



Facultad de Ciencias  
UNIVERSIDAD DE CHILE



AÑO 2019

24, 25 y 26 DE ABRIL

# X CONGRESO

## Chileno de Física y Química ambiental

Viña del Mar, Chile.

**Libro de Resúmenes  
Conferencias y  
Presentaciones Orales**

**SOCIEDAD DE QUÍMICA AMBIENTAL DE CHILE**  
**Fundada el 29 de Septiembre 2000**

Las Palmeras 3425, Santiago, Chile.  
Casilla 653, Fono : (56-2)6787370, Fax:  
(56-2)6787274, E-mail: [cqa@uchile.cl](mailto:cqa@uchile.cl)

# X Congreso Chileno Física y Química Ambiental

24-26  
ABRIL  
2019  
VIÑA DEL MAR

Libro de Resúmenes

Patrocina



**cca** Centro de  
Ciencias Ambientales  
Facultad de Ciencias Universidad de Chile

Organiza



**SQACH**

Sociedad de Química Ambiental de Chile

# X Congreso Chileno Física y Química Ambiental

24-26  
ABRIL  
2019  
VIÑA DEL MAR

## Libro de Resúmenes

Patrocina



**cca** Centro de  
Ciencias Ambientales  
Facultad de Ciencias Universidad de Chile

Organiza



**SQACH**

Sociedad de Química Ambiental de Chile

## **ORGANIZACIÓN**

**X Congreso Chileno Física y Química Ambiental**

**24 al 26 de abril de 2019**

**Viña del Mar, Chile**

La Sociedad de Química Ambiental de Chile agradece al Centro de Química Ambiental de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile y a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile por el apoyo brindado para la realización de este encuentro científico.

### **Comité organizador**

Dr. Manuel Andrés Leiva Guzmán, Presidente  
Dr. Raúl Morales Segura, Vice-Presidente  
M.Cs. Carlos Hernández, Tesorero  
Dr. Richard Toro Araya, Relaciones Publicas  
Dr. Carlos A. Manzano, Editor  
Sra. Luzmira Carreño, Secretaria Ejecutiva

### **Comité Científico**

M.Cs. Carlos Hernández, UMCE  
Dr. Manuel A. Leiva Guzmán, U. Chile  
Dr. Raúl Morales, Chile, U. Chile  
M.Cs. Itilier Salazar, UFRO (Presidente)

## Programa de Actividades

hora		Miércoles 24	
11:00		Inscripción y entrega de material	
11:30		Colocación de Posters	
15:00		<b>Inauguración</b>	<b>Presidente Dr. Raúl Morales</b>
		Homenaje a la Trayectoria Nacional	Dr. Lionel Gil Hormazábal
15:20	CP1	<b>Conferencia Plenaria</b> "Contaminación Ambiental: Mecanismos de daño sobre la salud"	Dr. Pablo Andrés Evelson, <i>Universidad de Buenos Aires, Argentina</i>
16:30		<i>Café</i>	
		<b>Sección Atmósfera</b>	<b>Autores</b>
17:00	OAt 1.	Potencial oxidativo como métrica para estimar la toxicidad de material particulado atmosférico.	Molina, C.; Andrade, C.; Manzano, C.A.; Toro, R.; Leiva, M.
17:20	OAt 2.	Validación del producto aod modis (nivel 3, colección 5.1) sobre la estación de Aeronet, Arica, Chile.	M.A. Pesántez, S. Segura, V. Estelles, M. D. Freile - Aranda, M. P. Utrillas, J. A. Martínez - Lozano
17:40	OAt 3.	Evaluación del rendimiento y sensibilidad en terrenos complejos del modelo CALPUFF: caso Cerrejón-Colombia.	Arregoces, H.A.; Rojano, R.E.; Angulo, L.A.
18:00	OAt 4.	Coyhaique, la ciudad con mayores concentraciones de mp2.5 en Chile.	Pérez, P.; Menare, C.
18:20	OAt 5.	Black carbon transport between Santiago de Chile and the Andes mountains	Gramsch, E.; Muñoz, A.; Rubio, M.A.; Soto, C.; Pérez, P.; Muñoz, L.
18:40	OAt 6.	Estudio de la dispersión de la contaminación urbana en las ciudades del centro y sur de Chile a través de simulación numérica.	Huneus, N.; Menu, L.; Mailler, S.; Valari, M.; Lapere, R.; Osses, M.; Schueftan, A.; Reyes, R.; Calvo, R.; Alamos, N.; Gallardo, L.; O'Ryan, R.; Seguel, R.; Tolvet, S.
19:20	OAt 7.	Black carbon transport between Santiago de Chile and the Andes mountains.	Gramsch, E.; Muñoz, A.; Rubio, M.A.; Soto, C.; Pérez, P.; Muñoz, L.
20:30		<i>Cóctel de Recepción</i>	

## Programa de Actividades

hora		Jueves 25	
		<i>Sección Aguas y Suelos</i>	<i>Autores</i>
09:00	OAS 1.	Diferenciaciones de los contenidos de arsénico en agua de consumo en la Provincia de Chaco.	Roshdestwensky, S.E.; Corace, J.J., Pilar S.; Forte J.
09:20	QAS 2.	Identificación y determinación de requerimiento de protección o restauración ambiental para los humedales de la comuna de Valparaíso según su clase de calidad y vulnerabilidad.	Tapia Barraza, G.; Soto Acevedo, E.; Rivera Castro, C.
09:40	OAS 3.	Precipita una experiencia de modificación artificial benéfica en los procesos de precipitación para el desarrollo de acuíferos sustentables en Mendoza (Argentina).	Perez, R.C.; Castillo, M.
10:00	OAS 4.	Matriz mesoporosa autoensamblada para la adsorción de Lantano.	Castillo, X.; Gómez, M.; Pizarro, J.
10:20	OAS 5.	Análisis temporal de la variación del espejo de agua de los embalses Recoleta, Cogotí y la Paloma por medio de herramientas de teledetección.	Fuentes-Jaque, G.; Carreño, S.; Soto-Mundaca, G.; Morales-Salinas, L.
10:40	OAS 6.	Determinación de metales pesados V, Ni y Cr en suelos superficiales de Coronel.	Sanhueza-Villanueva, D.; Neira-Hinojosa, J.; González-Sepúlveda, E.
11:00	OAS 7.	Aproximación al modelamiento de evaporación en lake Way (Australia) para la explotación de litio, a través de modelos autoregresivos de media móvil temporal.	Mera, E.; Pacheco, P.; Correa, R.; Figueroa, E.; Gutiérrez, L.; Ríos, C.; Miranda, E.
11:30		<i>Café</i>	
		<i>Conferencia Plenaria</i>	
12:00	CP2	“Química Ambiental, Derecho y Políticas Públicas”	Francisco Agüero Vargas, <i>Universidad de Chile</i>

## Programa de Actividades

hora		Jueves 25	
		<i>Sección Gestión y Tecnología Ambiental</i>	<i>Autores</i>
15:00	OGTA 1	Describiendo los problemas de la calidad del aire mediante un marco ontológico, un caso para Chile.	Jacome, M.; Manzano, C.A.; Toro, R.; Leiva, M.
15:20	OGTA 2	Gestión del riesgo de los acueductos rurales en la zona norte de Costa Rica.	Araya Rodríguez, F.; Moreira-Segura, C.; Navarro Garro, A..
15:40	OGTA 3	El coeficiente de atenuación lineal y el método de atenuación de rayos gama (gam) usado para el análisis de suelos.	Figueroa, E.; Mera, E.; Pacheco, P.; Miranda, E.; Miranda, P.; Sepúlveda, A.; Wachter, J.; Correa, R.
16:00	OGTA 4	Obtención de biodiesel mediante diferentes métodos caseros.	Hunter, E.; Varnero, M.T.
16:30		<i>Café</i>	
17:00	OGTA 5	Caracterización cepas bacterianas degradadoras de iprodiona, aisladas desde un sistema de bipurificación de plaguicidas.	Donoso-Piñol, P.; Leiva, B.; Lamilla, C.; Diez, M.C.
17:20	OGTA 6	Análisis y estudio de temáticas ambientales con tecnologías atómicas y nucleares.	Correa, R.; Sepúlveda, A.; Miranda, E.; Wachter, J.; Miranda, P.; Mera, E.; Pacheco, P.; Figueroa, E.
17:40	OGTA 7	Estudio de las propiedades físicas de una antorcha de plasma usada para el manejo de residuos.	Figueroa, E.; Correa R.; Fuentes, V.
18:00	OGTA 8	Uso de biomasa residual en sistemas de combustión para la producción de energía.	Salazar, I.; Jara, A.; Farías, O
19:00		<i>Defensa de Pósters</i>	
19:30		Reunión de la Sociedad de Química Ambiental de Chile	
20:30		<i>Cena</i>	

## *Programa de Actividades*

hora		Viernes 26	
		<i>Sección Educación Ambiental</i>	<i>Autores</i>
09:30	OEA 1	Diseño e implementación de un recurso didáctico digital para la enseñanza de la unidad estequiometría.	González-Sepúlveda, E.; Medina-Pederos, V.; Neira-González, V.
09:50	OEA2	Programa interuniversitario de doctorado bimodal: fortalecimiento de la investigación en Educación Ambiental en el contexto de la sostenibilidad ambiental del recurso hídrico en la Región Mesoamericana.	Moreira-Segura, C.; Araya Rodríguez, F.
10:10	OEA3	Implementación de un plan de Educación Ambiental para el uso sostenible del recurso hídrico en comunidades rurales de Costa Rica.	Moreira-Segura C.
10:30		<i>Café</i>	
		<i>Inscripción Abierta al Simposio</i>	
		<b>SIMPOSIO</b>	
		<b>EDUCACION AMBIENTAL</b>	<b>Conferencistas</b>
11:00		Educación Ambiental: Salud y Cambio Climático	Dr. Daniel Henríquez Gallardo Fundación Meri
11:30		Educación Ambiental: Formación Ciudadana	Dr. Raúl G.E. Morales Segura Universidad de Chile
12:00		Mesa Redonda: Educación Ambiental en Chile	Panelistas: Dr. Italo Serey Estay Dr. Daniel Henríquez Gallardo Dr. Raúl G.E. Morales Segura
13:00		<b>Premiación de Pósters</b>	
13:30		<i>Almuerzo de Clausura</i>	

## Editorial

Hoy damos inicio al décimo Congreso de Física y Química Ambiental tras un período de veintidós años de compartir como comunidad científica el desarrollo de disciplinas que nos unen en el campo de las Ciencias Ambientales, únicos referentes formales en nuestro país.

En este fructífero caminar hemos ido recorriendo los diversos caminos de nuestra propia geografía, encontrando cultores diversos desde Arica hasta Pucón, pasando por Jahuel, Olmué, Viña del Mar, Santiago, Punta de Tralca, Concepción y Temuco. Y hoy volvemos nuevamente a la ciudad de Viña del Mar. Hemos hecho camino al andar y hoy miramos con satisfacción que no hemos arado en el mar. Por el contrario, hemos ido sembrando en las nuevas generaciones de investigadores el interés por conocer más acerca de nuestra Biósfera, de nuestros Ecosistemas y de los efectos que sobre el Medio Ambiente ha traído consigo el desarrollo económico y social, que en muchas de las veces, los beneficios para algunos pocos se han transformado en verdaderas pesadillas para muchos de los habitantes que pueblan los diversos rincones de nuestro hermoso y diverso país.

En los diferentes encuentros nacionales que ya hemos sostenido, hemos ido consolidando nuevas líneas de investigación, nuevos resultados de exploraciones científicas, las que a su vez han dado pie para un sin número de tesis de grado o memorias de titulación, las que han acreditado la formación de nuevos profesionales para atender las demandas que nuestra sociedad ha ido consolidando desde la evolución gradual y sistemática de nuestro propio Sistema Nacional Ambiental. Así, hoy nos encontramos con un Chile que en su estructura jurídica cuenta con una Ley de Bases del Medio Ambiente, un Ministerio del Medio Ambiente, un Servicio de Evaluación Ambiental de Proyectos, una Superintendencia del Medio Ambiente y Tribunales Ambientales, más una serie de Reglamentos Ministeriales que van en la línea de ir mejorando nuestra construcción ciudadana de vivir de manera más íntegra en una interrelación con nuestro hábitat y el compromiso ético de legar un planeta que pueda seguir albergando a las generaciones futuras que nos han de seguir.

En lo particular entramos a inaugurar un nuevo Congreso con más de setenta presentaciones científicas, además de un Simposio en Educación Ambiental, cuyo objetivo se dirige a incentivar y dar más elementos de apoyo a nuestros Profesores de la Enseñanza Primaria y Secundaria en su ardua labor tendiente a dar una apropiada formación ciudadana ambiental a los estudiantes adolescentes de nuestra patria. Es a través de estas presentaciones científicas, correspondientes a treinta y dos exposiciones orales y cuarenta presentaciones de posters, que con sus significativos aportes vienen a dar forma y sustento a este nuevo encuentro nacional, con participantes de diferentes instituciones de nuestro país y de países vecinos. A todos ellos damos la más calurosa bienvenida y les deseamos que durante la estadía de estos tres días de congreso sean fructíferos en consolidar lazos de una estrecha colaboración científica y de una sólida y fraterna amistad.

En nombre de la Sociedad de Química Ambiental de Chile hago expreso nuestros agradecimientos y gratitud a todo el Comité Organizador que han contribuido al buen éxito de estas jornadas, a nuestros expositores plenarios y al Centro de Ciencias Ambientales de la Universidad de Chile, nuestra institución patrocinante, que han hecho posible que podamos compartir en un espacio agradable, que nos invita al encuentro, a la reflexión y al diálogo, aquí, junto al mar.

Bienvenidos todos al Décimo Congreso de Física y Química Ambiental,

Dr. Raúl G.E. Morales Segura  
Presidente  
Sociedad de Química Ambiental de Chile

# *Conferencias Plenarias*

---

10

ID: CP-1

## CONFERENCIA 1

Miércoles, 24 de abril de 2019

### Contaminación ambiental: Mecanismos de daño sobre la salud

**Pablo Evelson**

Universidad de Buenos Aires, CONICET, Instituto de Bioquímica y Medicina Molecular (IBIMOL), Cátedra de Química General e Inorgánica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: [pevelson@ffyb.uba.ar](mailto:pevelson@ffyb.uba.ar)

En su último informe, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la contaminación ambiental es causante de 7 millones de muertes anuales. Entre las principales causas se encuentran diversas enfermedades respiratorias, como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el cáncer de pulmón e infecciones respiratorias bajas; y afecciones cardiovasculares, como el accidente cerebrovascular (ACV) y la cardiopatía isquémica. A pesar de que la contaminación ambiental está compuesta por una mezcla compleja de diversos gases (como el monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos del nitrógeno, ozono) y partículas en suspensión, numerosos estudios epidemiológicos identifican a dicho material particulado (MP) como el principal responsable de los incrementos en las tasas de morbilidad y mortalidad cardiopulmonar. Dentro de los mecanismos de toxicidad inducida por contaminantes particulados, los más estudiados son los procesos inflamatorios y la producción de especies oxidantes y la consecuente ocurrencia de estrés oxidativo.

Las investigaciones realizadas por nuestro grupo de trabajo muestran que la exposición aguada de instilación intranasal al MP modelo de contaminación ambiental Residual Oil Fly Ash induce la ocurrencia de estrés oxidativo pulmonar, y una respuesta inflamatoria local y sistémica, que repercute en la función cardíaca. En este contexto, la liberación de citoquinas proinflamatorias por parte de los macrófagos alveolares desempeña un rol central. Actualmente, hemos comenzado a trabajar con un modelo de exposición crónica. A diferencia de la instilación, este modelo animal utiliza un protocolo de exposición continua en cámaras especialmente diseñadas, que dirigen el aire de la ciudad (aire contaminado) directamente hacia el interior de estas donde se colocan los ratones. El grupo de animales control sigue el mismo protocolo de exposición, pero respiran aire filtrado totalmente libre de contaminación, obtenido a partir del uso de distintos filtros colocados en el flujo de aire. En un primer acercamiento, ratones BALB/c macho de 8 semanas fueron expuestos por un período de tiempo corto (15 días), o a más largo plazo (3 meses), con el objetivo de diferenciar efectos tempranos y tardíos de la exposición a la contaminación ambiental. Se estudió el tejido pulmonar en busca de signos de inflamación local, junto con un perfil básico de niveles de citoquinas proinflamatorias en plasma, y marcadores de metabolismo oxidativo en cerebro y corazón. Los resultados obtenidos sugieren que a tiempos relativamente cortos de exposición (15 días), no se observan signos de inflamación local o sistémica, ni cambios en el metabolismo cardíaco. Sin embargo, aún en ausencia de una respuesta inflamatoria, se encontró una alteración del metabolismo oxidativo a nivel de la corteza cerebral. Por otro lado, a tiempos de exposición más prolongados (3 meses) en presencia de signos de inflamación pulmonar y sistémica, se observan cambios en el tejido cardíaco. En este punto, se encontró un aumento en el área de infarto en los animales expuestos. Desde el punto de vista mecanístico, este grupo mostró alteraciones en la función mitocondrial, caracterizada por una disminución en la respiración mitocondrial activa, cambios en el potencial de membrana, un aumento en la producción de especies activas del oxígeno y una caída en la velocidad de producción de ATP.

Una mayor comprensión de los mecanismos subyacentes disparados por la exposición a MP permitiría un acercamiento más específico que para enfrentar los efectos tóxicos de este tipo de contaminante y brindaría herramientas más eficaces para disminuir la sensibilidad individual al mismo.

## CONFERENCIA 2

Jueves, 25 de abril de 2019

### QUÍMICA AMBIENTAL, DERECHO Y POLÍTICAS PÚBLICAS

**Francisco Agüero Vargas**

Universidad de Chile, Facultad de Derecho,  
correo electrónico : faguero@derecho.uchile.cl

La presentación busca exponer cómo la regulación del aire y medio ambiente se enfrentan y relacionan con el Derecho, y aquellos, con las políticas pública. De este modo, utilizando el ejemplo de herramientas para gestión de contaminación del aire local y contaminación por gases efecto invernadero, como son los planes de prevención y descontaminación del aire (PPDA) y los impuestos “verdes”, se expone cómo el Derecho puede aportar o incluso limitar políticas públicas sobre aire. La exposición partirá desde el rechazo por parte de estudiantes de derecho y abogados por las ciencias “duras”, para pasar a abordar la relevancia y aporte de las ciencias para un mejor trabajo en materia de contaminación del aire (como en otros ámbitos). A la inversa, de la lejanía del Derecho para las Ciencias, se expondrá la necesidad de una mayor cercanía para lograr que la ciencia y las investigaciones logren impactar positivamente en la formulación de políticas públicas. Para abordar ambos puntos, se usarán como ejemplos el PPDA de Concón, Quintero y Puchuncaví y los impuestos verdes contemplados en la Ley N° 20.780. En fin, se mostrará un ejemplo de trabajo interdisciplinario de la academia con motivo de la participación ciudadana del PPDA de Concón, Quintero y Puchuncaví; y cómo se ha logrado que la sociedad civil y en especial, la academia, logren influir efectivamente en herramientas de contaminación del aire.

# *Presentaciones Orales*

---

# *Ciencias de la Atmósfera*

---

## POTENCIAL OXIDATIVO COMO MÉTRICA PARA ESTIMAR LA TOXICIDAD DE MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO

Molina, C.<sup>1</sup>; Andrade, C.<sup>1</sup>; Manzano, C.A.<sup>1,2</sup>; Toro-Araya, R.<sup>1</sup>; Ahumada, H.<sup>3</sup>; Leiva G., M.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>School of Public Health, San Diego State University. San Diego, CA, USA

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Universidad del Bio-Bio, Campus Chillán. Chillán, Chile

\*email: manleiva@uchile.cl

**Palabras Claves:** potencial oxidativo; actividad redox; material particulado; DTT

Los efectos sobre la salud del material particulado (PM) atmosférico están asociados con procesos de oxidación que producen respuestas inflamatorias, como reacción protectora a ambientes contaminados. La capacidad oxidativa de la PM, medida como su potencial oxidativo (PM-OP), es una medida de la capacidad de la PM para oxidar moléculas objetivo, y ha surgido como una métrica de su toxicidad intrínseca. Se puede usar de forma complementaria a la concentración en masa porque integra varias propiedades físicas y químicas de PM relevantes en los procesos de estrés oxidativo, tales como: tamaño, superficie y composición química. El PM-OP no ha sido estudiado en Chile. En el presente trabajo, se presentan mediciones de PM-OP mediante el ensayo de ditiotreitól (DTT) de muestras de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> recolectadas simultáneamente en dos ciudades chilenas: Santiago y Chillán, en las cuales las fuentes de emisión están predominantemente relacionadas con industriales / vehiculares y Combustión de la madera, respectivamente. Los resultados mostraron que el PM-OP en la ciudad de Chillán alcanza valores tres veces mayores a los medidos en la ciudad de Santiago.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen el financiamiento parcial del presente trabajo al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Beca de Doctorado Nacional CONICYT N.º 21181015 (CM), Programa FONDECYT Iniciación 2018 N.º 11180151 (CAM) y FONDECYT Regular 2016 N.º 1160617 (MLG). Los autores agradecen la colaboración en el muestreo en la ciudad de Chillán de Nicolás Vera, Karina Morales y Pablo Gutiérrez; estudiantes de la carrera de pedagogía en ciencias naturales c/m Biología o Física o Matemáticas de la Universidad de Bio-Bio, Campus Chillán.

## VALIDACIÓN DEL PRODUCTO AOD MODIS (NIVEL 3, COLECCIÓN 5.1) SOBRE LA ESTACIÓN DE AERONET, ARICA CHILE

Pesántez, M.A.<sup>1 2\*</sup>; Segura, S.<sup>1</sup>; Estelles, V.<sup>1</sup>; Freile-Aranda, M.D.<sup>1</sup>; Utrillas, M.P.<sup>1</sup>; Martínez-Lozano, J.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física de la Terra y Termodinámica, Universitat de Valencia. Burjassot-Valencia, España

<sup>2</sup>Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

\*email: manuel.pesantez@unl.edu.ec

Palabras Claves: MODIS; CIMEL; AOD; AERONET.

El estudio de los aerosoles es de gran importancia ya que, debido a su alta variabilidad temporal y espacial, constituyen una de las mayores fuentes de incertidumbre en diferentes procesos que ocurren en la atmósfera y que afectan tanto al clima, como a la visibilidad, la calidad del aire y la salud humana. El estudio de sus propiedades puede realizarse empleando diferentes técnicas de medida, todas ellas complementarias. Por un lado, existen métodos de medida *in-situ* con gran resolución temporal en la obtención de las propiedades de los aerosoles, aunque con escasa o nula representatividad en columna. Por otro lado, existen técnicas de teledetección que permiten medir desde el espacio o desde la superficie las propiedades de los aerosoles en columna. La fotometría solar, la técnica del LÍDAR o los sensores a bordo de satélites, son algunos ejemplos. En la última década se han puesto en marcha diferentes misiones enfocadas a la medida de aerosoles mediante técnicas de Teledetección, en las que se emplean sensores como por ejemplo MODIS (Espectroradiómetro de Imágenes de Resolución Media). MODIS es un sensor a bordo de los satélites Aqua y Terra que forman parte de EOS (*Earth Observation System*) cuya misión es monitorizar, entre otros, las propiedades de los aerosoles. MODIS ofrece productos en varios niveles debidamente procesados de propiedades concretas, entre ellas los aerosoles. Los diferentes niveles se diferencian, entre otras cosas, por la resolución espacial de los datos. El producto de nivel 3 es un producto de valor agregado que se deriva de las variables geofísicas de niveles inferiores, especialmente del nivel 2. Contiene diferentes parámetros atmosféricos entre ellos el espesor óptico de aerosoles (AOD) a una resolución espacial de 1° 1°. Los valores de este parámetro se obtienen a partir de las medidas de la radiancia, obtenidas directamente por el sensor MODIS, y sobre las que se aplican diferentes algoritmos en función del tipo de superficie subyacente: océano (Remer et al., 2005) y tierra (Levy et al., 2007). En este trabajo se realiza una validación del espesor óptico de aerosoles proporcionado por el sensor MODIS sobre la estación de Arica, Chile, empleando para ello medidas del espesor óptico obtenido con el fotómetro solar CIMEL CE318 pertenecientes a la red internacional AERONET. Para llevar a cabo la validación de MODIS empleamos el producto MOD08/MYD08 de nivel 3 de la colección 5.1. La validación de las medidas de una celda se realiza considerando el enfoque espacio temporal propuesto por Ichoku et al. (2002), que consiste en comparar las estadísticas espaciales de MODIS con las estadísticas temporales del CIMEL.

Agradecimientos: Hacemos extensivo el agradecimiento a la Universitat de Valencia y la Universidad Nacional de Loja por el apoyo dado a esta investigación.

### Referencias:

- Remer L., et al., *Atmos. Sci.*, 2005, 62, 947–973  
Ruiz J., et al., *Atmos. Chem. Phys.*, 2013, 13, 675–692  
Segura, S., et al., *Atmos. Res.*, 2015, 157, 66-73

## EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y SENSIBILIDAD EN TERRENOS COMPLEJOS DEL MODELO CALPUFF: CASO CERREJÓN-COLOMBIA

Arregoces, H.A.<sup>1\*</sup>; Rojano, R.E.<sup>1</sup>; Angulo, L.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación GISA, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Guajira, Riohacha, Colombia

\*email: harregoces@uniguajira.edu.co

Palabras Claves: modelo CALPUFF; sensibilidad; terrenos complejos; rendimiento.

