

20
18

INGENIERÍA

VOLUMEN 6

ALDÍA



Modelación de sistema de control de temperatura de un Biodigestor de cámaras independientes

(33)



Obtención de cristales de estruvita como fertilizante a partir de excremento de cerdos

El consumo de carne de cerdo y por lo tanto su crianza ha ido en aumento estos últimos años, y son los residuos de este animal, conocidos como purines, los que se consideran como uno de los más contaminantes (FAO, 2016). (7)

Complejos ciclodetalados de ir(iii) con ligandos voluminosos aplicables en dispositivos LEC

Los espectros fotoluminiscentes en solución para ambos complejos se caracterizan por la máxima longitud de onda de emisión alrededor de 510 nm y elevados rendimientos cuánticos de emisión. (15)

H3+ la molécula que creó el universo

Posible explicación sobre la existencia y corta duración de esta molécula en las condiciones ambientales normales de nuestro planeta. (18)

¿Por qué debemos comer legumbres?

En Chile el consumo aparente de legumbres como el poroto, lenteja, garbanzo y arveja ha disminuido drásticamente a una tasa de 2,7 por año. (35)



UNIVERSIDAD
CENTRAL

INDEPENDENCIA · PLURALISMO · COMPROMISO

DIRECTORA

Karen Kanzúa, Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

EDITOR GENERAL

Sergio Cárdenas, Académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

COMITÉ EDITORIAL

Loreto Muñoz, Académica investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Juan Luis Palma, Académico investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Katherine Flores, Periodista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Sebastián Chandía, Diseñador de la Revista de Ingeniería.





Karen Kanzúa A.

Decana
Facultad de Ingeniería
Universidad Central de Chile

Nuevamente, desde la Facultad de Ingeniería, hemos dirigido gran parte de nuestros esfuerzos a potenciar la ciencia y tecnología en un espacio dedicado a la divulgación. Ocho artículos y noticias se juntan en un tomo que ofrece calidad, excelencia y que dibuja un retrato del quehacer que nos caracteriza. Durante el segundo semestre de 2018, nuestros académicos e investigadores pusieron gentilmente a disposición, parte de sus trabajos, los cuales presentamos en el 6° volumen de la revista Ingeniería al Día.

Indudablemente, este es un año que en nuestro país, culmina con una importante victoria para el mundo del conocimiento. Contamos finalmente con un Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación que viene a dar mayor estructura a los avances en el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación, aspectos que como sociedad debemos fortalecer con miras al desarrollo. Sin embargo, los desafíos continúan en el horizonte y ante ello, debemos tener una mirada crítica y la voluntad de aportar.

Como Facultad de Ingeniería, tenemos la firme convicción que, siendo parte del mundo de la academia, nuestro deber principal es compartir contenidos de valor, fomentar el análisis crítico y ser agentes catalizadores de cambios en nuestra sociedad. Ese rol transformador -por cierto, inherente al ingeniero como profesional integral de hoy- es parte de la impronta de esta revista. De igual manera, brindamos a nuestros lectores una mirada por aquellos hitos más destacados durante la segunda mitad del 2018: momentos relevantes para la ciencia, tecnología, innovación, y desde luego, de impacto para nuestros estudiantes.

Como ingenieros, como científicos, como investigadores, seguimos comprometidos con la generación de saberes y espero en nombre de la comunidad que represento, puedan disfrutar y sacar el mayor provecho a esta nueva edición de Ingeniería al Día.

Como en cada uno de los números anteriores de esta revista, su contenido muestra el quehacer y el estado de la Facultad de Ingeniería de nuestra universidad, en este caso, del segundo semestre del año 2018. Se presentan ocho artículos de ciencia y tecnología en ámbitos tan diversos como aspectos físico/químicos del universo o instrumentación de procesos ingenieriles. Pero también, se empieza a observar una madurez en algunos temas que han ido desarrollándose en el tiempo y que comenzaron como investigaciones de laboratorio, y ahora ya se buscan aplicaciones y soluciones ingenieriles. Esto como lo observado en el artículo de los nanotubos de dióxido de titanio, o en el artículo de control de temperatura de los biodigestores anaeróbicos desarrollados en nuestros laboratorios.

El artículo destacado en la portada, se escogió por la calidad del trabajo manifiesto en el y porque muestra algunas conclusiones de una investigación que se ha desarrollado en la facultad desde hace varios años, creando un prototipo de biodigestor anaeróbico en laboratorio a partir de proyectos internos de la universidad ganados los años 2012 y 2013, y que ahora debe ser escalado e instalado en tres localidades de la comuna de María Pinto de la Región Metropolitana, para tratar de forma eficiente residuos agropecuarios de esta zona, debido a que forma parte de un proyecto financiado por el Gobierno Metropolitano de Santiago, con fondos FIC-R ganados el año 2017, pero actualmente en ejecución. En este artículo, se presenta el análisis y modelaciones del control térmico de estos digestores de 5 metros cúbicos de volumen total, donde debe procurarse temperaturas controladas en varias cámaras independientes que forman este biodigestor. Este análisis es solo una de las etapas de la automatización e instrumentación que se desarrollara en estos biodigestores.

También se destaca el artículo de complejos químicos de Iridio para aplicaciones en dispositivos LEC; artículo que resalta por su desarrollo investigativo tal como se puede observar en su lectura, además muestra como moléculas pueden modificar emisión de luz según el tamaño de sus sustituyentes. Otro aspecto muy relevante de este trabajo, es la cooperación observada entre grupos de investigación en área química y física de nuestra universidad. Por su parte, el artículo sobre H3+, es un precioso contenido de divulgación, en un lenguaje sencillo y atractivo que traslada al lector a la esencia de la creación de la materia en el universo. El cuarto artículo exhibido en la portada, es un trabajo que enfatiza los beneficios de las legumbres, tanto para la salud humana, como a nivel ambiental. Vale recordar que este artículo está enmarcado dentro de un proyecto de innovación FIA, Polos Territoriales de Desarrollo Estratégico, proyecto en el que nuestra Casa de Estudios participa activamente. El quinto artículo destacado, corresponde al trabajo que está desarrollando una de nuestras académicas, actualmente en post-grado, que contribuye enormemente a nuestra línea de sostenibilidad y que refuerza vínculos con grupos de la Universidad de Santiago de Chile.



Sergio Cárdenas

Editor

Académico de la Facultad de Ingeniería
Universidad Central de Chile

ÍNDICE

01

CUERDA NEGRA DE REISSNER-NORDSTROM

→ *Adolfo Cisternas*

Las cuerdas negras son, en principio, objetos compactos extra dimensionales con horizonte de evento extendidos, cuya existencia representa un contra ejemplo explícito a los teoremas de unicidad y topológicos cuando la teoría de la Relatividad General (RG) es extendida a más dimensiones. Es un hecho conocido que el espectro de soluciones en RG crece cuando la teoría es generalizada desde su versión en cuatro dimensiones a dimensiones más altas.

03

SISTEMA DE AUTOREGULACIÓN CEREBRAL: INFORMÁTICA AL SERVICIO DE LA BIOMEDICINA

→ *Claudio Henríquez*

Existe una necesidad de contar con una herramienta de diagnóstico que permita prevenir accidentes cerebrovasculares, la cual sea de acceso rápido y masivo para la comunidad.

07

OBTENCIÓN DE CRISTALES DE ESTRUVITA COMO FERTILIZANTE A PARTIR DE EXCREMENTO DE CERDOS

→ *Katherine Muñoz • Silvio Montalvo*

El consumo de carne de cerdo y por lo tanto su crianza ha ido en aumento estos últimos años, y son los residuos de este animal, conocidos como purines, los que se consideran como uno de los más contaminantes de tipo industrial (FAO, 2016).

15

COMPLEJOS CICLOMETALADOS DE IR(III) CON LIGANDOS VOLUMINOSOS APLICABLES EN DISPOSITIVOS LEC (LIGHT ELECTROCHEMICAL CELL)

→ *Iván González*

En este artículo se presentan las propiedades optocleloninas y la caracterización de espectros fotolumincentes para complejos ciclotmetalados de IR (III)

18

H3+, LA MOLÉCULA QUE CREÓ EL UNIVERSO

→ *Luis Álvarez*

La molécula H₃⁺ es un ión molecular que está compuesto por tres átomos de hidrógeno y solamente dos electrones. Esta molécula es considerada como la piedra angular de la Química Interestelar ya que es la iniciadora de reacciones químicas para la generación de moléculas más grandes y complejas.

22

NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITANIO Y SU ACTIVIDAD MICROBIANA

→ *Juan Luis Palma*

Vivimos un mundo en el que la nanotecnología se empieza a mezclar con cada aspecto de nuestras vidas, un mundo que se puede ver revolucionado por la nanotecnología, tal cómo ocurrió anteriormente con las máquinas a vapor. Aquí se presenta un estudio de cómo los nanoestructuras evitan la proliferación de bacterias.

29

MODELACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA DE UN BIODIGESTOR DE CÁMARAS INDEPENDIENTES

→ *Hernán Olmí Reyes*

En el presente artículo, se muestra el desarrollo de un modelo matemático que representa el comportamiento de un sistema de control automático destinado a mantener la temperatura en las cámaras de un biodigestor anaeróbico.

35

¿POR QUÉ DEBEMOS COMER LEGUMBRES?

→ *Loreto Muñoz*

Las legumbres son muy importantes en nuestra dieta ya que aportan diferentes nutrientes y proporcionan beneficios en la salud ayudan al cambio climático y a la biodiversidad.

CUERDA NEGRA

DE REISSNER - NORDSTROM

Adolfo Cisternas

Doctor en Física

Las cuerdas negras son, en principio, objetos compactos extra dimensionales con horizontes de evento extendidos, cuya existencia representa un contra ejemplo explícito a los teoremas de unicidad y topológicos cuando la teoría de la Relatividad General (RG) es extendida a más dimensiones. Es un hecho conocido que el espectro de soluciones en RG crece cuando la teoría es generalizada desde su versión en cuatro dimensiones a dimensiones más altas [1, 2]. En efecto, en su versión cuadridimensional la teoría RG satisface teoremas de unicidad [3–5] los cuales establecen que todas las soluciones agujero negro de la teoría pertenecen a la familia de Kerry-Newman [6, 7]. Más aún teoremas topológicos restringen la forma de la topología del horizonte a topologías esféricas [8]. De esta manera, el espectro de soluciones está limitado no sólo de forma cuantitativa, sino también cualitativamente, sellando el estado final del colapso gravitacional de un agujero negro como una configuración descrita solo por un conjunto acotado y bien definido de parámetros [9].

Por otro lado, es sabido que gravedad en más dimensiones admite espacios tiempos con horizontes que pueden tener topologías más generales que la de la $(d - 2)$ -hiperesfera [1, 2], siendo la existencia de la cuerda negra, un agujero negro con horizonte $S(d-2) \times R$, el más simple contra ejemplo a los teoremas de unicidad [3–5] debido a su coexistencia con el agujero negro de Schwarzschild- Tangherlini [10]. Las cuerdas negras, además, pavimentan el camino para la construcción de soluciones asintóticamente planas más sofisticadas con topología no esférica como es el caso del anillo negro [11] y diversos objetos compactos [2] demostrando como las restricciones topológicas pierden fuerza en dimensiones más altas.

Las cuerdas negras en RG son triviales de construir, en efecto, ellas son obtenidas a partir de la simple oxidación del agujero negro de Schwarzschild en dimensión d a través de la inclusión de p coordenadas planas extra. A pesar de esta banalidad evidente del proceso de oxidación, no resulta una tarea complicada encontrar escenarios simples en los cuales esta construcción fracasa. La mera consideración de una constante cosmológica prohíbe la existencia de cuerdas negras debido al hecho de que las ecuaciones de movimiento en las coordenadas planas no son compatibles con las ecuaciones de movimientos sobre la brana, forzando inevitablemente la constante cosmológica a anularse. Una situación similar se produce cuando uno considera campos electromagnéticos u otros campos de materia.

Recientemente en [12] se ha desarrollado por primera vez un método para construir cuerdas negras homogéneas en presencia de una constante cosmológica no trivial. El método consiste en cubrir las coordenadas extras con campos escalares que dependen solo de ellas. Debido a la geometría de las soluciones tipo cuerda negra y a esta dependencia, los campos poseen una dependencia lineal en las coordenadas extras, digamos $\psi_i = \lambda x_i$, donde λ es una constante de integración. Este tipo de campos son usados frecuentemente en algunos modelos holográficos de superconductores y poseen gran aplicación en diversos contextos de la conjetura AdS/CFT [13, 14]. Para el caso de RG basta con considerar campos escalares con acoplamientos mínimos, sin embargo, cuando se consideran teorías más generales como el caso de la teoría de Lovelock [15, 16] hemos demostrado que el método requiere de campos con acoplamientos cinéticos nonmi-

nimales a través de tensores de curvatura, en particular, a través del tensor de Lovelock asociado a la dimensión del espacio sobre el cual se está trabajando [17]. Como ejemplo gráfico del método consideremos un agujero negro de Schwarzschild en dimensión 4 que es llevado a una cuerda negra en dimensión 7:

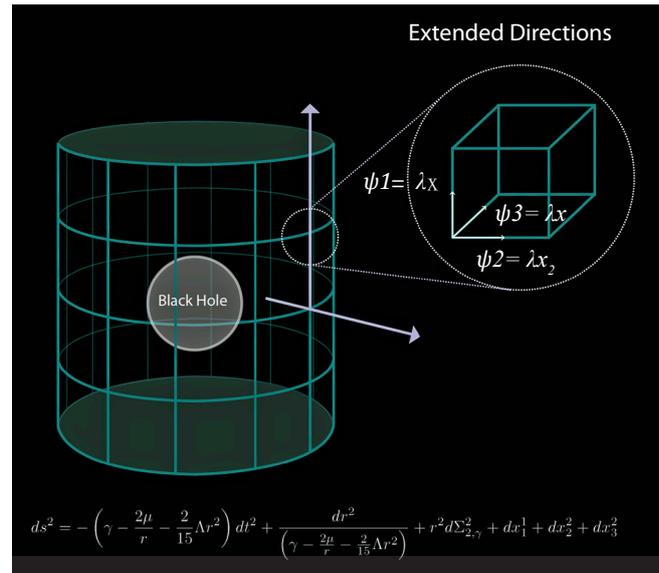


Figura 1

Schwarzschild AdS

La figura representa un agujero negro de Schwarzschild en presencia de una constante cosmológica sobre el cual se agregan tres coordenadas planas extra. En cada una de estas coordenadas vive un campo escalar que depende linealmente de cada una de las coordenadas correspondientes.

Como resultado de obtiene una cuerda negra o una 3-brana negra homogénea en un espacio anti-de Sitter. Como ya fue mostrado en [12] la inclusión de estos campos escalares permite que las ecuaciones de movimiento sean consistentes, estableciendo para ello una relación entre la constante de integración λ , la constante cosmológica Λ , la dimensión del espacio donde vive el agujero negro d y el número de coordenadas extras que se le agregó p , donde la dimensión completa de la solución ser obviamente $D = d + p$.

CUERDA NEGRA DE REISSNER-NORDSTROM

En la presente carta pretendo mostrar cómo utilizar el método para encontrar una solución tipo cuerda negra para el agujero negro estático cargado, es decir, para la solución de Reissner-Nordstrom. Como sabemos la solución mencionada pertenece a la siguiente teoría:

$$S[g_{\mu\nu}, A_\mu] = \int \left(R - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \right) \sqrt{-g} d^D x \quad (1)$$

donde por simplicidad hemos elegido unidades tales que las constantes fundamentales valen la unidad. Es sencillo demostrar que la compatibilidad de las ecuaciones de movimiento que de

relación que podría ser satisfecha por soluciones dyonicas bajo algunas elecciones particulares. Sin embargo, la simple oxidación de la solución de Reissner-Nordstrom queda descartada por esta

esta teoría se desprenden obligan a considerar soluciones que satisfagan:

$$F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} = 0 \quad (2)$$

restricción. Para solucionar el problema incluiremos el siguiente término:

$$S_{matter}[\psi_i, A_\mu] = \sum_{i=1}^p \alpha \int \partial_\mu \psi_i \partial^\mu \psi_i F_{\alpha\beta} F^{\alpha\beta} \sqrt{-g} d^D x \quad (3)$$

donde α representa el acople entre los campo escalar ψ_i y el campo de gauge A_μ . Este acoplamiento, inspirado en una generalización de [12] permite la obtención de una cuerda negra en dimensión

$D = d + p$ basada en el agujero de Reissner-Nordstrom. Las ecuaciones de movimiento de la teoría completa toman la forma

$$G_{\mu\nu} = \frac{1}{2} \left(F_{\mu\alpha} F_\nu^\alpha - \frac{1}{8} g_{\mu\nu} F_{\alpha\beta} F^{\alpha\beta} \right) - \alpha \left(\frac{1}{2} (\partial\psi_i)^2 F^2 - \partial_\mu \psi_i \partial_\nu \psi_i F^2 - 2(\partial\psi_i)^2 F_{\mu\alpha} F_\nu^\alpha \right) \quad (4)$$

