualpén

Concepción, Octava Región



Hacer ciencia hoy, es un valor agregado al avance cultural y científico de un país, y como educadores es un desafío, debemos ser creativos para encantar a nuestros estudiantes con un fenómeno natural espectacular como el eclipse, que se producirá el 2 de julio; día de luz y sombra. En todas las épocas de la humanidad asombra por la curiosidad, los temores y desconocimientos de sus causas y efectos sobre el hombre y el comportamiento de los organismos vivos. El desarrollo del aprendizaje científico escolar debe considerar; el interés por la observación y análisis de su entorno, construir nuevos conocimientos fomentando la alfabetización, el desarrollo de habilidades de pensamiento científico mediante situaciones de la vida cotidiana (eclipses), el uso de conceptos y habilidades propias de las ciencias y del quehacer educativo dentro y fuera del aula, permitiendo a los estudiantes formular preguntas y buscar respuestas a ellas. El fenómeno eclipse; ayuda a establecer nexos entre el conocimiento astronómico y las actividades de aprendizajes significativas y acerca a niños y jóvenes de todos los niveles escolares hacia las ciencias astronómicas, ellos deben ser integrados como herramientas para elaborar nuevos conocimientos. Los mitos y leyendas sobre el tema en las distintas culturas ancestrales, pueden servir para generar actividades al interior del aula: investigaciones sobre cómo los interpretaban, hacer debates, ensayos, construir modelos; verificando sus hipótesis y predicciones.



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

**PAREXPLORA**  
RMSURORIENTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



UNIVERSIDAD  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

**PAREXPLORA**  
RMSURPONIENTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



UNIVERSIDAD  
DE CHILE

PLANETARIO USACH PRESENTA LA PELÍCULA FULLDOME

# ECLIPSE

UN JUEGO DE LUZ Y SOMBRA



Programa  
EXPLORA CONICYT



DIRECTORA EJECUTIVA: JACQUELINE MOREY C. | PRODUCTOR: ALEJANDRO BASCUÑÁN L. | DIRECTOR DE ARTE: JUAN CARLOS VIDAL B.  
GUION: CAROLINA DÍAZ S. / RAIMUNDO GUZMÁN G. | ASTRÓNOMO ASESOR: SEBASTIÁN PÉREZ | RELATO: FERNANDO SOLÍS L.  
MÚSICA: JORGE GODOY V. | CGI / ANIMACIÓN 3D Y POSTPRODUCCIÓN: FÍSICA POP | ANIMACIÓN 3D: KABOOM  
DISEÑO GRÁFICO: PEDRO SEPÚLYEDA DÍAZ | INVESTIGACIÓN Y ASESORÍA EN ESTÉTICA: CONSTANZA LAGOS C.

[www.planetariochile.cl](http://www.planetariochile.cl)

@planetariochile



# Brotes Científicos

Revista de Investigaciones Escolares

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



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

PARA EXPLORA  
RMSURORIENTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



UNIVERSIDAD  
DE CHILE



explora  
Un Programa CONICYT

PARA EXPLORA  
RMSURPONIENTE  
PROYECTO ASOCIATIVO REGIONAL



UNIVERSIDAD  
DE CHILE