El complejo carbonífero del Cerrejón es considerado la mina a cielo abierto de extracción de carbón térmico más grande de Latinoamérica por sus áreas de operación y su producción anual. Topográficamente está ubicada en una zona de sistema montañoso y una planicie aluvial. Todas estas características topográficas están condicionadas por la influencia del mar Caribe. Estos factores influyen significativamente en fenómenos atmosféricos que afectan la dispersión de los contaminantes. Se evaluaron las simulaciones del modelo de dispersión CALPUFF con diferentes resoluciones del dominio para estimar las concentraciones ambientales de PM<sub>10</sub> semanales producto de la minería a cielo abierto. Se determinaron las emisiones de las actividades mineras acorde a los factores de emisiones sugeridos por la EPA (USEPA, 1995). Se utilizaron 5 receptores de la Red de vigilancia de calidad del aire de la zona para la calibración del modelo de dispersión. Se realizó un análisis de sensibilidad para resolución de 1 km, 2 km, 4 km, 5 km y 10 km en un dominio de 150 150 km. La evaluación del modelo se realizó determinando los parámetros estadísticos: Error Cuadrático Medio (ECM), Error Cuadrático Medio Normalizado (ECMN), Sesgo Medio Geométrico (SMF), Varianza Geométrica (VG), Coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) y Coeficiente de correlación (r). Para determinar la fiabilidad del modelo se utilizó los criterios expuestos en Kumar et al. (2006) y Ahuja (1996). Los resultados del modelo muestran una sensibilidad al grado del suavizado topográfico. Las mayores resoluciones presentan errores de estimación de concentraciones de PM<sub>10</sub> menores. Las simulaciones con resolución de 1km y 2km muestran unos índices estadísticos idóneos para definir una alta confiabilidad del modelo. El modelo ofrece la posibilidad de describir la dinámica y los procesos de los contaminantes en una escala regional en un terreno topográfico considerado complejo. El ECMN para las simulaciones con resolución 1 km y 2 km es menor 0.5 indicando que las concentraciones observadas y las estimadas están en concordancia. El modelo tiende a subestimar en estas resoluciones.

### Referencias:

- Ahuja, S., Evaluation of MESOPUFF-II-Sox Transport and Deposition in the Great Lakes Region. 1996  
Kumar, A., et al., *Environmental Progress*, 2006, 25(2), 141-151  
United States Environmental Protection Agency (USEPA); Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, 1995

## COYHAIQUE, LA CIUDAD CON MAYORES CONCENTRACIONES DE MP<sub>2.5</sub> EN CHILE

Pérez, P.<sup>1\*</sup>; Menares, C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: patricio.perez@usach.cl

Palabras Claves: contaminación atmosférica; material particulado; MP<sub>2.5</sub>; pronóstico calidad del aire

Se describen las condiciones de la ciudad de Coyhaique: topografía, meteorología, urbanización y principales fuentes de contaminación atmosférica. Se determina que las bajas temperaturas y los débiles vientos imperantes en el período invernal provocan que el material particulado emitido por el extendido uso de estufas a leña tiende a quedar atrapado en la relativamente pequeña cuenca donde se ubica la ciudad. La adecuada consideración de las condiciones meteorológicas y las concentraciones de contaminantes registradas en horas previas permiten construir un modelo de pronóstico de MP<sub>2.5</sub>. El algoritmo de pronóstico se basa en las redes neuronales artificiales. Los parámetros se ajustan con datos de 2014 y 2015 y con esto es posible pronosticar las concentraciones de MP<sub>2.5</sub> del año 2016. Los resultados muestran que podemos pronosticar correctamente un 75% de las situaciones de emergencia ambiental registradas este año.

### Referencias:

Pérez, P., et al., *Atmos. Environ.* **2008**, *42*, 8219- 8224.

Molina, C., et al., *Air Qual Atmos Health*, **2017**, *10*: 653- 667.

## BLACK CARBON TRANSPORT BETWEEN SANTIAGO DE CHILE AND THE ANDES MOUNTAINS

Gramsch, E.<sup>1\*</sup>; Muñoz, A.<sup>2</sup>; Rubio, M.A.<sup>3</sup>; Soto, C.<sup>1</sup>; Pérez, P.<sup>1</sup>; Muñoz, L.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

<sup>3</sup>Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile

<sup>4</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago, Chile

\*email: egramsch@gmail.com

Palabras Claves: Black Carbon; transport; air pollution.

Near Santiago de Chile and towards the Andes Mountains there are several areas sensitive to contamination, such as, the Natural Sanctuary Yerba Loca, National Park Rio Clarillo, several glaciers and the Farellones sky resort. The health of the glaciers is very important, because a large fraction of the water supply of Santiago is provided by them. To study the influence of Santiago's contamination on the glaciers, a black carbon monitoring campaign was performed from December 2014 (summer) until July 2015 (winter). Four monitors have been placed between the city and the glaciers in the mountain along with meteorological stations. The results indicate a clear transport of black carbon between Santiago de Chile and the Andes Mountains with a travel time of about 11 hours in summer and 9 hours in winter. Black carbon concentration in the mountain (La Parva) decreases in winter, a trend opposite to what is observed in the other stations, and opposite any other city in Chile. This is an indication that most black carbon found in La Parva originates in Santiago and is transported to the mountains. This is the only town in Chile in which transport, not local emissions, is totally responsible for the BC observed. The fraction of BC in La Parva compared to Las Condes changes from 14% in December to 2% in July.

Agradecimientos: This work was supported by project FONDECYT N° 1151117.

### Referencias:

- Cereceda-Balic, F., et al., *Atmos. Environ.*, **2012**, 47: 51–57.  
Córdova, A. M., et al., *Aerosol and Air Quality Research*, **2016**, 16: 593–605.  
Gramsch, E., *Atmos. Environ.*, **2014**, 98: 290–298.

## ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE LA CONTAMINACIÓN URBANA EN LAS CIUDADES DEL CENTRO Y SUR DE CHILE A TRAVÉS DE SIMULACIÓN NUMÉRICA

Huneus, N.<sup>1,2\*</sup>; Menu, L.<sup>3</sup>; Mailler, S.<sup>3</sup>; Valari, M.<sup>3</sup>; Lapere, R.<sup>3</sup>; Osses, M.<sup>4,2</sup>; Schueftan, A.<sup>5</sup>; Reyes, R.<sup>5</sup>; Calvo, R.<sup>2</sup>; Alamos, N.<sup>2</sup>; Gallardo, L.<sup>1,2</sup>; O’Ryan, R.<sup>6</sup>; Seguel, R.<sup>2</sup>; Tolvett, S.<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Center for Climate and Resilience Research (CR)2. Santiago, Chile

<sup>3</sup>Laboratoire de Météorologie Dynamique, Ecole Polytechnique. Paris, France

<sup>4</sup>Universidad Técnica Federico Santa María. Santiago, Chile

<sup>5</sup>Instituto Forestal de Chile. Valdivia, Chile

<sup>6</sup>Universidad Adolfo Ibáñez. Santiago, Chile

<sup>7</sup>Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile

\*email: nhuneus@dgf.uchile.cl

Palabras Clave: Contaminación urbana; modelo de transporte químico; calidad del aire

Las ciudades de centro y sur de Chile experimentan todos los inviernos intensos episodios de contaminación por material particulado (MP), específicamente MP<sub>2,5</sub>, con superación episódica de los límites fijados en la normativa ambiental nacional y con concentraciones horarias que a veces exceden los 800 mg/m<sup>3</sup>. Altos niveles de MP pueden causar daño a los pulmones, el sistema respiratorio y el sistema cardiovascular, lo que puede llevar a una mayor cantidad de consultas hospitalarias, menos productividad y muerte prematura. Además del impacto en la salud, la absorción de MP, como el carbón negro, puede perturbar el ciclo hidrológico a través del impacto en la capa de nieve. La deposición de BC sobre la nieve reduce su albedo y hace que la capa de nieve se derrita más pronto en la temporada de primavera. Un sistema de modelación capaz de simular la dispersión de contaminantes gaseosos y MP en la zona centro de Chile ha sido implementado (Mazzeo et al., 2018). Este sistema está compuesto por el modelo meteorológico WRF y el modelo de transporte químico CHIMERE. Hasta la fecha, el modelo ha sido usado para explorar la eficacia en mejorar la calidad del aire en Santiago de políticas de mitigación enfocadas en reducir las emisiones residenciales y de transporte (Mazzeo et al., 2018). También ha sido usado para examinar la exposición al MP<sub>2,5</sub> de los usuarios frecuentes del transporte público de Santiago (Trehwela et al, 2019) y, por último, ha sido aplicado para identificar posibles fuentes responsables de eventos extremos de contaminación en Santiago. El sistema de modelación ha sido adaptado para ser aplicado para todo Chile. En el presente trabajo se presentarán resultados preliminares de su aplicación en el centro sur de Chile y de la capacidad de este modelo de reproducir las concentraciones observadas por las estaciones de monitoreo del Ministerio del Medio Ambiente.

### Referencias:

Mazzeo, A., et al., *Atmospheric Environment*, 2018, 190, 195-208

Lapere R., et al., Submitted to *Scientific Reports*. 2019

Trehwela, B., et al., Submitted to *Atmospheric Environment*, 2019

## ESTIMACIÓN DEL DISCONFORT TÉRMICO EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE UTILIZANDO INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y SATELITAL: MODELAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VARIABLE TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO

Saud-Gaete, S.<sup>1</sup>; Fuentes-Jaque, G.<sup>1</sup>; Cárdenas-Jirón, L.<sup>2</sup>; Morales-Salinas, L.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio para la Investigación en Ciencias Ambientales (LARES), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

<sup>2</sup>Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: lmorales@uchile.cl

Palabras Claves: Confort térmico; Temperatura de Globo; Teledetección; Topoclimatología.

El índice *Outdoor Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT-e) es un método común para evaluar el estrés térmico en espacios de trabajos en exteriores basado en la respuesta psicológica de las personas ante las condiciones ambientales y se calcula mediante la ponderación de las variables temperatura de bulbo húmedo (Tw), temperatura de globo negro (Tg) y temperatura de bulbo seco (Ta). La Tg se obtiene mediante un sensor poco convencional, lo que dificulta el cálculo de la distribución espacial de sus valores y obstaculiza la estandarización de los sensores comercializados. Con el objetivo de generar un modelo simple de estimación de Tg y facilitar el estudio del estrés térmico en la ciudad de Santiago de Chile, se instaló un equipo de medición del índice WBGT-e de medición continua a 11.5 metros sobre el nivel del suelo en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Comuna de La Pintana, en la ciudad de Santiago de Chile durante la temporada estival entre los años 2017 al 2019. Adicionalmente, en el mismo sitio se midió radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento, además de valores de temperatura de superficie terrestre (LST) del producto MOD11A1 del satélite MODIS durante el mismo período de tiempo. Se encontró una relación lineal entre los valores de Tg y los valores medidos de las variables adicionales, generando así un modelo simple de cálculo de Tg que presenta una correlación significativa entre los valores observados y estimados. La contribución de este modelo en el estudio del estrés térmico de la ciudad de Santiago radica en que facilita la obtención de información ambiental compleja de estimar al interior de la ciudad debido a la poca disponibilidad de información.

Agradecimientos: Proyecto FONDECYT 1161809, Proyecto FIA-PYT-2017-0877

### Referencias:

- Budd, G., *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2008, 11, 1, 20-32  
Hajizadeh, R., et al., *Meteorological Applications*, 2017, 24, 2, 303-307  
Kakaei, H., et al., *Urban Climate*, 2019, 27, 284-292  
Turco, S., et al., *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 2009, 122.



## DIFERENCIACIONES DE LOS CONTENIDOS DE ARSÉNICO EN AGUA DE CONSUMO EN LA PROVINCIA DE CHACO

Roshdestwensky, S.E.<sup>1\*</sup>; Corace, J.J.<sup>1</sup>; Pilar, S.<sup>1</sup>; Forte, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco, Argentina

\*email: sergiorosh@gmail.com

Palabras claves: Hidroarsenicismo; Agua y Salud.

El problema del hidroarsenicismo de origen geológico-sedimentario afecta a varias provincias en Argentina, principalmente en zonas rurales carentes de redes de distribución de agua potable. En general la principal vía de ingreso del arsénico (As) al organismo es la digestiva, a través del agua y de los alimentos, en especial de la primera. El consumo de agua con medianas o altas concentraciones de As durante largos períodos se asocia a distintas afecciones de la salud, una de las cuales ha sido denominada Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) caracterizada por presentar lesiones en piel y alteraciones sistémicas cancerosas y no cancerosas, que se pueden manifestar a lo largo de un periodo variable. En este trabajo abordaremos específicamente la identificación de niveles de As históricos y actuales en aguas de abasto público en la Provincia del Chaco. Metodológicamente, en la primera etapa se realizó el relevamiento de la información disponible de los entes oficiales. Posteriormente, se acudió a realizar 200 muestreos de agua de fuentes y servicios en las distintas localidades del territorio chaqueño. Específicamente en lo que respecta al Arsénico, la mayoría de la población analizada es atendida en la actualidad con servicios que suministran aguas con  $As \leq 50 \mu\text{g/L}$  (75 % del total con aguas de  $As \leq 10 \mu\text{g/L}$ ). En este contexto, la información aquí generada es de utilidad para: a) la priorización de acciones estructurales y no estructurales en las restantes áreas y/o servicios informadas más arriba con aguas de "As > 100  $\mu\text{g/L}$ " y con  $As 50 < \mu\text{g/L} \leq 100$ " en el agua de consumo; y b) el estudio epidemiológico de asociaciones del  $As \leq 50 \mu\text{g/L}$  con algunos indicadores de salud. Además, desde el análisis de datos se deriva que es reconocible la existencia de avances concretos en materia de accesibilidad al agua segura.

Agradecimientos: Se agradece a las autoridades del Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste por el apoyo económico y para avanzar con esta investigación brindándonos todas las herramientas y su apoyo incondicional.

### Referencias:

APHA (American Public Health Association). "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 22 ed. USA: 3-10 a 3-11, 3-34 a 3-39, 3-89 y 3-91, métodos 3030 F, 3114 B y C y 3500-Se A, 874 p; Washington DC 1993

## **IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTO DE PROTECCIÓN O RESTAURACIÓN AMBIENTAL PARA LOS HUMEDALES DE LA COMUNA DE VALPARAÍSO SEGÚN SU CLASE DE CALIDAD Y VULNERABILIDAD**

**Tapia-Barraza, G.<sup>1\*</sup>; Soto-Acevedo, E.<sup>2\*</sup>; Rivera-Castro, C.<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha. Playa Ancha, Valparaíso

<sup>2</sup>Laboratorio de Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería. Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Geográfica, Universidad de Playa Ancha, Playa Ancha, Valparaíso

\*email: p3.falling@gmail.com; esoto@upla.cl; cecilia.rivera@upla.cl

Palabras claves: humedales; Ramsar; vulnerabilidad

La Convención de Ramsar, ha indicado que los humedales figuran entre los medios más productivos del mundo por su amplio abanico de beneficio, sin embargo, constituyen ecosistemas frágiles. Davidson, en el año 2014, ofrece un panorama mundial sobre la pérdida de humedales, donde se estimó que la desaparición de estos en el siglo XX osciló entre el 64% y el 71%. Ante esto nace el interés de elaborar un catastro de humedales y estudiar su condición ambiental. En Chile, según el último catastro, existe una superficie de 1,3 millones de hectáreas, siendo la región de Valparaíso aquella que dispone de una menor superficie, abarcando el 0,5% aproximadamente. Se determinó como área de estudio Valparaíso, para identificar y delimitar los humedales presentes en esta. Para ello se utilizaron imágenes satelitales SENTINEL 2A, con el objetivo de actualizar el catastro de humedales ya existente, identificando 6 nuevos cuerpos de agua. Se seleccionaron 13 humedales, para evaluar sus parámetros fisicoquímicos y características de paisaje, con la finalidad de clasificarlos, reconocer su calidad ambiental y sus vulnerabilidades. Conforme a la clasificación de la convención de Ramsar el 54% de los humedales muestreados clasificó como Artificial, el 23% Continental, el 15% Costero y el 8% Desconocido. Según la clasificación del Ministerio del Medio Ambiente, el 69% de los humedales correspondía al ecotipo escorrentía, 15% a intrusión salina, 8% a afloramiento subterráneo y 8% a desconocido. Diez humedales presentaron una clase de calidad mala y tres una regular. Además, el 90% de los humedales seleccionados presenta un índice de 0,5 (vulnerabilidad media) o superior y un 30% un índice mayor 0,8 (vulnerabilidad alta). De acuerdo a los antecedentes, se determinó que ocho de diez humedales analizados requerían acciones de restauración ambiental, siendo los de considerable urgencia aquellos que presentaban un mayor índice de vulnerabilidad (Los Quillayes, Los Patos y Los Perales).

### Referencias:

- CONAMA-CONAF. Estrategia Nacional para la Conservación y uso racional de los Humedales en Chile. Santiago, 2005.  
Moya, B., et al., Los Humedales ante el Cambio Climático. España: Investigaciones geográficas, 2005. ISSN: 0213-4619.  
Oyola, N., Identificación de Humedales del Norte Grande de Chile utilizando Técnicas Geomáticas en Imágenes Satelitales Landsat. Santiago, Chile: s.n., 2011.  
Secretaría de la Convención de Ramsar. Manual de la convención Ramsar: Guía de la convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 5ta edición. 2016.

## **PRECIPITA UNA EXPERIENCIA DE MODIFICACIÓN ARTIFICIAL BENÉFICA EN LOS PROCESOS DE PRECIPITACIÓN PARA EL DESARROLLO DE ACUÍFEROS SUSTENTABLES EN MENDOZA (ARGENTINA)**

**Perez, R.C.<sup>1\*</sup>; Castillo, M.<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>LIHANDO. CEDS. Departamento de Materias Básicas, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional. Mendoza, Argentina

\*email: rcperezi@gmail.com; mariocastillo@gmail.com

Palabras clave: Impactos climáticos; siembra de nubes; incremento de precipitaciones.

Los procesos de precipitaciones naturales de cualquier región son los más sensibles a ser afectados por las emisiones de las actividades antropogénicas, produciendo cambios en los procesos de precipitación natural, debidos a la acción del hombre, repercutan inmediatamente en impactos climáticos a nivel de microescala, que, en la mayoría de los casos, se manifiestan con efectos dañinos. La metodología para combatirlos más aceptada por la Organización Meteorológica Mundial, y además utilizada mundialmente por los grupos de investigación y operativos en todo el mundo, es la siembra de nubes con CCN. Nuestro grupo de investigación realizó los estudios e investigaciones correspondientes para desarrollar una experiencia de siembra de nubes para incrementar precipitaciones en zonas desérticas en la Provincia de Mendoza, Argentina. Para llevar adelante este proyecto, fue necesario realizar una exhaustiva caracterización de la dinámica atmosférica de la zona, y a partir de este conocimiento, adaptar las metodologías empleadas en diferentes regiones del mundo a la atmósfera de Mendoza. Finalizada la experiencia, después de seis años de trabajo, los resultados fueron alentadores.

### Referencias:

Houze, R., *Cloud Dynamics*. 1993, Academic Press.

Pérez, R.C. *Dinámica Atmosférica y los Procesos Tormentosos Severos*. 2011, LAP LAMBERT Acad. Publishing GmbH& Co.

Pérez, R.C. *Física de los procesos atmosféricos*. 2014, LAP LAMBERT Acad. Publishing GmbH& Co.

Rogers R., *Física de las Nubes*. 1977, Editorial Reverté.

Seinfeld, J.H., Spyros, N., *Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change*. 1998, John Wiley & Sons.

## MATRIZ MESOPOROSA AUTOENSAMBLADA PARA LA ADSORCIÓN DE LANTANO

Castillo, X.<sup>1\*</sup>; Gómez, M.<sup>1\*</sup>; Pizarro, J.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química Ambiental, Departamento de Ingeniería Geográfica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile

\*email: ximena.castillo.c@usach.cl; mauricio.gomez.b@usach.cl; jaime.pizarro@usach.cl

Palabras claves: tierras raras; adsorción; material mesoporoso, lantano

Las tierras raras son 17 elementos donde la mayor parte forman el grupo de los lantánidos además del escandio e itrio. Son elementos poco distribuidos en la corteza terrestre y tienen procesos de extracción complejos, difíciles de separar y cuyos residuos son fuente de contaminación de aguas superficiales y acuíferos. La mayor distribución de estos elementos se encuentra en minerales tales como euxenita, monacita, bastnasita y xenotima. En los últimos años han adquirido gran importancia debido al rápido crecimiento de aplicaciones en catalizadores de automóviles (Ce), vehículos híbridos (Dy, La, Nd), turbinas eólicas (Pr, Nd, Sm, Dy), baterías (La) o lámparas fluorescentes o de fósforo luminiscente (La, Gd, Tb, Eu, Yb). Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un material con capacidad adsorbente de lantano y cerio. La extracción de tierras raras se realiza a través de procesos de hidrometalurgia donde el mineral que contiene tierras raras se somete a lixiviación ácida (HF) o básica (NaOH), proceso no selectivo ya que también se extraen otros componentes que hace necesario un proceso de separación o purificación posterior en varias etapas, antes de tener una separación elemental. En las últimas décadas se han desarrollado materiales híbridos orgánico-inorgánicos cuya característica es la gran versatilidad para ser funcionalizados con ligandos específicos a la especie química de interés. El ligante usado en este estudio es un ácido fosfónico anclado mediante método de autoensamblaje de monocapas sobre soporte mesoporoso. Resultados preliminares muestran 60-80 % de capacidad de adsorción de lantano.

Agradecimientos: Este estudio es financiado por el proyecto FONDEF ID18110229.

Referencia:

Castillo, X., et al., *Mesoporous and Microporous Materials*. 2018, 272, 184-192.

## **ANÁLISIS TEMPORAL DE LA VARIACIÓN DEL ESPEJO DE AGUA DE LOS EMBALSES RECOLETA, COGOTÍ Y LA PALOMA POR MEDIO DE HERRAMIENTAS DE TELEDETECCIÓN.**

**Fuentes-Jaque, G.<sup>1</sup>; Carreño, S.<sup>1</sup>; Soto-Mundaca, G.<sup>1</sup>; Morales-Salinas, L.<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio para la Investigación en Ciencias Ambientales (LARES), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: lmorales@uchile.cl

Palabras claves: Teledetección, Sedimentos, Embalses, Espejo de agua.

La acumulación de sedimentos en los embalses de riego provoca la disminución de la capacidad de almacenamiento de éstos, por lo que la solución de este problema es esencial para el manejo de los recursos hídricos disponibles en estos cuerpos de agua. Uno de los sitios con mayor historia en manejo de embalses en Chile es la cuenca del río Limarí ubicada en la región de Coquimbo, la cual tiene una superficie aproximada de 11.800 km<sup>2</sup>. En la cuenca se encuentran tres embalses de alta relevancia para el riego de la región, Recoleta, Cogotí y La Paloma que en conjunto tienen una capacidad aproximada de 1000 millones de m<sup>3</sup>. El objetivo de este estudio es conocer la dinámica espaciotemporal del espejo de agua de los embalses, usando un índice espectral para reconocer agua, llamado índice de diferencia normalizado de agua (NDWI) que está basado en la propiedad de absorción diferencial del agua en dos anchos de banda del espectro electromagnético. Para esta investigación se utilizaron imágenes de los satélites LANDSAT 7 ETM+ (2000-2012) y Satélite LANDSAT 8 OLI (2013-2018) debido a que su resolución espacial es de 30 m. Se descargó una imagen mensual por cada año eliminando aquellas con cobertura nubosa sobre los embalses, añadiendo correcciones atmosféricas y radiométricas necesarias para su utilización. La serie de tiempo obtenida de imágenes consta de 189 escenas entre enero del 2000 hasta noviembre del año 2018. El cálculo del NDWI se realizó utilizando las bandas de color verde e infrarrojo cercano, posteriormente se reclasificaron los resultados obtenidos, en función del valor asignado para aguas de bajo nivel de turbiedad (0,16). Los resultados muestran que la distribución espacial del espejo de agua de los embalses se mantiene constante entre los años 2000 al 2003 tendiendo a una reducción paulatina luego de este periodo, viéndose una disminución considerable de la superficie de agua el año 2014, dejando expuestos los sedimentos. Sin embargo, se logra apreciar una recuperación paulatina del espejo de agua desde el año 2015 a la fecha, siendo el embalse Cogotí aquel que presenta la mayor diferencia estacional.

Agradecimientos: Proyecto FONDECYT 1161809, Proyecto FIA-PYT-2017-0877.

## APROXIMACIÓN AL MODELAMIENTO DE EVAPORACIÓN EN LAKE WAY (AUSTRALIA) PARA LA EXPLOTACIÓN DE LITIO, A TRAVÉS DE MODELOS AUTOREGRESIVOS DE MEDIA MÓVIL TEMPORAL

Mera, E.<sup>1\*</sup>; Pacheco, P.<sup>1</sup>; Correa, R.<sup>1</sup>; Figueroa, E.<sup>1</sup>; Gutiérrez, L.<sup>1</sup>; Ríos, C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente, Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile

\*email: emera@utem.cl

Palabras Claves: Evaporación; Modelos Auto regresivos de Media Móvil Temporal, Litio.

El cálculo de la evaporación en los sistemas productivos de Litio, que permite programar el plan de explotación de una cuenca. El presente estudio explica la metodología llevada a cabo para estimar un modelo auto regresivo de media móvil temporal (Box et al, 1976) con el fin de estimar la evaporación en la cuenca de Lake Way (Australia) la cual es rica en Litio. Paso uno, análisis de las bases de datos, de variables meteorológicas registradas en el área en estudio: en el sector estudiado se cuenta con una base de datos meteorológicas de 49 años, con las variables de Temperatura Máxima (TMA) (°C) y Mínima (TMI) (°C), Humedad Relativa a Temperatura Máxima (RHMA) (%) y Mínima (RHMI) (%), Presión de Vapor (VP) (HPa), Radiación Solar (RS) (MJ/m<sup>2</sup>), Lluvia (PP) (mm) y Evaporación (E) (mm). Paso dos, análisis de los comportamientos interanuales y anuales de las variables meteorológicas: este paso es relevante ya que permite entender el comportamiento interanual de una variable con el fin de encontrar tendencias cíclicas interanuales y comportamientos estacionales anuales. Paso tres, construir un modelo autoregresivo de media móvil temporal en  $t+1$  (con las variables que observo hoy ( $t$ ) pronostico lo que pasara mañana ( $t+1$ )). El modelo generado es (Ecuación 1):

$$E(t+1) = 0,09TMA(t) + 0,13TMI(t) + 0,02PP(t) + 0,25RS(t) + 0,026VP(t) + 0,006RHMA(t) - 0,03RHMI(t)$$

Ecuación 1, Modelo Auto Regresivo de Media Móvil Temporal

Paso cuatro, analizar la calidad del modelo: el modelo posee una validación cruzada por el método de Akaike del 76,6% (Stone, 1977), las variables usadas en el modelo son capaces de explicar un 97% la variable estudiada, la evaporación diaria y acumulada respetan las formas graficas funcionales a nivel estacional (mayor evaporación en el verano que invierno) y anual (3000 mm/año).