Si consideramos estas ecuaciones proyectadas sobre las d coordenadas de la brana y les tomamos su traza y el mismo tiempo consideramos estas ecuaciones proyectadas en las p coordenadas extendidas obtenemos:

$$R \left(1 - \frac{d}{2} \right) = \frac{1}{2} F^2 \left(1 - \frac{d}{4} \right) - \alpha \left(\frac{d}{2} - 2 \right) p \lambda^2 F^2 \quad (5)$$

$$R = \frac{1}{4} F^2 + 2\alpha \left(\frac{p}{2} - 1 \right) \lambda^2 F^2$$

ecuaciones que serán consistentes bajo:

$$\lambda^2 = \frac{1}{4\alpha(d-2-p)} \quad (6)$$

Como ejemplo la solución en $D = 4 + 1$ tiene la forma:

$$ds^2 = - \left(1 + \frac{2M}{r} + \frac{Q^2}{2r^2} \right) dt^2 + \frac{dr^2}{\left(1 + \frac{2M}{r} + \frac{Q^2}{2r^2} \right)} + r^2 (d\theta^2 + \sin(\theta)^2 d\phi^2) + dz^2 \quad (7)$$

$$A_t = \frac{Q}{r} \quad (8)$$

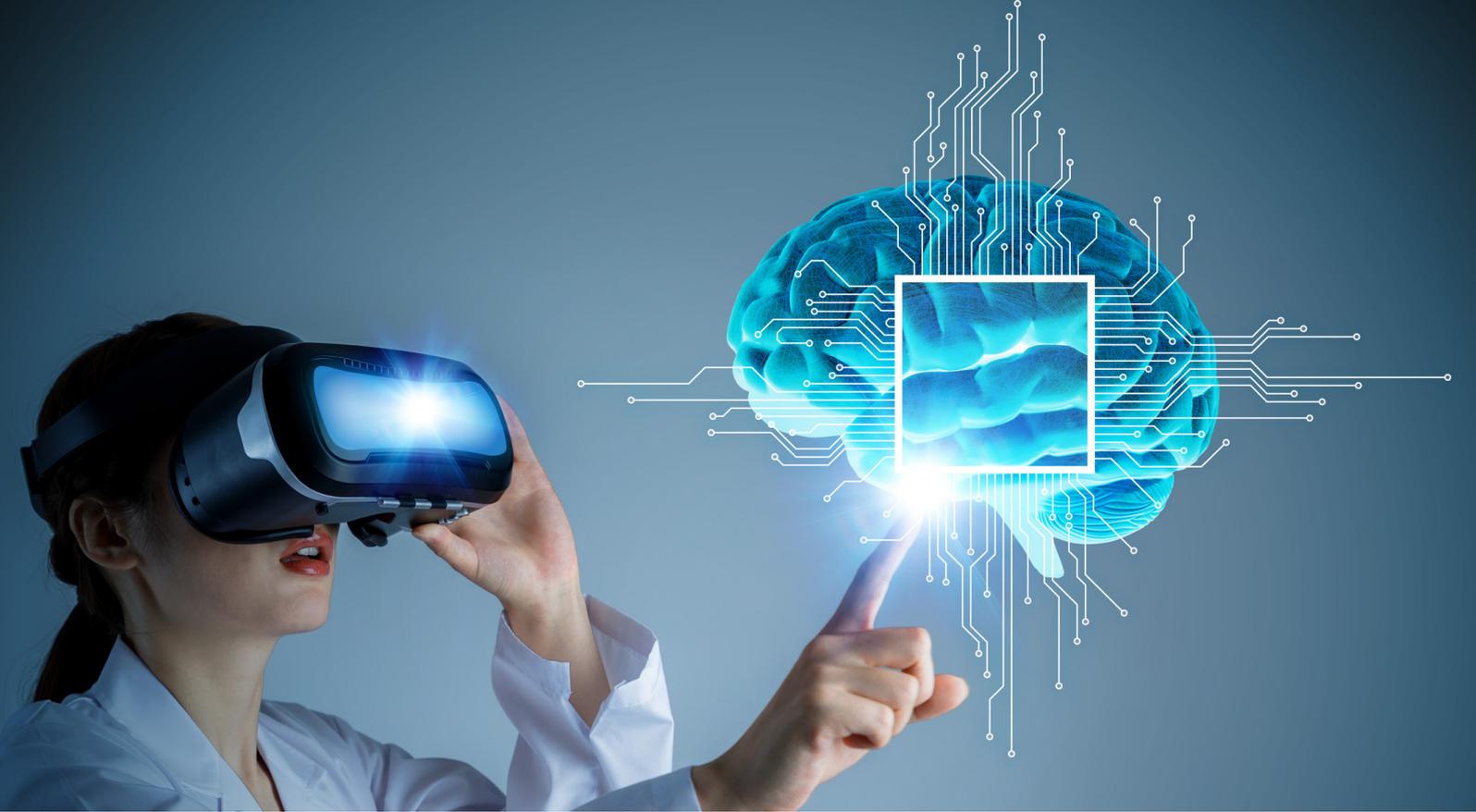
donde observamos que se tiene un potencial Coulombiano y que la restricción $F^2 = 0$ ha sido superada sin la necesidad de incluir campos dyonicos.

DISCUSIÓN

En la presente carta, hemos mostrado una forma de generalizar el resultado obtenido en [12] para poder construir cuerdas negras con campos de materia, en particular, con campos electro-magnéticos. Hemos obtenido explícitamente la extensión del agujero negro de Reissner-Nordstrom en cuatro dimensiones a una cuerda negra que existe en dimensión 5. Las ideas acá planteadas permiten generalizar agujeros negros con campos de materia más generales a extensiones tipo cuerdas negras o p-branas negras haciendo uso de un acoplamiento entre los escalares que viven en las coordenadas extras y los campos de materia a considerar. Tales soluciones, están en proceso de publicación de la misma forma en que el tratamiento general de las ideas discutidas en la presente carta lo están. Los resultados acá descritos son sólo de uso académico y no se les pretende dar estatus de publicación científica revisada por pares.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. A. Obers, *Proceedings, 4th Aegean Summer School: Black Holes: Mytilene, Island of Lesbos, Greece, September 17-22, 2007, Lect. Notes Phys.* 769, 211 (2009), arXiv:0802.0519 [hep-th].
- [2] G. T. Horowitz, ed., *Black holes in higher dimensions* (Cambridge Univ. Pr., Cambridge, UK, 2012).
- [3] B. Carter, *Phys. Rev. Lett.* 26, 331 (1971).
- [4] W. Israel, *Commun. Math. Phys.* 8, 245 (1968).
- [5] R. M. Wald, *Phys. Rev. Lett.* 26, 1653 (1971).
- [6] R. P. Kerr, *Phys. Rev. Lett.* 11, 237 (1963).
- [7] G. C. Debney, R. P. Kerr and A. Schild, *J. Math. Phys.* 10, 1842 (1969).
- [8] J. L. Friedman, K. Schleich, and D. M. Witt, *Phys. Rev. Lett.* 71, 1486 (1993), [Erratum: *Phys. Rev. Lett.* 75, 1872 (1995)]
- [9] R. Ruffini and J. A. Wheeler, *Phys. Today* 24, no. 1, 30 (1971).
- [10] F. R. Tangherlini, *Nuovo Cim.* 27, 636 (1963).
- [11] R. Emparan and H. S. Reall, *Phys. Rev. Lett.* 88, 101101 (2002), arXiv:hep-th/0110260 [hep-th].
- [12] A. Cisterna and J. Oliva, *Class. Quant. Grav.* 35, no. 3, 035012 (2018)
- [13] T. Andrade and B. Withers, *JHEP* 1405, 101 (2014).
- [14] J. M. Maldacena, *Int. J. Theor. Phys.* 38, 1113 (1999) [Adv. Theor. Math. Phys. 2, 231 (1998)] doi:10.1023/A:1026654312961,10.4310/ATMP.1998.v2.n2.a1 [hep-th/9711200].
- [15] D. Lovelock, *The Einstein tensor and its generalizations*, *J. Math. Phys.* 12 (1971) 498.
- [16] D. Lovelock, *The four-dimensionality of space and the einstein tensor*, *J. Math. Phys.* 13 (1972) 874.
- [17] A. Cisterna, S. Fuenzalida, M. Lagos and J. Oliva, arXiv:1810.02798 [hep-th].



Sistema de Autoregulación Cerebral: Informática al servicio de la Biomedicina

Claudio Henríquez

Magíster en Ingeniería Informática

El cerebro funciona gracias al oxígeno, el cual es transportado a través de la sangre que fluye desde el corazón, la cual es distribuida por dos arterias y que posteriormente se reparte por ramas de arterias más pequeñas, denominadas capilares, esto permite la distribución de oxígeno por todo el cerebro [1]. Este sistema es de vital importancia, ya que las enfermedades cerebrovasculares son la principal causa de muerte en Chile [2].

Una enfermedad cerebro vascular se produce por la interrupción del flujo sanguíneo que suministra oxígeno al cerebro y se clasifican en dos tipos: ataque cerebral isquémico y ataque cerebral hemorrágico [3]. El ataque cerebral isquémico está asociado al bloqueo de una arteria, lo que impide el paso de la sangre, por ende, impide que se suministre oxígeno y los nutrientes necesarios para su funcionamiento. Por otro lado, el ataque cerebral hemorrágico se asocia a la ruptura de una arteria o vaso sanguíneo originando un derrame cerebrovascular, esto lo hace más letal que el isquémico [2].

Hoy en día, la alternativa de diagnóstico no invasivo es la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la cual permite detectar sangrado u obstrucción de un vaso [4]. Sin embargo, no permite detectar lesiones isquémicas de pocas horas de evolución o de lesiones pequeñas, lo cual no refleja una real prevención.

Ciertas campañas del gobierno se dirigen a detectar síntomas de una enfermedad cerebrovascular, como por ejemplo: pérdida de fuerza en un brazo, adormecimiento de una parte de la cara y problemas de habla, lo que se define como “los 3 síntomas comunes”; ante lo cual propone acudir de inmediato a un servicio médico de urgencia [2], lo que deja solo un par de horas de reacción, tanto para la persona enferma como para el actuar de los médicos.

Por otro lado, existen diversas investigaciones que analizan el Sistema de Autoregulación Cerebral (SAC), el cual se define como el sistema que regula el Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC) ante las variaciones de la Presión Sanguínea Arterial (PSA), lo cual define el mecanismo con el cual nuestro cuerpo intenta evitar los ataques cerebrovasculares [7]. Esto último indica que una persona con una enfermedad cerebrovascular es la que tiene su SAC en mal estado.

Expuestos los antecedentes anteriores, se muestra la necesidad de tener una herramienta de diagnóstico para prevenir accidentes cerebrovasculares, la cual sea de acceso rápido y masivo para la comunidad.

La principal comunidad de investigación del Sistema de Autoregulación (SAC) es la Cerebral AutoRegulation Research Network (CARnet), la cual está constituida por investigadores de diferentes países alrededor del mundo. En esta comunidad se presentan los principales avances en cuestión.

El SAC es un sistema de múltiples variables que inciden en su funcionamiento, como se observa en la figura 1. Sin embargo, usualmente el modelo se simplifica a la relación de la Velocidad del Flujo Sanguíneo Cerebral (VFSC) con la Presión Sanguínea Arterial (PSA), lo que se refleja en la ecuación 1, en donde PCC es la Presión de Cierre Crítica y el RAP deriva del inglés Resistance-Area Product, Producto Resistencia-Area.

La Presión de Cierre Crítica es el valor de Presión frente a la ausencia de flujo sanguíneo, en palabras sencillas cuando la velocidad de flujo sanguíneo es cero, lo cual es un valor proyectado, ya que en condiciones normales nunca se obtiene este valor. El Producto Resistencia-Área se refiere a la relación existente entre el área de una arteria y la resistencia impuesta por el tejido en un punto determinado de una arteria, lo cual se asocia a la elasticidad del tejido de la arteria.

$$VFSC(t) = \frac{PSA(t) - PCC}{RAP} \quad (1)$$

Lo anterior muestra que todos los componentes del SAC se concentran en dos variables, las cuales absorben las variaciones del sistema. Uno de los inconvenientes de este modelo es la dependencia de estas dos variables.

Métodos de estimación existentes: Ya que resulta difícil medir directamente la PCC en humanos, se observa la necesidad de utilizar diferentes métodos de estimación de la PCC y del RAP. La mayoría de esos métodos están basados en el modelo lineal representado en la Ecuación 1.

El primer método de estimación de PCC y RAP a mostrar, el cual denominaremos método de regresión lineal estático (RLE), se realiza por medio de la regresión lineal mostrada en la Ecuación 2 para las $i=1 \dots n$ muestras obtenidas en un solo ciclo cardiaco, es por esto que los valores de PCC y RAP dependen directamente de los parámetros a y b de esa ecuación. Este método se ve reflejado en la Figura 2, en donde se muestra la relación PSA-VFSC para un latido, y su correspondiente regresión lineal.

$$VFSC = a \times PSA + b \quad (2)$$

Un segundo enfoque se refiere al método de la Primera Armónica (PA), propuesto por Aaslid [12], el cual trabaja directamente sobre la relación PSA-VFSC en la Ecuación 1. En este caso se asumen constantes la PCC y el RAP para un ciclo cardiaco, por lo cual la PCC será cero para la primera armónica, y el RAP se obtendrá de la Ecuación 3, donde PSA_1 y $VFSC_1$ son las primeras armónicas de $PSA(t)$ y $VFSC(t)$, respectivamente [13].

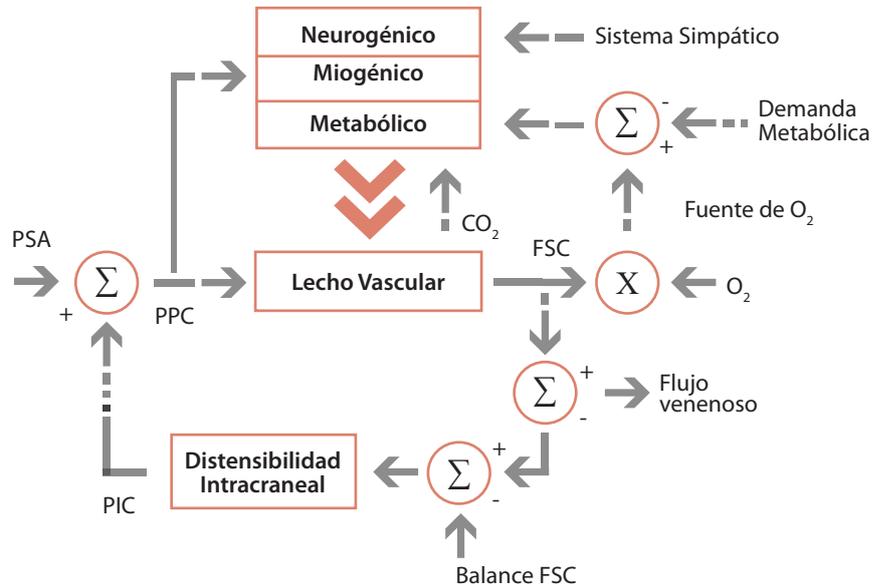


Figura 1

Sistema de autoregulación Cerebral (SAC) [7]

$$RAP = \frac{PSA_1}{VFSC_1} \quad (3)$$

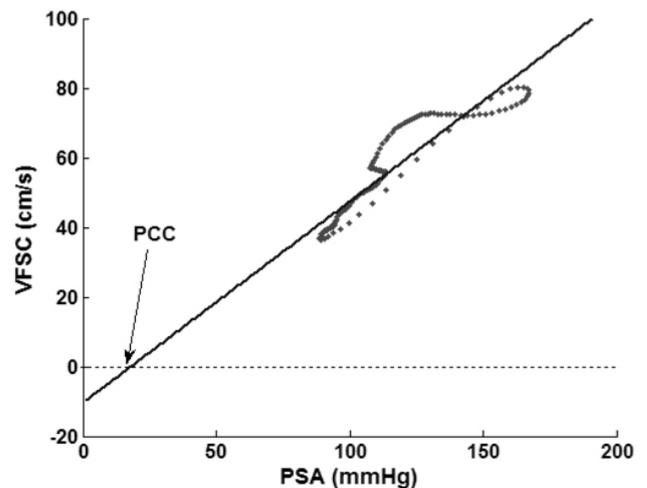
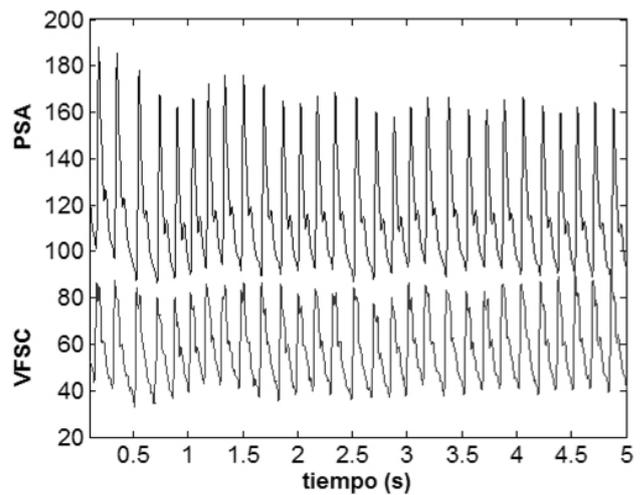


Figura 2

Estimación de PCC para un latido por el método clásico de regresión lineal.

Luego, para obtener la PCC por este método se utiliza nuevamente la Ecuación 1, se despeja la PCC utilizando los valores del RAP estimado y de los valores medios de PSA y VFSC. Una ventaja que presenta esta técnica es que no considera la distorsión producida considerando la zona en que fue obtenida la PSA, estos efectos sólo son aplicables sobre dos o más armónicas, mientras que para este caso sólo se ha considerado la primera [14].

Por último, se quiere destacar la fibrilación ventricular inducida propuesta por Aaslid [12] para obtener valores más bajos de PSA y VFSC de los que se pueden lograr en un latido normal. Esto consiste en detener el pulso cardíaco, lo cual implica que la caída, de las señales de presión y flujo, se extiende. Esta técnica no puede ser aplicada por mucho tiempo, debido a lo riesgoso que resulta para los sujetos, dado que se debe realizar una desfibrilación a los pocos segundos. Aunque generalmente no se logre que el flujo llegue a cero, la principal ventaja de esta técnica es que se obtiene una mayor cantidad de datos en relación a un latido normal, además estos datos tienden al punto deseado en donde el flujo es cero. Sin embargo, posterior a la obtención de dicha información, la PCC y el RAP siguen siendo calculados por los métodos de regresión lineal estática y de primera armónica, anteriormente descritos.

La obtención de parámetros por el método de la primera armónica tiene mayor precisión [7] que las estimaciones realizadas por medio de la regresión lineal, debido a que el método de la primera armónica es más sensible al patrón de la señal y al tiempo de desfase entre PSA y VFSC [13].