Agradecimientos: Los autores agradecen muy sentidamente al Prof. José Roberto Morales (Q.E.P.D.) y Prof. Luis Da Silva (Q.E.P.D) por su enorme labor científica y docente.

### Referencias:

- Box, G., Time Series Analysis: Forecasting and Control, 2nd. ed., 1976, Oakland, CA: Holden-Day.  
Mera, E., et al., *J. Phys.* **2016**, Conf. Ser. 720 012048  
Stone, M., An asymptotic equivalence of choice of model by cross-validation and Akaike's criterion. *Journal of the Royal Statistical Society Series B.*, **1977**, 39, 44-7.

# *Educación Ambiental*

---

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN RECURSO DIDÁCTICO DIGITAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA UNIDAD ESTEQUIOMETRÍA

González-Sepúlveda, E.<sup>1\*</sup>; Medina-Pedrerros, V.<sup>1</sup>; Neira-González, V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento Ambiental, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción. Concepción, Chile

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile

\*email: eligonza@ucsc.cl

Palabras claves: TIC; Estequiometría; Recursos Didácticos

En la enseñanza de las ciencias cada vez cobra más importancia la creación de nuevas estrategias para el aprendizaje de los estudiantes, favoreciendo el proceso constructivo que les permita comprender y construir su conocimiento. Considerando que la química como ciencia dura, tiene contenidos de difícil comprensión para los estudiantes, como es el caso del tema “estequiometría”, es que en este trabajo se diseñó, implementó y evaluó un recurso didáctico, para emplearlo como estrategia de enseñanza de esta unidad, con la finalidad de que los estudiantes de la carrera Química Ambiental adquieran las ideas básicas y operaciones numéricas de la temática estequiometría para que a futuro puedan, actuar y aplicar en las distintas problemáticas del medio ambiente. Para la implementación del recurso se diseñó una prueba de diagnóstico con el fin de obtener información de los conocimientos que tienen los estudiantes del tema, además como técnicas e instrumentos se consideró un cuestionario y una encuesta validada. La población estuvo conformada por dos docentes y un total de 22 estudiantes. El principal logro con la implementación de este recurso fue el aumento significativo del aprendizaje en este tema, lo que se evidenció contrastando los resultados de la prueba de diagnóstico aplicada con la evaluación posterior, a futuro se espera extrapolar este recurso a estudiantes de otras carreras.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias de la UCSC y al Proyecto FAD N° 1/2018 de la Dirección de Docencia de la UCSC

### Referencias:

Andrés, Raviolo., Gabriela, Lerzo., “Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual”. Educación Química; 2016, 27, 195-204.

**PROGRAMA INTERUNIVERSITARIO DE DOCTORADO BIMODAL:  
FORTALECIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN  
AMBIENTAL EN EL CONTEXTO DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL  
DEL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN MESOAMERICANA**

**Moreira-Segura, C.<sup>1\*</sup>; Araya-Rodríguez, F.<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Costa Rica, Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE). San Carlos, Costa Rica

\*email: faraya@itcr.ac.cr; cmoreira@itcr.ac.cr

Palabras clave: Educación bimodal; postgrado; educación ambiental; cultura ambiental

El Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE) es un programa interuniversitario que desarrollan tres Universidades públicas de Costa Rica (ITCR, UNED y UNA) y que cuenta con la participación de universidades internacionales de México (UMAN-UACH), Nicaragua, Cuba, Guatemala y España. El DOCINADE permite la formación de investigadores de un alto nivel académico en áreas relacionadas con las Ciencias Naturales y en concordancia con las necesidades de desarrollo de la región Mesoamericana y promover la cooperación académica e integrar fortalezas de las universidades de la región. Donde el programa les brinda la opción de investigar áreas relacionadas con la educación ambiental de importancia para su país como el manejo de recursos hídricos, modelos de gestión ambiental, sistemas de indicadores de gestión, manejo de residuos sólidos y modelos de análisis de riesgo y vulnerabilidad ambiental. En estas áreas de trabajo se han desarrollado proyectos que han culminado con trabajos que se están aplicando en sus países para tener un desarrollo sostenible y un total de graduados con tesis relacionadas con la educación ambiental a la fecha de 18 provenientes de Costa Rica, México, Panamá, Guatemala y Nicaragua que han permitido investigaciones que aportan al desarrollo científico y tecnológico de la región. Objetivos: Analizar el impacto de un doctorado que se desarrolla por medio de la modalidad bimodal para la obtención del grado de doctor que permita la formación de investigadores de un alto nivel académico en áreas relacionadas con las Ciencias Naturales y en concordancia con las necesidades de desarrollo en el manejo de los recursos hídricos de la región mesoamericana y promover la cooperación académica e integrar fortalezas de las universidades de la región y de otros países con el fin de contribuir al fortalecimiento de la investigación y el desarrollo de la región. Metodologías: El trabajo se desarrolla en un análisis del programa DOCINADE entre el 2005-2016 y continua la metodológica que se plantea realizar un análisis de las actividades realizadas en el programa por los estudiantes en el área de Gestión y Cultura Ambiental, su producción científica y conocimientos actuales e innovadores generados por los estudiantes del Doctorado. Se realiza un análisis del plan de estudios doctoral que se ha trabajado desde el 2005 a la fecha, basado en la investigación, cada estudiante-investigador debe no solo profundizar en su disciplina, sino que debe recurrir a otras disciplinas tanto básicas, técnicas como instrumentales, por lo que la estructura curricular es matizada por la multi y transdisciplinariedad. El programa doctorado se desarrolla de manera bimodal, utilizando una combinación de actividades presenciales, clases magistrales, seminarios, tecnologías virtuales, uso de plataformas e-learning, así como un proceso de inducción inicial. El uso de técnicas de videoconferencias y teleconferencias son una de las formas de la interacción docente- estudiante, así como el uso de correo electrónico para el intercambio de materiales e información, los guiones específicos y otros. Determinar el tipo de investigación se realiza por los estudiantes del programa y áreas de impacto en la región mesoamericana. Conclusión: El programa Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo ha impactado el desarrollo de modelos de educación ambiental en una región por medio de un modelo de educación híbrido que ha permitido la interdisciplinariedad con la incorporación de universidades de varios países de la región Mesoamericana.

## **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA EL USO SOSTENIBLE DEL RECURSO HÍDRICO EN COMUNIDADES RURALES DE COSTA RICA**

**Moreira-Segura, C.<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Costa Rica, Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE). San Carlos, Costa Rica

\*email: cmoreira@itcr.ac.cr

Palabras claves: comunidades rurales; recurso hídrico; educación ambiental; cultura; educación no formal; competencias ambientales

En esta comunicación se presentan los detalles de una investigación realizada en tres comunidades de la Región Huetar Norte de Costa Rica, particularmente en la Cuenca del Río San Carlos, en relación con la educación ambiental referida al recurso hídrico. Las comunidades participantes corresponden a Santa Rita, Muelle y Boca Tapada (las partes baja, media y alta de la cuenca, respectivamente). La muestra del estudio la conformaron 262 pobladores de las tres comunidades seleccionadas de acuerdo con los criterios de inclusión definidos previamente. La muestra del estudio lo conformaron por 262 participantes de tres comunidades rurales de la región Huetar Norte de Costa Rica, la mayor parte de la población se ubica en un rango de edad mayor a los cuarenta años, con un nivel educativo de primaria para casi el 50% de los participantes; y solamente el 17% con educación universitaria; información con la que se concluye que el nivel educativo de la mayoría es básico. Se identifica, también, que un 61% de los participantes cuenta con más de diez años de residir en la comunidad y solo una pequeña parte (39%) cuenta con menos de un decenio; de lo anterior se puede afirmar que la población tiene un tiempo considerable de vivir en la comunidad. Se aplicó un instrumento con el propósito de recabar información sobre los conocimientos, las actitudes, los valores, las habilidades, las destrezas y el comportamiento que tenían los habitantes de esos lugares con respecto al recurso hídrico. Se determinó que los pobladores poseían un nivel mínimo de conocimientos sobre la conservación del recurso hídrico, pero tenían una actitud positiva y una buena disposición para realizar cambios en las acciones cotidianas relacionadas con el uso del agua. No obstante, las habilidades y destrezas que aplicaban para su conservación eran insuficientes y no se traducían en acciones positivas. Estos resultados sirvieron de base para fundamentar y crear una propuesta de plan de educación ambiental para la conservación del recurso hídrico, la cual se basa en el desarrollo de competencias en tres niveles: personal, familiar y comunal. La validación realizada al plan diseñado permitió confirmar que la propuesta metodológica y el manual construido eran efectivos y provocaban un cambio no sólo en la actitud hacia la conservación del recurso hídrico, sino también en el desencadenamiento de acciones tangibles que fueron estadísticamente cuantificadas con la aplicación de un pretest y un post test en la comunidad de Santa Rita.



## DESCRIBIENDO LOS PROBLEMAS DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE UN MARCO ONTOLÓGICO, UN CASO PARA CHILE

Jacome, M.<sup>1,2</sup>; Manzano, C.A.<sup>1,3\*</sup>; Toro, R.<sup>1</sup>; Leiva, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>3</sup>School of Public Health, San Diego State University. San Diego, CA, USA

\*email: camanzano@sdsu.edu

Palabras claves: ontologías; calidad de aire; gestión ambiental

Los problemas en la calidad del aire aparecen como una combinación de las emisiones de contaminantes, junto con factores meteorológicos que afectan su transporte en la atmósfera. De acuerdo con la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, en inglés), la mala calidad del aire podría ser responsable de los incrementos en las tasas de mortalidad y morbilidad relacionadas al cáncer y otras enfermedades. Tanto los gobiernos locales como varias agencias internacionales han declarado a la mala calidad del aire como una de las preocupaciones mayores para mejorar la salud humana. Las regulaciones para mejorar la calidad del aire en Chile comenzaron en los años 90, e históricamente se han basado en la medición de los promedios diarios de la concentración de material particulado (MP) 2.5 y 10  $\mu\text{m}$ . Estados de alerta o emergencia ambiental son declarados cuando una de estas concentraciones (medidas en la red oficial) superan ciertos umbrales. A pesar de estos esfuerzos, varias ciudades chilenas, incluyendo Santiago, todavía tienen serios problemas en la calidad de su aire. Además, otras ciudades en el sur del país son ahora consideradas como unas de las más contaminadas en la región y en el mundo, debido principalmente a las emisiones producto de la quema de leña. Mientras tanto en el norte, varias ciudades han mostrado incrementos recientes en parámetros de salud relacionados a la contaminación atmosférica, a pesar de tener concentraciones de MP por debajo de la norma. Estos hechos nos muestran que existen aún varias áreas no exploradas dentro de la gestión de la calidad del aire en el país. El objetivo de este estudio es identificar y explorar estas áreas. La primera parte se enfocó en la descripción de nuestro dominio "calidad del aire en Chile", y estuvo basada en una serie de encuestas de opinión realizadas a expertos en el tema provenientes de diferentes formaciones académicas o profesionales: científicos ambientales, expertos en salud pública, sociólogos, servidores públicos, estudiantes, entre otros. Los resultados fueron organizados en un marco ontológico, aprobado por el mismo panel, en donde se distribuyó la información obtenida en categorías y dimensiones con el objetivo de describir el dominio en una forma sistemática, sistémica y lógica. Se buscó englobar la mayor cantidad de información considerada de relevancia local en un marco fácil de visualizar. La segunda parte de este proyecto consistió en un metaanálisis de la literatura existente y publicada en revistas indexadas. Toda la información fue clasificada en el marco ontológico desarrollado por el panel de expertos, y se evidenció la existencia de zonas vacías y otras poco exploradas. Esta investigación podrá ser usada en la generación de políticas públicas locales.

Agradecimientos: Proyectos FONDECYT REGULAR 1160617 y FONDECYT Iniciación 11180151

## GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS ACUEDUCTOS RURALES EN LA ZONA NORTE DE COSTA RICA

Araya-Rodríguez, F.<sup>1\*</sup>; Moreira-Segura, C.<sup>1</sup>; Navarro-Garro, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Costa Rica, Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE). San Carlos, Costa Rica

\*email: faraya@itcr.ac.cr

Palabras claves: Acueductos rurales; riesgo; vulnerabilidad de acueductos

Para hacer una valoración de las amenazas naturales y antrópicas, además de la vulnerabilidad ante estos fenómenos, se han desarrollado una serie de metodologías tanto cualitativas como cuantitativas, sin embargo, la ausencia de datos e información local difícilmente se encuentran disponibles o bien no existen en países en vías de desarrollo. Otro aspecto de las metodologías existentes y analizadas es la aplicación a uno o dos eventos relacionados con poblaciones cercanas a centros urbanos, las cuales son aplicadas una vez dado el evento. Los modelos analizados no están aplicados a zonas de protección de nacientes, están en función de la amenaza de la población, su vulnerabilidad, cuantifican daños humanos y materiales. Otro aspecto que contemplar de los diferentes modelos es la aplicación, es el costo, dado la necesidad de equipos de trabajo, como para la medición de variables, estas situaciones son un tanto difíciles en regiones rurales de bajos niveles económicos y educativos. Por estas razones surge la necesidad de plantear el modelo de evaluación visual por vulnerabilidad a fenómenos naturales y antrópicos, el cual parte de establecer una serie de criterios para determinar la vulnerabilidad ante los fenómenos naturales (volcanismo, terremotos o fuertes sismos, fallas locales, inundación y deslizamiento) y antrópicos (actividades agrícolas, ganaderas y de urbanismo), mediante criterios cualitativos que integran, la vulnerabilidad de las áreas de protección de las nacientes de agua para el consumo humano, expuestas a amenazas naturales y antrópicas, el cual se desarrolla como un caso aplicado en ASADAS de la Región Huetar Norte de Costa Rica. Este modelo puede ser ajustado y desarrollar su aplicación en otras latitudes, tanto nacionales como en países en vías de desarrollo como Costa Rica. Objetivo: Generar un análisis de la vulnerabilidad por fenómenos naturales y antrópicos, de las zonas de protección de las nacientes de los acueductos rurales, en la Zona Huetar Norte de Costa Rica. Metodología: El análisis se inicia con reuniones con las diferentes organizaciones locales administradoras del recurso hídrico para el consumo humano, con el fin de abordar la problemática del agua y específicamente los aspectos de bosque y suelo de las áreas de protección de las nacientes. Identificadas y seleccionadas las ASADAS, mediante la selección de una muestra estadística. Posteriormente a la selección de los acueductos, se geo-referencia espacialmente cada una de las nacientes, además se debe procesar la información, haciendo uso de SIG. Esto con el fin de establecer las áreas forestales y no forestales, al entorno de cada una de las diferentes nacientes. Una vez determinada el área de estudio se desarrolla un análisis de las áreas de riesgo y vulnerabilidad, desarrollando las posibles estrategias con las comunidades. Conclusiones: La actividad del ser humano sobre la naturaleza la afecta, pero también se afecta a sí mismo. En el caso de la agricultura, ganadería, así como el mismo crecimiento poblacional, deja en evidencia como afecta los sistemas de los acueductos, pero con ello también se afecta el ser humano también. Por tanto, se puede determinar que el crecimiento de las actividades humanas sin medida alguna, hacen que los sistemas de acueductos rurales, administrados por las ASADAS sean vulnerables y cada día corran el riesgo de ser impactados en mayor medida. En cuanto a los fenómenos hidrometeorológicos estos son muy frecuentes en la zona, siempre están presentes, los fuertes vientos, las fuertes lluvias y con ello las inundaciones, los deslizamientos de suelos. Todo este proceso propio de la naturaleza, al igual que la actividad volcánica, los fuertes sismos, hace que los sistemas sean vulnerables y se vean afectados en cualquier momento. También se deja en evidencia que no existen programas de gestión ambiental, lo cual hace que los ciudadanos del presente no se preocupen por las futuras generaciones, haciéndolas aún más vulnerables que las presentes.

## EL COEFICIENTE DE ATENUACIÓN LINEAL Y EL MÉTODO DE ATENUACIÓN DE RAYOS GAMAS (GAM) USADO PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS

Figueroa, E.<sup>1\*</sup>; Mera, E.<sup>1</sup>; Pacheco, P.<sup>1</sup>; Miranda, E.<sup>1</sup>; Miranda, P.<sup>1</sup>; Sepúlveda, A.<sup>1</sup>; Wachter, J.<sup>1</sup>; Correa, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente, Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago, Chile

\*email: efigueroa@utem.cl

Palabras claves: Análisis de Suelos; Rayos Gama; Coeficiente de Atenuación.

El método de atenuación de rayos gama (GAM) es una técnica nuclear no destructiva que se puede usar para el análisis de suelos (1-5). El coeficiente de atenuación lineal  $\kappa$  de un suelo depende de la densidad  $\rho$  de la muestra que se está analizando como también de su naturaleza. En este método fotones gama de intensidad conocida  $I_0$  son transmitidos a través de la muestra para luego medir la intensidad  $I$  de los fotones emergentes. Los fotones gama interactúan con los electrones de la muestra y sus núcleos atómicos por medio de la absorción fotoeléctrica (af), el *scattering* de compton (sc), *scattering* elástico (se) y la producción del par electrón-hueco (eh), resultando que el coeficiente de atenuación lineal se puede escribir como  $\kappa = \kappa_{af} + \kappa_{sc} + \kappa_{se} + \kappa_{eh}$ . El cociente  $\rho/\kappa$  se conoce como el coeficiente total de atenuación másico que se puede escribir como  $\mu = \sum \omega_i \mu_i$ , en donde  $\mu_i$  corresponde al coeficiente de atenuación másico de cada elemento presente en la muestra y  $\omega_i$  es la fracción de cada elemento en esta. Este trabajo es un estudio de las posibles aplicaciones del uso de GAM en el análisis de suelos.

Agradecimientos: Los autores agradecen muy sentidamente al Prof. José Roberto Morales (Q.E.P.D.) por su enorme labor científica y docente.

### Referencias:

- [1] Kirkham, D., et al., *Advances in Agronomy*, 1962, 14, 325–358.
- [2] Soane, B. D. *Nature*, 1967, 214, 1273–1274.
- [3] McHenry, R., et al., *Water Resources Research*, 1970, 6(3).
- [4] Santos, L., et al., *Applied Radiation and Isotopes*, 1996, 47, 5–6, 587-590.
- [5] Pires, L. *Soil & Tillage Research*, 2018, 184 216–234.

## OBTENCIÓN DE BIODIESEL MEDIANTE DIFERENTES MÉTODOS CASEROS

Homer, I.<sup>1\*</sup>; Hunter, E.<sup>1</sup>; Varnero, M.T.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

\*email: ihomer@uchile.cl

Palabras clave: biocombustibles, aceites vegetales residuales; reciclaje de aceites, biodiesel.

En el último tiempo, ha surgido en el país interés por el desarrollo de fuentes alternativas de combustible. Actualmente, diferentes grupos de investigación realizan ensayos para la obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales, tantos nuevos como usados; basados en criterios técnicos, ya adoptados internacionalmente. Sin embargo, en la *web* existen múltiples aplicaciones no tan técnicas para realizar en casa, bajo un concepto de “*hágalo usted mismo*”. Con esta premisa, la presente investigación pretende comparar algunas de las metodologías propuestas, considerando dos métodos de transesterificación del aceite y dos de lavado en múltiples tipos de aceites comerciales. Para la transesterificación, se realizó el ensayo tradicional de metanol - soda cáustica y una variación del mismo, consistente en efectuar el proceso dos veces, uno con tres cuartos de la mezcla metanol - soda cáustica, y después otro con el cuarto restante. Para el lavado del aceite, se realizó el tradicional lavado con agua, y el otro mediante burbujas. Éste último consiste en usar una mezcla de agua con vinagre con un pH equivalente a tantas unidades bajo de 7 como unidades tenga el aceite sobre 7. De esa forma, al colocarlos juntos, el aceite queda en la parte superior y mediante la formación de burbujas (con aireadores de peceras), se efectúa la limpieza. Además, se probaron dos formas de “diluir” el aceite, comparándose la aplicación al aceite de 20% de parafina, y otra con una mezcla de 15% gasolina y 5% alcohol etílico. Por último, en un biodiesel de grasa de pollo que suele presentarse en estado sólido a bajas temperaturas, se realizó una curva de temperatura versus viscosidad, para determinar la temperatura óptima para poder ser usado cuando se calefaccione el estanque de combustible. No existieron grandes diferencias al realizar los dos métodos de transesterificación con respecto a la viscosidad y densidad de los biocombustibles obtenidos. Con respecto a la aireación, el método de burbujas, aunque es un método largo (6 horas), presenta la ventaja de que se evitan los problemas de emulsificación que ocurren al realizar la limpieza, que es muy sensible a la cantidad de agua y a la fuerza de la agitación. Al compararse los métodos de dilución, estos lograron bajar a la mitad la viscosidad del aceite, pero de todas maneras fueron respectivamente 4,6 y 3,5 veces más viscosos que el diésel. Por último, la viscosidad del biodiesel de grasa de pollo alcanzó una viscosidad menor a 5 cST a 55 °C aproximadamente.

## CARACTERIZACIÓN DE CEPAS BACTERIANAS DEGRADADORAS DE IPRODIONA, AISLADAS DESDE UN SISTEMA DE BIOPURIFICACIÓN DE PLAGUICIDAS

Donoso-Piñol, P.<sup>1,3</sup>; Leiva, B.<sup>3</sup>; Lamilla, C.<sup>3</sup>; Diez, M.C.<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Doctorado en Ciencias de Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile.

<sup>3</sup>Centro de Excelencia en Investigación Biotecnológica Aplicada al Medio Ambiente (CIBAMA-BIOREN), Facultad de Ingeniería y Ciencias. Temuco, Chile.

\*email: cristina.diez@ufrontera.cl

Palabras claves: Iprodiona; Sistema de biopurificación; Plaguicida; Degradación bacteriana.

La alta demanda en la producción agrícola, debido al aumento progresivo de la población en el mundo, ha llevado al uso extensivo de plaguicidas para la prevención o tratamiento de diferentes plagas. Uno de estos plaguicidas es iprodiona, un fungicida de la familia de las dicarboximidas, utilizado en Chile para combatir enfermedades fitopatógenas como botritis. Estudios han reportado la toxicidad de este fungicida para la salud y el medio ambiente, y debido a los riesgos que conlleva, ha sido limitado o prohibido en ciertas regiones del mundo, pero en Chile su utilización aún es permitida. Para combatir la contaminación puntual de los plaguicidas, se desarrollaron los sistemas de biopurificación (SBP), una tecnología compuesta por una matriz orgánica compuesta por suelo, turba y paja de trigo, en dicho sistema existen comunidades microbianas capaces de degradar plaguicidas. Diversos estudios han reportado cepas bacterianas aisladas desde suelos contaminados con la capacidad de degradar iprodiona (Campos et al., 2015; Cao et al., 2018); sin embargo, pocos trabajos reportan el aislamiento de cepas desde sistemas de biopurificación. El objetivo de este trabajo fue caracterizar bacterias aisladas desde un sistema de biopurificación con la capacidad de degradar iprodiona. Se seleccionaron tres cepas bacterianas aisladas desde un sistema de biopurificación de plaguicidas instalado en el Campo Experimental Maquehue, de la Universidad de La Frontera. Las cepas fueron caracterizadas fenotípicamente por su morfología macro y microscópica, y bioquímicamente por su actividad enzimática extracelular y por medio de API@ZYM (Biomerieux). Con estas cepas, se realizó un ensayo de degradación y crecimiento en medio LB diluido con 50 mg L<sup>-1</sup> de iprodiona comercial, midiendo periódicamente la concentración de iprodiona por HPLC hasta 96 h, a 28 °C y a 130 rpm y se calcularon los parámetros de degradación y crecimiento. Los resultados, mostraron que las cepas estudiadas, C1, M12 y R9 destacaron la capacidad de degradación de iprodiona, de 97, 98,3 y 97,9% respectivamente, bajo las condiciones dadas presentan una tasa de degradación y tiempos de vida media similares. Sin embargo, el crecimiento de la cepa C1 no se vio afectada en presencia de iprodiona, y M12 fue levemente favorecida en su velocidad de crecimiento y tiempo generacional. Morfológicamente, corresponden a bacilos Gram negativo, sin embargo, sus colonias muestran morfologías diferentes. Las tres cepas mostraron diversidad enzimática en su actividad hidrolítica extracelular, actividad que ha sido relacionada con la degradación de iprodiona (Campos et al., 2017). Así como también, por medio de API@ZYM presentan un perfil enzimático variado, destacando la actividad de arilamidasa. Estas enzimas, han sido reportadas en la degradación de propanil, de características estructurales similares a iprodiona y sus metabolitos (Zhang et al., 2012). En conclusión, las cepas bacterianas C1, M12 y R9 poseen una alta capacidad de degradar iprodiona, con actividades enzimáticas de interés para la degradación del fungicida. Por lo que es de interés a futuro, el estudio de las enzimas de estas cepas involucradas en el metabolismo de degradación de iprodiona. Este conocimiento, permitirá un mejoramiento y el desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos contaminados con plaguicidas.

Agradecimientos: FONDECYT 1161481, CONICYT/FONDAP/15130015, DIUFRO-2019.

### Referencias:

- Campos, M., et al., *Journal of Environmental Management*, 2017. 187, 103–110.  
Campos, M., et al., *International Biodeterioration and Biodegradation*, 2015. 104, 201–211.  
Cao, L., et al., *Canadian Journal of Microbiology*, 2018. 64(1), 49–56.  
Zhang, J., et al., *Applied and Environmental Microbiology*, 2012. 78(14), 4848–4855.