Ya que los métodos propuestos solo calculan uno de los parámetros y el otro se despejaba de la Ecuación 1, Henríquez propone un nuevo método[5], quien estableció la estimación de estas variables de manera independiente, basado en la extensión de un latido, extrapolando valores de cada latido en el tiempo, tanto para PSA como las VFSC, por lo tanto, se obtiene el valor de PCC en el instante en que el valor del flujo llega a cero, como se puede apreciar en la Figura 3. En tanto para el RAP, este se obtiene de la pendiente de las curvas de presión y flujo, por lo que la división entre la pendiente de la presión y la pendiente del flujo representan el RAP. Este método se denomina Regresión Lineal en el Tiempo (RLT).

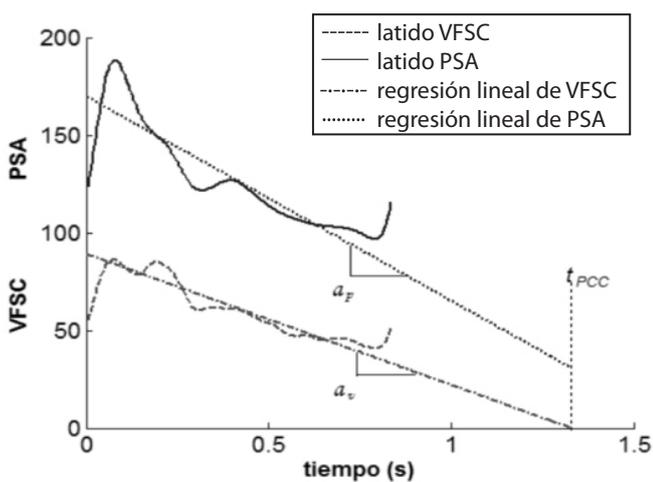


Figura 3 Regresión Lineal para ambas señales de PSA y VFSC, tPCC es el instante en el que la velocidad del flujo es cero, \$a_p\$ es la pendiente de la regresión lineal de la PSA y \$a_v\$ es la pendiente de la regresión lineal de la VFSC [5]

Las Ecuaciones 4 y 5 muestran las regresiones para la señal de PSA y VFSC, respectivamente.

$$psa = a_p \cdot t + b_p \tag{4}$$

$$vfsc = a_v \cdot t + b_v \tag{5}$$

La obtención de la PCC por este método consiste en buscar el instante en que el flujo se hace cero, de esta forma se despeja tPCC y se reemplaza en la Ecuación 4. El valor de psa en el tiempo tPCC cuando vfsc es cero corresponde al valor de PCC para ese latido.

Para calcular el RAP, se tuvo en cuenta la Ecuación 2, de donde se desprende que el RAP es la inversa de la pendiente de la regresión lineal estática planteada. Al transportar esta definición a las rectas de regresión de las Ecuaciones 4 y 5, es fácil deducir que el RAP puede ser también calculado por la división de la pendiente de la recta de regresión de la presión \$a_p\$, por la pendiente de la recta del flujo \$a_v\$ como se muestra en la Ecuación 6.

$$RAP = \frac{1}{a} = \frac{a_p}{a_v} \tag{6}$$

Una vez obtenidos los valores de PCC y RAP, es posible realizar la reconstrucción de la señal de VFSC media (VFSCM) estimada y, posteriormente, contrastarla con la señal real de VFSCM. Es importante notar que la estimación de PCC y RAP con este método es independiente, puesto que para la obtención de PCC se utilizan las ecuaciones 1 y 2 y para el RAP se usa la Ecuación 1, la cual relaciona PCC con RAP, dejando esta como ecuación independiente para evaluar la reconstrucción de la VFSCM.

Los resultados de la validación del método propuesto mejoran los resultados de los métodos previos, considerando la proporción de valores de PCC negativos y la correlación en la reconstrucción de la curva de VFSC. En la tabla 1, se muestran los resultados obtenidos por Henríquez y compañía considerando la evaluación de los métodos de Regresión Lineal Estática (RLE), Primera Armónica (PA) y el método propuesto RLT, en donde RLE estima el valor de la PCC y PA estima el valor del RAP.

De acuerdo a la tabla 1, el método PA basado en el cálculo de la primera armónica, es el mejor método considerando el porcentaje de valores negativos de PSA, ya que consistente con la realidad es imposible tener valores negativos de presión, sin embargo al despejar el valor de PCC de la Ecuación 1, es imposible medir la correlación entre curvas de VFSC.

Tabla 1: Resultados de los métodos de estimación de PCC y RAP respecto de porcentaje de valores negativos y Correlación.[6]

Sujeto	% Negativos			CC		
	RLT	PA	RLE	RLT	PA	RLE
Media	0,011%	0,00%	0,38%	0,9918	-----	0,7683
DesSt	0,0585	0,0000	1,1068	0,0086	-----	0,3094

Se debe considerar que los datos utilizados en esta propuesta se obtuvieron gracias al apoyo voluntario de 16 sujetos, con un rango de edad de 23 a 51 años. Estos sujetos no presentaban historial de enfermedades cardiovasculares u otro desorden neurológico. La obtención de la muestra cumple con las normas de ética impuestas por la Royal Infirmary de Leicester, Inglaterra. La PSA fue obtenida con un Finapres 2300 ohmeda, medida en un dedo de una extremidad superior en unidades de mmHg. La VFSC fue obtenida utilizando un Doppler Transcraneal Scimed QVL-120

con frecuencia de 2 MHz, la medición fue realizada en la arteria media cerebral (AMC) en cm/s. Ambas técnicas no son invasivas para el sujeto. Todas las señales recolectadas fueron almacenadas en una cinta de audio digital, con un instrumental de grabación de 8 canales (Sony PC108M) para su posterior procesamiento.

Por otra parte en análisis de los datos obtenidos de los 16 sujetos corresponden a variaciones espontáneas, en presencia de CO₂ y fueron preprocesados para su posterior utilización. La señal de VFSC fue pasada por un filtro de mediana. Posteriormente, las señales de PSA y VFSC fueron pasadas por un filtro paso bajo Butterworth de orden 8, con una frecuencia de corte de 20 Hz. Luego se identificó los puntos de sístole y diástole equivalentes a máximo y mínimo de cada latido respectivamente, utilizando la primera y segunda derivada. La primera derivada se utilizó para determinar los máximos y mínimos de cada latido, y la segunda derivada se utilizó para descartar los mínimos locales, así como para identificar los puntos máximos de la derivada. El inicio y final de cada latido se identificó mediante el punto de upstroke, que corresponde al punto de inflexión sistólico de cada señal.

Por otra parte, el Índice de Autorregulación Cerebral (ARI, del inglés AutoRegulation Index) es un valor entre 0 y 9, el cual indica el estado de autoregulación de un individuo. Actualmente no existen exámenes, ni modelos que calculen este valor de una forma precisa puesto que es un indicador muy difícil de obtener a simple medición, debido a, como se dijo anteriormente, hay muchas variables que influyen en la autorregulación cerebral. El principal modelo propuesto para calcular el ARI se expuso por Aaslied-Tiecks [8], el cual plantea que para un cambio en la presión sanguínea arterial señalado por $P(t)$, se utilizan cuatro ecuaciones de estado, las cuales en conjunto son capaces de obtener la VFSC relativa estimada representada por $V'(t)$.

$$dP(t) = \frac{P(t)}{1 - PCC} \quad (7)$$

$$x_1(t) = x_1(t-1) + \frac{dP(t-1) - x_2(t-1)}{f \times T} \quad (8)$$

$$x_2(t) = x_2(t-1) + \frac{x_1(t-1) - 2 \times D \times x_2(t-1)}{f \times T} \quad (9)$$

$$V'(t) = 1 + dP(t) - K \times x_2(t) \quad (10)$$

Donde $dP(t)$ normaliza la presión vía línea base, PCC es un valor introducido por Tiecks, el cual representa la presión de cierre crítica, f corresponde a la frecuencia de muestreo, K representa un parámetro de ganancia en la ecuación, T es la constante de tiempo y D es el factor de amortiguamiento. Por otra parte, $x_1(t)$ y $x_2(t)$ son las variables de estado de un sistema de segundo orden o diferencial.

Esta propuesta de A-T muestra diez respuestas diferentes teóricas, según cómo se combinen los parámetros K , D y T , los que en cierta forma son asociados a un valor de ARI fijo, como se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2: Asociación entre K , D , T y ARI.

K	D	T	ARI
0.00	1.70	2.00	0
0.20	1.60	2.00	1
0.40	1.50	2.00	2
0.60	1.15	2.00	3
0.80	0.90	2.00	4
0.90	0.75	1.90	5
0.94	0.65	1.60	6
0.96	0.55	1.20	7
0.97	0.52	0.87	8
0.98	0.50	0.65	9

Para cada parte medida de $P(t)$ real de un sujeto, el modelo de A-T, produce diez curvas que representan cada ARI en base a la velocidad $V'(t)$, éstas son comparadas con la velocidad real del sujeto y se miden por error cuadrático mínimo o correlación máxima, entre la velocidad real y la velocidad estimada por el modelo. Cuando la velocidad real se ajusta a una de las 10 curvas estimada por el modelo, ya sea por error, o correlación, se le asigna un valor de ARI.

Actualmente el modelo Optimizado de Simpson que calcula el ARI, plantea que la relación entre la VFSC y la PSA está representada por la ecuación 11.

$$V(i) = h(0)p(i) + h(1)p(i-1) + \dots + h(6)p(i-6) + e(i) \quad (11)$$

Donde i es el índice de la muestra, V es la VFSC, p es la PSA y h es el coeficiente resultante a la respuesta del impulso de un filtro FIR, el cual tuvo como entrada y salida la VFSC y la PSA para lograr una relación numérica. Para esta última variable, se plantea que existe un grupo de coeficientes comunes para los sujetos. Por lo tanto, con sólo tener los valores de presión, se puede obtener la velocidad de flujo estimada y así calcular el ARI, en base al modelo de A-T con las ecuaciones 2 a 5.

Por otra parte, Cuevas y Henríquez [9] proponen un modelo de caja gris que basa su funcionamiento en el Modelo de Simpson, en donde se utiliza una red neuronal artificial para estimar los coeficientes h para cada individuo, lo cual permitiría obtener el ARI solo con los valores de PSA, a diferencia de los otros modelos que también requieren de la VFSC, por lo que se espera que la continuación de este trabajo logre un prototipo de herramienta de diagnóstico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OMS. (2005) "Evite los infartos de miocardio y los accidentes cerebrovasculares No sea una víctima, protéjase", Organización Mundial de la Salud. ISBN 92 4 354672 4,
- [2] MINSAL. (2017) "Ataque Cerebrovascular", Ministerio de Salud de Chile, https://www.minsal.cl/ataque_cerebral/.
- [3] González, F. (2015) "Incidencia, Características Epidemiológicas, Y Desenlace Funcional De Pacientes Con Ataque Cerebrovascular Y Trastorno De Lenguaje Adquirido (Afasia)", Universidad de Chile, Facultad de Medicina.
- [4] Ugarte, S. Muñoz, M. Feuerhake, W. Grenett, C. Cerda, S. (2007) "Evento cerebro vascular isquémico", Revista Chilena de Medicina Intensiva, v. 22, p. 248-259.
- [5] Henríquez, C. Gálvez, P. Chacón, M. Panerai, R. (2008) "Método basado en regresión lineal en el tiempo para la obtención de la presión de cierre crítica y el producto resistencia área", 21º Congreso Brasileiro de Engenharia Biomédica, p. 1263-1266. ISBN: 978-85-60064-13-7
- [6] Henríquez, C. Chacón, M. Ramos, M. García A. Landerretche, J. (2010) "Comparación de Métodos de estimación de la presión de cierre crítica y el producto resistencia-área bajo hipocapnia", 22º Congreso Brasileiro de Engenharia Biomédica, p. 1562-1565. ISSN: 2179-3220
- [7] Panerai, R. (2003) "The critical closing pressure of the cerebral circulation", Medical Engineering & Physics, v. 25, p. 621-632.
- [8] Aaslied, R. Lindegaard, K. F. Sorteberg, W. Normes, H. "Cerebral autoregulation dynamics in humans". In Stroke, Vol. 20, Nr. 1, pp. 45-52, 1989.
- [9] Simpson, D., Henríquez, C., Katsogridakis, E., & Panerai, R. (2014). "Quantifying Autoregulation from Estimated Model Parameters: an Optimization Approach". The FASEB Journal, Vol 28.
- [10] Henríquez, C. Cuevas, J. & Cruz, F. (2018). "Gray-box Neural Model for Cerebral Autoregulation Index and Assistive Diagnoses in m-Health". Workshop on Intelligent Assistive Computing of the IEEE WCCI World Congress on Computational Intelligence 2018.
- [12] Aaslied, R. (1986) "Estimation of cerebral perfusion pressure from arterial blood pressure and transcranial Doppler recordings" Intracranial pressure VI, Ed.: J.D. Miller, Berlin: Springer, p. 226-235.
- [13] Panerai, R. (2006) "Cerebral critical closing pressure estimation from Finapres and arterial blood pressure measurements in the aorta" Physiol. Meas., v. 27, p. 1387-1402.
- [14] O'Rourke, MF. (1998) "McDonald's blood flow in arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles" Arnold Publishers, p. 187-190.

OBTENCIÓN DE CRISTALES DE ESTRUVITA COMO FERTILIZANTE A PARTIR DE EXCREMENTO DE CERDOS

Katherine Muñoz

Magíster, Ingeniera Civil Industrial

Silvio Montalvo

Doctor en Ciencias Técnicas



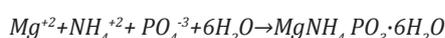
La industria agropecuaria, es una de las mayores productoras de residuos en el planeta (FAO, 2016). Esto ha impactado en el aire, en el agua y en el suelo. El consumo de carne de cerdo y por lo tanto su crianza ha ido en aumento estos últimos años, y son los residuos de este animal, conocidos como purines, los que se consideran como uno de los más contaminantes de tipo industrial (FAO, 2016)

Los purines, tienen una alta concentración de Fósforo y Amonio, nutrientes esenciales para la vida, que las plantas utilizan como fertilizante. La problemática de esto es qué si los residuos son puestos directamente en el suelo sin tener consideración de una dosis apropiada, se vuelve un problema ambiental, debido a un exceso de los nutrientes en el suelo, y por tanto capaz de filtrar hacia capas subterráneas llegando al agua y finalmente a cuerpos de aguas superficiales. Es por este mal uso de los residuos que algunos cuerpos de agua terminan siendo pantanos, producto de una sobre explosión de micro algas, que termina por causar un desequilibrio que termina con la vida en el agua, fenómeno conocido como eutrofización.

Teniendo en consideración estos aspectos ambientales, es que es importante que el efluente del tratamiento anaerobio, tenga una baja concentración de nutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Magnesio), puesto que de esta forma no se corren riesgos ambientales. Durante el desarrollo de esta investigación, se analizó un efluente, de ahora en adelante digestato, que viene de la empresa AASA.

El propósito de este trabajo fue producir estruvita como fertilizante, la cual es una sal formada por Fosfato (P), Magnesio (Mg) y Nitrógeno (N), que produce una liberación lenta de estos nutrientes al suelo.

La formación de cristales de estruvita (figura 1) es catalizada por la presencia de magnesio, sin embargo, el digestato (que es rico en Fosfato y Amonio) no posee concentraciones necesarias para la reacción (Huang, Y. et al., 2014), por tanto debe ser añadido. Esto aumenta la concentración de Mg^{2+} y la actividad iónica, lo que provoca un aumento en la precipitación. Una alternativa económicamente atractiva es la utilización de la bischofita, que es una sal de cloruro de magnesio utilizada en el mercado como estabilizador de caminos. La formación de estruvita, tiene como reacción la siguiente:



La formación de los cristales de estruvita está dividida en 3 etapas (Koutsdoukos et al., 2004): i) Sobresaturación, ii) Nucleación y iii) Crecimiento.

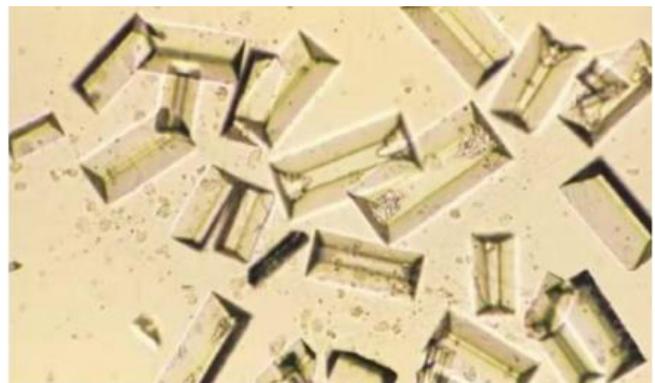


Figura 1

"Cristales de estruvita" / Fuente: Medical Labs 2016

Que exista sobresaturación no es suficiente para que el sistema empiece a cristalizar. Antes de que los cristales se desarrollen debe haber en la solución un número diminuto de cuerpos sólidos o núcleos que actúen como centros de cristalización, este fenómeno se denomina nucleación. Posterior a la nucleación, tan pronto como se formen los primeros núcleos estables, estos empiezan a crecer y a convertirse en cristales de tamaño visible.

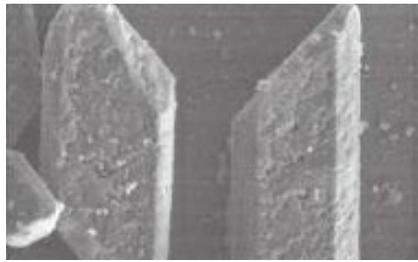
De acuerdo a esto, la sobresaturación está dada por la relación molar de los compuestos que forman la estruvita, en este caso el digestato contiene Fosfato y Amonio y debe adicionarse bischofita como precursor de la precipitación.

En la teoría, la relación molar del Magnesio y Fosfato es 1:1, sin embargo, varios autores coinciden que entre mayor sea esta relación mayor será la eliminación del Fósforo. (Rahaman et al., 2008; Adrian et al., 2004).