## ANÁLISIS Y ESTUDIO DE TEMÁTICAS AMBIENTALES CON TECNOLOGÍAS ATÓMICAS Y NUCLEARES

Correa, R.<sup>1\*</sup>; Sepúlveda, A.<sup>1</sup>; Miranda, E.<sup>1</sup>; Wachter, J.<sup>1</sup>; Miranda, P.<sup>1</sup>; Mera, E.<sup>1</sup>; Pacheco, P.<sup>1</sup>;  
Figuerola, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente, Universidad  
Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile

\*email: rcorrea@utem.cl

Palabras claves: Análisis espectral; Emisiones X; Espectroscopía gamma; Sistemas neuronales artificiales

Considerando la relevancia e impacto de las aplicaciones de las ciencias atómicas y nucleares en diversas áreas de la sociedad es un deber ineludible pensar en su desarrollo tanto en el ámbito de las tecnologías adecuadas y capacitación del recurso humano. En el presente trabajo se plantean líneas de investigación que se desarrollan en la Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM) y que están relacionadas con temáticas ambientales que abarcan análisis y estudios de sustancias provenientes de suelos, aerosoles y orgánicas mediante el uso de metodologías experimentales como fluorescencia de rayos X, emisiones X inducidas por protones (PIXE) y espectroscopía gamma. La metodología del análisis PIXE que se caracteriza por ser no destructiva y relativamente simple puede ser usada para identificar y cuantificar elementos traza que típicamente van del Al (Aluminio) al U (Uranio) [1]. El diseño de experimentos de espectroscopía gamma se implementa en el monitoreo de presencia de sustancias radiactivas naturales y artificiales, presentes en suelos rurales y urbanos [2]. Junto a los análisis experimentales se desarrolla el uso de herramientas computacionales avanzadas diseñadas para el análisis espectral [3], que tienen como objetivo automatizar el análisis de estudios espectrales, tanto de emisiones X y gamma, y que permiten la obtención de resultados como la determinación de abundancias y concentraciones elementales en línea y tiempo real. Estas actividades investigativas imponen la necesidad de fortalecer recursos tecnológicos, infraestructura y colaboración con otras instituciones afines. Por ende, en la UTEM se ha puesto en marcha un Laboratorio de Investigaciones Aplicadas con Tecnologías Atómicas y Nucleares (LIATAN), cuyos componentes esenciales son: acelerador electrostático Van de Graaff con energías variables entre 0.3 y 3.5 MeV, unidad de análisis con fluorescencia de rayos X (XRF), laboratorio de espectroscopía gamma, estación móvil de monitoreo de calidad del aire y sección de modelamiento con sistemas computacionales avanzados. El Laboratorio tiene por objeto fomentar y desarrollar una actividad científica compleja y está abierto a impulsar y facilitar la colaboración y participación de otras instituciones relacionadas. Un rol importante lo constituyen los convenios de colaboración que se han establecido con la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), Universidad de Chile, Instituto Nacional del Cáncer (INC) y Academia Politécnica Militar (ACAPOMIL).

Agradecimientos: Los autores agradecen al Dr. José Roberto Morales (Q:E:P:D) por su gran contribución al desarrollo de la Física Nuclear Experimental.

### Referencias:

- [1] Johansson, S.A.E., Campbell J.L. *A Novel Technique for Elemental Analysis*. John Wiley and Sons, 1988.
- [2] Correa, J.R., et al., *AIP Conf. Proc.* 2012, 1423, 369
- [3] Correa, R., et al., *International Journal of PIXE*, 2008, 18, 3/4, 147-155.

## ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UNA ANTORCHA DE PLASMA USADA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS

Figueroa, E.<sup>1\*</sup>; Correa, R.<sup>1</sup>; Fuentes, V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente, Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile

\*email: efigueroa@utem.cl

Palabras claves: Plasma; Tratamiento de Residuos.

Una antorcha de plasma [1-3] puede ser usada para tratar todo tipo de residuos, ya sean de tipo municipal o industrial [4]. La factibilidad técnica y financiera [5] de un aparato como éste ha sido demostrada con anterioridad. Este es un estudio de algunas de las propiedades físicas de una antorcha de plasma de este tipo, como son el gradiente de voltaje en el plasma y la distribución radial de temperatura.

Agradecimientos: Los autores agradecen muy sentidamente al Prof. José Roberto Morales (Q.E.P.D.) por su enorme labor científica y docente.

### Referencias:

- [1] C. D. Lanzo. *A coaxial-flow-stabilized arc*. 1968. Nasa Technical Report. Nasa TN D-4517.
- [2] G. Dyos. 1974. United States Patent S3830428.
- [3] A. Douglas. 1994. United States Patent EP0610177 A1.
- [4] E. Figueroa, V. Fuentes. *J. Phys.* 2018, Conf. Ser. 1043 01206.
- [5] B. J. Clark, M. J. Rogoff. *Economic feasibility of a plasma arc gasification plant, City of Marion, Iowa*, 2010. Proceedings of the 18th Annual North American Waste-to-Energy Conference, Orlando, FL., USA

## USO DE BIOMASA RESIDUAL EN SISTEMAS DE COMBUSTIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Salazar, I.<sup>1\*</sup>; Jara, A.<sup>1</sup>; Farías, O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Químicas y Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción. Concepción, Chile

\*email: itilier.salazar@ufrontera.cl

Palabras claves: Lodos, combustión; Poder calorífico; Material particulado; Combustible sólido.

Los lodos son compuestos orgánicos semisólidos que se producen en las plantas de tratamiento de aguas servidas domiciliarias. En Chile se producirían alrededor de 400,000 toneladas de lodos, base seca, en el año 2020. Usualmente los lodos se disponen en suelos y/o en vertederos. Su composición contiene altos porcentaje de carbono y por lo mismo les confiere un alto poder calorífico. Considerando esta última característica en este trabajo se prepararon diferentes formulaciones de lodo con biomasa vegetal para ser usado como combustible sólido, pellets, en estufas o calderas. Se secó el lodo hasta un 10% de humedad en un secador expresamente diseñado y construido para este efecto y se prepararon dos formulaciones, una con 100% de lodos obtenido mediante tratamiento secundario y otro con tratamiento primario, y, la otra formulación, mezclando un 25 de lodo con 75% de biomasa vegetal. Se peletizaron ambas formulaciones en una prensa industrial Kahl obteniendo un material sólido con forma de cilindro con alta resistencia mecánica. Se caracterizaron las formulaciones y se hicieron pruebas de combustión, bajo criterios de la normativa chilena, N Ch 3173, encontrándose un mayor poder calorífico en la formulación de lodo secundario con 75% de biomasa comparada con aquella formulada con lodo primario en la misma proporción, y, siendo ambas formulaciones mezclas lodo:biomasa en la razón 1:3 un 45% superior a las formulaciones que contenían solo lodo. El material particulado generado en la combustión del lodo secundario más biomasa, en caldera fue un 8%, más bajo que la norma y la formulación en base solo a lodo un 50% superior. En cuanto a gases ambas formulaciones estuvieron por sobre el 0.3% de CO establecido por la norma chilena. Con esta información se podría concluir que el combustible sólido formulado en base a lodo y lodo más biomasa en la proporción 1:3, no se podría usar en estufas domiciliarias, pero si en calderas a una temperatura superior a la de trabajo toda vez que cumple con la norma chilena en cuanto a material particulado y no en gases.

Agradecimientos: Proyecto INNOVA-CHILE, CORFO. 13IDL2-23462, Empresa Aguas Araucanía. Región de La Araucanía.

### Referencias:

- Romero, S.A., *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat. (Esp)*, **2010**, 104(2), pp 331-345.  
Castro, C.P., et al., *Revista de geografía Norte Grande*, **2007**, 37:35-45.

## *Presentaciones de Póster*

---



## IMPORTANCIA DE LA INCERTIDUMBRE: MEDICIÓN DE POTENCIAL OXIDATIVO POR DTT

Molina, C.<sup>1\*</sup>; Andrade, C.<sup>1</sup>; Manzano, C.A.<sup>1,2</sup>; Toro, R.<sup>1</sup>; Leiva G., M.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

<sup>2</sup>School of Public Health, San Diego State University, San Diego, CA, USA

e-mail: carolina.molina@um.uchile.cl; manleiva@uchile.cl

**Palabras Claves:** Incertidumbre; GUM; potencial oxidativo; actividad redox; material particulado; DTT

Es reconocido que el material particulado (PM) atmosférico se relaciona con efectos adversos para la salud de las personas. La hipótesis más aceptada del mecanismo fisiológicos adversos es que procede mediante procesos inflamatorios inducidos por especies redox que contiene el PM, que son liberados en el organismo, y que resultan de estrés oxidativo producto de la generación de un exceso de especies reactivas de oxígeno (ROS) que exceden las defensas antioxidantes; por ende el estrés oxidativo representa un mecanismo relevante de toxicidad, y mediciones del potencial oxidativo (OP) se han configurado en una métrica de la toxicidad y de los impactos del PM en la salud. Existen diferentes ensayos para medir la OP, el más común es el ensayo de ditiotreitól (DTT), dado que es un método relativamente fácil de implementar y económico. Este trabajo presenta, la medición y estimación de la incertidumbre considerando sus principales fuentes para la cuantificación del potencial oxidativo por consumo de DTT mediante espectrometría UV-VIS en material particulado PM10 y PM2.5, según los lineamientos establecidos en la Guía para la Expresión de Incertidumbre en la Medición (GUM). El resultado de la incertidumbre expresado como un coeficiente de variación relativo fue del 18% y del 16% para PM10 y PM2.5 normalizado en masa y/o volumen, respectivamente, y calculado mediante factor de cobertura igual a 2 a un nivel de confianza del 95%. Es importante destacar que la medición de la capacidad oxidativa de material particulado por DTT ha demostrado ser un método robusto y accesible y con una incertidumbre que cumple los propósitos del ensayo

**Agradecimientos:** Los autores agradecen el financiamiento parcial del presente trabajo al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Beca de Doctorado Nacional CONICYT N.º 21181015 (CM), Programa FONDECYT Iniciación 2018 N.º 11180151 (CAM) y FONDECYT Regular 2016 N.º 1160617 (MLG).

## VALIDACIÓN DE PRODUCTOS MODIS NIVEL 3, COLECCIÓN 5.1 SOBRE DIFERENTES ESTACIONES DE LA COSTA DEL PACIFICO SUR

Pesántez, M.A.<sup>1,2\*</sup>; Segura, S.<sup>1</sup>; Estelles, V.<sup>1</sup>; Utrillas, M.P.<sup>1</sup>; Martínez-Lozano, J.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física de la Terra i Termodinámica, Universitat de Valencia. Burjassot-Valencia, España  
<sup>2</sup>Facultad de Energía de las Industrias de los Recursos Naturales no Renovables, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

\*email: maupegon@alumni.uv.es; manuel.pesantez@unl.edu.ec

Palabras Claves: LIDAR; MODIS; Espesor Óptico de Aerosoles; CIMEL.

En el presente trabajo se estudia las variables geofísicas de la columna atmosférica relacionadas con los aerosoles y las nubes, son las menos estudiadas hasta el momento. Su distribución y propiedades a nivel global son aún un enigma y por ello es un campo de estudio muy activo de investigación en la actualidad. Los aerosoles atmosféricos (representados mediante múltiples variables complejas como el AOD, *Aerosol Optical Depth* o Espesor Óptico de Aerosoles), son partículas sólidas o líquidas en suspensión en el aire que debido a su alta variabilidad espacial y temporal, constituyen actualmente la mayor fuente de incertidumbre en diferentes procesos que afectan al clima (IPCC, 2013), y ellos también afectan a la visibilidad (Samet et al., 2000) y la salud humana (Segura et al., 2013). Entre sus efectos en el clima, su papel en el forzamiento radiativo es altamente importante (Charlson et al., 1992). En este sentido, tienen un efecto directo (absorbiendo y dispersando la radiación solar incidente) o indirecto (actuando como núcleos de condensación de nubes) (CCN) (Ramanathan et al., 2001), modificando así las características microfísicas y radiativas de nubes (Kaufman et al., 2005) y su ulterior efecto sobre la radiación solar y terrestre. Además, tienen un semidirecto efecto que influye en la precipitación y el albedo planetario (Rotstayn and Penner, 2001). La caracterización de los aerosoles se puede realizar por medio de medidas in situ en la superficie terrestre (captadores de material particulado, nefelómetros, etalómetros) o a partir de medidas integradas en la columna atmosférica (fotómetros y radiómetros solares). En general estas medidas tienen una muy buena resolución temporal pero baja resolución espacial. Por otro lado, los productos de los satélites de los diferentes sensores como MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) proporcionan una buena resolución espacial y baja resolución temporal. La precisión de los datos del satélite se ve afectada por la radiación reflejada por la superficie de la tierra y, por lo tanto, se hace necesario validar sus datos con mediciones en tierra. MODIS ofrece productos en varios niveles debidamente procesados de ciertos componentes, entre ellos los Aerosoles. Los niveles se diferencian, entre otros detalles, por la resolución espacial de los datos. El producto de nivel 3 es un producto de valor agregado que se deriva de las variables geofísicas de niveles inferiores, especialmente del nivel 2. Contiene diferentes parámetros atmosféricos entre ellos el espesor óptico de aerosoles (AOD) a una resolución espacial de 1° 1°. En este estudio se realiza una validación del espesor óptico de aerosoles (AOD) a 550 nm proporcionado por el sensor MODIS sobre diferentes estaciones de la costa pacífico sur, se compara para ello, las medidas del espesor óptico de aerosoles obtenidos con fotómetros solares CIMEL CE318 instaladas en Ecuador y Chile pertenecientes a la red internacional AERONET.

### Referencias:

- Charlson, R.J., et al., *Science*, **1992**, 255, 423–430.  
IPCC, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. **2013**  
Kaufman, Y.J., et al., *J. Geophys. Res.*, **1997**, 102, 17051–17067

## CONTAMINANTES ORGÁNICOS EN EL ESPACIO PERSONAL: MIDIENDO EL EXPOSOMA EN LA REGIÓN METROPOLITANA

Manzano, C.A.<sup>1,2\*</sup>; Hoh, E.<sup>2</sup>; Dodder, N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>School of Public Health, San Diego State University. San Diego, CA, USA

\*email: camanzano@sdsu.edu

Palabras Claves: exposoma; cromatografía; multidimensional; muestreo pasivo

El incremento acelerado de la urbanización, el aumento del número de vehículos en circulación y el uso de biomasa como fuente de calefacción han colocado a las ciudades chilenas dentro de las más contaminadas del mundo. A pesar de los esfuerzos estatales por controlar y responder a los episodios de contaminación, la mayoría de estos se han centrado en un análisis de la concentración en masa de material particulado en la atmósfera, dejando de lado un análisis más completo sobre la distribución de contaminantes orgánicos. El objetivo de este proyecto fue explorar la contaminación urbana desde el punto de vista de la persona, es decir los compuestos químicos presentes en el espacio personal, lo que también ha sido llamado el "exposoma químico". El término exposoma fue sugerido inicialmente en el 2005 y es actualmente utilizado para describir la combinación de exposiciones durante la vida de un individuo a influencias externas (clima y estatus social), factores externos específicos (contaminantes químicos y microbios) y condiciones internas (metabolismos). Entonces, el exposoma químico es la representación de los compuestos químicos a los que estamos expuestos desde la concepción y durante toda la vida. Medir el exposoma químico conlleva un reto analítico e instrumental, dada la cantidad de datos que pueden generarse, y que el estilo de análisis debe responder a un análisis "no-objetivo" en donde la limpieza y fraccionamiento de la muestra debe reducirse al mínimo. Para analizar el exposoma químico de la Región Metropolitana de Santiago, utilizamos un sistema basado en muestreadores personales pasivos, extracción y limpieza minimizada, y análisis cromatográfico multidimensional que nos permita mantener la complejidad original de la muestra. Tres sectores de la ciudad fueron seleccionados para participar en este estudio (Puente Alto, Maipú y Las Condes). Varios voluntarios fueron reclutados de centros de educación media en cada comuna, con la ayuda de profesores y autoridades. El muestreo se realizó durante etapas de invierno y verano para evaluar cambios temporales. Los voluntarios utilizaron los muestreadores durante una semana completa de trabajo en cada campaña. El procesamiento posterior consistió en una extracción simple y agresiva de compuestos orgánicos absorbidos en la pulsera utilizando acetato de etilo. Los extractos fueron concentrados y analizados directamente en un cromatógrafo de gases de dos dimensiones, con columnas Rtx-5 y Rxi-17, en la primera y segunda dimensión respectivamente. Los resultados mostraron diferencias significativas en algunos de los compuestos analizados, entre épocas del año y entre comunas. Adicionalmente, se creó una lista de compuestos base que podría ser utilizada en el futuro como referencia en otros estudios de componentes orgánicos en la atmósfera de la Región Metropolitana.

Agradecimientos: Este proyecto es parte de un proyecto CONICYT/FONDECYT (Iniciación #11180151).

## EPISODIOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE CORTA DURACIÓN EN LA CIUDAD DE CALAMA

González-Rojas, C.H.<sup>1</sup>; Toro-Araya, R.<sup>2</sup>; Morales, R.G.E.<sup>2</sup>; Leiva-Guzman, M.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Modelación de Sistemas, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile

<sup>2</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: manleiva@uchile.cl

Palabras claves: Calama; material particulado

El año 2009 la ciudad de Calama, posicionada en el desierto de Atacama de Chile, y de clima desértico, fue declarada zona saturada. Ese mismo año se decretó un Plan de Descontaminación. El Plan fue reemplazado por un acuerdo ciudadano a partir del año 2011. Desde esa fecha hasta el presente se advierten escasos estudios respecto al estado del arte de sus contaminantes. Por ello se estudió las inmisiones de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub> y otros gases en el periodo 2013-2016. Los resultados indican, de acuerdo a la norma chilena, que la cantidad de excedencias es casi nula en todos los contaminantes estudiados ya que se constataron muy bajo porcentaje de días con superación de la norma. Sin embargo, sus habitantes indican que alrededor del mediodía se percibe dificultad para respirar e irritaciones oculares acordes a episodios de una a dos horas de duración o episodios agudos. El efecto observado en la población es mejor explicable a través del contraste con normas sugeridas por la WHO, ya que se advierte un posible efecto deletéreo en el sistema respiratorio de sus habitantes, particularmente en el caso de PM<sub>10</sub>. Por otra parte, el análisis de trayectorias de partículas y la variabilidad de la concentración del material particulado fino y grueso cruzado con la velocidad y dirección de viento permitieron apreciar que las situaciones de viento de calma y de componente Este son precursores del aumento de la concentración de los contaminantes en breves instantes, y que concuerdan con el malestar ciudadano en horas alrededor del mediodía. Las posibles trayectorias que permiten ingresar PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y SO<sub>2</sub> a la ciudad son las que se ubican bajando desde el Norte y que arrastrarían, por acción eólica, material particulado y SO<sub>2</sub> de los enclaves mineros y de la fundición de cobre, cuando hay espacios de calma en la velocidad del viento que circula por la ciudad. En general, la situación de contaminación actual en la ciudad, atribuible al material tipo PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y SO<sub>2</sub> se presenta menor a lo observado en otras regiones del planeta que poseen enclaves mineros de cobre cercanos. Finalmente, un análisis de tendencias indica que en el periodo estudiado casi todos los contaminantes muestran una tendencia a la baja entre 3 % a 6 % de disminución anual.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad de Tarapacá y a la Dirección de Investigación de la Universidad de Chile por las facilidades de tiempo otorgadas para la realización de este trabajo.

## IRREVERSIBILIDAD Y CALOR ASOCIADO A LA ENTROPÍA DE SERIES DE TIEMPO DE CONTAMINANTES Y VARIABLES METEOROLÓGICAS

Pacheco, P.<sup>1\*</sup>; Salini, G.<sup>2\*</sup>; Mera, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Universidad Católica de la Santísima Concepción. Concepción, Chile

\*email: patricio.pacheco@utem.cl; gsalini@ucsc.cl

Palabras claves: Series de tiempo; irreversibilidad; caos; entropía de correlación; principio de Landauer

Se presentan resultados de estudios del calor asociado a las entropías de correlación de las Series de Tiempo [1-4] de material contaminante (e.g., material particulado de 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ), de 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), monóxido de carbono (CO), y de variables meteorológicas de temperatura, humedad relativa y magnitud de la velocidad del viento) correspondientes a mediciones de estaciones de monitoreo (red SINCA del Ministerio del Medio Ambiente de Chile) de cuatro localizaciones de Santiago de Chile (con un total de 170778 datos para las seis variables de entrada de cada una). Aplicando un Software de análisis caótico a los datos, se calcula, a las Series de Tiempo, la entropía de correlación en unidades de bit/hr. Utilizando el principio de Landauer [5] se obtiene su equivalente en J/K hr, interpretándose los valores numéricos según el principio de máxima entropía (MEP) y la Segunda Ley de la Termodinámica [6], se muestra que el calor asociado a Series de Tiempo de Contaminantes es mayor al de las variables meteorológicas lo que puede interpretarse, en primera aproximación, como uno de los componentes que propician la perturbación de la maquina termodinámica del clima.

Agradecimientos: Los autores agradecen profundamente al Prof. José Roberto Morales (Q.E.P.D.) por su enorme labor científica y docente.

### Referencias:

- [1] Sprott, J C., *Chaos and Time – Series Analysis*. 2006, New York: Oxford University Press.
- [2] Sprott, J C., *Software CDE, Chaos Data Analyzer Programs*. 1995
- [3] Wolf, A., et al., *Determining Lyapunov exponents from a time series*. 1985, Amsterdam.
- [4] Ramos, Y., et al., *Journal of Exposure Science and Environ. Epidemiology*, 2016, 26 405 – 414
- [5] Landauer, R., *IBM Journal of Research and Development*, 1961, 5, 3
- [6] Liu, Y., et al., *Entropy*. 2001, 13, 211 – 240

## EFECTO DE LAS OLAS DE CALOR EN EL OZONO TROPOSFÉRICO DE CHILE CENTRAL

Seguel, R.<sup>1\*</sup>; Gallardo, L.<sup>1</sup>; Huneeus, N.<sup>1</sup>; Menares, C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Center for Climate and Resilience Research (CR)<sup>2</sup>, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

\*email: rseguel@dgf.uchile.cl

Palabras claves: Ozono; olas de calor; calidad de aire.

En la tropósfera, la oxidación de compuestos orgánicos volátiles (COVs), iniciada por radicales hidroxilos ( $\text{OH}$ ), en presencia de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ), conduce a la formación de ozono ( $\text{O}_3$ ). A nivel superficial el  $\text{O}_3$  es un contaminante regulado debido a sus efectos negativos en salud asociados principalmente al sistema respiratorio (Lippmann 1991). El  $\text{O}_3$  también puede afectar a los servicios ecosistémicos de plantas, la producción de cultivos, disminuir la captura neta de carbono en ecosistemas terrestres y modificar la emisión de COVs biogénicos (Mills et al., 2018). Además, en la tropósfera media y alta, el  $\text{O}_3$  es el tercer gas de efecto invernadero en importancia luego del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el metano ( $\text{CH}_4$ ) (Barré et al., 2012). En la Región Metropolitana (RM), la norma de  $\text{O}_3$  de 61 ppbv se ha superado de forma permanente desde el año 1998. Sin embargo, a pesar de esta condición de saturación por  $\text{O}_3$ , se logró un descenso significativo del máximo del promedio móvil de 8 h (MDA8) hasta el año 2008. A partir de dicho año, el MDA8 se mantuvo relativamente estable hasta 2015, año en que nuevamente se observó una tendencia al alza. Por ejemplo, en los últimos años se han registrado los niveles más altos de  $\text{O}_3$  de la década (MDA8: 95 ppbv). Esta respuesta es coincidente con la superación de los registros históricos de la temperatura diaria máxima (enero de 2019) y con veranos más cálidos (2017). Estos antecedentes interpretados en un contexto de variabilidad climática constituyen una alarma, debido a que incrementos esperables de la temperatura y modificaciones en la radiación podrían generar una respuesta en el patrón de emisiones de COVs biogénicos y posteriores alzas de  $\text{O}_3$  (Kramshøj et al., 2016). Nuestros análisis preliminares muestran que ciudades cordilleranas limítrofes a RM experimentan hasta 90 días/año por sobre 61 ppbv de  $\text{O}_3$ , pudiendo configurarse en los próximos años en nuevas zonas saturadas. En el presente trabajo se exploran diversos escenarios climáticos mediante el modelo de transporte químico EMEP MSC-W (Simpson et al., 2012), que buscan interpretar el efecto de la temperatura y de las emisiones de COVs en la formación de  $\text{O}_3$ .

### Referencias:

- Barre, J., et al., *Atmospheric Chemistry and Physics*, **2012**, 12(14), 6129-6144.  
Kramshøj, M., et al., *Nature Geoscience*, **2016**, 9:349.  
Lippmann, M., *Environmental Science & Technology*, **1991**, 25:1954-1962.  
Mills, G., et al., *Elem Sci Anth*, **2018**, 6: 47.  
Simpson, D., et al., *Atmos Chem Phys*, **2012**, 12:7825-7865.

## IMPACTO DEL ENSO (*EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION*) SOBRE CONCENTRACIONES DE PM<sub>10</sub> EN ÁREA DE EXPLOTACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO AL NORTE DE COLOMBIA

Rojano, R.<sup>1\*</sup>; Arregoces, H.<sup>1</sup>; Angulo, L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación GISA, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Guajira. Riohacha, Colombia

\*email: rrojano@uniguajira.edu.co

Palabras claves: PM<sub>10</sub>; ENSO; Colombia; variabilidad; calidad del aire.

Esta investigación presenta un análisis exploratorio de la variabilidad de PM<sub>10</sub> en áreas de minería a cielo abierto en el norte de Colombia asociada con el ENSO (*El Niño Southern Oscillation*), en los años 2015-2016. Tiene como objeto analizar la influencia de estos fenómenos en la calidad de aire de la zona. Estudios del comportamiento temporal y espacial de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> han demostrado una fuerte dependencia de las variables meteorológicas (Tiwari et al., 2017). En consecuencia, se conocen los efectos de las variables meteorológicas en la formación y deposición de partículas atmosféricas (Alonso-Blanco et al., 2018; Zhang et al., 2018). Se han presentado evidencia de la influencia de ENSO en la variabilidad del material particulado de menos de 10 micrones (PM<sub>10</sub>) (Wie y Moon, 2017). En los meses de febrero de 2015 a mayo de 2016 se observó una disminución del promedio anual de 8.3% en la precipitación en presencia de ENSO. La Figura muestra la variación mensual del Índice de Niño Oceánico (ONI) de 2012 a 2017 y la variación de las concentraciones diarias de PM<sub>10</sub> para todos los sitios de muestreo en el mismo período. Los registros de las concentraciones más altas de PM<sub>10</sub> entre los meses de agosto a diciembre de 2015 y enero y marzo de 2016. Las concentraciones medias anuales de PM<sub>10</sub> para todas las estaciones en estudio entre 2012-2016 fueron 34 µg/m<sup>3</sup> (IC95% 33-35 µg/m<sup>3</sup>) y desviación estándar de ±11.59. Las concentraciones promedio de PM<sub>10</sub> de todas las muestras para los años en las fases ONI clasificadas por El Niño (37.14 µgm<sup>-3</sup>; IC95% 36.06-38.22 µg/m<sup>3</sup>) fueron numéricamente más altas en comparación con los promedios de las concentraciones de PM<sub>10</sub> en las fases ONI clasificadas neutrales (32.54 µg/m<sup>3</sup>; IC95% 31.82-33.27 µg/m<sup>3</sup>). Los coeficientes de correlación observados entre PM<sub>10</sub> y los factores meteorológicos fueron relativamente bajos.