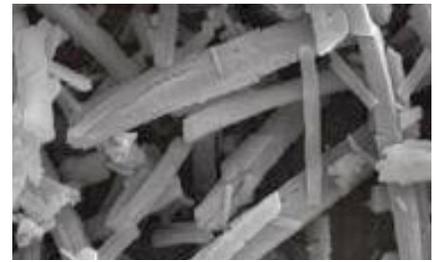
Los cristales de estruvita pueden adquirir diversas estructuras dependiendo de las condiciones de cristalización (figura 2). Se han identificado cristales como agregados delgados de cristales finos (Adnan et al., 2003), partículas en forma de estrella (Regy ey et al., 2002), irregulares, sin forma, cristales gruesos (Rahman et al., 2011; Huang, Z. et al., 2009; Westerman et al., 2009), estructuras alargadas (Hutnik et al., 2013; Matynia et al., 2013; Kozik et al., 2011; Le Corre et al., 2007). El tamaño puede variar dependiendo de las condiciones de producción y varía desde los 15 [μm] (Huang, Z. et al., 2009) hasta 3,5 [mm] (Adnan et al., 2003) de largo.



(a) Irregular Crystal (Rahman et al., 2011)



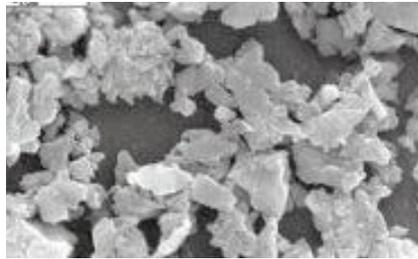
(b) Cube like crystal (Cho et al., 2009)



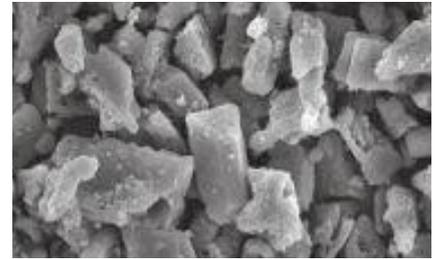
(c) Rod like irregular crystal (Le Corre et al., 2007)



(d) Irregular Crystal (Ali, 2007)



(e) Irregular Crystal (Kim et al., 2004)



(f) Cube like irregular crystal (Zhang et al., 2009)

Figura 2

Diferentes formas en que se puede encontrar la estruvita / Fuente: MM Rahman et al., 2013.

Según Le Corre (2009) un aumento en el pH causa un aumento de la sobresaturación y como resultado un aumento en el tamaño del cristal. La bischofita es un producto resultante de la producción de litio y su composición está dada principalmente como $MgCl_2$ (Cloruro de Magnesio) que actúa como precipitante creando estructuras similares a ataúdes (Stolzenburg et al., 2015). (Ver figura 3).

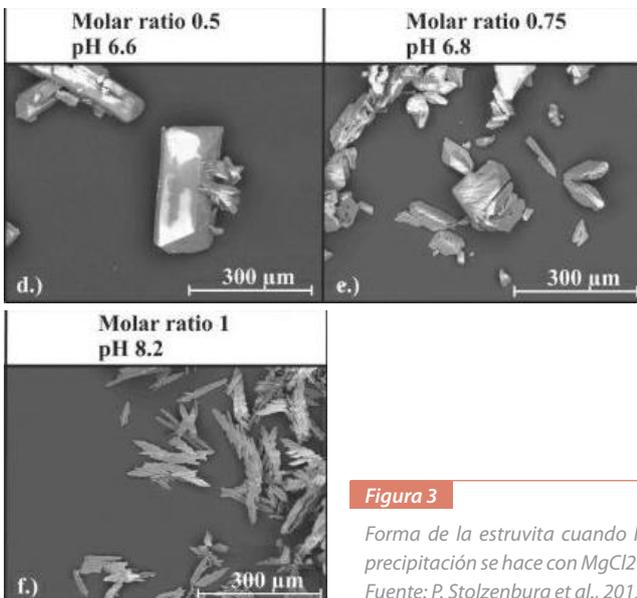


Figura 3

Forma de la estruvita cuando la precipitación se hace con $MgCl_2$ / Fuente: P. Stolzenburg et al., 2015.

En un estudio realizado por Korchef (2011) se realizó una reacción sintética de Mg/P en proporciones de 1:1 hasta 5:1, dando como resultado que un aumento en la relación molar, disminuye el pH de precipitación. La sobresaturación acelera la precipitación, y optimiza la remoción de fósforo (figura 4).

Dado este contexto, para esta investigación se utilizó una relación de 6:1. Cada experimento tuvo 4 ensayos realizados en paralelo utilizando un Test de Jarra (figura 5), para mantener la temperatura entre 28-35°C y en condiciones anaeróbicas.

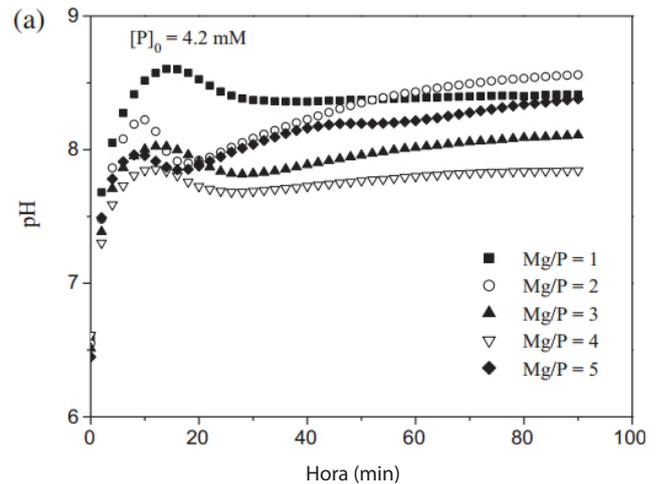


Figura 4

Variación de pH y concentración de fósforo en el tiempo con diferentes Mg:P / Fuente: Korchef, 2011.



Figura 5

Test de Jarra

RESULTADOS

Caracterización Digestato

En la tabla 1 se muestra la composición del digestato.

Tabla 1. "Caracterización del digestato"

Variable	Valor
Fosfato inicial	116 [mg/L]
Nitrógeno Amoniacal	1412 [mg/L]
pH	7,1
Sulfuros	20,59 [mg/L]
Sólidos Totales	342 [mg/L]
Sólidos Suspendidos	256 [mg/]
Sólidos Volátiles Totales	118 [mg/L]

Fuente

Elaboración propia

Estos valores corresponden al inicio de la reacción, sin embargo, en cada experimento se controla el Fosfato disuelto y el pH.

Como se mencionó con anterioridad para que se produzca estruvita deber haber una relación molar de Magnesio, Fosfato y Amonio de 1:1:1, en este caso se tiene que la concentración de Fosfato es menor a la de Amonio, por lo que el reactivo limitante será el Fosfato y el Magnesio se agregará en la relación antes mencionada.

ENSAYOS CON ZEOLITA

Para conocer el impacto de la adición de Zeolita a la reacción, se aplicaron diferentes cantidades de Zeolitas y se verificó el impacto que cada una de éstas tuvo sobre el proceso. En la Tabla 2 se muestran los resultados:

Tabla 2. "Resultado del testeo de diferentes cantidades de Zeolita"

Experimento	Vaso	pH	Fosfato inicial [mg/L]	Fosfato inicial [mg/L]
1	1	7,1	116	17
	2			15
	3			15
	4			21
2	1	7,1	116	23
	2			23
	3			36
% de Disminución		Tiempo [h]	Zeolita respecto Bischofita (%)	
85,3%		0,5(*)	1%	
87,1%			5%	
87,1%			10%	
81,9%			20%	
80,2%		0,5(*)	5%	
80,2%			20%	
69,0%			-	

Fuente

Elaboración propia

Estos valores, muestran el porcentaje de disminución del Fosfato disuelto, luego de tener media hora de reacción más un día de estabilización. Ahora bien, estos valores se pueden apreciar mejor en forma gráfica por medio de la figura 2.

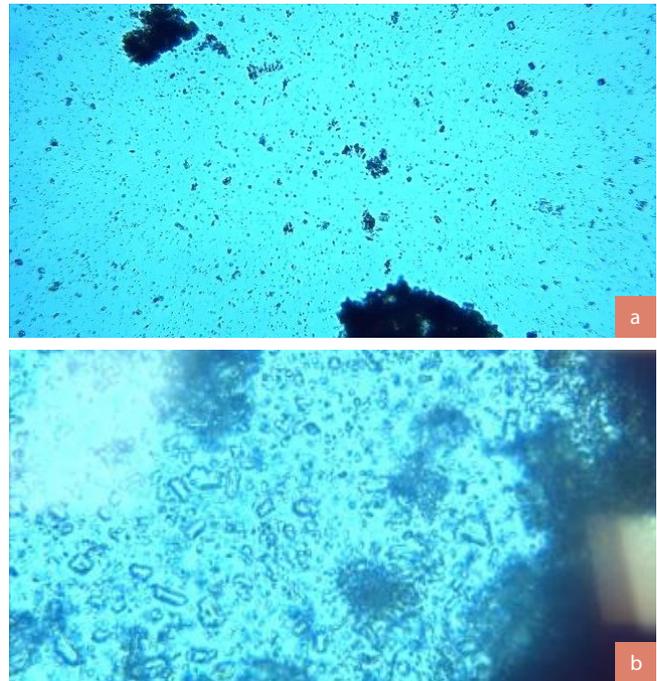


Figura 6

Vista bajo microscopia óptica

En relación a los resultados obtenidos, se valida que la cantidad de Zeolita a utilizar para los siguientes experimentos es de 5% respecto a la bischofita, ya que se obtienen resultados de disminución de más de un 80% luego de un día. De acuerdo a la disminución del Fosfato se puede estimar la formación de estruvita, esto se observa en la figura 6:

En la figura 6 (a) se observa la formación de estruvita con bischofita, mientras que en la figura 6 (b) no se adiciona bischofita. En ambos casos las concentraciones de Fosfato disminuyeron, sin embargo, sólo con la bischofita se observan cristales.

EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN

Se realizaron varios experimentos donde se varió el tiempo de residencia y pH a 8 muestras. Los resultados obtenidos se pueden ver en la Tabla 3.

Sin embargo, para poder analizar estos datos, fue necesario agruparlos de acuerdo a los tiempos utilizados, a continuación en la figura 7 se tienen los resultados de todas las corridas en 2 horas.

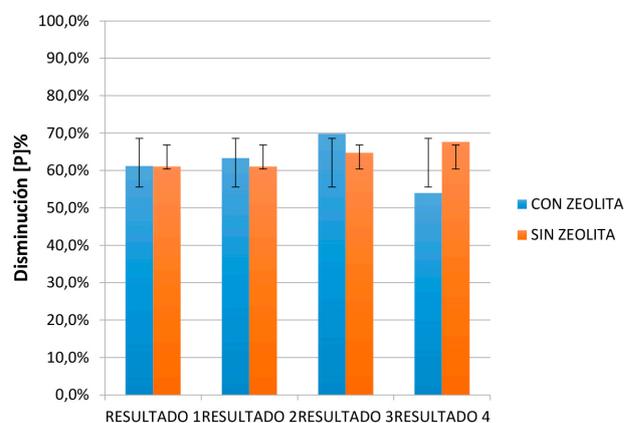


Figura 7

Disminución de fosfato en 2 horas

Tabla 3: "Evaluación del tiempo y pH de reacción"

Corrida	Vaso	pH	Fosfato inicial [mg/L]	Fosfato Final [mg/L]	% de Disminución	Tiempo [h]	Zeolita respecto Bischofita (%)
3	1	8,25	139	38	72,7%	2	5%
	2			54	61,2%		5%
	3			51	63,3%		-
	4			42	69,8%		-
4	3	8,09	118	46	61,0%	2	-
	4			46	61,0%		-
5	1	8,02	139	64	54,0%	2	5%
	2			80	42,4%		5%
	3			49	64,7%		-
	4			45	67,6%		-
6	1	7,89	193	88	54,4%	0,5	5%
	2			121	37,3%		5%
	3			69	64,2%		-
	4			82	57,5%		-
7	1	7,95	119	68	42,9%	0,5	5%
	2			74	37,8%		5%
	3			59	50,4%		-
	4			62	47,9%		-
	1	7,95	119	43	63,9%	2	5%
	2			49	58,8%		5%
	3			54	54,6%		-
	4			50	58,0%		-
1	7,95	119	38	68,1%	3	5%	
2			37	68,9%		5%	
3			46	61,3%		-	
4			34	71,4%		-	

Fuente

Elaboración Propia

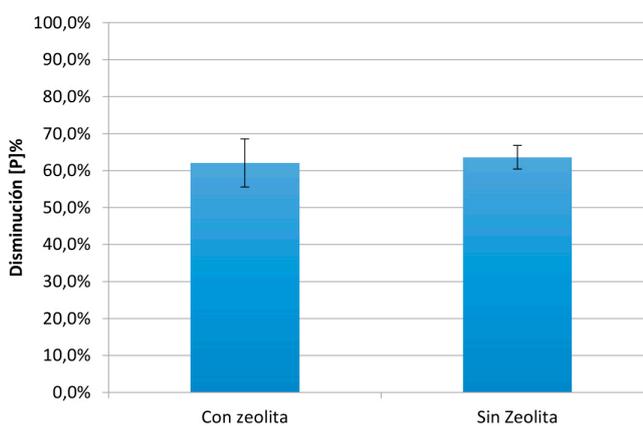


Figura 8

Promedio y desviación estándar, 2 horas

Luego de recoger todos los resultados obtenidos en condiciones iguales de varias corridas, se logra obtener una disminución en promedio de un 63,6% cuando no existe Zeolita adicionada. Por otro lado, se tienen resultados de un 60,55% en promedio cuando sí se cuenta con la presencia de esta sal. La desviación estándar de estos ensayos es de un 0,027 y 0,100 respectivamente de la figura 8.

Para validar el tiempo se vuelve a repetir el ensayo de media hora en condiciones de pH iguales a las anteriores, de forma de comparar el comportamiento del fosfato. Se obtiene lo que se aprecia en la figura 9.

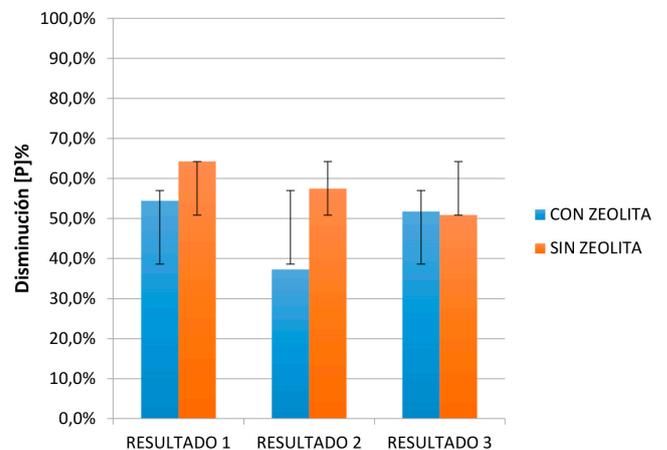


Figura 9

Resultados de disminución de fosfato con media hora

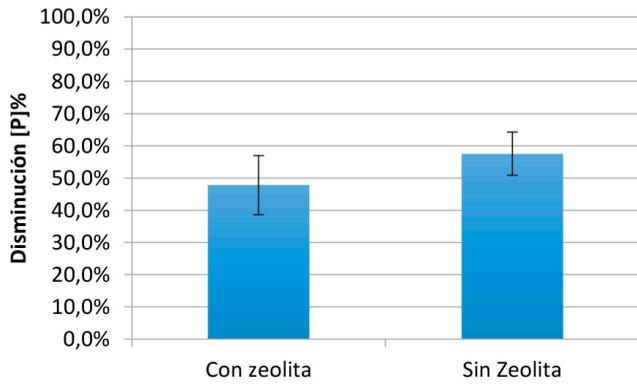


Figura 10

Promedio y desviación standard, media hora

Estos resultados arrojan que cuando no se adiciona Zeolita se tiene una disminución en promedio de un 57,5% y en presencia de la Zeolita la disminución de fosfato llega a valores de sólo 47,8% en promedio, con una desviación estándar de 0,054 y 0,075 respectivamente. La desviación es mayor cuando la Zeolita participa de la reacción, esto puede deberse a que la sal al tener un interior negativo, el catión de Magnesio es atraído por esta, y por lo tanto no hay tanto precursor de la precipitación disuelto y atrasa la cristalización.

Se puede decir que a mayor tiempo mejores resultados, por lo mismo se realiza una siguiente corrida, en donde se siguen todas las condiciones antes mencionadas, sólo que con un tiempo de 3 [h] y se toman datos en los tiempos antes mencionados. La figura 11 refleja los resultados obtenidos.

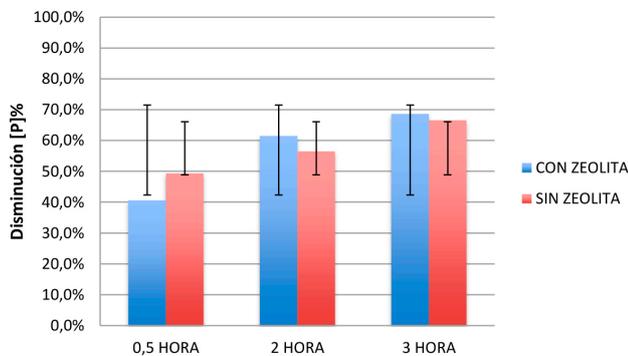


Figura 11

Disminución de fosfato hasta 3 horas

En esta ocasión los porcentajes de disminución son del orden de 49,4%; 56,5% y 66,5% en media, dos y tres horas respectivamente cuando la Zeolita no se encuentra presente. En el caso en que sí se le adicione se tiene 40,6%, 61,5%, 68,6% en los mismos tiempos antes mencionados.

Luego de analizar todas figuras, se puede decir que con un tiempo de tres horas, se logran obtener mejores resultados con Zeolita se tiene un porcentaje de remoción del 68,6% y sin Zeolita de un 66,5%, sin embargo según Stratful et al. (2001), menciona que la diferencia en porcentaje de recuperación de Fósforo de 1 a 7 horas es de un 3%, por lo tanto con las 2 horas encontradas se tiene suficiente.