### Referencias:

- Alonso-Blanco E., et al., *Atmos Environ*: **2018**, 190, 146–160.  
Tiwari S., et al., *Atmos Pollut*, **2017**, 8, 13–28.  
Wie J., et al., *Atmos Environ*, **2017**, 167, 426–433.  
Zhang Y., et al., *Sci Total Environ*, **2018**, 633, 1253–1262.

## **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE CARBONO NEGRO EN SANTIAGO DE CHILE CON ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS**

**Gramsch, E.<sup>1</sup>; Pardo, F.<sup>1\*</sup>; Marín, F.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile

\*e-mail: felipe.pardo.b@gmail.com

Palabras clave: Carbono negro; Análisis de conglomerados; Santiago de Chile; Método Ward; Mínima diferencia.

El carbono negro (CN) es un tipo de material particulado principalmente fino (MP<sub>2.5</sub>) que funciona como transportador de sustancias tóxicas que ingresan a los seres vivos a través de la respiración. Es por esto que entender su comportamiento es importante porque impacta directamente en la salud de las personas. Para este estudio se ha llevado a cabo una campaña de monitoreo de concentración de carbono negro en 6 comunas de Santiago de Chile durante los meses de junio, julio y agosto en los años 2013 y 2014, eso es debido a que dicho período (invierno) es el que concentra las mayores concentraciones de contaminación atmosférica. La medición se realizó con un SIMCA el cual es un monitor óptico desarrollado en la Universidad de Santiago de Chile y un Aethalómetro AE31 de Magee Scientific Inc, el cual pertenece a la red MACAM de monitoreo. Con estos datos se realizó un análisis de conglomerados jerárquico aglomerativo usando el método Ward en el lenguaje R, agrupando las diferentes comunas utilizando un criterio de mínima diferencia. Se lograron identificar tres conglomerados bien marcados, el primero que agrupa a las comunas de USACH, Quilicura y Pudahuel donde la mayor distancia entre éstas es 0.09288824, el segundo que junta a Las Condes y Puente Alto con una distancia de 0.20115858 y el tercero donde San Cristóbal queda en solitario. Los resultados de este trabajo contribuyen a un mejor conocimiento de la contaminación en Santiago, lo cual puede llevar en algún futuro a planes de descontaminación sectorizada para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

## CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL CORREDOR COSTERO DE TALAGANTE

Zapata, J.<sup>1</sup>; Morales, R.E.G.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias Ambientales, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: raulgem@uchile.cl

Palabras claves: Contaminación Atmosférica, MP2.5, CO, Episodios Críticos.

La ciudad de Santiago se ubica en el valle central de Chile a 500 m.s.n.m. (Latitud 33.5°S, Longitud 70. 8° O), ocupando una de las cuencas atmosféricas más contaminadas del país y de América Latina en los meses de invierno, la cual alberga una población de 7.112.808 personas (INE, 2017), concentrando más del 40 % de la población nacional en una superficie de 15.554,51 km<sup>2</sup> (BCN, 2015). Debido a que la Provincia de Talagante se ubica en la zona sur poniente del valle, a unos 350 m.s.n.m., en lo que corresponde al cañón de entrada al mismo, por el sector en que los ríos Maipo por el Sur y Mapocho por el Norte se unen en esta zona para fluir en dirección del Océano Pacífico, concibe que este territorio provincial sea una zona estratégica para la entrada de aire fresco costero para ventilar la atmósfera de la ciudad de Santiago. De ahí que el presente estudio se enfocó en analizar el comportamiento de los compuestos químicos atmosféricos como (i) monóxido de carbono (CO); (ii) dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>); (iii) material particulado de los tipos MP<sub>10</sub> y MP<sub>2.5</sub> y (iv) óxidos de nitrógeno de las especies NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, considerando sus registros existentes en temporada invernal, entre los meses de mayo a agosto del quinquenio 2012 al 2016. Esto nos ha permitido analizar las trayectorias por las cuales los contaminantes se trasladan como masas de aire desde y hacia Talagante, observar los fenómenos meteorológicos que provocan episodios críticos de contaminación por MP<sub>2.5</sub>, y los riesgos asociados a la salud de la población al verse expuesto a esta contaminación atmosférica. Los resultados nos muestran que los contaminantes provienen principalmente de la quema de leña (biomasa) para la calefacción de las viviendas en Talagante, los vientos transitan por el cañón montañoso en Talagante principalmente desde el océano Pacífico en dirección a Santiago, sin embargo, durante los meses en estudio es al revés, vale decir desde Santiago en orientación a Talagante. Los episodios críticos de contaminación por MP<sub>2.5</sub> en Talagante obedecen a fenómenos climatológicos de bajas costeras y las atenciones de urgencia al sistema de salud pública de población de Talagante aumenta cuando incrementa la contaminación atmosférica de MP<sub>2.5</sub> y CO, lo que nos indica un aumento del riesgo a raíz de la contaminación.

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LIDAR ATMÓSFERICO PARA DETECTAR CONTAMINACIÓN A BAJA ALTURA EN SANTIAGO DE CHILE

Soto-Ormeño, C.<sup>1\*</sup>; Gramsch-Labra, E.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Óptica y Semiconductores, Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile

\*email: cristian.soto@usach.cl; egramsch@gmail.com

Palabras claves: LIDAR; Contaminación a Baja Altura.

La ciudad de Santiago de Chile presenta índices de contaminación comparable a de las megas ciudades. Existe evidencia de que la contaminación se encuentra a baja altura, por tanto, entender la dinámica de la contaminación en cotas bajas es crucial. Las técnicas remotas, como el LIDAR (*light detection and ranging*), se han vuelto cada vez más importantes para el estudio de la contaminación atmosférica. En este trabajo se muestra el diseño y construcción de un LIDAR atmosférico. El telescopio fue construido íntegramente en el laboratorio, al igual que el diseño y armado de la óptica. El fotomultiplicador fue alambrado y probado para obtener su mejor rendimiento. El láser utilizado es un YAG de 532 nm. Gracias a este diseño, se puede fabricar un instrumento versátil, de bajo costo y hecho en el país.

### Referencias:

- Alden, M., et al., *Opt. Lett.*, **1982**, 7, 543.  
Devara, P. C. S. et al., *Atm. Env.* **1995**, 29, N° 16, 2205.  
Devara, P. S. C., et al., *Appl. Optics*, **1995**, 34, 4416.  
Edner, H., et al., *Appl. Optics*, **1987**, 26, 3183.

## MARCADORES DE COMBUSTIÓN Y CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN SANTIAGO

Rubio, M.A.<sup>1\*</sup>; Bustamante, P.<sup>1</sup>; González, N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Química y Biología, y CEDENNA, Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile

\*email: maria.rubio@usach.cl

Palabras claves: nitrofenoles; rocíos; marcadores de combustión; potasio; zinc.

Actualmente la quema de leña constituye una nueva fuente de contaminación en la ciudad de Santiago, que se une a la emisión por fuentes móviles. La quema de biomasa representa una fuente significativa del aerosol orgánico a escala global y, dependiendo del tiempo transcurrido, domina las contribuciones de masas primarias o secundarias. A escala local, en Chile y sus ciudades ubicadas al sur (bajo 30° S) la biomasa constituye uno de los combustibles más importantes empleados en la cocción de alimentos y la calefacción, desempeñando un papel fundamental en la contaminación interna y externa del aire en los hogares, particularmente en climas fríos. La mayoría de los compuestos minerales se unen a la estructura orgánica de la biomasa y son fácilmente liberados durante la pirólisis. El potasio, azufre, cloro y sodio son especies que forman cenizas muy volátiles a causa de la quema de biomasa. En la quema de combustibles fósiles debido a la alta temperatura se emite carbono negro y diversos compuestos orgánicos e inorgánicos destacando los derivados fenólicos, aldehídos e hidrocarburos policíclicos aromáticos, debido a su toxicidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar marcadores químicos que estén asociados a quema de combustible en particular fósiles o a la quema de biomasa en la atmósfera de Santiago. Se realizaron muestreos de aire, aguas de rocío y de PM<sub>10</sub>. Las mediciones se realizaron en el interior del campus de la Universidad de Santiago de Chile, durante los meses de otoño e invierno del año 2017 y 2018. Se utilizaron colectores de rocíos manuales fabricados con Teflón. Las muestras de material particulado fueron recolectadas utilizando un impactador Harvard. Las muestras de aire (derivados fenólicos), se recolectaron usando la técnica de concentración en fase sólida. Se recolectaron 25 muestras por año. Las cuantificaciones de los iones se realizaron mediante Cromatografía iónica y E. de emisión atómica, ICP-EOS. Las cuantificaciones de fenoles se realizaron usando HPLC-DAAD. Los resultados mostraron que los niveles de cresol en aire, potasio y zinc en aguas de rocíos y en la fracción soluble del PM<sub>10</sub>, son elevados durante los episodios de alerta ambiental. En particular los altos niveles de potasio y cinc en las aguas de rocíos y en la fracción soluble del MP señalan claramente su relación con la quema de biomasa en esta ciudad. El análisis de derivados fenólicos determinó que fenol y cresol, están presentes en todas las aguas de rocíos, en concentraciones de alrededor 0.05 mgL<sup>-1</sup>. Un análisis comparativo desde mediciones realizadas durante los años 1995 a la fecha muestra un importante aumento de los niveles de potasio. Este resultado es importante ya que potasio, se emite durante la combustión de madera y se considera un buen marcador de quema de ésta. Los altos niveles de potasio muestran claramente el cambio de composición química de material particulado en Santiago, asociados a quema de leña.

Agradecimientos: Proyecto FONDECYT 1170456 y Proyecto basal CONICYT FB0807

Referencias:

Mitchell E., et al. *Fuel Processing Technology*, 2016. 42, 113-123

## DRONES PARA MEDIR PERFILES VERTICALES DE CONTAMINANTES EN ZONAS URBANAS

Toro-Araya, A.<sup>1\*</sup>; Canales, M.<sup>1</sup>; Leiva G., M.<sup>2</sup>; Morales S., R.G.E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química Analítica Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

e-mail: rtoro81@uchile.cl

**Palabras clave:** Contaminación atmosférica; material particulado, distribución de tamaños, perfiles verticales.

Durante las últimas décadas, los sistemas aéreos no tripulados (UAS), también conocidos como drones, vehículos aéreos no tripulados (UAVs) o aviones dirigidos por control remoto (RPA) se han desarrollado y utilizado casi exclusivamente para fines militares. En la última década, los UAVs también han entrado en la meteorología de la capa límite atmosférica como plataformas de sensores flexibles y rentables [Giebel et al., 2012]. Su facilidad de implementación y maniobrabilidad les permite muestrear en zonas inaccesibles de otro modo con las plataformas convencionales, en particular dentro de la capa límite planetaria de la troposfera (0.1-1 Km de altitud). Estos sistemas han sido usados para la investigación de un variedad de fenómenos y procesos en la capa límite atmosférica, incluyendo estudios en la capa límite polar [Curry et al., 2004], turbulencia de la capa límite atmosférica [Van Kroonenberg et al., 2008 y 2011], medición de gases de efecto invernadero [Khan et al., 2012], perfiles de calentamiento radiativo en la baja tropósfera [Ramana et al., 2007; Ramanathan et al., 2007], medición de la velocidad y dirección del viento el altura mediante un Anemómetro Ultrasónico 3D [Bergmann et al., 2014], etc. En este trabajo se presentan las investigaciones realizadas con un drone equipado con sensores meteorológicos, un espectrómetro portátil de aerosoles y un micro-Aethalómetro. La plataforma de vuelo permite registrar la dinámica diurna de la estratificación vertical de la atmósfera y su efecto en la distribución vertical de material particulado segregado por tamaño y carbono negro durante eventos críticos de contaminación urbana en Santiago y Chillán. Campañas de medición sistemáticas permitieron demostrar que durante las noches se producen inversiones térmicas en los primeros 300 metros desde la superficie con aumentos de temperatura de hasta 5 y 10 °C en Santiago y en Chillán, respectivamente, produciendo el confinamiento de masas de aire cerca de la superficie del área urbana con el consecuente incremento de la concentración de PM en todas sus fracciones de tamaño. Durante las mañanas estas inversiones térmicas en superficie se mantienen o se extienden a mayor altura y su rompimiento se produce sólo en los días despejados y durante las tardes por efecto radiativo. Por lo general, durante las tardes no se observan inversiones térmicas en los primeros 300 metros desde la superficie facilitando la mezcla vertical de las concentraciones de PM en altura y permitiendo su homogenización a través del perfil vertical. Con respecto a la distribución de tamaño del PM en altura se comprobó que la estratificación atmosférica limita el desplazamiento vertical de aerosoles, afectando principalmente y en mayor magnitud las fracciones de mayor tamaño (diámetro entre 1.00 µm y 10.0 µm), cuyas concentraciones en número disminuyen considerablemente luego de una inversión térmica haciendo que la abundancia relativa de las fracciones más finas se incremente. Por otra parte, las fracciones de diámetro menor a 1 micrómetro muestran una distribución más homogénea a través del perfil vertical incluso en presencia de inversiones térmicas, lo que implica que sus efectos en la salud de la población y sobre los ecosistemas se podrían manifestar a una mayor escala espacio-temporal.

**Agradecimientos.** Proyecto FONDECYT de Iniciación en Investigación n°11150931.

### Referencias:

Giebel, G., et al., *Autonomous Aerial Sensors for Wind Power Meteorology - A Pre-Project*, Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi, 2012.

# DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARBONO NEGRO EN ZONAS URBANAS Y POTENCIAL TRANSPORTE HACIA GLACIARES CORDILLERANOS

Villacura, L.<sup>1</sup>; Leiva-Guzmán, M.<sup>2</sup>; Toro-Araya, R.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química Analítica Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

e-mail: rtoro81@uchile.cl

Palabras clave: Contaminación atmosférica; carbono negro; perfiles verticales.

El carbono negro (BC) u hollín (Bond, 2013; Petzold, 2013) es un término utilizado para describir los residuos carbonosos refractarios resultantes de la combustión incompleta de biomasa y combustibles fósiles (Cooke, 1999; Chang, 2008). El BC es uno de los componentes antropogénicos más importantes de las partículas finas (PM<sub>2.5</sub>) emitidas por fuentes naturales y antropogénicas. La absorción de la radiación solar a causa de BC en varios compartimentos del sistema climático se reconoce como un componente principal en el balance energético de la Tierra, ya que como absorbente eficiente de la radiación solar, BC tiene un impacto directo sobre el clima al calentar la atmósfera y al reducir el albedo superficial cuando se deposita en la nieve y el hielo (Bond, 2013; Ménégos, 2014). Las partículas carbonosas submicrométricas tienen un tiempo de residencia atmosférica de 6 - 10 días (Cooke, 2002) y, por lo tanto, pueden ser transportadas a distancias de cientos a miles de kilómetros. En Chile se concentra el 70% de los glaciares de Sudamérica, el inventario de glaciares del año 2009 contabiliza 1.835 glaciares (Estrategia Nacional de Glaciares, 2009). Debido al alto número de Glaciares en Chile, se hace importante saber si las emisiones de BC producidas en grandes urbes con altos índices de contaminación atmosférica por PM, como las ciudades de Santiago y Chillán, pueden impactar los glaciares ubicados en zonas cordilleranas, cercanas a estas, acelerando su retroceso. Los principales objetivos de este trabajo fueron equipar la plataforma de vuelo con un micro-Aethalometro portátil y sensores meteorológicos, además de caracterizar la capa de mezcla de Santiago y Chillán mediante las mediciones en altura en diferentes condiciones ambientales, todo lo anterior con vista a cuantificar el transporte de BC hacia glaciares en las zonas de estudio. En este trabajo se realizaron mediciones en altura en el mes de agosto del 2018 utilizando un *drone* equipado con sensores y monitores para evidenciar el transporte de BC desde zonas urbanas con altos índices de contaminación atmosférica, como Santiago y Chillán, hacia glaciares cercanos a estas ciudades ubicados en la cordillera de los Andes. De los vuelos realizados, los resultados muestran que el BC, generado en zonas urbanas con altos índices de contaminación atmosférica, tiene variaciones diarias que van desde los 16  $\mu\text{g m}^{-3}$  a 2  $\mu\text{g m}^{-3}$  en la ciudad de Santiago y de 30  $\mu\text{g m}^{-3}$  a 1  $\mu\text{g m}^{-3}$  en la ciudad de Chillán. La concentración de BC varía durante el día, además se observan variaciones a distintas alturas. En general, durante la mañana y la noche, cuando la temperatura es más baja y se produce una inversión térmica de superficie, la mayor concentración de BC se observa en la superficie y luego, esta concentración, disminuye a mayor altura. Durante el transcurso del día estas concentraciones de BC disminuyen, logrando con esto advertir que BC traspasa las inversiones térmicas en el momento que se rompen y la concentración de BC se homogeniza en el perfil vertical. Este comportamiento se observa para ambas ciudades (Santiago y Chillán). En conclusión, se logró hacer una caracterización de la capa de mezcla de BC hasta los 300 m de altura, con estos resultados y el análisis de los vientos en altura se podrá evidenciar el posible transporte de las partículas que traspasan la inversión y que eventualmente podrían llegar a los glaciares.

Agradecimientos: Proyecto FONDECYT de Iniciación en Investigación 11150931.

## Referencias:

- Bond, T., et al., *Journal of Geophysical Research: Atmosphere*, 2013. 118, 5380-5552.  
 Chang, S., et al., *Atmospheric Environment*, 2008. 42, 1790-1800  
 Cooke, W., et al., *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 1999. 104, 22137-22162.  
 Cooke, W., et al., *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2002. 107, 4279.  
 Ménégos, M., et al., *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2014. 14, 4237-4249.  
 Petzold, A., et al., *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2013. 13, 8365-8379.  
 Schmidt, M., et al., *Global Biogeochemical Cycles*, 2000. 14, 777-793.

## CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y ATENCIONES POR PATOLOGÍAS RESPIRATORIAS Y CARDIACAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA

Valdés, N.<sup>1\*</sup>; Toro, R.<sup>2</sup>; Morales, R.G.E.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad de los Andes. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Centro de Ciencias Ambientales y Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: vonfer.qamb@gmail.com; correo@raulmorales.cl

Palabras claves: Índices de contaminación atmosférica; riesgos de salud por contaminación; consultas hospitalarias; contaminación atmosférica

Diversos estudios tanto nacionales como internacionales han relacionado la concentración de los contaminantes atmosféricos con la morbilidad y mortalidad debido a las enfermedades cardiopulmonares, demostrando que el incremento en la concentración de dichos contaminantes está causando un mayor número de muertes y un aumento en el número de consultas por urgencias debido a dichas patologías. En el presente estudio se determinaron los contaminantes atmosféricos más nocivos en términos agudos de la Región Metropolitana y se estableció el riesgo que implica el aumento de la concentración de dichos contaminantes, en un estudio que abarca un período de cinco años entre 2009 y 2013. Así mismo, se analiza el tiempo de desfase entre los aumentos en la concentración de contaminantes y el incremento de las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y cardíacas de entre 1 y 7 días. El presente estudio ha recabado sus datos de contaminación a partir de los índices de calidad de aire registrados por el Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire (SINCA) y los ingresos hospitalarios de urgencia de todos los servicios de atención primaria incluyendo hospitales, SAPU, postas de salud, centros de salud familiar y consultorios obtenidos por el Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS) del Ministerio de Salud entre los años 2009-2013 para toda la Región Metropolitana. Se plantea un enfoque epidemiológico ecológico, en donde se correlacionan las concentraciones diarias de los contaminantes del aire y variables meteorológicas con los ingresos hospitalarios diarios por enfermedades respiratorias y cardíacas para toda la población de la Región Metropolitana de Santiago. Los resultados muestran una correlación positiva entre las enfermedades respiratorias y los contaminantes atmosféricos para todos los grupos etarios, no así con las enfermedades cardíacas. Mayores correlaciones se observan en el grupo de los lactantes y los menores de 5 años. Los modelos de regresión de *Poisson* muestran resultados consistentes, en donde se observa un mayor riesgo agudo atribuible a los óxidos de nitrógeno y el monóxido de carbono. De este modo se entrega evidencia que la mezcla de contaminantes atmosféricos genera efectos adversos agudos sobre la población, especialmente en aquellas personas vulnerables como los menores de 5 años y los mayores de 65 años. Por lo tanto, se hace necesario tomar medidas de mitigación y mejorar las normas primarias de calidad de aire para todos los contaminantes, pero teniendo en cuenta particularmente los óxidos de Nitrógeno, monóxido de Carbono y material particulado fino.

# UN MODELO SIMPLE DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN CHILE CENTRAL MEDIANTE INFORMACIÓN SATELITAL, CLIMÁTICA Y MÉTODOS GEOESTADÍSTICOS

Fuentes-Jaque, G.<sup>1</sup>; Morales-Salinas, L.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio para la Investigación en Ciencias Ambientales (LARES), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: lmorales@uchile.cl

Palabras claves: Cambio Climático; Evapotranspiración; Teledetección; Topoclimatología.

Durante el último cuarto de siglo, los efectos del cambio climático se han observado como una mayor intensidad, fenómenos como las mega sequías meteorológicas observadas han sido el resultado de las tendencias globales al aumento de la temperatura y disminución de las precipitaciones tal como lo indica la Dirección Meteorológica de Chile. Esto hace que la gestión hídrica resulte indispensable, siendo el conocimiento de la distribución espacial de las precipitaciones y evapotranspiración las variables con mayor preponderancia para dichos efectos. Es por esta razón que el objetivo de esta investigación fue realizar un modelo simple de evapotranspiración potencial mensual entre las regiones de Coquimbo y del Bio-bio para los periodos climatológicos 1960-1990 y 1985-2015, utilizando una cantidad mínima de información meteorológica. Para esto se contó con datos de evapotranspiración potencial publicados por la Comisión Nacional de Riego (1997) y AGRIMED 2015, un Modelo Digital de Elevación ASTER, imágenes de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del producto MOD13A2 y capas climáticas WorldClim versión 2. Se aplicó un método de espacialización basado en regresiones geográficas ponderadas (GWR) y se usaron como variables predictoras la Altitud y el NDVI mensual y el Déficit de Presión de Vapor generado a partir de las capas WorldClim2, utilizando kriging como método de interpolación de los coeficientes espaciales de la regresión. Los resultados muestran que el método aplicado es estadísticamente significativo ( $p < 0.0001$ ), mostrando coeficientes de determinación mayores a 0,98. Por otro lado, este método nos permitió obtener capas climatológicas mensuales de evapotranspiración potencial para el área de estudio con una resolución espacial de 1 km, óptima para estudios a nivel regional o macrozonal. Fue posible también comparar las diferencias absolutas entre los periodos climatológicos estudiados, demostrando ser un buen método numérico para realizar estimaciones con errores bajos en comparación a otros métodos y con mínima información.

Agradecimientos: Proyecto FONDECYT 1161809, Proyecto FIA-PYT-2017-0877

## ¿EXISTE INTERACCIÓN ENTRE EL ARBOLADO URBANO Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LAS CIUDADES?

Tagle, A.<sup>1</sup>; Préndez, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Laboratorio de Química la Atmósfera y de Radioquímica, Universidad de Chile. Santiago, Chile

Palabras clave: material particulado; compuestos orgánicos volátiles; ozono troposférico; especies arbóreas urbanas; Santiago, Chile

La infraestructura verde urbana, particularmente el arbolado, puede influir en forma directa y/o indirecta en la calidad ambiental y el bienestar humano, a través de sus servicios ecosistémicos. Diversos estudios han comprobado que la infraestructura verde mejora la calidad del aire, provee sombra, moderando la temperatura y el microclima, afectando por ende el uso de la energía; disminuye las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y a la vez aumenta el valor patrimonial (Escobedo et al., 2008). Por estas razones se ha promovido su uso como parte de programas, políticas y medidas urbanas de mejora ambiental. En los parques del área metropolitana de Santiago, conviven especies arbóreas tanto exóticas como nativas. Las especies exóticas representan alrededor del 86%, siendo más abundantes que las especies nativas que alcanzan alrededor de un 14% (Hernández, 2018). En los parques urbanos de la ciudad de Santiago, las especies exóticas tienen una participación un poco mayor y se caracterizan principalmente por su condición de caducifolias, alcanzando cerca del 90% del total de las especies exóticas presentes (Correa-Galleguillos y De la Barrera, 2014). El objetivo de este trabajo es evaluar la capacidad de la vegetación arbórea para efectuar el servicio de remoción de material particulado y morigerar el dis-servicio vinculado a la capacidad de formación de ozono, en la perspectiva de una mejora de la calidad del aire de Santiago. Se trabajó con la especie con mayor porcentaje de abundancia, *Quillaja Saponaria Mol.* como la nativa más importante en el arbolado y con las especies exóticas, *Prunus ceranifera var. Pissardii* y *Robinia Pseudoacacia*. Los sitios de estudio son la Facultad de Ciencias Forestales y de Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, Comuna de La Pintana, Santiago (33°34'10.8"S 70°37'50.9"W) y el Parque O'Higgins, Comuna de Santiago (33°27'51"S 70°39'36"O), ambos cuentan con especies nativas y exóticas, caducas y perennes. La biomasa y el área foliar de las especies se calcularon utilizando los modelos para especies arbóreas urbanas de la ciudad de Santiago propuestos por Dobbs (2005). Los resultados obtenidos permiten reflexionar acerca de la eficiencia y eficacia de la vegetación en las acciones de descontaminación de las ciudades.