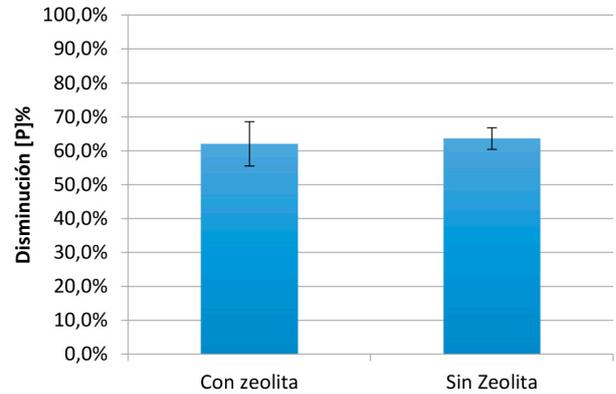


Figura 12

Promedio y desviación estándar, 2 horas

Como en la figura 10 se vio la desviación estándar de las corridas de media hora, se realiza el mismo análisis respecto de las corridas de dos horas. De forma de tener una idea de cómo se distribuyen los resultados. En esta ocasión en la figura 12 la desviación es 0,065 y de 0,032 cuando hay y no hay Zeolita en la reacción. Nuevamente la desviación cuando la Zeolita está presente es mayor, sin embargo, sigue siendo menor que 1, por tanto, se tienen porcentajes de remociones de Fosfato estables, dentro de los parámetros investigados.

Finalmente se tiene que la adición de Zeolita producía eficiencia de eliminación de Fosfato del 50% cuando se tenía concentraciones iniciales superiores a los 100 [mg/L], bajo este contexto los resultados en general nos indican que la Zeolita sí actúa en el digestato haciendo la remoción de fosfato.

Cuando el tiempo aumenta, los resultados son más contundentes en la disminución del fosfato por tanto, también se puede decir que el tiempo es un factor importante en la formación y disminución del fósforo.

VERIFICACIÓN DE FORMACIÓN DE CRISTALES

Para verificar la formación de cristales de estruvita los cristales generados fueron comparados con obtenidos en diferentes investigaciones. En la revisión del Estado del Arte se pudo recopilar varias imágenes de cómo se verían los cristales de estruvita bajo un microscopio; ahora, luego de cada experimento, se utilizó un microscopio para obtener imágenes como las que se muestran en la figura 13.

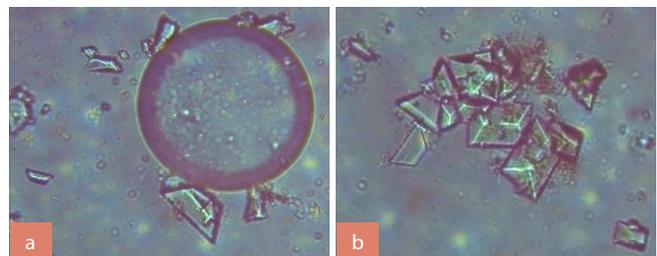


Figura 13

Cristales en el laboratorio

Al comparar los cristales de la figura 13 (a) y 13 (b), se puede observar la misma estructura de "ataúdes", por tanto, se utiliza como validación de la formación de cristales de estruvita en este estudio. Cabe señalar que la imagen de la figura 13 (a) corresponde al resultado obtenido con la Zeolita agregada a la reacción, donde se produce la aglomeración de cristales, efecto que se repitió en todos los experimentos. La figura 13 (b) corresponde a una corrida donde no se adiciona Zeolita.

Para corroborar de forma definitiva, el fenómeno de aglomeración de cristales se desarrolló un experimento con una solución sintética, obteniéndose los siguientes resultados respecto a la disminución de Fosfato:

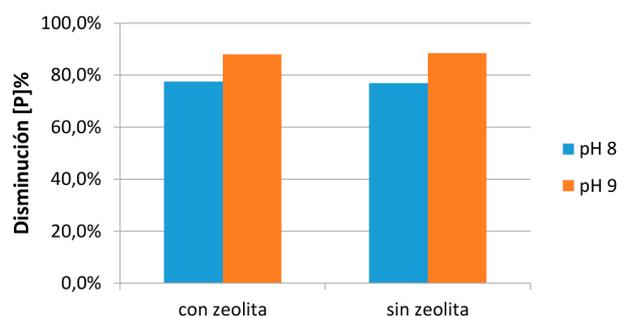


Figura 14

Disminución fosfato en reacción sintética / Fuente: Elaboración propia

Las mayores disminuciones de fosfato son a pH 9, alcanzando valores de 88% y un 88,5% cuando se tiene Zeolita y cuando no, respectivamente. Es importante mencionar, que se debe controlar paulatinamente el pH con NaOH, puesto que a medida que ocurre la formación de estruvita, los iones H⁺ se liberan al medio, lo que resulta en la disminución del pH (Stratful et al., 2001).

Las imágenes de los cristales se muestran en la figura 15 (a) y 15 (b), observándose una vez más la aglomeración de cristales cuando se adiciona Zeolita (a) y la dispersión de éstos (b) en ausencia de ésta.

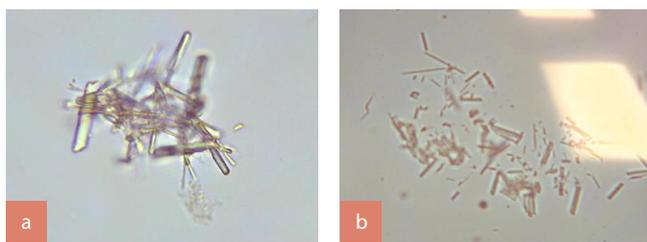


Figura 15

Cristales en reacción con solución sintética

En el trabajo realizado por Le Corre (2007) se menciona cristales irregulares, también considerados como estruvita. En esta ocasión y como se mencionó anteriormente la forma pudo haber estado afectada por las variaciones de pH.

TAMAÑO DE LOS CRISTALES DE ESTRUVITA

Una vez que se verificó la formación de cristales, estos fueron dimensionados con la ayuda del software de análisis de imágenes y se tomaron medidas a continuación, en la figura 16 se muestra el resultado.

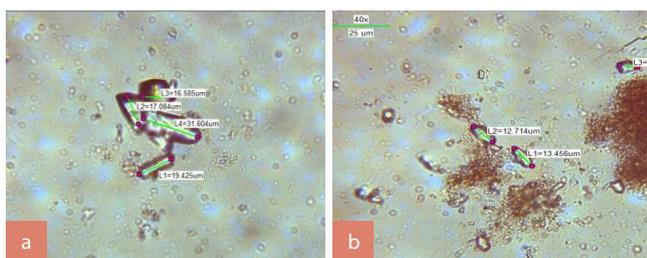


Figura 16

Tamaño de los cristales con zeolita

En la imagen, los tamaños encontrados van desde 16,6 μm hasta 31,6 μm . Según Zhang (2009) los cristales varían entre 15 μm a 3,5 mm, lo cual está dentro del rango. Abe (1995) planteó que el tamaño del cristal está influenciado por la concentración de fosfato y por el tiempo de reacción. En este caso como se señaló anteriormente, la concentración de Fosfato fue bastante menor por tanto se explica el resultado.

Utilizando el mismo zoom anterior, se evalúan los cristales cuando la Zeolita no está presente, en este caso los tamaños encontrados van desde 8,6 μm hasta 13,4 μm . En esta ocasión los tamaños son más pequeños que los anteriores. Cabe destacar que la única diferencia entre ambas imágenes es la Zeolita, el pH, la concentración de Fosfato y el tiempo de reacción es el mismo.

Este resultado es importante, ya que si bien se ratifica que la eficiencia en cuanto al porcentaje de disminución del Fosfato es un poco menor con el uso de Zeolitas se tienen tamaños mayores de cristales los que es decisivo a la hora de la recuperación de estruvita formada en el reactor.

CONCLUSIONES

La formación de estruvita es una manera efectiva de recuperar los nutrientes que están presentes en el digestato de purines de cerdos a partir de la adición de Bischofita y Zeolitas naturales. El contenido de Fosfato en el digestato es relativamente bajo mientras que amonio está en cantidades mucho más elevada, por lo que para la reacción de obtención de estruvita, el Fosfato será el reactante limitante. El pH del digestato, sin ser el óptimo (8,7) es adecuado para la formación de la estruvita (>8). El cual se mantiene básico a medida que transcurre la precipitación, por medio de la hidrólisis, lo que genera un ahorro en el proceso de ajuste de pH, siendo innecesario en esta investigación. Se verifica que con un 5% de Zeolita respecto del Magnesio se obtienen óptimos resultados de remoción y adicionalmente al ser una cantidad tan baja tampoco tiene un impacto económico en su utilización. El tiempo de reacción más adecuado para la formación de estruvita es de dos horas, ya que se alcanzan valores del orden de 63% con Zeolita y de 62% sin ésta, mientras que para media hora sólo se alcanzan un 57% y un 48% respectivamente.

Los cristales de estruvita obtenidos cuando la concentración inicial de fosfato es de 119 [mg/L] está entre 16,6 [μm] hasta 31,6 [μm] cuando hay Zeolita y entre 8,6 [μm] hasta 13,4 [μm], cuando no hay Zeolitas. Se demostró de forma fehaciente la influencia positiva de la Zeolita e la formación o agregación de cristales de estruvita, lo cual favorece la extracción de estos cristales.

BIBLIOGRAFÍA

AASA S.A: <http://www.agrificiente.cl/buenas-practicas/agricola-aasa/>
 Abbona F, Boistelle, R., 1979. Growth morphology and cristal habit of struvite cristal (MgNH₄PO₄ 6H₂O). *Journal of Crystal Growth*, 46, 339-354
 Agrawal, S., Guest, J.S., Cusick, R.D., 2018. Elucidating the impact of initial supersaturation and seed crystal loading on struvite precipitation kinetics, fines production, and crystal growth. *Water Research*, 132, 252-259.
 Ali, Md. Imtiaj, 2005. *Struvite Crystalization from Nutrient Rich Wastewater*. Tesis doctoral, James Cook University, Australia.
 Ariyanto, E., Sen, T.K., Ang, H.M., 2014. The influence of various physicochemical process parameters on kinetics and growth mechanism of struvita crystallization. *Advances Powder Technology*, 25, 682-694.
 Asociación gremial de productores de cerdos de Chile. <http://www.asprocer.cl/>
 Booker, N.A, Prestley, A.J., Fraser, I.H., 1999. Struvite formation in wastewaters treatment plants: opportunities for nutrient recovery. *Enviroment Technology*, 20, 777-782.
 Buchanan, J.R., Mote, C.R., Robinson, R.B., 1994. Thermodynamics of struvite formation. *Trans. ASAE* 37, 617-621.
 Çelen, I., Buchanan, JR., Burns, R.T., Robinson, R.B., Raj Raman, D., 2007. Using

- a chemical equilibrium model to predict amendments requires to precipitate phosphorus as struvite liquid swine manure. *Water Research*, 42, 2689-2696.
- Cordell, D., Drangert, J.-O. & White, S., 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19(2), pp.292–305.
- Cordell, D. & White, S., 2014. Life's Bottleneck: Sustaining the World's Phosphorus for a Food Secure Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 39(1), pp.161–188.
- Crutchik, D., Garrido, J.M., 2016. Kinetics of the reversible reaction of struvite crystallisation. *Chemosphere*, 154, 567-572.
- De-Bashan, L.E., Bashan, Y., 2004. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997-2003). *Water research*, 38, 4222-4246.
- Doyle, J., Parson, S., 2002. Struvite formation, control and recovery. *Water Research*, 36, 3925-3940.
- Doyle, J., Oldring, K., Churchley, J., Parson, S.A., 2002. Struvite formation and propensity of different materials. *Water Research*, 36, 3971-3978.
- FAO, 2016. *The State of food and agriculture*. Kiroka, United Republic of Tanzania.
- Frazier, A. W., & WAERSTAD, K. (1992). The phase system MgO-(NH₄)₂O-P₂O₅-H₂O at 25°C. *Industrial & engineering chemistry research*, 31(8), 2065-2068.
- Huang, H., Xiao, D., et al., 2014. Removal of ammonia from landfill leachate by struvite precipitation with the use of low-cost phosphate and magnesium sources. *Journal of Environmental Management*, 145, pp.191–198.
- Huang, H., Zhang, P., et al., 2016. Simultaneous removal of ammonia nitrogen and recovery of phosphate from swine wastewater by struvite electrochemical precipitation and recycling technology. *Journal of Cleaner Production*, 127, pp.302–310.
- Huang, H., Yang, J. & Li, D., 2014. Recovery and removal of ammonia–nitrogen and phosphate from swine wastewater by internal recycling of struvite chlorination product. *Bioresource Technology*, 172, pp.253–259.
- Kemacheevakul, P., Chuangchote, S., Otani, S., Matsuda, T., Shimizu, Y., 2015. Effect of magnesium dose on amount of pharmaceuticals in struvite recoveries from urine. *Water Science & Technology* 72.7, 1102-1110.
- Korchef, A., Saidou, H., Amor, M.B., 2011. Phosphate recovery through struvite precipitation by CO₂ removal: Effect of magnesium, phosphate and ammonium concentrations. *Journal of Hazardous Materials*, 186, 602–613.
- Lapeña Muñoz, Abel. *Recuperación de fósforo en forma de estruvita a partir de la orina y el agua de mar*. Memoria de Máster. Valencia, 2014.
- Le Corre, K.S., Valsami-Jones, E., Hobbs, P., Jefferson, B., Parson, S.A., 2007. Struvite crystallisation and recovery using a stainless Steel structure as a seed material. *Water Research*, 41 (11), 2449-2456.
- M.L Nguyen NN Taner "ammonium removal from wastewater using natural New Zealand zeolite". *New Zealand Journal of agricultural Research* [N.Z. J. Agric. Res] Vol 41m n°3, Sep 1998.
- Makara, A. & Kowalski, Z., 2013. Pig manure treatment and purification by filtration. *Journal of environmental management*, 60(4), pp.839–844.
- Md Mukhlesur Rahman. Mohamad Amran Mohd. Salleh. Production of slow release crystal fertilizer from wastewaters through struvite crystallization – A review. *Arabian Journal of Chemistry*, Vol 7, pp 139-155, 2014.
- Mersmann, A., 2001. *Crystallization technology handbook*. Second Edition, Marcell Dekker, New York.
- Mehta, G.N., Batstone, D.J., 2013. Nucleation and growth kinetics of struvite crystallization. *Water Research*, 47, 2890-2900.
- Misaelides, P., 2011. Application of natural zeolites in environmental remediation: A short review. *Microporous and Mesoporous Materials*, 144(1), pp.15–18.
- Muñoz Lázaro, Laura. *Separación y recuperación de fosfato y amonio de purines mediante sorción con zeolita sintética*. Memoria de Máster. Barcelona, 2016.
- Mulling, J.W., 2001. *Crystallization*. 4ta edición. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Nelson, O. N, Mikkelsen, R. L y Hesterberg, D. L. Struvite precipitation in anaerobic swine lagoon liquid: effect of pH and MG:P ratio and determination of rate constant. *Bioresource Technology*, pag 229-236, 2003.
- Ohlinger, K. N, Young, T. M y Schroeder, E.D. Predicting Struvite Formation in Digestion. *Wat. Res.* Vol 32, No 12, pp. 3607-3614, 1998.
- Paixao, J.L., Tonetti, A.L., Tavanielli, M., Silva, D., 2017. Nitrient recovery from airplane wastewater: composition, treatment and ecotoxicological assay. *Water Science & Technology*, 75.8, 1952-1960.
- Pastor, Laura. *Estudio de la precipitación y recuperación del fósforo presente en las aguas residuales en forma de estruvita*. Memoria doctoral. Valencia, 2008.
- Phillips, T. & Price, S., 2013. Rocks in your Gas Tank. *Science @ Nasa*. Disponible en: http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2003/17apr_zeolite/ [Accedido en agosto, 2016].
- Silva, J., Volschan, I. Jr., Yokoyama, L., 2017. precipitação de estruvita em sobrenadante do digestor anaeróbico de lodo visando a recuperação de fósforo. *Congresso ABES, Fenasan, Brasil*.
- Stratful, I., Scrimshaw, M.D., Lester, L.N., 2001. Condition influencing the precipitation of magnesium ammonium phosphate. *Water Research*, 35 (17), 4191-4199.
- Stolzenberg, P., Capdevielle, A., Teychené, S., Biscans, B., 2015. Struvite precipitation with MgO as a precursor: Application to wastewater treatment. *Chemical Engineering Science*, 133, 9-15.
- Tansel, B., Lunn, G., Monje, O., 2018. Struvite formation and decomposition characteristics for ammonia and phosphorus recovery: A review of magnesium-ammonia. *Phosphate interactions*. *Chemosphere*, 194, 504-514.
- Triger, A., Pic, J.C., Cabassud, C., 2012. Determination of struvite crystallization mechanisms in urine using turbidity measurement. *Water Research* 46, 6084-6094.
- Villablanca, Camila. *Modelación de la recuperación de fósforo y pureza de la estruvita mediante la superficie de respuesta considerando el efecto del pH y la razón Mg+2/PO4-3*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Químico. Chile 2016.
- VVAA, 2015. *Evaluación de técnicas de gestión de deyecciones en ganadería*, Madrid. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/ganaderia-y-medioambiente/evaluaciondetecnicasdegestiondedeyeccionesganaderas_tcm7-414251.pdf
- Wang, J., Burker, J.G., ASCE, M., Zhang, X., Surampalli, R., 2005. Engineered Struvite Precipitation: Impacts of Component-Ion molar ratio and pH. *J. Environ. Eng.* 131, 1433-1440.
- Wang, S. & Peng, Y., 2010. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*, 156(1), pp.11–24.
- Wang, Y., Lin, F. and Pang, W., 2008. Ion exchange of ammonium in natural and synthesized zeolites. *Journal of Hazardous Materials*, 160(2), pp.371–375.
- Yuan, T., Huang, W., Lei, Z., Zhao, Z and Zhang, Z., 2018. Effects of different alkalis on hydrolysis of swine manure during dry anaerobic digestion and resultant nutrients availability. *International Biodeterioration & Biodegradation* 123, 138-145.

Charla sobre Visual Thinking y demo de metodología 'Open Cards' aplicado a estudiante de Ingeniería

En la actividad, los representantes de la consultora internacional Openmind, estuvieron a cargo de impartir la charla y conducir la demostración de la metodología 'Open Cards'.