Agradecimientos: Proyecto REDES consolidación URC-026/17 y Redes-Conicyt 170074

### Referencias:

- Escobedo, F.J., et al., *Journal of environmental management*, 2008, 86(1):148–157  
Hernandez, H., Villaseñor, N., *Urban Forestry and Urban Greening*, 2018, 29, 10-18.  
Correa-Galleguillos, P.C., De la Barrera, F., *Chloris Chilensis*, 2014, 17(1):1.  
Dobbs, C., Universidad de Chile. Construcción de modelos de estimación de biomasa y área foliar para diez especies arbóreas urbanas de la ciudad de Santiago. 2005

## CONCENTRACIÓN DE LOS AEROSOLES EN LA CIUDAD DE PUNTA ARENAS, CHILE, EN EL PERIODO 2017 - 2018

Barja, B.<sup>1\*</sup>; Zamorano, F.<sup>1</sup>; Mansilla, G.<sup>1</sup>; Pérez, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas, Universidad de Magallanes. Punta Arenas, Chile

\*email: boris.barja@umag.cl

Palabras claves: Aerosoles, PM10, polvo, Punta Arenas.

En el presente trabajo se muestra el comportamiento de la concentración de los aerosoles en superficie en la Ciudad de Punta Arenas, Chile, durante los años 2017–2018. Se emplearon los datos provenientes del instrumento TOPAS (*Turnkey Optical Particle Analysis System*), instalado en la Universidad de Magallanes, para el monitoreo de los aerosoles atmosféricos. Este resultado nos permite tener una línea base de la concentración de los aerosoles para los diferentes tamaños de partículas TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>1</sub> en la Región de Magallanes, una de las regiones más prístinas de Chile y del hemisferio sur. Esta línea base de la concentración de aerosoles nos permite tener una referencia de los niveles de aerosoles en la región para poder luego estudiar eventos que conllevan la entrada de aerosoles de regiones distantes y fuentes de emisiones no usuales. Este tipo de estudio ha sido poco evaluado en la región y solamente ha sido realizado como campañas de medición. En esta modalidad de mediciones, campañas, no es posible estudiar la evolución en el tiempo. Por lo que las mediciones a largo plazo, como la del presente estudio, permiten tener la evolución en el tiempo de los aerosoles y su comportamiento. Por lo que podemos mostrar en este momento las diferencias en el comportamiento estacional de la concentración de aerosoles TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>1</sub>, así como el comportamiento diurno del mismo. Igualmente se muestra en el trabajo algunos casos de presencia de aerosoles en nuestra región provenientes de otras regiones como es el caso de polvo, aerosoles provenientes de erupciones volcánicas y quema de biomasa, así como sales marinas provenientes del océano.

Agradecimientos: Los autores quieren agradecer al financiamiento entregado por el proyecto de colaboración entre Argentina, Chile y Japón, nombrado SAVERNET, financiado por JST y JICA en el programa SATREPS del gobierno japonés. Igualmente, la actividad de investigación fue financiada por el proyecto interno de la Universidad de Magallanes PY-03-INV-18.

## DISTRIBUCIÓN DE MASA (MP1, MP2.5 Y MP10) Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL AEROSOL ATMOSFÉRICO EN EL ÁREA DE REPRESENTATIVIDAD DE UNA ESTACIÓN DE MONITOREO DE LA REGIÓN METROPOLITANA

Nova, P.<sup>1\*</sup>; Fuentealba, R.<sup>1,2</sup>; Préndez, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Laboratorio de Química la Atmósfera y de Radioquímica, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Comisión Chilena de Energía Nuclear. Santiago, Chile.

\*email: pnova@umag.cl

**Palabras clave:** aerosol atmosférico; distribución de masa, número de partículas; área superficial, representatividad horizontal y vertical; Santiago, Chile

La variabilidad de las características físicas y químicas del aerosol atmosférico o material particulado (MP) depende de las fuentes y de las condiciones atmosféricas locales, lo que puede provocar importantes diferencias espaciales y temporales de la calidad del aire en áreas relativamente pequeñas (Muñoz et al., 2017). La resolución espacial de las redes de monitoreo no necesariamente logra caracterizar dicha variabilidad lo que dificulta la estimación de exposición personal al MP, los estudios epidemiológicos de los efectos en salud y no proporciona una comprensión de la eficacia de las políticas de reducción de emisiones. Por otra parte, las estaciones de monitoreo (Toro et al., 2017) sólo cuantifican concentración en masa del MP, y no otras propiedades tales el número de partículas, área superficial de las partículas y/o composición elemental del aerosol, variables también muy importantes. Durante décadas la ciudad de Santiago ha experimentado altos niveles de contaminación atmosférica por MP. En este trabajo se utilizó un monitor de bajo costo (Zikova et al., 2017) para generar información representativa y confiable de un área de interés, en este caso la estación de monitoreo de Independencia (EI) de la red oficial SÍNCA. Se determinaron las concentraciones de MP10, MP2.5 y MP1 y la distribución de partículas en 31 canales de tamaño con una resolución temporal de hasta 6 seg. Se obtuvo la distribución numérica y la del área superficial del aerosol atmosférico para el rango de 0.25  $\mu\text{m}$  a 32  $\mu\text{m}$ . Se incluyen los valores de temperatura y humedad relativa. La representatividad vertical se trabajó en un solo punto ubicado a 100 m de la estación EI. La representatividad horizontal se trabajó en seis puntos ubicados dentro del área de representatividad de la estación EI, cuatro de ellos muy próximos a la estación y dos ubicados en el límite del área de representatividad, en muestreos de 30 minutos cada uno en marzo de 2019. Los resultados obtenidos muestran variabilidades interesantes espacialmente respecto de los valores entregados por la estación de monitoreo. Además, se observa variabilidad respecto de las características del aerosol en los diferentes puntos estudiados. Los resultados contribuirán a mejorar el análisis crítico de la utilidad de los monitoreos en el área de la salud y de la gestión de las acciones descontaminación, entre otras.

**Agradecimientos:** Proyecto REDES consolidación URC-026/17

### Referencia:

Muñoz, D., et al., *Atmospheric Environment*, 2017, 152, 617-627.  
Toro, R., et al., *Environment International*, 2015, 82, 101-109.  
Zikova, N., et al., *Journal of Aerosol Science*, 2017, 105, 24-34.

## CAPTURA POR UNA ESPECIE ARBÓREA URBANA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS ANTROPOGÉNICOS EMITIDOS POR EL TRÁFICO VEHICULAR

Araya, M.<sup>1</sup>; Préndez, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Salud Ambiental, Instituto de Salud Pública de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Laboratorio de Química de la Atmósfera y de Radioquímica, Universidad de Chile. Santiago, Chile

**Palabras clave:** Compuestos orgánicos volátiles; HS/SPME-GC/MSD; *Liriodendron tulipifera*; tráfico vehicular; Santiago, Chile

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) participan activamente en la formación de oxidantes fotoquímicos tales como el ozono troposférico y los aerosoles orgánicos secundarios (SOA) (Guo, 2016). En la Región Metropolitana, Chile, los COV antropogénicos (COVA), representan la tercera contribución más grande en emisiones gaseosas (Gramsch, 2014); sus características tóxicas o mutagénicas causan un daño grave a la salud humana y disminuyen el crecimiento y desarrollo de plantas. Las áreas verdes urbanas desempeñan un papel importante en la calidad de vida de la población y dentro de la ecología urbana brindan diversos beneficios. Existe poca información internacional relacionada con la posibilidad de capturar COV antropogénicos a través de las hojas de los árboles expuestos a fuentes de contaminación (Saphores, 2012). En Chile, no hay información. El propósito de este trabajo es estudiar la presencia de COVA en las hojas de árboles expuestos al tráfico vehicular. Se seleccionaron 20 individuos de *Liriodendron tulipifera* expuestos al alto tráfico vehicular de la Av. Vicuña Mackenna, comuna de La Florida, área donde las estaciones oficiales de monitoreo de la Región informan concentraciones altas de ozono troposférico; como comparación se utilizaron 20 individuos de *Liriodendron tulipifera* del Parque bicentenario, comuna de Vitacura, sin exposición a tráfico vehicular directo. Se efectuaron dos campañas de muestreo: en primavera (noviembre) y verano (marzo) de 2018. Las muestras se pulverizaron con un molino criogénico; la extracción de las especies químicas se realizó por micro extracción en fase sólida (SPME). La determinación y cuantificación de cada especie química se realizó mediante GC/MSD. Se cuantificaron 11 especies químicas en la gama orgánica de gasolina (GRO: rango 6-10 C), específicamente tolueno, xilenos, etilbenceno y otras especies químicas. Los resultados permiten analizar la participación de la vegetación y su impacto en la formación de O<sub>3</sub> troposférico de manera cuantitativa (Wu, 2017; Kumar, 2018).

**Agradecimientos:** Proyecto REDES consolidación URC-026/17 y proyecto REDES-Conicyt 170074.

### Referencias:

- Gramsch, E. Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana. **2014**.
- Guo, H., et al., *Science of the Total Environment*. **2016**, 574, 1021-1043.
- Kumara, A., et al., *Science of the Total Environment*. **2018**, 613-614, 492-501.
- Saphores, J., et al., *Landscape and Urban Planning*. **2012**, 104(3-4), 373-387.
- Wu, W., et al., *Journal of Environmental Sciences*. **2017**, 53, 224-237.

## CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MP2.5 Y CO EN PADRE LAS CASAS, TEMUCO

Jara, G.P.<sup>1</sup>; Morales, R.G.E.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias Ambientales y Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

\*email: correo@raulmorales.cl

Palabras clave: Contaminación Atmosférica, Particulado Fino, Monóxido de Carbono

La migración poblacional desde zonas rurales a centros urbanos ha llevado a una densificación creciente de éstos en Chile. Las características geográficas y topográficas de los valles desde la Región Metropolitana (Latitud 33° Sur) hasta los valles más australes (Latitud 45° Sur), unido a las condiciones meteorológicas y al empleo masivo de energías a base de biomasa, ha repercutido en la mala calidad del aire en los períodos invernales, especialmente desde junio a agosto, llevándonos a establecer “cuencas atmosféricas vulnerables” de acuerdo a sus condiciones físicas de ventilación. En el presente trabajo se aborda un estudio de la ciudad de Temuco en la zona de Padre Las Casas, uno de los centros más poblados al sur del país, con gran influencia poblacional de su entorno rural, las que se han visto afectadas por su incremento de concentración de contaminantes atmosféricos en los últimos períodos invernales, alcanzándose niveles de preemergencia y emergencia en diversas oportunidades. Se han analizado las fluctuaciones de la contaminación por gases y material particulado fino (MP2.5) medidos en sus respectivas estaciones de calidad del aire por siete años, observándose máximos diarios de concentración tanto para CO como MP2.5 de manera simultánea. Con base en mediciones horarias y promedios diarios se ha determinado que el CO se comporta como un trazador apropiado para la quema de biomasa, siguiendo significativamente el comportamiento de las variaciones del MP2.5. Estos resultados nos permiten proyectar el comportamiento de la contaminación atmosférica propia de la quema de biomasa para modelos de desarrollo similares a otras ciudades del país que siguen patrones socioeconómicos y de distribución urbano-rural semejantes.

## INTERCOMPARACIÓN ENTRE UN SENSOR ÓPTICO DE BAJO COSTO DE MONITOREO DE MATERIAL PARTICULADO Y UN ESPECTRÓMETRO DE AEROSOLES

Claramunt, T.<sup>1</sup>; Leiva, M.<sup>2</sup>; Toro-Araya, R.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química Analítica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Centro de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: rtoro81@uchile.cl

Palabras Clave: Contaminación atmosférica; material particulado, sensores de bajo costo.

En la actualidad, los altos índices de contaminación atmosférica registrados en las áreas urbanas de Chile y el mundo plantean la necesidad de contar con instrumentos de monitoreo de contaminación del aire de calidad y bajo costo que permitan ampliar la cobertura espacial y temporal de las mediciones, especialmente en ambientes interiores. Distintos equipos de monitoreo de contaminación del aire están disponibles en el mercado, los cuales presentan una variabilidad en su calidad y en su costo.

En este trabajo se analiza el desempeño de un sensor óptico de monitoreo de material particulado (*air quality detector*, ht 9600 (HT)) comparando las mediciones realizadas con un espectrómetro de aerosoles portátil (*portable laser aerosol spectrometer*, Grimm 11-c (11C)) utilizado en estudios previos como sensor de referencia para validar mediciones de campo. La comparación del desempeño del equipo HT frente al 11C consistió de 812 compañías de medición simultánea con ambos equipos, las cuales se realizaron en 11 días distintos, durante los meses de agosto, septiembre y octubre, en distintas condiciones de ventilación con el fin de contar con mediciones de un amplio rango de concentraciones atmosféricas. Para validar la base de datos se realizó un test de Dixon que permite eliminar los datos atípicos obtenidos por cada uno de los equipos (HT y 11C), con lo cual se logró eliminar 17 datos para la fracción de tamaño de partículas de 0,3  $\mu\text{m}$ , 27 datos para la fracción de 2,5  $\mu\text{m}$ , 29 datos para la fracción de 10  $\mu\text{m}$ , 23 datos para el  $\text{PM}_{2.5}$  y 31 datos para el  $\text{PM}_{10}$ . Posteriormente, se utilizó un *screening* el cual presenta dos anclas (superior e inferior) para excluir los datos los cuales no presentan un comportamiento idéntico en cada uno de los parámetros medidos, con lo cual se logró eliminar 145 datos para la fracción de partícula de 0,3  $\mu\text{m}$ , 79 datos para la fracción de partícula de 2,5  $\mu\text{m}$ , 136 datos para la fracción de partícula de 10  $\mu\text{m}$ , 133 datos para el  $\text{PM}_{2.5}$  y 164 datos para el  $\text{PM}_{10}$ , obteniendo una base de datos de 650 para las fracciones de partículas 0,3  $\mu\text{m}$ , 706 para las fracciones de partículas 2,5  $\mu\text{m}$ , 647 para las fracciones de partículas de 10  $\mu\text{m}$ , 656 para el  $\text{PM}_{2.5}$  y 617 datos para el  $\text{PM}_{10}$ . Para evaluar el desempeño del equipo HT frente al equipo 11C se utilizó un test de Deming, en donde se obtuvo que el comportamiento lineal para la fracción de partícula de 0,3  $\mu\text{m}$  de  $Y = 0.953 * X - 4747$ , con un coeficiente de relación de 0.948, un  $R^2$  de 0.899 y un *Chi-cuadrado* de 3616.791, lineal para la fracción de partícula de 2,5  $\mu\text{m}$  de  $Y = 1.003 * X + 73.318$ , con un coeficiente de relación de 0.679, un  $R^2$  de 0.461 y un *Chi-cuadrado* de 629.938.



## SÍNTESIS DE DENDRÍMERO PAMAM FUNCIONALIZADO CON ASPARAGINA PARA LA CAPTURA DE IONES URANILO (U-VI) DESDE SOLUCIONES ACUOSAS

Vergara, C.<sup>1\*</sup>; Valdés, O.<sup>2</sup>; Tapia, J.<sup>3</sup>; Santos, L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile

<sup>2</sup>Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

<sup>3</sup>Instituto de Química de los Recursos Naturales, Universidad de Talca, Talca, Chile

e-mail: claudiavergarava@santotomas.cl

Palabras claves: dendrímeros PAMAM, asparagina, iones uranilo

El uranio es un metal tóxico presente en la naturaleza como parte de las rocas, la tierra, el aire y el agua. La especie más estable de uranio es el uranio (VI), donde se produce principalmente como ion uranilo ( $UO_2^{2+}$ ) y se puede encontrar en ambientes contaminados por la extracción de uranio y la producción de energía nuclear, combustible y armas. Esta especie no es peligrosa si está fuera del cuerpo, pero causa daños cuando se ingiere, inhala u ocurre una exposición prolongada a este metal. La extracción por solvente (SE), el intercambio iónico (IX) y la adsorción son los procesos principales que se utilizan para recuperar uranilo de las soluciones acuosas. Sin embargo, estos procesos pueden proporcionar poca selectividad, baja eficiencia y un impacto ambiental significativo, lo que ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas más eficientes para este propósito. Para lograr esto, en los últimos años, los agentes quelantes han generado un gran interés en su aplicación para recuperar metales de soluciones acuosas. Dentro de él, los dendrímeros aparecen como una alternativa debido a sus propiedades únicas y su estructura bien definida. Como resultado de su comportamiento, estructura y propiedades, los dendrímeros son adecuados para una amplia gama de aplicaciones tales como remediación ambiental, síntesis de nanopartículas y nanomedicina. El dendrímero PAMAM fue sintetizado por primera vez por Tomalia et al (1985), y ha demostrado buenas habilidades para eliminar metales de soluciones acuosas. Debido a esto, se seleccionó el dendrímero PAMAM de generación 0 (PG0) y se funcionalizó con el aminoácido asparagina (Asn) con y sin grupos protectores superficiales: PG0-Asn, PG0-Asn-Trt (con grupo tritilo) y PG0-Asn-Boc-Trt (ter-butil oxicarbonilo). Estos compuestos se anclaron a la superficie de celulosa y se utilizaron para estudiar la captura de iones uranilo desde solución acuosa mediante espectroscopía de fluorescencia. Los materiales compuestos se prepararon mediante un método simple y verde utilizando agua como disolvente y se caracterizaron mediante análisis FT-IR y análisis elemental. En los ensayos previos se estudió las condiciones óptimas para la captura de uranilo, donde se determinó 6 como el pH óptimo, 4 horas como el tiempo de contacto, 100 mg/L como la concentración inicial de uranilo y 2,5 mg como la cantidad del adsorbente a utilizar. PAMAM aumentó significativamente la captura de iones uranilo respecto de la celulosa como sustrato de partida llegando a un 94,8% de captura (PG0), seguido por un 91,2% correspondiente a PG0-Asn-Trt, luego 70,3% G0-Asn y un 24,2% G0-Asn-Boc-Trt. Estos resultados permiten demostrar que el dendrímero PAMAM es una buena opción para remover iones uranilo desde soluciones acuosas.

### Referencias:

Tomalia, D., et al., *Polymer Journal*. 1985, 17, 117-132.

## **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE POZO DE LA LOCALIDAD RURAL COLLIGUAY, VALPARAÍSO**

**Rivera, C.<sup>1\*</sup>; Lanfranco, M.<sup>1</sup>; Ugalde, A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Biodiversidad, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha. Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

<sup>2</sup>Programa Prodesal, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha. Playa Ancha, Valparaíso, Chile

\*email: cecilia.rivera@upla.cl

Palabras claves: agua subterránea; calidad del agua; Colliguay.

La calidad del agua subterránea en las zonas rurales de Chile ha ido empeorando con el tiempo, sin embargo, aún quedan lugares en el cual el efecto antrópico de su población no ha afectado su acuífero. Este es el caso de Colliguay, localidad rural de la comuna de Quilpué, región de Valparaíso que cuenta con aproximadamente 850 personas distribuidas en un total de 250 familias. Para ello se evaluaron 15 estaciones, correspondiente a 12 pozos de agua subterránea, dos vertientes y 1 estero, mediante 20 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo a la Norma de Calidad de Agua Potable NCh 409/of 2005. Los resultados muestran que tanto los pozos como las aguas superficiales presentan una buena calidad, las cuales poseen un agua de tipo dulce abastecido principalmente de agua lluvia con conductividades inferiores a 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , de tipo muy blanda con una media de dureza de 2.0 mg/L. Además, posee baja concentración de nutrientes, color y hierro. Para su óptimo consumo sólo se requiere de cloración y filtración para eliminar la turbiedad de la misma.

Agradecimientos: Proyecto Prodesal 2018-2019 Región de Valparaíso, Comuna e Quilpué, Decreto Exento N° 0582/2018.

## APLICACIÓN DEL MODELO PARAMETRICO USLE PARA LA CUANTIFICACIÓN EN TON/KM AÑO DE LA PÉRDIDA DE SUELO EN LA CUENCA RAPEL, EN ESCENARIOS COMPARATIVOS DE USO Y NO USO DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN

Saavedra, R.<sup>1,2\*</sup>; Santibañes, F.<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Centro de Agricultura y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>3</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: Raquel.Saavedra@ug.uchile.cl; FSantiba@uchile.cl

Palabras clave: USLE; Erosión; SIG.

Una de las principales causas de la degradación de los suelos es la erosión hídrica, por lo cual la determinación del grado y potencialidades de erosión permitirá aumentar el conocimiento técnico sobre el recurso suelo de la cuenca, y así alcanzar soluciones locales sostenibles a través del enfoque integrado en la cuenca. El modelo paramétrico de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) (Wischmeier y Smith, 1978) es una buena herramienta para el cálculo de la erosión hídrica debido a su simplicidad y el bajo nivel de detalle que precisa de información. Este modelo está en función de seis factores los cuales son: el factor de la erosividad de la precipitación (R), factor de erodabilidad del suelo (K), factor de longitud de ladera (L), factor de lo escarpado de la pendiente (S), factor de cubierta vegetal (C) y el factor de prácticas de conservación de suelos (P). El cálculo de la erosión hídrica de suelo requiere mucha información espacial, siendo fundamental la precisión para la predicción, para lo cual el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) es la herramienta más eficiente y con menor complicación para el manejo de información. Las aplicaciones del modelo USLE con SIG permite analizar la erosión del suelo con mucho más detalle ya que el proceso tiene un carácter de distribución espacial. El objetivo de este trabajo es la estimación de la erosión hídrica en ton/km año por medio del modelo paramétrico USLE mediante el uso de SIG en dos escenarios comparativos, con y sin prácticas de conservación en la cuenca Rapel. Entre los factores del modelo USLE, se encuentra la forma de la pendiente (L) y la interacción del ángulo con la longitud de la pendiente (S), como resultado de la directa interacción de estos factores, el efecto de longitud de pendiente y grado de pendiente debe ser siempre considerados en conjunto, como factor LS (K. Edwards 1987). El LS se calcula usando la herramienta de ArcGIS Raster Calculator sobre una imagen DEM, siendo la relación más adecuada para la integración con SIG.

### Referencias:

- Wischmeier, W.H, et al., Agriculture Handbook no. 537, 1978  
K. Edwards, Soil Conservation Service of NSW, Sydney, Technical Handbook No. 10, 1987  
Moore, I.D., Wilson, J.P., *Journal of Soil and Water Conservation*, 1992, 47(5), 423-428.

## OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN DE PLAGUICIDAS EN SEDIMENTOS DEL RÍO MAIPO

Copaja, S. V.<sup>1\*</sup>; Olave, C.E.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química Orgánica y Ambiental, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

\*email: [svcopaja@gmail.com](mailto:svcopaja@gmail.com); [carolina.olave.seguel@gmail.com](mailto:carolina.olave.seguel@gmail.com)

**Palabras clave:** sedimentos; HPLC; pesticidas; extracción; QuEChERS

Desde el punto de vista político-administrativo, la cuenca del Río Maipo abarca prácticamente la totalidad del territorio de la Región Metropolitana y parte de la V y VI regiones. En esta cuenca 246.447 hectáreas son utilizadas como terrenos agrícolas lo que lleva a la utilización de diversos productos agroquímicos, como plaguicidas y fertilizantes, los cuales finalmente escurren hacia el río y se depositan en los sedimentos. Desde que los plaguicidas ingresan a los ríos están expuestos a diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, que determinan su biodisponibilidad, estabilidad y destino final. En este trabajo se optimizó técnicas analíticas de recuperación para seis plaguicidas; Atrazina, Carbofurano, Clorpirifos, Deltametrina, Thiram y Trifluralina, en sedimentos de la Cuenca del Río Maipo, con el objeto de poder disponer de técnicas analíticas que permiten determinar una posible contaminación por estos agroquímicos ecosistemas fluviales. Dado que los sedimentos son reservorios de diversas especies químicas, entre ellos los plaguicidas, se ha considerado que estos son un indicador de la calidad del agua (1). Se seleccionó el sitio San Francisco de Mostazal como modelo de estudio. Se optimizó el método analítico para la cuantificación de los plaguicidas estudiados por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC-PDA). Las técnicas de extracción utilizadas en este trabajo fueron las extracciones líquido-líquido, en fases sólidas (SPE), QuEChERS y extracción asistida por microondas, utilizando diversos solventes como Hexano, Acetona, Cloroformo, entre otros. El método analítico optimizado resultó adecuado para la cuantificación de los seis plaguicidas. Para Atrazina se obtuvo el mejor porcentaje de recuperación (95,28%) utilizando QuEChERS, para Carbofurano la extracción en fase sólida (SPE) fue la técnica con mayor eficiencia obteniendo un 94,29%, para Clorpirifos y Thiram se recomiendan otras metodologías ya que sus porcentajes de recuperaciones resultaron bajos, finalmente para Deltametrina y Trifluralina con la extracción asistida por microondas utilizando una mezcla hexano/acetona, se obtiene la mejor recuperación para ambos plaguicidas con 95,02% y 92,65% respectivamente. Se logró la optimización de cuatro metodologías para la determinación de plaguicidas en sedimentos fluviales obteniendo porcentajes de recuperación superiores al 90% en cuatro de los seis plaguicidas estudiados. Dependiendo esto principalmente de las propiedades químicas de los agroquímicos como solubilidad,  $K_{ow}$ ,  $pK_a$ , entre otros. Estos resultados pueden contribuir al monitoreo de pesticidas en sedimentos fluviales y así ayudar a establecer normas acerca del uso excesivo de plaguicida en sectores agrícolas.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen al Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

### Referencias:

Yuan X, et al., *Catena*, 2014, 119:52-60.

## ESTUDIO DE PERSISTENCIA DE ALCALOIDES INDÓLICOS Y SUS DERIVADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS Y SU RELACIÓN CON PROPIEDADES ALELOPÁTICAS

López, M.<sup>1\*</sup>; Copaja, S.V.<sup>1\*</sup>; Bravo, H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química Orgánica y Ambiental, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

\*email: marialopez504@gmail.com; svcopaja@gmail.com

Palabras claves: Persistencia; Alelopatía; Alcaloides Indólicos, HPLC.

La alelopatía es una de las alternativas utilizados para el manejo integrado de malezas (MIP), con el fin de minimizar el uso de herbicidas sintéticos. El término alelopatía, se utiliza para definir el efecto que produce un químico liberado por una planta donante sobre el desarrollo de otra planta receptora competitiva. La investigación sobre interacciones alelopáticas ha sido enfocada en cultivos agrícolas, y se ha informado sobre la actividad alelopática de alcaloides indólicos en cereales como la cebada (*Hordeum vulgare L.*), cuyo metabolito secundario natural es Gramina [1]. Los productos de degradación de estos metabolitos en suelos agrícolas no han sido investigados, por lo que aún no está claro el rol del suelo en el comportamiento alelopático de estos compuestos. Para comprender el comportamiento de un compuesto en el suelo, es importante determinar la persistencia que tendrá en él, ya que este parámetro podría indicar el periodo en el que el compuesto estará biodisponible, y a la vez activo. La persistencia de un compuesto en un suelo puede ser cuantificada a través del tiempo de vida media ( $t_{1/2}$ ). En este trabajo, se estudió la persistencia de derivados indólicos con sustituyentes en la posición 2, 3 y 5 del anillo aromático y heterocíclico, con el objeto de determinar su uso como potencial aleloquímico. Los estudios de persistencia se llevaron a cabo mediante incubaciones de 5 g de suelo con 2.5 mL de soluciones de 100 mgL<sup>-1</sup>, de cada compuesto, luego se realizó una extracción con una mezcla de agua/AN 50%, centrifugó y filtro, los compuestos fueron determinados por HPLC. Los tiempos de vida media determinados fueron entre 1,3 h y 18 días para los diferentes compuestos. Los compuestos con sustituyentes COOH en su estructura, presentaron los valores más altos de persistencia en el suelo (>100 h), lo que indica que su biodisponibilidad podría ser mayor. De acuerdo a estos resultados la interacción suelo-aleloquímico es fundamental para proponer su uso como herbicida natural.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

### Referencias.

Héctor R. Bravo, Sylvia Copaja. *Agricultural Science*, 2018, 9: 9-13

## EFFECTOS DE LA LOMBRIZ DE TIERRA (*Eisenia foetida*) EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN PRESENCIA DE UN PESTICIDA.

Ahumada, S.<sup>1\*</sup>; Copaja, S.V.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química orgánica y Ambiental, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

\*email: svcopaja@gmail.com; saahumadavarela@gmail.com

Palabras claves: pesticida; *Eisenia foetida*; suelo; vermicompost.

Las técnicas agrícolas modernas asociadas al uso de pesticidas causan la disminución de la biodiversidad de los ecosistemas terrestres, afectando por ejemplo a las lombrices de tierra, organismos terrestres que cumplen un rol fundamental en el reciclaje de residuos orgánicos y en el desarrollo y mantenimiento del valor nutricional del suelo. Los pesticidas tienen un efecto negativo sobre la adecuación biológica de las lombrices, debido a lo cual, se vería afectado el rol ecológico de las lombrices en el sistema suelo. En este trabajo se estudió el comportamiento de la lombriz *Eisenia foetida* sobre un suelo contaminado con Clorpirifos (insecticida muy utilizado a nivel nacional), en relación a la modificación de sus propiedades físicas y químicas. El diseño experimental contempló la exposición de 20 lombrices a una dosis de 3.3 mg de Clorpirifos por cada kilogramo de suelo [1]. Se usó 2 kg de suelo por experimento y se manejó las variables de humedad y alimento. Los tratamientos de incubación del suelo fueron; (1) suelo (2) suelo e insecticida, (3) suelo y lombrices y (4) suelo, insecticida y lombrices. Los parámetros a analizar fueron pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, los nutrientes nitrógeno y fósforo, y Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup>. Además, se evaluó cambios en el crecimiento corporal de la lombriz de tierra, como parámetro indicativo de la adecuación de las lombrices en el sistema suelo contaminado. Los resultados encontrados muestran que durante los 7 días de incubación con pesticida no muere ni se reproduce ninguna lombriz *E. foetida*. Por otra parte, las lombrices *E. foetida* del tratamiento 3 aumentaron un 10,8 % más su masa corporal en comparación a las lombrices del tratamiento 4. También se evidencia diferencias en el contenido de macronutrientes, cationes y materia orgánica entre los tratamientos sin lombrices y con presencia de lombrices, confirmando que las lombrices modifican las propiedades fisicoquímicas del suelo. Considerando los resultados anteriores es posible corroborar que las lombrices *E. foetida* en presencia de Clorpirifos son capaces de cambiar las propiedades del suelo, sin embargo, su rendimiento es menor comparado con las lombrices incubadas sin presencia del pesticida. Por último, se recomienda abordar la probabilidad de que los residuos vegetales llevados al vermicompost contengan en su conjunto una concentración de Clorpirifos, que pueda afectar la productividad de las lombrices *E. foetida*. Tomando en cuenta que, según un informe hecho por el Instituto de Salud Pública de Chile (2011), el Clorpirifos es el analito que se detectó con mayor frecuencia en las muestras obtenidas en ferias libres.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

### Referencias

Morcillo, S. M., et al., *Ecotoxicology*, 2013, 22 (4), 597-607.

## ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN SUELOS: EFECTO DE LA INTERACCIÓN CON ARCILLAS

Copaja, S.V.<sup>1\*</sup>; Gatica-Jeria, P.I.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química orgánica y Ambiental, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

\*email: pablo.gatica@ug.uchile.cl, svcopaja@gmail.com

Palabras claves: Adsorción; plaguicidas organofosforados; arcillas; modelo de Elovich.

El uso de plaguicidas en áreas agrícolas y urbanas representa la principal fuente de contaminación difusa de estos compuestos tanto hacia el agua superficial como subterránea. El estudio de la contaminación por plaguicidas requiere el conocimiento de los procesos de adsorción que ocurren en el suelo, en estos procesos interviene la fracción coloidal de este, la cual está constituida por la fracción orgánica (materia orgánica) y la fracción inorgánica (minerales de arcillas). Los plaguicidas organofosforados, son ampliamente utilizados, con aproximadamente el 34% de las ventas mundiales de plaguicidas. Numerosos trabajos han dado muestra de que estos plaguicidas generan efectos nocivos para el medio ambiente y la salud de las personas [1]. Una forma de minimizar la contaminación difusa por el uso de estos compuestos es aumentar la capacidad de adsorción del suelo, modificándolo con arcillas con diferentes estructuras [2]. En este trabajo se estudió la adsorción de dos plaguicidas organofosforados: Clorpirifos y Diazinon en un suelo, modificado con arcillas: Caolinita ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ , bilaminar) y Montmorillonita ( $((Na,Ca)_{0.3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ , trilaminar) agregadas al suelo. Con el objeto de determinar la influencia de la arcilla en este proceso se realizaron experimentos en el suelo con y sin materia orgánica. El suelo utilizado en estos experimentos corresponde al suelo Alhué, VI Región, Chile. La materia orgánica del suelo fue eliminada mediante digestión ácida en caliente con agua oxigenada. Para los estudios cinéticos se agitó 1 g del suelo con soluciones de  $100 \text{ mgL}^{-1}$  de ambos pesticidas a desde 3 a 72 horas. Los estudios termodinámicos se realizaron experimentos en Batch con soluciones de  $0-100 \text{ mgL}^{-1}$  de cada plaguicida. Los estudios fueron realizados en el suelo solo, suelo modificado con arcilla y arcilla sola. Los pesticidas fueron determinados por HPLC. El tiempo de equilibrio fue de 48 horas. El modelo cinético de Elovich para la mayoría de los casos, ajusta, excepto para Diazinon con Montmorillonita. Los resultados de adsorción obtenidos permiten inferir que, al realizar agregados de arcillas controlados al suelo, aumenta la cantidad adsorbida por éste, siendo más efectiva la arcilla Montmorillonita que Caolinita. El efecto se apreció bastante bien al realizar los estudios de adsorción con el suelo sin materia orgánica, observando que los agregados de arcilla generan un aumento apreciable en la adsorción del suelo. Una forma de evitar la contaminación de los acuíferos con plaguicidas que lixivian a través del suelo sería aumentar la capacidad de adsorción de este, mediante el agregado de arcillas.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

### Referencias

- Mostafalou, S., Mohammad, A., *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **2013**, 268: 157 - 177.  
Lorenzo-Flores, A., et al., *Chemosphere*, **2017**, 166: 292 - 299.

## PREDICCIÓN DE LA ADSORCIÓN DE PLAGUICIDAS EN SUELOS DE CARGA VARIABLE USANDO MODELOS QSAR VALIDADOS POR LA OCDE

Araya-Stambuk, G.<sup>1\*</sup>; Neira-Albornoz, A.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: gabriela.araya.stambuk@gmail.com; ajneira@ug.uchile.cl.

**Palabras claves:** Adsorción; Plaguicidas; Suelos de carga variable; Modelos QSAR.

Los plaguicidas orgánicos son agroquímicos usados para mejorar la productividad silvoagrícola. Su aplicación requiere estudios de impacto ambiental cuyo costo y tiempo de análisis ralentizan la toma de decisiones por parte de organismos públicos/privados. En este contexto, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha propuesto el uso de 4 Relaciones Cuantitativas Estructura-Actividad (QSAR) como método de *screening* mediante la predicción del coeficiente de partición suelo/solución normalizado al contenido de carbono orgánico ( $\log K_{oc}$ ), asumiendo que los plaguicidas se adsorben en su forma neutra y en la materia orgánica (MO) del suelo [1]. Lo anterior resulta válido en suelos con carga superficial negativa (SCN), ya que plaguicidas no ionizables o bases débiles permanecerán en su forma neutra, mientras que ácidos en forma aniónica no se adsorberán en minerales con carga negativa. No obstante, puede ser poco representativo para suelos de carga variable (SCV), típicos de zonas volcánicas, cuya alta presencia de óxidos de Fe y Al amorfos genera una carga superficial dependiente del pH que podría conllevar a la adsorción de plaguicidas aniónicos o interacciones catión-pi no previstas por los modelos [1-3]. El objetivo de este estudio fue (i) analizar la capacidad predictiva de los modelos QSAR basados en  $\log K_{oc}$  recopilando 547 valores de  $\log K_{oc}$  empíricos obtenidos para SCV, (ii) interpretar mecanísticamente las desviaciones encontradas y (iii) proponer modificaciones a la generación de modelos QSAR para extender su capacidad predictiva a SCV. Se encontró que los  $\log K_{oc}$  predichos subestiman la adsorción de plaguicidas ácidos con diversos grupos polares, posiblemente debido a mecanismos de adsorción electrostática en SCV ausentes en SCN, aunque sobreestiman la adsorción de los ácidos con tendencia hidrofóbica, donde la adsorción en la MO es el mecanismo dominante, pero SCV presentan menos MO disponible que SCN, debido a la formación de complejos MO-óxidos de Fe/Al [4]. Para los plaguicidas básicos, el  $\log K_{oc}$  predicho sobreestima la adsorción de las s-triazinas, pero la presencia de grupos activantes y menor impedimento estérico reducen el error al favorecer la adsorción a través de interacciones catión-pi [3]. Por último, la adsorción promedio de plaguicidas no ionizables es predicha con errores <5% en la mayoría de los casos, con una mayor capacidad predictiva al aumentar la hidrofobicidad de las moléculas, pero alta variabilidad de  $\log K_{oc}$  entre suelos, asociada a cambios en la superficie de adsorción que podrían afectar la representatividad del mecanismo de adsorción plaguicida-MO. Concluimos que los modelos QSAR de la OCDE no pueden ser usados en SCV. Para evaluar y analizar la aplicación de modelos QSAR en SCV, proponemos la incorporación de propiedades fisicoquímicas del suelo, como pH (especiación del pesticida y suelo) y contenido de óxidos de Fe y Al amorfos. Para moléculas no ionizables, es necesario considerar la hidrofobicidad, ya que moléculas con grupos polares serán afectadas por la naturaleza electrostática variable del suelo.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen a PFCHA/DOCTORADO NACIONAL/2017-21170499 (CONICYT, Chile) por el financiamiento de este trabajo.

### Referencias:

- [1] Neira, A., "Predicción de la adsorción de herbicidas en suelos derivados de cenizas volcánicas mediante la creación de modelos (Q)SAR: Implicancias para la toma de decisiones en el marco ambiental chileno" (Tesis de Magíster). Universidad de Chile. 2017. 149p.
- [2] Sadao, S., et al., "Volcanic Ash Soils: Genesis, Properties and Utilization". *Developments in Soil Science* 21, Elsevier. 1993, 288p.
- [3] Vasudevan, D., et al., *Environ. Sci. Technol.* 2013, 47, 14119-14127.
- [4] Cáceres, L., et al., "Mechanisms involved in the sorption kinetic of Ionisable and Non Ionisable herbicides. Impact of Physical/chemical properties of Soils and experimental conditions". En "Kinetic Modeling for Environmental Systems". IntechOpen. 2019.

## NIVELES DE Cd, Cu y Zn EN LA LAPA *FISSURELLA SP.* EN EL BORDE COSTERO DE LA COMUNA DE CHAÑARAL

Fuenzalida, F.<sup>1\*</sup>; Copaja, S.V.<sup>1\*</sup>; Olivares, F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química orgánica y Ambiental, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

\*email: svcopaja@gmail.com; franciscabelen.f@gmail.com

Palabras claves: Chañaral; bioacumulación; Lapa *Fisurella sp.*; metales pesados

En la zona norte de Chile se presentan los mayores niveles de producción minera del país, lo cual a su vez genera contaminación por relaves con alto contenido de metales pesados. Una de las más complejas situaciones de esta índole ha ocurrido en la costa de la comuna de Chañaral, donde han sido liberados relaves mineros por más de 50 años, causando graves daños en el ecosistema marino [1]. Para evaluar si el efecto de tal contaminación aún persiste, en este trabajo se estudió la bioacumulación de Cd, Cu y Zn en tejidos de la lapa *Fisurella sp.*, molusco que habita en esta área contaminada. Las lapas fueron colectadas en abril de 2017 en la zona intermareal de tres sitios: bahía de Chañaral, caleta Palito y caleta Pan de Azúcar, región de Atacama, Chile. Los organismos seleccionados fueron separados de su caparazón, fueron secados en estufa a 40°C hasta masa constante. 0,5 g de muestra fueron digeridos con 10 mL de ácido Nítrico, en un microondas de alta resolución. Las muestras fueron filtradas y diluidas 10 veces con agua desionizada grado Mili-Q, la cuantificación de los metales: Cd, Cu y Zn se realizó por espectrofotometría de absorción atómica con atomización por llama. Las lapas, se separaron en dos grupos, pequeñas (1,06 g a 2,77 g) y grandes (9,19 g a 16,12 g). El grupo de las lapas pequeñas presentó una mayor retención de los metales Cu (873,94 µg/g) y Zn (143,11 µg/g), mientras que las lapas de mayor tamaño acumularon más Cd (17,09 µg/g). En un análisis enfocado solo en las lapas pequeñas, se observó que las concentraciones promedio de Cu fueron más elevadas en bahía de Chañaral (1955,58 µg/g), mientras que el Zn lo fue en la caleta Palito (285,76 µg/g) y el Cd levemente más alta en la caleta Pan de Azúcar (8,96 µg/g). Finalmente, se realizó un análisis de Clúster y de ACP, indicando que en Chañaral existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de concentración de Cd, Cu y Zn en los tejidos de las lapas con respecto a los otros dos sitios. Se discute la influencia del tamaño, la ubicación de las fuentes de contaminación, como la importancia de la contaminación realizada en Chañaral anterior al año 1975. Se sugiere un monitoreo del lugar con el objeto de determinar el efecto del entorno sobre estos organismos.

Agradecimientos: Consultora Tierra del Sol, por otorgar el financiamiento de este estudio.

### Referencias

Castilla, J. C., Nealler, E., *Marine Pollution Bulletin*, 1978, 9(3), 67-70.

## DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN ORGANISMOS BENTÓNICOS PROVENIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO MAIPO

Muñoz, G.<sup>1</sup>; Llanos, C.<sup>1</sup>; Landeros, S.<sup>1</sup>; Copaja, S.V.<sup>1</sup>; Vega-Retter, C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

\*email: svcopaja@gmail.com

Palabras clave: metales pesados; organismos bentónicos; Río Maipo; EAA.

En los ecosistemas acuáticos, se observa que la diversidad de las especies adopta una estructura vertical, encontrándose diversos tipos de organismos habitando: la superficie, el seno del agua y el fondo (sedimentos). El bento corresponde a los organismos vegetales/animales que viven en los sedimentos, semienterrados, fijos o que pueden moverse sin alejarse demasiado de él. Las comunidades bentónicas son muy diversas según la naturaleza del sustrato (roca, arena, limo) y la profundidad y son elementos claves en las tramas tróficas acuáticas, ya que conectan a los productores con los niveles tróficos superiores, como por ejemplo los peces [1]. En este trabajo se determinaron diez metales pesados: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb y Zn en organismos bentónicos colectados en 4 sitios: Isla de Maipo (IM), Melipilla (Mel); San Francisco de Mostazal (SFM) y Pelvin (Pel) de la Cuenca del Río Maipo. La toma de muestras se realizó durante los meses de octubre y noviembre del año 2016. Se recolectaron 5 réplicas por sitio y los organismos bentónicos fueron secados en estufa a 40°C hasta masa constante. 0,5 g de muestra fueron digeridos con 10 mL de HNO<sub>3</sub>, en un microondas. Las muestras fueron filtradas y diluidas con agua desionizada. El análisis de los metales se realizó mediante EAA. Todos los metales analizados fueron detectados excepto Cr. Al y Fe mostraron las mayores concentraciones en todos los sitios y Cd las menores, fluctuando entre 17623  $\mu\text{g g}^{-1}$  y 0,5  $\mu\text{g g}^{-1}$ .

Los organismos bentónicos son utilizados como indicadores de la calidad del sedimento; de los resultados de este estudio, se observa que, los sedimentos de SFM contienen 6 de los 9 metales con mayores concentraciones cuantificadas, y el sitio PEL, 7 de los 9 metales, con las concentraciones más bajas. Esto sugiere una posible bioconcentración de metales en el bento presente en el sitio SFM.

Agradecimientos: Proyecto FONDECYT N°11150213

### Referencias

Yoshimura C, et al., *Limnology*, 2006, 7:63-74.

## CARTOGRAFÍA DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN CHILE CENTRAL MEDIANTE MÉTODOS GEOESTADÍSTICOS

Fuentes-Jaque, G.<sup>1</sup>; Neira-Román, J.<sup>1,2</sup>; Morales-Salinas, L.<sup>1\*</sup>; Martínez, E.<sup>3</sup>; Soto-Mundaca, G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio para la Investigación en Ciencias Ambientales (LARES), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Escuela de Agronomía y Veterinaria, Universidad de O'Higgins. Rancagua, Chile.

<sup>3</sup>Departamento Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

\*email: lmorales@uchile.cl

Palabras claves: carbono orgánico del suelo; geoestadística; modelos espacialmente explícitos.

En diversas actividades del manejo silvoagropecuario y de investigación ambiental es esencial conocer la distribución espacial del carbono orgánico del suelo (COS) a través de mapas digitales. El COS se vincula directamente con la calidad del suelo debido a que covaría con múltiples propiedades clave, como la fertilidad, el sistema poroso y la estabilidad estructural del suelo. La principal entrada de COS al suelo es por aporte de materia orgánica proveniente de las plantas. En Chile se conocen valores puntuales de COS provenientes de análisis morfológicos de pedones representativos, los cuales son asignados a las series y asociaciones descritas en los estudios agrológicos. Esta asignación se basa en el supuesto de homogeneidad interna de las series de suelo. Sin embargo, es posible encontrar considerables variaciones espaciales del COS intraserie debido al manejo y topografía del lugar. El objetivo de este trabajo fue estimar de forma simple el COS de la zona centro-sur de Chile mediante interpolación geoestadística a partir de datos de terreno, funciones de pedotransferencia y datos provenientes de imágenes satelitales multiespectrales. Se utilizaron datos del primer horizonte de suelos descritos por CIREN, correspondientes a 464 pedones georreferenciados y que poseen algunas propiedades físicas y químicas, quedando finalmente solo 286 que contenían datos de COS y densidad aparente (DA) simultáneamente. Se aplicó como método de interpolación el basado en regresiones geográficas ponderadas (GWR) y se usaron como variables independientes la DA, altitud y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Los resultados muestran que el método aplicado es estadísticamente significativo ( $p < 0.0001$ ), mostrando índices de determinación de 0,84. Por otro lado, este método nos permitió obtener una cartografía de DA y COS entre las regiones de Valparaíso a Los Lagos, a una resolución espacial de 1 km. Se puede observar un aumento del COS en un gradiente latitudinal y altitudinal asociado a una mayor abundancia de vegetación boscosa. A partir de la región del Maule se puede observar en el mapa la influencia local de los suelos volcánicos, con mayor COS y bajos niveles de DA.

Agradecimientos: Proyecto FIA-PYT-2017-0877

## CUANTIFICACIÓN DE LITIO DE AGUA DE VERTIENTE, SEDIMENTO Y COSTRA DE SALAR DE ASCOTAN

Hermosilla, V.<sup>1\*</sup>; Vila, I.<sup>2</sup>; Copaja, S.V.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Química Orgánica y Ambiental, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: vhermosilla@ug.uchile.cl; svcopaja@gmail.com,

Palabras clave: Litio, vertiente, salar, costra salina.

El litio es un oligoelemento esencial para humanos y animales. Recientemente ha adquirido muchas aplicaciones, el nitrato de litio se usa en plantas solares debido a su capacidad de almacenamiento térmico, se usa en la fabricación de vidrio, cerámica, caucho, y actualmente se usa en la producción de baterías de iones de litio para teléfonos móviles. Hay dos tipos de recursos de litio que son económicamente recuperables; minerales y salmueras. Este último tiempo, la atención se centra en las regiones desérticas, cerca del 70% de los depósitos de Li económicamente viables del mundo se encuentran en una pequeña área, el llamado triángulo de litio: Salar de Atacama, Salar de Uyuni y Salar del Hombre Muerto [1]. El Salar de Atacama en el norte de Chile tiene un contenido estimado de Li de 6.3 millones de toneladas siendo el depósito más grande del planeta. En este trabajo se determinó las concentraciones de litio en el agua, sedimento y corteza de sal en tres manantiales orientales aislados en el Salar de Ascotan. El Salar de Ascotan está ubicado en el Altiplano del sur de Chile a 3700 m de altitud en la región de Antofagasta. Este estudio analizó tres fuentes aisladas superficialmente, vertiente 1 (21°27'2.9" S, 68°15'8.2" W), vertiente 6 (21°29'54.3" S, 68°15'24.6" W) y vertiente 11 (21°41'16.3" S, 68°12'53.8" W). Las muestras se recolectaron en mayo de 2015 en seis puntos aleatorios alrededor de los manantiales. Las muestras de agua y las muestras de sedimento se recolectaron en tres puntos a diferentes profundidades en una secuencia desde la fuente de los manantiales hacia el centro del Salar. Para los análisis de litio, se prepararon muestras de sedimento con un extracto saturado con una relación sólido-líquido de 1: 2. Las costras de sal se prepararon mediante la dilución de muestras de 1 g de corteza de sal seca en 100 ml de agua desionizada. Las muestras de agua, sedimento y costra de sal se filtraron y se analizaron en un AAS Se usó KCl al 0,1% (Merck) como supresor para el análisis de litio. Las concentraciones promedio de litio en agua y sedimento fueron mayores en la vertiente 1, 19 mg L<sup>-1</sup> y 7.8 mg kg<sup>-1</sup>. Sin embargo, la concentración de litio en la corteza de sal en la vertiente 11 tuvo la mayor concentración de Li, 3000 mg kg<sup>-1</sup>. Las concentraciones de litio en estos sitios de estudio fueron más altas que en otros lugares en Chile.

Agradecimientos: A Fondecyt 1140543.

Referencias:

Ogawa, J., et al., *Resour Geol*, 2014; 64, 91–101



## EVALUACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS DE ORIGEN ANTRÓPICO EN LA COMUNA DE LO PRADO, CHILE

Mera, E.<sup>1\*</sup>; Pacheco, P.<sup>1,3</sup>; Correa, R.<sup>1</sup>; Figueroa, E.<sup>1</sup>; Vásquez, R.<sup>2</sup>; Ríos, C.<sup>1</sup>; Miranda, E.<sup>1</sup>; Wachter, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente, Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile

<sup>2</sup>Unidad de Medio Ambiente, I.M. de Lo Prado, Chile

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de Chile. Santiago, Chile

\*email: emera@utem.cl

Palabras claves: Campos Magnéticos, ICNIRP, Norma 100 ( $\mu$ T), frecuencia industrial (50/60 Hz)

El presente estudio nació ante la necesidad de la I.M. de Lo Prado, por evaluar los Campos Magnéticos, presentes en los territorios comunales, ante múltiples denuncias surgidas por grupos de adultos mayores, los cuales atañen sus dolencias a instalaciones eléctricas presentes en la comuna. Debido a lo anterior el Programa de Aplicaciones Ambientales de Tecnología Nuclear y el Departamento de Física de la Universidad Tecnológica Metropolitana, le ofrece al municipio hacer una evaluación del campo magnético de frecuencia industrial (50/60 Hz) registrado en sectores puntuales, emplazados en la comuna, con el fin de estudiar el cumplimiento de las normas de campo magnético de frecuencia industrial establecida por la "The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)", y establecer una línea de base de referencia histórica en el tema a nivel comunal. La metodología se basó en el libro "Electromagnetic Fields and Radiation: Human Bioeffects and Safety" (Riadh W.Y. Habash, 2001), y el equipo usado fue un "Teslometro 5070, FW Bell", debe considerarse que el equipo fue calibrado antes de cualquier captura de datos. El estudio concluyó que los sectores de Calle Turquía con Calle Sagitario, Calle Dayton con Calle Yale y Calle Yale con Avenida Las Torres, se registran excedencia respecto a la norma indicativa del ICNIRP de campos magnéticos, para frecuencias de uso industrial, en un lapso de continuo de 24 horas mayores a 100 ( $\mu$ T). En el sector Calle Catedral con Calle Casilda, se registra una excedencia respecto a la norma indicativa del ICNIRP de campos magnéticos, para frecuencias de uso industrial, en un lapso de continuo de 24 horas mayores a 20 ( $\mu$ T). El sector de Calle Julio Escudero con Calle Comodoro Guesalaga no excede la norma indicativa del ICNIRP, de campos magnéticos para frecuencias de uso industrial.

Agradecimientos: Los autores agradecen muy sentidamente al Prof. José Roberto Morales (Q.E.P.D.) y Prof. Luis Da Silva (Q.E.P.D) por su enorme labor científica y docente.

### Referencias:

Riadh, W.Y., Habash, "Electromagnetic Fields and Radiation: Human Bioeffects and Safety", 2001, Editorial CRC Press, Nueva York, 424.