El Centro de Ingeniería y Desarrollo Sostenible de la Universidad Central, fue el encargado de organizar la charla titulada Visual Thinking como herramienta facilitadora en ingeniería y la demostración de la metodología 'Open Cards' llevada a cabo por Carlos Pinto, Consultor y Coach de la empresa Openmind, acompañado por Ricardo Figueroa, Líder de Negocios y Desarrollo Corporativo de la misma organización.

En la instancia, Pinto explicó los fundamentos básicos del Visual Thinking, primero en un plano general y desde luego con un enfoque hacia la ingeniería como herramienta facilitadora. En ese sentido, comentó a través de ejemplos que el Visual Thinking, o Pensamiento Visual, se trata de un método para expresar pensamientos de forma gráfica, con el objetivo de plantear ideas de manera más directa y transmitir conceptos complejos de forma rápida y eficaz.

Asimismo, el relator aprovechó la ocasión para demostrar cómo funciona la metodología denominada 'Open Cards' patentada por la empresa consultora que representa, la cual se vale de estrategias de gamificación, a través de mazos de cartas o tarjetas diseñadas para facilitar conversaciones y hacer fluir ideas concretas de forma lúdica, con soluciones reales y calendarizables mediante objetivos smart.

En ese contexto, Bastián Díaz, estudiante de 4° año de Ingeniería Civil Industrial y asistente a la charla, puso a prueba la metodología, al aplicar la dinámica de juego a su emprendimiento personal. La experiencia duró alrededor de 15 minutos y según sus dichos "fue muy sencillo, útil y práctico de aplicar. Primero, para identificar necesidades cuando uno parte en un proyecto, segundo para determinar y descartar factores que uno considera implementar y además, obtener la solución al problema inicial que identificó en un tiempo súper resumido".



Por su parte, Aldo Cea, director del Centro de Ingeniería y Desarrollo Sostenible, valoró positivamente la actividad por su carácter innovador y también manifestó a los consultores, su interés por incluir la metodología 'Open Cards' dentro del quehacer de la Facultad de Ingeniería, opción que será evaluada en el corto plazo.



COMPLEJOS CICLOMETALADOS DE Ir (III) CON LIGANDOS VOLUMINOSOS APLICABLES EN DISPOSITIVOS LEC (LIGHT ELECTROCHEMICAL CELL)

Iván González
Doctor en Química

En este trabajo se realizó la síntesis y caracterización de nuevos complejos ciclotmetalados de Ir(III) denominados $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$ y $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$. Los espectros fotoluminiscentes en solución para ambos complejos se caracterizan por la máxima longitud de onda de emisión alrededor de 510 nm y elevados rendimientos cuánticos de emisión. En estado sólido, el espectro de emisión del complejo con L2 se caracteriza por una mayor intensidad de emisión que el complejo $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$. Este comportamiento se explica debido al efecto de la estructura más voluminosa del ligando L2, que evita de manera más eficiente, en comparación con el complejo con L1, los procesos de auto-apagamiento en el empaquetamiento sólido. Para obtener una primera aproximación del comportamiento de estos complejos en las aplicaciones de LEC (*Light Emitting Electrochemical Cell*), se obtuvieron los espectros electroluminiscentes al aplicar 12 V. Ambos complejos muestran emisiones de color verde amarillo en aproximadamente 550 nm, con coordenadas CIE (0.41, 0.48) y (0.45, 0.48) para $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$ y $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$, respectivamente.

INTRODUCCIÓN

Los complejos de Ir(III) ciclotmetalados se han estudiado ampliamente debido a sus interesantes propiedades fotofísicas y aplicaciones tecnológicas como en celdas solares sensibilizadas por colorante (DSSC), [1-3] dispositivos ópticos no lineales (NLO), [1,4,5] dispositivos emisores de luz orgánicos (OLED), [6-8] y celdas electroquímicas emisoras de luz LEC (*Light Emitting Electrochemical Cell*). [9-12]

Los dispositivos LEC se fabrican con una sola capa de un complejo de metal de transición iónico (iTMC), intercalado entre dos electrodos, que promueve la inyección electrónica, el transporte de carga y la emisión de luz. En el caso de los dispositivos OLED, se requiere una arquitectura multicapa para cumplir estas funciones; por lo tanto, los LEC tienen un diseño más simple que los OLED, con una sola capa activa. Además, los dispositivos LEC funcionan con cátodos estables al aire, por lo que no son necesarios procesos rigurosos de encapsulación. [10, 13, 14]

Se sabe que los complejos de Ir(III) ciclotmetalados, descritos como $[\text{Ir}(\text{C}^{\wedge}\text{N})_2(\text{N}^{\wedge}\text{N})]^+$ ($\text{C}^{\wedge}\text{N}$: ligando ciclotmetalado y $\text{N}^{\wedge}\text{N}$: ligando auxiliar), experimentan fuertes procesos de acoplamiento de espín-órbita que permiten poblar estados excitados de tripletes prohibido por espín, que se mezclan con el estado superior $^1\text{MLCT}$ (transferencia de carga de metal-ligando) y que dependiendo de los ligandos utilizados. También se pueden obtener transferencias de carga ligando a ligando (LLCT), obteniendo altos rendimientos cuánticos de emisión luminiscentes donde el triplete T1 emisor tiene generalmente un carácter mixto de $^3\text{MLCT}/^3\text{LLCT}$. De acuerdo con estas características, los Ir-iTMC se consideran excelentes candidatos para el desarrollo de tecnología LEC. [6, 14-17]

Según esta descripción, teniendo en cuenta en términos generales la composición de los orbitales, la longitud de onda de emisión de los complejos de Ir(III) catiónicos, debería poder modularse dependiendo de la naturaleza de los ligandos y de esta forma modular las propiedades electrónicas en los complejos y, por consiguiente, el comportamiento general del dispositivo LEC.

Por otro lado, una estrategia utilizada para mejorar el rendimiento cuántico fotoluminiscente de complejos de Ir(III), y en consecuencia la eficiencia cuando se usa en dispositivos LEC, es la presencia de sustituyentes voluminosos en los ligandos auxiliares $\text{N}^{\wedge}\text{N}$ de manera de prevenir los procesos de auto-apagado, debido al incremento de la distancia entre las moléculas emisoras en estado sólido. [20,21]

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Con el propósito de mejorar las intensidades de emisión y, por lo tanto, el rendimiento cuántico de los complejos ciclotmetalados de Ir(III) en películas sólidas, dos nuevos complejos ciclotmetalados del tipo $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$ y $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$ (ver figura 1) se sintetizaron y se estudiaron sus propiedades fotofísicas. F_2ppy es 2-(2,4-difluorofenil) piridina, L1 es 4,4'-difeniletil-2,2'-bipiridina y L2 es 4,4'-bis [2- [4- (1,1-dimetiletoxi) fenil] etil] -2,2'-bipiridina. Conjuntamente con los experimentos, se llevaron a cabo cálculos teóricos para comprender la influencia del ligando auxiliar en las propiedades electrónicas de estos complejos de Ir(III). Además, se analizaron los espectros de emisión de los complejos inmovilizados con poli(metilmacrilato) (PMMA), y también su comportamiento de emisión bajo un potencial aplicado. De esta manera se registraron los espectros electroluminiscentes, lo que permitió evaluar su potencial como materiales luminiscentes para dispositivos LEC. Los resultados muestran que ambos complejos presentan altas intensidades de emisión, lo que permite postular que son candidatos dignos para actuar como emisores eficientes en la fabricación de dispositivos LEC.

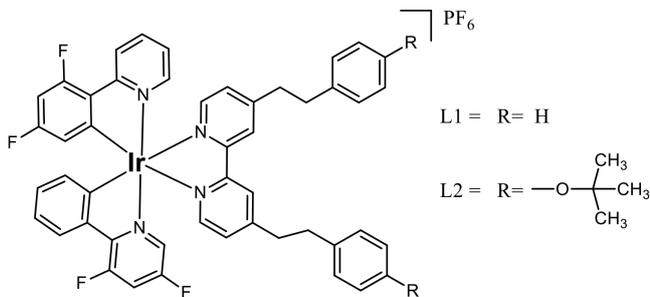


Figura 1

Esquema de complejos de Ir(III) estudiados.

Los ligandos L1 y L2 fueron sintetizados con rendimientos cercanos a los 70%. Los complejos $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$ y $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$ fueron sintetizados mediante reflujo del dímero precursor $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2(\mu\text{-Cl})_2]$ y el respectivo ligando, y utilizando la sal KPF_6 . Los compuestos fueron completamente caracterizados mediante espectroscopía FT-IR, RMN, Masa de alta resolución, además de realizar estudios de los compuestos por voltamperometría cíclica y estudiar sus propiedades mediante modelamientos teóricos por DFT y TD-DFT.

Los espectros de absorción UV-visible de los ligandos L1 y L2 y los complejos $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$ y $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$ se muestran en la figura 2; todos los espectros fueron registrados en Acetonitrilo. En la tabla 1 se muestran los valores de absorción máxima y coeficiente de extinción molar, relacionados a la banda MLCT, además se incorporan los valores de obtenidos de la electroquímica y los datos extraídos de los estudios teóricos.

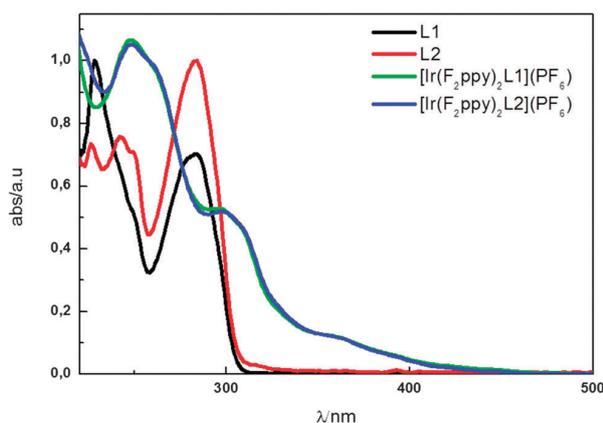


Figura 2

Espectros de absorción de ligandos y complejos en CH_3CN .

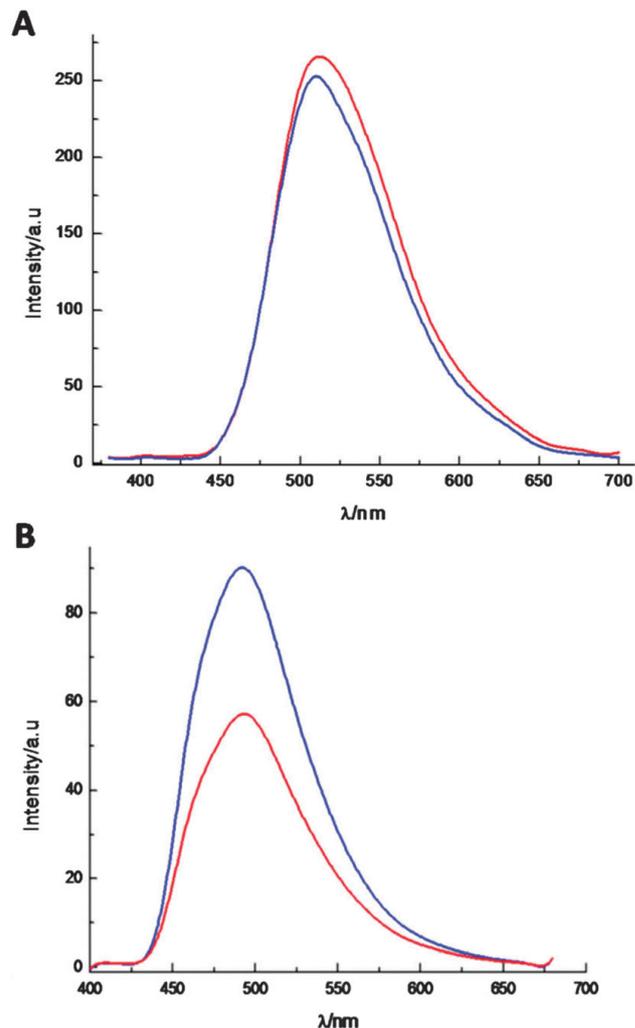


Figura 3

Espectros de emisión de los complejos $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$, línea roja y $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$, línea azul. A.) solución y B.) en film de 10% de complejo de Ir(III) y 90% PMMA.

Los espectros de emisión de los complejos fueron obtenidos en solución y también en películas sólidas delgadas preparadas con un 10% en peso del complejo en poli(metilmacrilato) PMMA (figura 3B), usando la técnica de recubrimiento por rotación. El polímero de PMMA se utilizó para mantener las moléculas inmobilizadas y separadas unas de otras. Los máximos de emisión de los complejos en película delgada son los mismos (495 nm), y se desplazan ligeramente a energías más altas debido a la influencia del medio ambiente (Tabla 1) en comparación con los espectros en solución con emisión máxima cercana a los 510 nm.

Tabla 1. Tabla de resumen de las caracterizaciones electrónicas y fotofísicas de los complejos en estudio.

	$E(\text{Ir}^{+4/+3})/\text{V}^a$	$E(\text{red})/\text{V}^a$	$\Delta E_{\text{red-ox}}^b$	ΔE_{HL}^c	$\lambda_{\text{abs}}/\text{nm}$ ($\epsilon/\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) ^d	$\lambda_{\text{em}} \text{ solución}$ /nm ^d	Φ_{em}^d	$\lambda_{\text{em}} \text{ solido}/\text{nm}^f$
$[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$	1,81	-1,22	3,03	3,54	360 (4600)	511 (514) ^e	0,76	495
$[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$	1,86	-1,19	3,05	3,46	360 (4350)	509 (512) ^e	0,70	495

^a $E(\text{Ir}^{+4/+3})$ y $E(\text{red}) = 1/2 (E_{\text{pa}} + E_{\text{pc}})$; $\text{CH}_3\text{CN}/\text{TBAPF}_6$ 0.1 M, vs. Ag/AgCl.

^b $\Delta E_{\text{red-ox}}$ datos experimentales de la VC.

^c ΔE_{HL} , H = HOMO y L = LUMO, datos de los cálculos teóricos.

^dEn solución de CH_3CN .

^eEnergías de emisión calculadas por B3LYP/6-31G(d,p)/LANL2DZ.

^fEmisión de los complejos en matriz de PMMA

La intensidad de emisión del complejo con L2 es mayor que el complejo con L1 probablemente debido a la presencia de sustituyentes voluminosos en el extremo de la cadena lateral del ligando de bipyridina. En particular, los grupos terc-butoxi actúan en la separación molecular, promoviendo intensidades de emisión más altas, debido a la disminución de los decaimientos no radiactivos por el proceso de auto apagado.

Según los antecedentes teórico y experimentales obtenidos, se puede afirmar que la emisión proviene de estados tripletes principalmente de las transferencias de cargas desde metal (Ir(III)) al ligando N^N y también desde transferencias de carga del ligando 2-(2,4-difluorofenil) piridina (C^N) a ligando N^N.

PROPIEDADES ELECTROLUMINISCENTES

En el presente trabajo se diseñó un dispositivo LEC piloto utilizando un vidrio conductor ITO, sobre el que se deposita por spin coating una solución de 20 mg/mL del complejo $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}]$ (PF_6) o $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$, una vez formadas las películas, se le adiciona una capa de cátodo de eutéctico GaIn. Luego de esto, el dispositivo queda listo para que se aplique un voltaje e ilumine. En este caso, a ambos complejos se operaron bajo 12 volt.

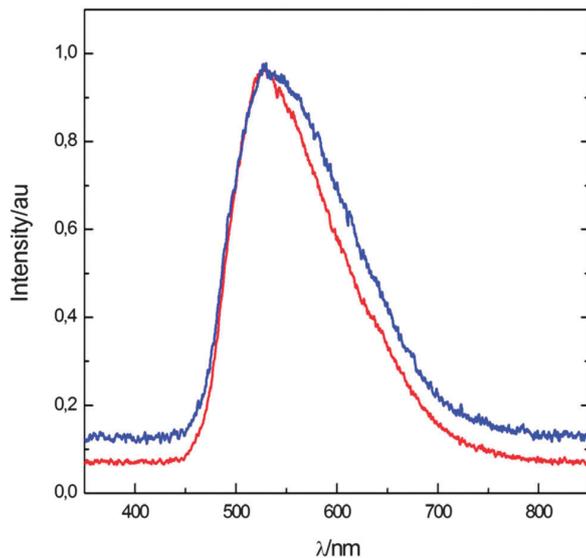


Figura 4

Espectros normalizados de electroluminancia LECs ITO/complejo Ir(III)/GaIn usando $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$ (línea roja) y $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$ (línea azul) aplicando 12 V.

La figura 4 muestra los espectros electroluminiscentes medidos para los LEC que emplean los complejos de Ir(III). Ambos dispositivos exhiben electroluminiscencia amarillo-verde con los máximos ubicados en aproximadamente 550 nm. Estos espectros están desplazados al rojo con respecto a los espectros de emisión en solución. Probablemente, este fuerte desplazamiento hacia el rojo está relacionado con un cambio en la composición de la película y no debido a la forma de excitación utilizada.

Las coordenadas CIE (Comisión Internacional de Iluminación) determinadas a partir de espectros electroluminiscentes son (0.41, 0.48) y (0.45, 0.48) para los complejos $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L1}](\text{PF}_6)$ y $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$, respectivamente. Estos valores indican que los complejos son emisores en una energía similar, lo que corrobora que las cadenas en las posiciones 4 y 4' de los ligandos bpy no tienen un efecto electrónico.

CONCLUSIONES

En este trabajo, se sintetizaron dos nuevos complejos de Ir (III) ciclometalados y sus propiedades fotofísicas se analizaron mediante estudios experimentales y teóricos. Estos complejos tienen la fórmula general $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L}](\text{PF}_6)$, donde L corresponde al ligando auxiliar que se caracteriza por la presencia de anillos fenilo (ligando L1) o ter-butoxi fenilo (ligando L2) como sustituyentes conectados por un puente saturado a la periferia del ligando bipyridina.

Los complejos estudiados muestran alto rendimiento cuántico en solución, alrededor del 70%; en el caso de la emisión determinada en estado sólido, se obtuvo una intensidad ligeramente mayor con el complejo $[\text{Ir}(\text{F}_2\text{ppy})_2\text{L2}](\text{PF}_6)$. Teniendo en cuenta que este último complejo tiene un incremento de volumen en el ligando auxiliar en comparación con el complejo con el ligando L1, postulamos que, en estado sólido, el efecto de un ligando más voluminoso es inhibir posibles procesos de auto-apagamiento que pueden tener lugar en el embalaje sólido por lo tanto, se pueden obtener mayores intensidades de emisión. Por voltametría cíclica, este hecho se corrobora ya que el proceso de oxidación tiene una contribución del ligando L2 ancilar. Aunque este comportamiento puede considerarse atractivo, se demostró que en ambos complejos hay un solo estado T1 de emisor, con las mismas contribuciones (3MLCT y 3LLCT),

Finalmente, los prototipos de dispositivos LEC se fabricaron con ambos complejos, observando en ambos casos la generación de luz estable, permitiendo caracterizar estos sistemas por espectros de electroluminiscencia y coordenadas CIE. Teniendo en cuenta los estudios desarrollados, es posible postular que los complejos sintetizados pueden actuar como materiales apropiados en dispositivos LEC.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado financieramente por FONDECYT, Chile, números de proyectos 11130221, 3140314, 1130072, 3160285 y 11180185, y por Proyecto USM PI_L_1817.

BIBLIOGRAFÍA

- S. Fantacci and F. De Angelis, *Coord. Chem. Rev.*, 2011, 255, 2704-2726.
- E. Baranoff, J.-H. Yum, M. Graetzel and M. K. Nazeeruddin, *J. Organomet. Chem.*, 2009, 694, 2661-2670.
- C. Dragonetti, A. Valore, A. Colombo, S. Righetto and V. Trifiletti, *Inorg. Chim. Acta*, 2012, 388, 163-167.
- V. Aubert, L. Ordroneanu, M. Escadeillas, J. G. Williams, A. Boucekine, E. Coulaud, C. Dragonetti, S. Righetto, D. Roberto and R. Ugo, *Inorg. Chem.*, 2011, 50, 5027-5038.
- I. González, D. Cortés-Arriagada, P. Dreyse, L. Sanhueza-Vega, I. Ledoux-Rak, D. Andrade, I. Brito, A. Toro-Labbé, M. Soto-Arriaza and S. Caramori, *Eur. J. Inorg. Chem.*, 2015, 29, 4946-4955.
- H. Yersin, *Highly efficient OLEDs with phosphorescent materials*, John Wiley & Sons, 2008.
- G. Meng, Z. Chen, H. Tang, Y. Liu, L. Wei and Z. Wang, *New J. Chem.*, 2015, 39, 9535-9542.
- J. Jayabharathi, V. Thanikachalam and R. Sathishkumar, *New J. Chem.*, 2015.
- J. D. Slinker, J. Rivnay, J. S. Moskowicz, J. B. Parker, S. Bernhard, H. D. Abruna and G. G. Malliaras, *J. Mater. Chem.*, 2007, 17, 2976-2988.
- R. D. Costa, E. Ortí, H. J. Bolink, F. Monti, G. Accorsi and N. Armadori, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2012, 51, 8178-8211.
- I. González, P. Dreyse, D. Cortés-Arriagada, M. Sundarajan, C. Morgado, I. Brito, C. Roldán-Carmona, H. J. Bolink and B. Loeb, *Dalton Trans.*, 2015, 44, 14771-14781.
- P. Dreyse, B. Loeb, M. Barrera and I. Gonzalez, *J. Chil. Chem. Soc.*, 2014, 59, 2628-2631.
- H. J. Bolink, E. Coronado, R. D. Costa, P. Gavina, E. Ortí and S. Tatay, *Inorg. Chem.*, 2009, 48, 3907-3909.
- M. S. Lowry, J. I. Goldsmith, J. D. Slinker, R. Rohl, R. A. Pascal, G. G. Malliaras and S. Bernhard, *Chem. Mater.*, 2005, 17, 5712-5719.
- D. Han, F. Hao, J. Tian, C. Pang, J. Li, L. Zhao and G. Zhang, *J. Lumin.*, 2015, 159, 66-72.
- R. D. Costa, F. Monti, G. Accorsi, A. Barbieri, H. J. Bolink, E. Ortí and N. Armadori, *Inorg. Chem.*, 2011, 50, 7229-7238.
- D. Cortés-Arriagada, L. Sanhueza, I. González, P. Dreyse and A. Toro-Labbé, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2016, 18, 726-34.
- T. Sajoto, P. I. Djurovich, A. B. Tamayo, J. Oxgaard, W. A. Goddard III and M. E. Thompson, *J. Am. Chem. Soc.*, 2009, 131, 9813-9822.
- X. Li, B. Minaev, H. Ågren and H. Tian, *Eur. J. Inorg. Chem.*, 2011, 16, 2517-2524.
- S. Bernhard, J. A. Barron, P. L. Houston, H. D. Abruna, J. L. Ruglovsky, X. Gao and G. G. Malliaras, *J. Am. Chem. Soc.*, 2002, 124, 13624-13628.
- P. Dreyse, B. Loeb, M. Soto-Arriaza, D. Tordera, E. Ortí, J. J. Serrano-Pérez and H. J. Bolink, *Dalton Trans.*, 2013, 42, 15502-15513.
- R. D. Costa, E. Ortí, H. J. Bolink, S. Graber, S. Schaffner, M. Neuburger, C. E. Housecroft and E. C. Constable, *Adv. Funct. Mater.*, 2009, 19, 3456-3463.



H₃⁺

LA MOLÉCULA QUE CREÓ EL UNIVERSO

Luis Alvarez-Thon

Doctor en Físicoquímica Molecular

La molécula H₃⁺ es un *ión molecular* que está compuesto por tres átomos de hidrógeno y solamente dos electrones. Esta molécula es considerada como la piedra angular de la Química Interestelar ya que es la iniciadora de reacciones químicas para la generación de moléculas más grandes y complejas [1,2]. De hecho, se supone que H₃⁺ fue una molécula fundamental para el nacimiento de estrellas en los momentos iniciales de la formación del Universo. Esta molécula es uno de los compuestos químicos más abundantes en el universo. Sin embargo no se la puede encontrar en concentraciones altas debido a su extrema capacidad de combinación con otras moléculas. Por ejemplo H₃⁺ puede reaccionar con un átomo de oxígeno para la producción de agua. Esta alta capacidad de combinación con otros elementos hace difícil su detección en el espacio interestelar. Esto quiere decir que esta molécula en la Tierra no existe en forma natural. El físico J. J. Thomson (premio Nobel de Física, 1906) la descubrió, accidentalmente en 1911, mientras experimentaba con descargas de plasma. El detectó una anomalía en sus datos experimentales, que atribuyó a una especie molecular desconocida que tenía una vida muy corta. Él concluyó que esta molécula podría tener la fórmula H₃⁺ o H₃ pero en esos tiempos no existía la tecnología para confirmarlo. La existencia y características químicas de H₃⁺ permanecieron desconocidas por muchos años. Las claves para su detección en el medio interestelar fueron dadas recién en 1980 [3]. Esto permitió la detección, por medio de técnicas espectroscópicas, la presencia de H₃⁺ en las atmósferas de Júpiter, Saturno y Urano. Posteriormente se la encontró en el espacio interestelar, en la zona central de nuestra galaxia y en otras galaxias más lejanas [1,2,4,5].

En este artículo de difusión, vamos a dar una posible explicación sobre la existencia y corta duración de esta molécula en las condiciones ambientales normales de nuestro planeta. Primero vamos a dar una breve introducción acerca de los conceptos químicos básicos que necesitaremos para entender lo que sigue.

Recordar que cada átomo de hidrógeno está compuesto por un núcleo positivo y un electrón negativo. Es esta diferencia de cargas lo que hace que el electrón se mantenga bajo la influencia del núcleo (cargas de distinto signo se atraen). Este movimiento del electrón se puede entender en analogía al movimiento de la Luna alrededor de la Tierra (figura 1). Sin embargo esta descripción clásica no puede ser tomada como verdadera ya que la descripción correcta está dada por la *Física Cuántica*, la teoría que describe el comportamiento de las partículas más pequeñas de la materia, tales como los electrones, los átomos y las moléculas.

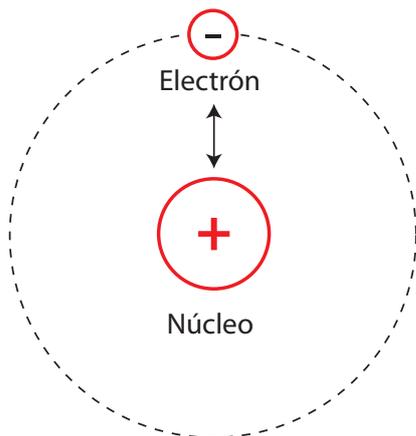


Figura 1

Esquema de un átomo de hidrógeno, donde se hace una analogía con respecto al movimiento de la Luna alrededor de la Tierra.

De acuerdo a los conceptos básicos de química general, para que una molécula poliatómica exista, los átomos que la componen deben tener electrones compartidos —generalmente de a pares— con el objetivo de mantener la estabilidad de la molécula y así evitar la disociación (desarme) de esta. En este sentido los electrones actúan como una especie de *pegamento* para mantener los núcleos relativamente cerca entre sí. Por ejemplo, consideremos la molécula diatómica H_2 (hidrógeno molecular) la cual consta de dos átomos de hidrógeno. Cada electrón de un átomo de hidrógeno, H, es compartido con el otro átomo, de tal forma que hay un equilibrio de fuerzas de atracción (núcleo-electrón) y de repulsión (núcleo-núcleo); la figura 2 muestra un esquema de las fuerzas involucradas. La molécula de hidrógeno, H_2 , al alcanzar el equilibrio mantiene una distancia promedio estable debido a la presencia de electrones entre los núcleos. Decimos “distancia promedio” porque, en realidad, la molécula siempre está vibrando.

Para una molécula compuesta por más de dos átomos, se aplica el mismo concepto descrito para H_2 . En el caso de H_3^+ , su estructura ha sido estudiada extensamente por diversos métodos experimentales y teóricos. La molécula tiene una geometría de equilibrio simétrica formando una triángulo equilátero con una distancia H-H de 0.9 Å (figura 3).

Se sabe que aproximadamente el 99.9% de los átomos en el universo está compuesto por dos tipos: hidrógeno (92.1%) y helio (7.8%) [1]. Es por eso que la química predominante en el universo es protagonizada por el hidrógeno. La producción de H_3^+ es explicada por los químicos por medio de la reacción:

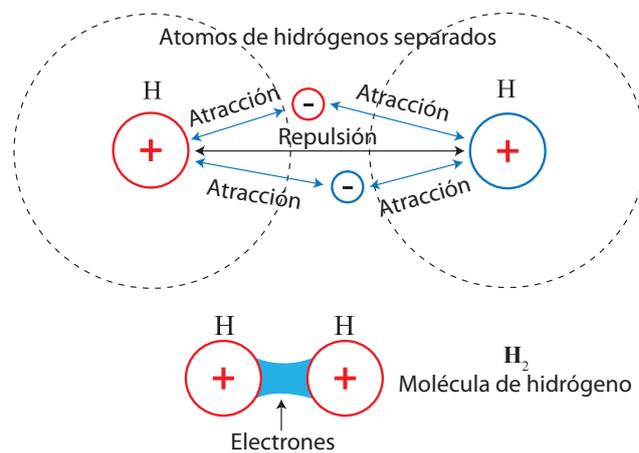
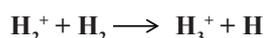


Figura 2

La formación de la molécula de hidrógeno, H_2 . Los electrones son atraídos por los núcleos y los núcleos se repelen entre sí. La estabilidad de la molécula está dado por el equilibrio entre las fuerzas de atracción y repulsión.

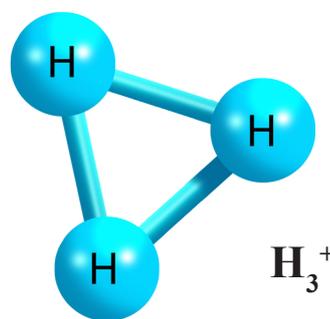
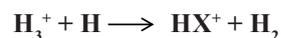


Figura 3

Estructura triangular de la molécula de H_3^+ , con una distancia entre átomos de hidrógeno de 0.9 Å. La carga neta de la molécula es positiva porque solo posee dos electrones.

Es decir, la combinación de H_2^+ y H_2 es capaz de producir H_3^+ e hidrógeno atómico H. Para que esta reacción se lleve a cabo, se necesita una gran cantidad de energía, es por eso que la producción de H_3^+ no ocurre de forma espontánea. Por otro lado, la siguiente fórmula química explica la reacción de H_3^+ con otra especie neutra, X



Aquí X puede ser cualquier átomo, ión u otra molécula más compleja. La producción de HX^+ genera a su vez, fácilmente, una cadena de otras reacciones químicas que conducen a la creación de otras moléculas más complejas. Este es el motivo del título de este artículo “*La molécula que creó el universo*”.

Por las razones explicadas anteriormente, el estudio de H_3^+ ha estado a cargo de astrónomos. La unión de la química y la astronomía ha creado una rama especial de la ciencia llamada *Astroquímica*, la cual se ocupa de estudiar la composición química de la materia en el espacio interestelar. La utilización de telescopios, radio-telescopios y espectrómetros permite la obtención de datos, los cuales son analizados mediante métodos teóricos para la detección y caracterización de especies moleculares exóticas, que solo existen en medios con condiciones extremas de temperatura y bajo la influencia de campos magnéticos y gravedades gigantes.

Debido a que las especies observadas por los astroquímicos no se pueden colocar en un tubo de ensayo, ellos tienen que usar sofisticados métodos teóricos para simular propiedades físicas y químicas para compararlas con los datos observados [6].

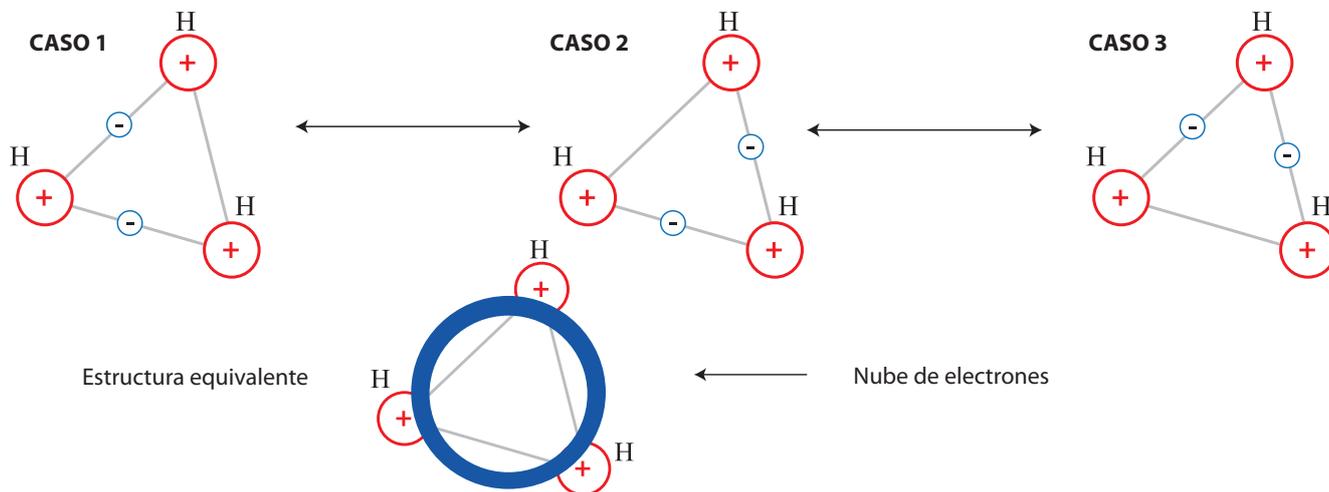


Figura 4

Tres posibilidades para la distribución de dos electrones en la molécula de H_3^+ . Esta estructura resonante explicaría la existencia de la molécula.

En este sentido, la *química computacional* juega un rol fundamental y permite realizar *experimentos virtuales* mediante el uso de la teoría cuántica. Estos cálculos son llevados a cabo usando (super) computadoras de gran rendimiento y dependiendo de la complejidad de la molécula en estudio, los cálculos pueden tomar mucho tiempo (horas, días, semanas o meses).

Revisando la figura 2, la condición ideal es que hayan dos electrones involucrados en el enlace químico para la formación de H_2 . En el caso de H_3^+ surge la duda razonable acerca de la estabilidad de la molécula porque esta posee solo dos electrones. En otras palabras los dos electrones tienen que "arreglarselas" para estar distribuidos uniformemente en el anillo formado por los tres núcleos. ¿Es que acaso los electrones se pueden partir?. En ese caso habrían 0.666 electrones entre cada núcleo de H. La respuesta a esta pregunta se podría responder utilizando el concepto de *deslocalización electrónica* estudiado en cursos elementales de química general. Este concepto está respaldado por la *Mecánica Cuántica* y permite a los electrones distribuirse o moverse entre varios centros atómicos. En esta teoría los electrones ya no son considerados necesariamente como partículas sino que pueden ser modelados como una "nube" de carga negativa, la cual tiene la libertad de ocupar todo el espacio con zonas de mayor o menor probabilidad. Sin embargo, mucho antes del establecimiento de la teoría cuántica, los químicos utilizaban el concepto de *sistemas conjugados* para explicar la deslocalización electrónica. La figura 4 esquematiza el sistema conjugado H_3^+ , donde los dos electrones tienen tres posibilidades de distribución. De aquí se genera otro concepto muy importante en química, la *aromaticidad*. Un sistema aromático es una forma especial de deslocalización electrónica. Por lo general las moléculas aromáticas tienen una gran estabilidad y no reaccionan fácilmente con otras moléculas. El caso típico es la molécula de benceno [7].

¿Por qué existe la molécula de H_3^+ ?. El concepto de sistema conjugado, mencionado anteriormente, es solo esquemático y no está respaldado por algún índice numérico que permita comparar diferentes moléculas. Por otro lado, la aromaticidad es solo un concepto, o sea, la aromaticidad no puede ser medida experimentalmente; aún así, se la utiliza extensamente. En lo que sigue vamos a describir la aromaticidad de H_3^+ .