## **PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN LA ZONA NORTE DE COSTA RICA**

**Araya-Rodríguez, F.<sup>1\*</sup>; Moreira-Segura, C.<sup>1\*</sup>; Guzmán-Hernández, T.<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Costa Rica. Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE). San Carlos, Costa Rica

\*email: faraya@itcr.ac.cr; cmoreira@itcr.ac.cr; tjguzman@itcr.ac.cr

Palabras clave: Tecnologías solares en sistemas de producción agrícola.

En Costa Rica la protección del medio ambiente y la educación ambiental constituyen una prioridad, reflejada en las estrategias de las diferentes instituciones del estado en donde se constituye en los Lineamientos de la Política Económica y Social realización de transformaciones en los sectores productivos, la identificación de problemas ambientales, que son abordados en la implementación de estrategias en los procesos de transferencia de las tecnologías a las sectores productivos con la implementación de metodologías de educación ambiental. En el Sistema Nacional de Educación y en los planes de formación de profesionales, la educación ambiental ha sido reconocida como objetivo priorizado; se desarrollan acciones para elevar la cultura ambiental de los estudiantes; fortalecer la relación universidad comunidad; se integra a todas las disciplinas y se utilizan medios efectivos de comunicación, para promover la formación de hábitos, habilidades y valores, que permitan a los estudiantes comprender, interpretar y transformar el contexto donde tienen lugar los procesos formativos con una nueva concepción en el desarrollo de productos, los que a través del ecodiseño y la producción más limpia consideran el tratamiento de impactos ambientales durante todo el ciclo de vida de un producto, lo cual exige la educación ambiental. Teniendo en cuenta el problema que se produce por la variabilidad climática y de aumento de gases de efecto invernadero producidas a nivel local, regional e internacional, por las diferentes actividades humanas, así como la actual dependencia de los combustibles fósiles, debemos actuar sustituyendo las tecnologías existentes, por otras más limpias, seguras e inocuas. Existe una necesidad urgente de encontrar nuevas alternativas para apoyar con tecnologías limpias los procesos productivos de los pequeños y medianos productores agropecuarios, agroindustriales y lograr la mitigación de los efectos de gases de invernadero para contribuir a disminuir el impacto del cambio climático desde lo local, así como mejorar los procesos productivos y su inocuidad en las fincas y las pequeñas agroindustrias. El objetivo de este trabajo fue diseñar, construir y evaluar la implementación de sistemas solares térmicos para el secado y la deshidratación de granos, semillas, frutas y otros productos agropecuarios y agroindustriales. Los sistemas diseñados fueron activos y pasivos a saber: termosifónico e híbrido forzado, con aire y agua caliente, así como con gas LP de sistema auxiliar. Los mismos han podido suministrar más del 50 % de la energía requerida por el proceso de secado y deshidratación de varios productos. Los resultados muestran la eficiencia de los sistemas solares como un recurso alternativo y de energía limpia para las unidades de producción de Costa Rica, listas para ser usadas eficientemente reduciendo la huella de carbono a nivel local y mejorando sus procesos productivos, así como la calidad de sus productos. Conclusiones: Los cuatro prototipos diseñados, construidos y evaluados lograron secar o deshidratar los productos agrícolas o agroindustriales sometidos a la acción de estos sistemas de manera eficiente y en menos de la mitad del tiempo de los sistemas tradicionales.

## VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS MUNICIPALES PARA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y DIGESTATO

Varnero, M.T.<sup>1\*</sup>; Navarro, N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile

\*email: mvarnero@gmail.com

Palabras clave: Biodigestión anaeróbica: fermentación metanogónica: bioenergía: bioabonos.

El desarrollo de tecnologías más limpias, seguras y sustentable, para reducir el uso de las reservas de combustibles fósiles, constituye un gran interés estratégico. Las Energías Renovables No Convencionales (ERNC), como la energía eólica, la pequeña hidroeléctrica (centrales hasta 20 MW), la biomasa, el biogás, la geotermia, la solar y mareomotriz, están dentro de las fuentes de energías que hoy existen y cumplen con estas características. Los residuos sólidos orgánicos generados en sectores residenciales, comerciales e industriales no son aprovechados sustentablemente, sino más bien son trasladados principalmente a rellenos sanitarios donde finalmente se depositan. A través de la fermentación metanogénica se puede utilizar los residuos sólidos orgánicos eliminados por la sociedad, para la generación de biogás y digestato. En este estudio se evaluó la tecnología del biogás, con el objeto de analizar el potencial técnico de diversos residuos orgánicos, generados en la comuna de Independencia; considerando que, al igual que en otras comunas de Santiago, su recolección y disposición suele ser un problema. A partir de la información proporcionada por el Departamento de Medio Ambiente de la Municipalidad de Independencia, se identificaron distintos puntos estratégicos de obtención de residuos; entre los que destacan: i) Hipódromo de Chile (excretas de Equino); ii) Vega Central y Ferias libres con restos de basura (frutas y hortalizas); iii) Terminal de flores y pérgola de las flores (desechos de plantas y flores); iv) Podas realizadas por el municipio. Mediante una búsqueda y recopilación bibliográfica, se realizó un análisis teórico, en donde se evaluaron tres casos propuestos en función de un biodigestor discontinuo, para determinar e identificar en el caso escogido, los factores técnicos críticos para su ejecución, así como las ventajas del uso de esta tecnología. Los resultados obtenidos indican que la propuesta más favorable es la que incorpora un inoculante a la mezcla de residuos tratados. Esto permite mejorar las condiciones requeridas en términos de % de sólidos totales y relación C/N.

### Referencias:

Navarro, N., Potencial técnico para la producción de biogás, a partir de residuos orgánicos producidos en la comuna de Independencia. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental, 2017, Universidad de Chile, Programa Inter-facultades. Santiago, Chile.

Zhang, C., et al., *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014, 38, 383-392.

## USO DE PESTICIDAS EN HUERTAS DE AGUACATE TRADICIONALES Y DE EXPORTACIÓN DEL MUNICIPIO DE TINGAMBATO, MICHOACÁN

Mireles-Bernabé, I.<sup>1\*</sup>; Armendáriz-Arnez, C.<sup>1</sup>; Astier-Calderón, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Morelia (ENES), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Morelia, Michoacán, México

\*email: ireriyunuen@hotmail.com

Palabras clave: Aguacate; Pesticidas; Salud humana; Ambiente; Salud pública.

Tingambato, es el 11° municipio productor de aguacate (*Persea americana*) del estado de Michoacán. En dicho municipio se dio el *boom* de producción a partir de los años 90s, pasando de producir de 8 toneladas por hectárea con un total de 1.900 mil toneladas exportadas hasta el año de 1994 (APEAM, 2004), a producir hasta 25 ton por hectárea que es alrededor del 2.3% de crecimiento por año o el equivalente a 5.400 mil toneladas más cada año (SAGARPA, 2017). El objetivo del presente trabajo fue la realización de un diagnóstico sobre el impacto percibido sobre la cantidad y efectos potenciales que tienen los pesticidas utilizados en huertas de aguacate, de producción tradicional y de exportación de este fruto en el municipio de Tingambato, Michoacán. De esta manera, se utilizó una metodología cualitativa, la cual consistió en dos etapas: la primera implicó una revisión bibliográfica sobre el estado del arte, análisis socio-espaciales. Además, se profundizó en las características específicas de la zona de estudio; dinámicas sociales y económicas, la influencia sobre las mismas que tuvo la llegada del "Oro verde" y todos los cambios sociales y ambientales que este atrajo. La segunda etapa involucró el diseño y aplicación de dos instrumentos cualitativos (Álvarez y Gayou, 2003), identificando los problemas ambientales y sociales que atañen a la población de Tingambato, a partir de su propia percepción, haciendo énfasis sobre las consecuencias positivas y negativas que trajo el incremento de la producción del aguacate y el uso de pesticidas. De esta manera, los resultados obtenidos ponen en evidencia las características principales que pueden estar afectando al medio ambiente y a la salud de la población por los pesticidas utilizados. Encontrándose pesticidas permitidos y no permitidos, para el control de plagas y enfermedades en las huertas de aguacate. Además del desconocimiento a nivel de salud pública y gobierno sobre el tema. Lo que permitió la realización de un mapa de actores, una historia ambiental bien delimitada, así como, una representación gráfica de los principales problemas que se viven en el municipio derivados del uso desmedido de pesticidas y que se podrían estar reproduciendo a escala global para garantizar la producción de dicho fruto, que, para México, es una, sino la más importante, en temas agrícolas.

Agradecimientos: El presente trabajo se enmarca en el proyecto PAPIIT IN223518, titulado: "Aplicación de pesticidas organofosforados en cultivo de aguacate en Tingambato Michoacán: determinantes ambientales y sociales de la salud".

### Referencias.

Álvarez, J. L., et al., "*¿Cómo hacer investigación cualitativa?*", Buenos Aires, Argentina, 2014, Cap. 1, 4-8.  
SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). "*Planeación agrícola Nacional: Aguacate*". 2014, [En línea] Recuperado 16 junio, 2017

## ESTRATEGIAS DE BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS ALTAMENTE CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS

Arancibia G.<sup>1</sup>; Orellana R.<sup>1,2</sup>; Cumsille A.<sup>1</sup>; Arredondo C.<sup>1</sup>; Rojas C.<sup>1</sup>; Valencia R.<sup>1</sup>; Stuardo C.<sup>1</sup>; Cárdenas F.<sup>1</sup>; Gonzalez M.<sup>1</sup>; Seeger M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental, Departamento de Química y CB-DAL, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile

<sup>2</sup>Laboratorio de Biología Celular y Fisiología Microbiana, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile

e-mail: gabriela.arancibiaa@usm.cl

Palabras claves: Contaminación; suelos; hidrocarburos; biorremediación

En Chile, la ausencia de normativa de calidad ambiental para suelos induce a que, luego de terminada la operación en sitios industriales, muchos de estos se conviertan en pasivos ambientales que representan un riesgo para la salud humana y la biodiversidad de los ecosistemas. El presente proyecto atiende a la necesidad de desarrollar estrategias para la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos (HC). En este contexto, los procesos de biorremediación emergen como una alternativa eficaz para establecer o acelerar el proceso natural de biodegradación de HC. En este proyecto se estudió la degradación de HC en escala semiindustrial (0,4 [m<sup>3</sup>]) a través de los tratamientos de *land farming*, bioestimulación y bioaumentación. Durante el experimento también se evaluó el efecto de la inyección de aire en los tratamientos de bioestimulación y bioaumentación. El tratamiento de *land farming* consistió en estimular la microbiota nativa del suelo con capacidad de degradación de HC mediante volteos y adición de agua. El tratamiento de bioestimulación consistió en la adición inicial de una enmienda orgánica compuesta de humus y compost, y la bioaumentación consideró la incorporación semanal de cepas bacterianas hidrocarbonoclasticas. La concentración de HC alifáticos de cadena larga (C11-C25) y aromáticos (1-6 anillos), además, de parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos, se monitorearon por 25 semanas. Se registraron considerables tasas de remoción de HC en todos los tratamientos a lo largo de la biorremediación. Los tratamientos más eficientes, en términos de degradación de HC alifáticos correspondieron a bioaumentación (~85% de la concentración inicial) y bioestimulación (~80%), en contraste con *land farming* (~69%). El análisis de heterótrofos totales cultivables (HTC) indicó que *land farming* presentó una baja densidad de HTC (~1,0 10<sup>6</sup>) y en los tratamientos de bioaumentación y bioestimulación, en cambio, se registró un aumento en la densidad de HTC desde (~1 10<sup>6</sup>) en el tiempo inicial, alcanzando (~5 10<sup>6</sup>) durante la etapa de mayor degradación de HC. Los resultados sugieren que este aumento se relacionó con las capacidades metabólicas de las sucesiones microbianas asociadas a dichos tratamientos. Los resultados de este estudio permitieron establecer los parámetros críticos del proceso de degradación de HC mediante tratamientos de biorremediación a escala semiindustrial. Estos resultados presentan un escenario auspicioso para el uso de esta tecnología en la recuperación a gran escala de sitios contaminados.

Agradecimientos: Se agradece a USM, Proyecto Anillo CONICYT ACT172128e ILS

# ***EDUCACION AMBIENTAL***

---

# PROPUESTA DE INNOVACIÓN PARA UN CURSO DE QUÍMICA AMBIENTAL EN EL AULA PARA PROFESORES EN FORMACIÓN EN QUÍMICA Y BIOLOGÍA

Marcia Cazanga y Sandra Rojas-R.

Departamento Química de los Materiales y Ciencias del Ambiente, Facultad de Química y Biología  
Universidad de Santiago de Chile. Av. libertador Bernardo O'Higgins 3363, Estación Central Santiago  
[marcia.cazanga@usach.cl](mailto:marcia.cazanga@usach.cl); [sandra.rojas.r@usach.cl](mailto:sandra.rojas.r@usach.cl)

Palabras claves. Educación ambiental; química ambiental; investigación-acción; didáctica; transversalidad; interdisciplinariedad, formación inicial de profesores.

La educación ambiental en la Ley 19.300 (1994) de Bases Generales del Medio Ambiente, la situó como una obligación del Estado, asimismo la puesta en marcha del Sistema Nacional de Certificación de Establecimientos Educacionales (SNCAE) considera que el establecimiento es un actor clave en la gestión local y en la promoción de valores ambientales a niños y jóvenes además la Ley General de Educación (Ley 20.370 ó LGE) del año 2009, alude por una educación ambiental. Si bien la LGE y sus bases curriculares entrega la orientación para incorporar la Educación Ambiental en el ámbito formal como es el caso para la educación media en asignaturas como la química, al incluir unidades temáticas como contaminación del aire, suelo y agua, energía y su fuentes, contribución de la industria química (Díaz, 2016) entre otras, se hace necesario incorporar transversalmente el tema a la realidad local de los estudiantes en las instituciones escolares; en consecuencia, se requiere de profesores que orienten estas intenciones y demandas actuales curriculares, sociales y ambientales. En este contexto, el programa académico de "Pedagogía en Química y Biología de la Universidad de Santiago de Chile ha venido validando una propuesta de innovación para la formación inicial de profesores en una asignatura electiva durante tres semestres académicos, también, como resultado de la reflexión acerca del proceso de formación científica para enseñar química ambiental, es decir esta situación permite que constantemente se analice la pertinencia de las decisiones curriculares en la asignatura para los futuros profesores que incluye decisiones metodológicas. (Elliot, 2000).

Esta propuesta de innovación pretendió una convergencia de los conceptos de la química y la biología con el medio natural social y cultural de las personas y el entorno escolar. Por tanto, curricularmente, la propuesta se estructuró a partir de los conceptos de transversalidad e interdisciplinariedad del medio ambiental teniendo como contexto el currículo de la Educación Básica y Media. Tres ejes centrales se consideraron en el desarrollo del curso: teórico (disciplinar), experimental y pedagógico-didáctico; para el primer aspecto, tuvo como propósito la revisión crítica de propuestas ambientales sobre el tema en Chile y en el extranjero, con relación a los elementos del medio físico (aire, agua, suelo, rocas y minerales) además de analizar su impacto y su efecto; por otra parte, se revisó teóricamente, cambios químicos, sus efectos en el medio ambiente, metodologías de análisis y tratamiento de los recursos contaminados para cada uno de estos elementos. En el segundo, se contempló actividades experimentales que involucran la identificación de elementos contaminantes y para el tercer eje, los estudiantes construyen unidades didácticas que les permita reflexionar, afrontar y proponer planes u otros, entorno a la situación detectada en los establecimientos educativos que los afecta en la temática propuesta.

Como resultados iniciales de la innovación se destaca la percepción positiva del profesorado en formación frente a la propuesta en el que se propicia un compromiso y responsabilidad frente a la escuela y su rol social. En cuanto a las temáticas seleccionadas por los estudiantes para el desarrollo de las unidades didácticas fue homogénea, es decir, interesa en igual proporción, aquellas que se relacionan con elementos físicos (aire, agua y suelo) y se destaca el grado de reflexión explícito sobre problemáticas que afectan a la escuela. De otro modo, esta propuesta promovió el desarrollo de competencias como el trabajo en equipo además de generar un compromiso como futuros profesores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Elliott, J. (2000). La investigación-acción en educación. Ediciones Morata. 4 Edición.
- Ramos R., M., Muñoz A., L. (2015). La enseñanza de la química ambiental: una propuesta fundamentada en la controversia científica y la resolución de problemas. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología - Tecné, Episteme y Didaxis, (38), 133-146.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). Educación ambiental para la sustentabilidad: síntesis para el docente. División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. Primera Edición: marzo.
- AGRADECIMIENTOS. Este trabajo cuenta con la ayuda de DICYT 031941RR, Universidad de Santiago de Chile, Chile.

# ***SIMPOSIO EN EDUCACION AMBIENTAL***

---

## CONFERENCIA 3

Viernes 26 de Abril de 2019

### Cambio Climático y Salud

**Daniel R. Henríquez Gallardo**

Director Científico Transversal de Parques y Fundaciones

Fundación MERI

Av. Presidente Kennedy 5682, Vitacura, Santiago

dhenriquez@fundacionmeri.cl

El cambio climático y sus efectos en Chile y el mundo ha sido una preocupación permanente en los últimos años, posicionándose como una de las problemáticas ambientales más importantes a nivel global, afectando progresivamente los ecosistemas y con ellos la salud de la población. En este contexto, esta presentación tiene como objetivo describir los efectos que este fenómeno climático produce en la salud humana, ya sea de forma directa con las condiciones climáticas extremas e intensificación de los desastres naturales o de forma indirecta alterando los ecosistemas y cada uno de sus componentes, lo que trae como consecuencia un cambio en la distribución del hábitat de microorganismos, insectos y animales vectores, incrementando la probabilidad de infecciones y contagios al ser humano susceptible.

La exposición se estructura en primer lugar dando un marco teórico de cambio climático y como este ha modificado los límites geográficos de ciertos agentes patógenos, desencadenando enfermedades en nuevos hospederos más susceptibles. La segunda parte vincula a la Higiene Ambiental y las buenas prácticas locales para disminuir la incidencia de contagios y propagación de enfermedades. Finalmente, se discutirá el efecto de la Educación Ambiental al aire libre como un mecanismo de vinculación con la naturaleza y cambio de conciencia en las nuevas generaciones.

Palabras claves: cambio climático; enfermedades infecciosas; triada epidemiológica

## CONFERENCIA 4

Viernes 26 de Abril de 2019

### **Educación Ambiental: Formación Ciudadana**

**Raúl G.E. Morales Segura**

Centro de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias

Universidad de Chile, Santiago, Chile

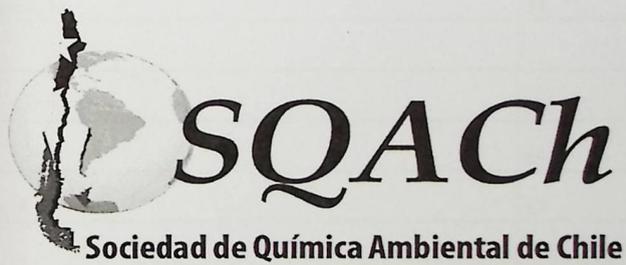
[correo@raulmorales.cl](mailto:correo@raulmorales.cl)

El conocimiento que se espera de la ciudadanía en materia ambiental, pasa por un adecuado conocimiento de derechos y deberes sociales que la propia legislatura ha ido instalando en función de las demandas que la sociedad ha ido trazando de acuerdo a su propia evolución política, económica y social. De ahí que el medio ambiente ha dejado de ser una externalidad sin valor y ha comenzado a ser un bien escaso que, de no cuidarse ni protegerse adecuadamente, no sólo compromete el destino de sus habitantes sino que también el de las generaciones venideras. Pocas disciplinas del campo de la cultura universal tienen un compromiso tan significativo y cuantitativo con el futuro de quienes heredarán nuestro hábitat, en donde la Educación Ambiental se proyecta como un conocimiento ciudadano fundamental para la vida en paz y armonía, inserta en lo que definiríamos hoy como una educación ambiental ciudadana mínima.

En nuestro país, hoy se cuenta con un más sofisticado Sistema Ambiental que recoge los delineamientos jurídicos trazados en la Ley de Base del Medio Ambiente instalada ya en el año 1994 y complementados en la ley del año 2012. Este sistema, que ha alcanzado su completitud con leyes sucesivas de esta última década, se constituye ya de un Ministerio del Medio Ambiente, como herramienta de acción gubernamental, de los Tribunales Ambientales, como unidad integrante del Poder Judicial republicano chileno, de la Superintendencia del Medio Ambiente, dedicada al control y exigencia de estándares frente a la contaminación, y de un Servicio de Evaluación Ambiental, a cargo de la evaluación de proyectos del sector productivo y empresarial tanto público como privado, que finalmente aprueba su puesta en marcha en concordancia con criterios de sustentabilidad y de impactos en el hábitat del territorio nacional.

Por otra parte, nuestro Congreso Nacional, a iniciativa del Ejecutivo, ha ido incorporando una amplia base legislativa de acuerdos y tratados internacionales que han comenzado a tener respuesta en las prácticas cotidianas del quehacer estatal y ciudadano. Junto con ello, se debe considerar también, una serie de directrices que han surgido del Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente, de la OCDE y CEPAL, entre otras, las que cada vez cobran más fuerza en las organizaciones civiles y gubernamentales abocadas a la Protección Ambiental, Cambio Climático y al Desarrollo Sustentable.

De ahí que, en esta presentación, se busca abrir espacios y temas de reflexión a la importancia de ir consolidando un programa de formación ambiental ciudadana, que vaya dotando de los conocimientos mínimos necesarios a las jóvenes generaciones, principalmente a nivel escolar, para así ir adecuándonos apropiadamente a los cambios que la sociedad requiere, en el interés de seguir mejorando nuestros propios estándares de calidad de vida en una verdadera armonía con el medio ambiente.



## ÍNDICE DE AUTORES

Agüero, Francisco	10
Ahumada, H.	13
Ahumada, S.	70
Alamos, N.	18
Andrade, C.	43
Angulo, L.A.	15,49
Arancibia, G.	82
Araya, M.	61
Araya-Rodriguez, F.	30,34,79
Araya-Stambuk, G.	72
Armendariz-Arnez, C.	81
Arredondo, C.	82
Arregoces, H.A.	15,49
Astier-Calderón, M.	81
Barja, B	59
Bravo, H.	69,
Bustamante, P.	53
Calvo, R.	18
Canales, M.	54
Cárdenas, F.	82
Cárdenas-Jirón, L.	19
Carreño,S.,	25
Castillo, M.	23
Castillo, X.	24

Cazanga, M.	84
Claramunt, T.	63
Copaja, S.V.	68,69,70,71,73,74,76
Corace, J.J.	21
Correa, R.	27,38,39,78
Cumsille, A.	82
Diez, M.C.	37
Dodder, N.	45
Donoso-Piñol	37
Estelles, V.	14,44
Evelson, Pablo	9
Farias, O.	40
Figuroa, E.	27,35,38,39,78
Forte, J.	21
Freile-Aranda, M.D.	14
Fuentealba, R.	60
Fuentes, V.	39
Fuentes-Jaque, G.	19,25,57,75
Fuenzalida, F.,	73
Gallardo L.	18,48
Gatica-Jeria, P.L.	71
Gómez, M.	24
González, M.	82
González, N.	53

González-Rojas, C.	46
González-Sepúlveda, E.	26,29
Gramsch, E.	17,50,52
Gutiérrez, L.	27
Guzmán-Hernández, T.	79
Henríquez-Gallardo, D.	86
Hermosilla, V.	76
Hoh, E.	45
Homer, I.	36
Huneeus, N.	18,48
Hunter, R.	36
Jacome, M.	33
Jara, A.	40
Jara, P.	62
Lamilla, C.	37
Landeros, S.	74
Lanfranco, M.	66
Lapere, R.	18
Leiva, B.	37
Leiva G., M.	13,33,43,46,54,55,63
Llanos, C.	74
López, M.	69
Mailler, S.	18
Mansilla, G.	59

Manzano, C.A.	13,43,45
Marín, F.	50
Martinez, E.	75
Martínez-Lozano, J.A.	14,44
Medina-Pedrerros, V.	29
Menares, C.	48
Menares, C.	16
Menu, L.	18
Mera, E.	27,35,38,47,78
Miranda, E.	35,38,78
Miranda, P.	38
Mireles-Bernabé, I.	81
Molina, C.	13,43
Morales-Salinas, L.	19,25,57,75
Morales-Segura, R.	46,51,54,56,62,87
Moreira-Segura, C.	30,31,34,79
Muñoz, A.	17
Muñoz, G.	74
Muñoz, L.	17
Navarro, N.	80
Navarro-Garro, A.	34
Neira-Albornoz, A.	72
Neira-González, V.	29
Neira-Hinojosa, J.	26
Neira-Román, J.	75
Nova, P.	60

O`Rayan, R.	18
Olave, C.E.	68
Olivares, F.	73
Orellana, R.	82
Osses, M.	18
Pacheco, P.	27,35,38,47,78
Pardo, F.	50
Pérez, P.	16,17
Pérez, R.	59
Perez, R.C.	23
Pesántez, M.A.	14,44
Pilar, S.	21
Pizarro, J.	24
Préndez, M	58,60,61
Reyes, R.	18
Ríos, C.,	27,78
Rivera,C.	66
Rivera-Castro, C.	22
Rojano, R.E.	15,49
Rojas, C.	82
Rojas, R.	84
Roshdestwensky, S.E.	21
Rubio, M.A.	17,53

Saavedra, R.	67
Salazar, I.	40
Salini, G.	47
Sanhueza-Villanueva, D.	26,
Santibañez, F.	67
Santos, L.	65
Saud-Gaete, S.	19
Schueftan, A.	18
Seeger, M.	82
Seguel, R.	18,48
Segura, S.	14,44
Sepúlveda, A.	35,38
Soto, C.	17
Soto-Acevedo, E.	22
Soto-Mundaca, G.	25,75
Soto-Ormeño, C.	52
Stuardo, C.	82
Tagle, A.	58
Tapia, J.	65
Tapia-Barraza, G.	22
Tolvett, S.	18
Toro-Araya, R.	13,33,43,46,54,55,56,63
Ugalde, A.	66
Utrillas, M.P.	14,44
Valari, M.	18

Valdes, N.	56
Valdes, O.	65
Valencia, R.	82
Varnero, M.T.	36,80
Vasquez, R.	78
Vega-Retter, C.	74
Vergara, c.	65
Vila, I.	76
Villacura, L.	55
Wachter, J.	35,38,78
Zamorano, F.	59
Zapata, J.	51