En un artículo anterior de esta revista "Magnetismo y Química Cuántica" [7] se describió la influencia de campos magnéticos sobre moléculas. En resumen, cuando una molécula es sometida a un campo magnético externo, ocurre un movimiento de los electrones libres de la molécula. Este fenómeno está basado en la *ley inducción de Faraday*, parte de la teoría electromagnética. La mayor o menos facilidad de movimiento de los electrones indica

el grado de aromaticidad. Los resultados de este tipo de cálculos para H_3^+ son mostrados en la figura 5; se muestran dos representaciones, una 2D y otra 3D. En ambos casos, se observa un flujo de electrones alrededor de la molécula. Esta es una consecuencia del campo magnético aplicado. De acuerdo a este resultado, H_3^+ sería una molécula aromática donde los dos electrones fluyen alrededor de la molécula; en otras palabras, la circulación de electrones forma una corriente eléctrica alrededor del anillo molecular. Si esto no ocurriera, la molécula sería inestable y sería difícil su existencia.

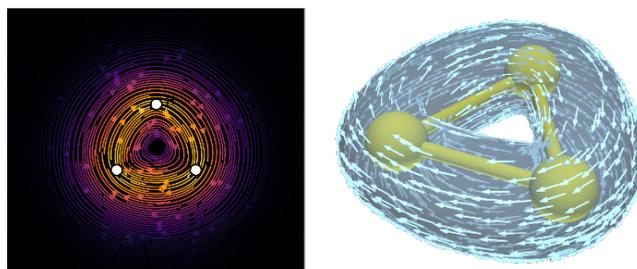


Figura 5

Representación 2D y 3D de la deslocalización electrónica en H_3^+ . La existencia y estabilidad de esta molécula podría ser explicada por el flujo de electrones, formando una corriente eléctrica que circula alrededor del anillo molecular.

Para concluir, podemos decir que la astroquímica es un campo de investigación muy activo en la actualidad. Esta está basada en observaciones astronómicas y complementada por sofisticados cálculos computacionales que permiten corroborar estas observaciones. La búsqueda de nuevas moléculas en el espacio interestelar puede tener un impacto tecnológico importante en el futuro. Hoy está muy de moda el estudio y utilización de materiales tales como el *grafeno*, los *nanotubos* y los *fullerenos*. Si bien estos compuestos fueron descubiertos y fabricados en la Tierra, también se los ha descubierto fuera de nuestro planeta.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. R. Geballe and T. Oka, *Nature* 384, 334–335 (1996).
- [2] B. J. McCall, T. R. Geballe, K. H. Hinkle, T. Oka, *Science* 279, 1910–1913 (1998).
- [3] Oka, T., *Phys Rev Lett.* 45 (7): 531–534 (1980).
- [4] Goto, M.; McCall, B.; Geballe, T.; Usuda, T.; Kobayashi, N.; Terada, H.; Oka, T. *Publ. Astron. Soc. Jpn.*, 54, 951–961 (2002).
- [5] Geballe, T. R.; Goto, M.; Usuda, T.; Oka, T.; McCall, B. J., *Astrophys. J.*, 644, 907–913 (2006).
- [6] M. Pavanello, L. Adamowicz, A. Alijah, N. F. Zobov, I. I. Mizus, O. L. Polyansky, J. Tennyson, T. Szidarovszky, A. G. Császár, M. Berg, A. Petrigiani, and A. Wolf, *Phys. Rev. Lett.* 108, 023002 (2012)
- [7] *Ingeniería al día*, "Magnetismo y Química Cuántica", Vol. 7, N.º1 (2017)

Vivimos un mundo en el que la nanotecnología se empieza a mezclar con cada aspecto de nuestras vidas, un mundo que se puede ver revolucionado por la nanotecnología, tal cómo ocurrió anteriormente con las máquinas a vapor. Hoy en día las nanoestructuras presentan un sinfín de aplicaciones, y al que más nos dedicamos a estudiar en el laboratorio de WWW.NANOSINTESIS.CL es el comportamiento magnético con apli-

caciones en la tecnología de información. No es difícil imaginar que una sola área de estudio no puede resolver los problemas actuales; por lo que el mundo se mueve a una revolución de aplicaciones multidisciplinarias, y en este contexto presentamos el siguiente estudio que busca una mejora de las capacidades antimicrobianas de materiales que naturalmente son antimicrobianos. Esta mejora se obtiene mediante la na-

noestructuración de los materiales, por medio de técnicas muy complejas pero escalables para la producción industrial.

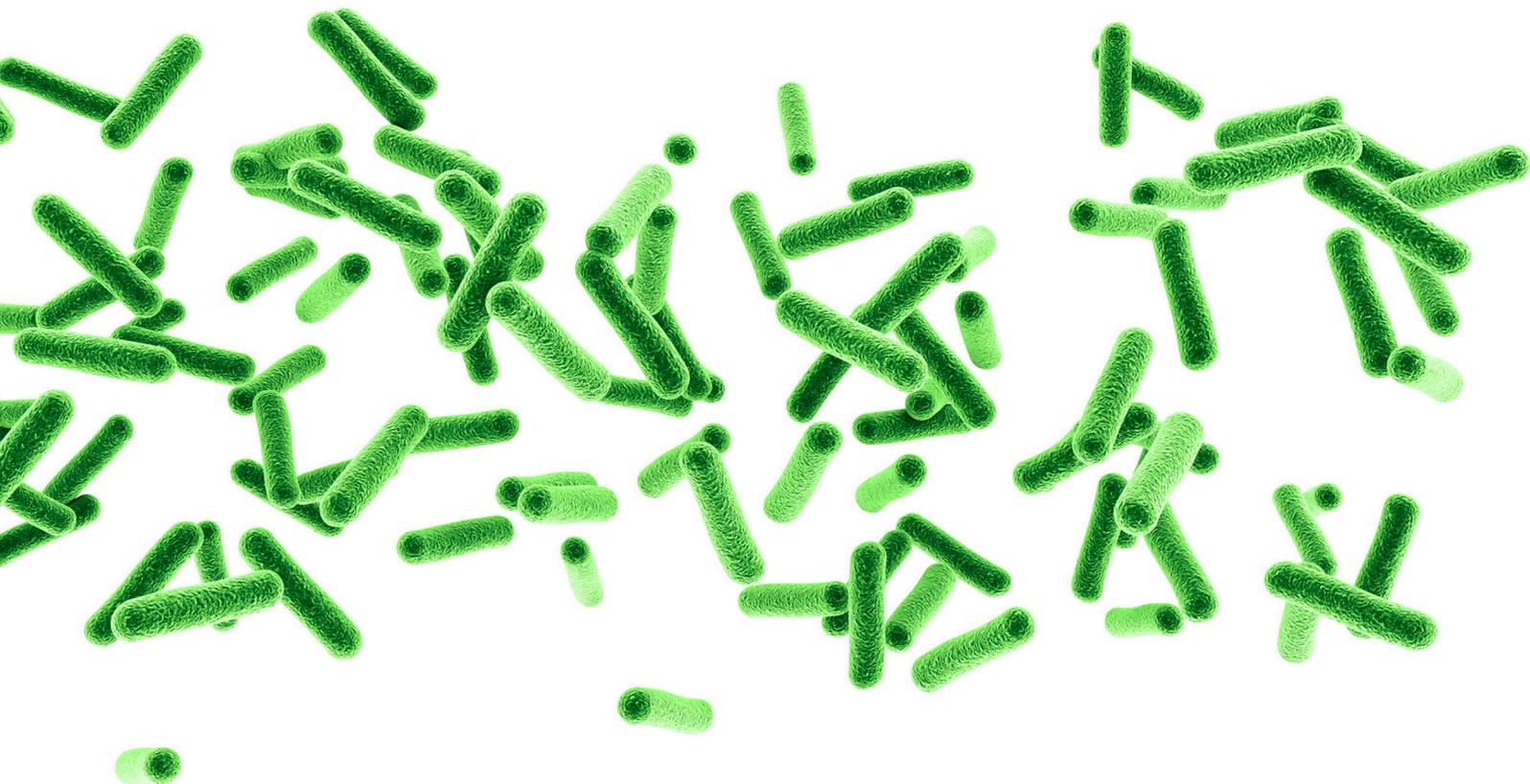
En este artículo se presenta un estudio científico que fue publicado en la revista *Nanomaterials* (*Nanomaterials* 2018, 8, 128; doi:10.3390/nano8020128), acerca de nanotubos de óxido de titanio, sintetizados por medio de deposición de capas atómicas en nanofibras de polímero y su análisis en la capacidad antimicrobiana.



NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITANIO Y SU **ACTIVIDAD MICROBIANA**

Juan Luis Palma

Doctor en Ciencias con mención en Física



La búsqueda de nuevas sustancias antimicrobianas ha aumentado los últimos años. Las nanoestructuras antimicrobianas son unas de las alternativas más prometedoras. En este trabajo, se obtuvieron nanotubos de dióxido de titanio por medio de deposición de capas atómicas (Atomic Layer Deposition, ALD) sobre nanofibras de polivinil alcohol (PVN) preparadas por electrospinning* (una forma de traducirlo es decir: electrohilado, pero no representa la mejor alternativa como una palabra que describa bien el proceso, por lo que utilizaremos la palabra en inglés para referirnos al proceso) a diferentes temperaturas para así obtener nanoestructuras con diferentes áreas específicas. Los parámetros en cada experimento de Electrospinning y ALD, se estudiaron para obtener los menores diámetros de tubos y las tasas de deposiciones más altas, respectivamente. La temperatura de la cámara de deposición en ALD es un factor clave, y se alcanzó una tasa de deposición óptima a 200°C. Subsecuentemente, se analizó la morfología de las muestras por medio de microscopía de electrones, tanto de electrones transmitidos como de electrones retrodispersados (microscopía electrónica de transmisión TEM, y microscopía electrónica de barrido SEM), las que revelaron la formación de nanotubos huecos después de un proceso de calcinación y reducción de oxígeno a 600°C. Esta temperatura permite remover el polímero de la muestra y afecta positivamente a las propiedades antimicrobianas. El análisis de rayos X confirmó el cambio de la fase de dióxido de titanio con estructura amorfa a una fase de anatasa cristalina en los nanotubos. Estas nuevas estructuras tienen una superficie muy grande que resulta en una actividad antimicrobiana contra las bacterias del tipo Gram-positiva y Gram-negativa.

En el pasado reciente, las enfermedades transmitidas por los alimentos y las infecciones nosocomiales ocurridas durante la hospitalización se han identificado como dos problemas principales que han producido muchas pérdidas económicas y humanas. Las infecciones nosocomiales representan alrededor de 1,4 millones de infecciones cada año [1,2]. Además, varios estudios han demostrado que el uso generalizado de antibióticos ha llevado a la resistencia de las bacterias a casi todos los antibióticos. Estos problemas han inducido la necesidad y el interés de la sociedad científica en la búsqueda de sustancias antimicrobianas poderosas. Recientemente, la nanotecnología se considera una tecnología útil en el tratamiento de infecciones bacterianas, ya que el modo de acción de las nanopartículas está en contacto directo con la pared celular de las bacterias sin la necesidad de penetrarlas, siendo menos propensos a promover resistencia en las bacterias que los antibióticos. El desarrollo de nuevos y eficaces agentes antimicrobianos de base nanotecnológica es una de las áreas prioritarias en la investigación biomédica [3–5]. Varias nanopartículas (NP) han demostrado propiedades antibacterianas de amplio espectro contra bacterias Gram-positivas y Gram-negativas, principalmente NP de plata, NP de óxido de zinc, nanotubos de carbono y NP de óxido de hierro [6–8]. **El control de la morfología y la estructura de los NP es un factor importante porque el rendimiento antimicrobiano está muy influenciado por la morfología, la forma y el tamaño de las partículas [9,10]. El aumento en el área de superficie o el diseño de una nanopartícula de tamaño y forma apropiada con propiedades de superficie deseables puede conducir a una mejora de la actividad bactericida. Algunos trabajos ya han demostrado que los NP de plata interactúan con bacterias, hongos y virus de una manera dependiente de la forma [11-15].** En consecuencia, el desarrollo de nuevas nanoestructuras con diferentes morfologías ha atraído una gran atención recientemente. En este trabajo, las tecnologías de electrospinning (EP) y de deposición de capa atómica (ALD) se combinaron con el objetivo de desarrollar nuevos nanotubos antimicrobianos con paredes a nanoescala bien definidas compuestas de dióxido de titanio.

El EP es considerado como una de las técnicas más extendidas que ofrece una fabricación rápida, económica, simple, efectiva y relativamente a gran escala para estructuras fibrosas. Se aplica un potencial eléctrico entre una gota de una solución de polímero contenida en el extremo de un tubo capilar y un objetivo conectado a tierra, y cuando el campo eléctrico aplicado supera la tensión su-

perficial de la gota, se expulsa un chorro cargado de solución de polímero y se controla mediante el Campo eléctrico [16,17]. Por otro lado, la ALD ha sido reconocida como una tecnología clave para la modificación de la superficie y la fabricación de materiales de nanoestructuras porque es la única técnica aplicable para la deposición de películas delgadas conformes y homogéneas [18]. Además, esta técnica permite depositar películas delgadas en estructuras con geometrías complejas que permiten sintetizar nanoestructuras de alta relación de aspecto sin efectos de sombra [19]. La ALD se basa en una reacción entre los materiales precursores que se separan en reacciones superficiales sucesivas separadas por una etapa de purga para eliminar los precursores sin reaccionar y el subproducto. La deposición de óxidos metálicos implica la reacción entre un complejo metálico (por ejemplo, haluro metálico, alcóxido metálico, etc.) y una fuente de oxígeno (agua, ozono o peróxido de oxígeno).

Otros trabajos ya han informado de esta combinación de técnicas como una estrategia atractiva para obtener nuevas nanoestructuras con aplicaciones fotónicas, electrónicas, catalíticas, nanofluidicas y de administración de fármacos [20-22]. Se han desarrollado diferentes nanotubos de óxido metálico utilizando diferentes metodologías, precursores y fibras. Específicamente, los nanotubos de dióxido de titanio se han obtenido utilizando técnicas ALD y EP, pero estos trabajos se centraron principalmente en su caracterización [23-25]. Sin embargo, no se ha realizado ningún desarrollo con fines antimicrobianos.

Por otro lado, el dióxido de titanio (TiO_2) es un compuesto químico térmicamente estable y biocompatible con alta actividad fotocatalítica y ha presentado buenos resultados contra la contaminación bacteriana [26,27]. El TiO_2 también se ha convertido en el fotocatalizador preferido por una variedad de razones, que incluyen su bajo costo, estabilidad química, no toxicidad y efectividad bajo la luz ultravioleta cercana (300–400 nm). Es uno de los nanomateriales más aplicados y se utiliza ampliamente como aditivo en aplicaciones alimentarias y no alimentarias [28-30]. Otras nanoestructuras de TiO_2 ya se han desarrollado con objetivos antimicrobianos. Los nanotubos de TiO_2 obtenidos a través de un método de anodización electroquímica a base de cloro cuando se expusieron a luz UV durante 24 h presentaron aproximadamente una y tres reducciones logarítmicas contra *E. coli* y *S. aureus*, respectivamente, con soluciones de trabajo bacterianas de inicio a 103 ufc / ml. Recientemente, Jian et al. han desarrollado agentes antibacterianos de TiO_2 y TiO_2 cargados de plata a través del método de ensayo "sol-assay" con valores de

concentración de inhibición mínima de alrededor de 1,6 mg / ml [31,32].

Cómo se muestra en la figura 1 a,e, se obtuvo satisfactoriamente fibras de PVN que presentan un diámetro de 164.5 ± 24.7 nm y que exhiben una superficie suave. Estas fibras se recubren con TiO_2 por medio de ALD con diferentes temperaturas. La figura 1 b-d muestra los resultados para las muestras "PVN_150, PVN_200 y PVN150/250" que presentan diferentes colores a simple vista. Adicionalmente las imágenes SEM demuestran que la estructura de fibras se mantiene durante todas las síntesis realizadas. La muestra depositada a 150°C presenta un color beige, y la tercera muestra depositada a 150°C y luego a 250°C presenta un color más amarillento. La muestra depositada a 200°C presenta un color azulado. **La diferencia de los colores de las muestras radica en la interferencia óptica que producen las capas con la superposición de las diferentes capas de el material depositado [34].** En contraste con lo expuesto, no solo los ciclos depositados hacen que cambien las tonalidades de colores, ya que también los cambios de temperatura en la cámara de deposición pueden cambiar este efecto.

Posteriormente, la muestra que presentó la mayor tasa de deposición (PVN_200, según el análisis térmico en la Sección 3.2) sufrió procesos de eliminación de polímeros que se llevaron a cabo con el propósito de obtener nanotubos de dióxido de titanio para mejorar el área de superficie específica de las nanoestructuras. La Figura 2 muestra el color y las morfologías de los nanotubos de dióxido de titanio (TDN) obtenidos mediante el uso de diferentes metodologías para eliminar el PVN. En todos los casos, las imágenes SEM y TEM revelaron que la deposición de TiO_2 protegió la morfología de los procesos de eliminación y las nanofibras sirvieron como una "plantilla" eficiente en la síntesis de los nanotubos de dióxido de titanio.

El proceso de eliminación del polímero por lavado mantuvo el color inicial (muestra TDN_A que se muestra en la Figura 2a). Inesperadamente, cuando la muestra se calentó a 400° C, la muestra TDN_B400, el color de los nanotubos comenzó a cambiar de azul (Figura 1c) a blanco (Figura 2b), obteniendo el cambio total a blanco a 600° C (Figura 2c), muestra TDN_B600. Ciertamente, este cambio de color se asoció con los cambios cristalinos de TiO_2 de la fase cristalina amorfa a la estructura cristalina anatasa. Con respecto al grosor de la deposición de TiO_2 , como muestra la Figura 2g-i, las muestras obtenidas después de diferentes procesos de remoción de polímeros presentaron valores similares. Los resultados obtenidos después de la medición de 50 nanotubos fueron: (19.3

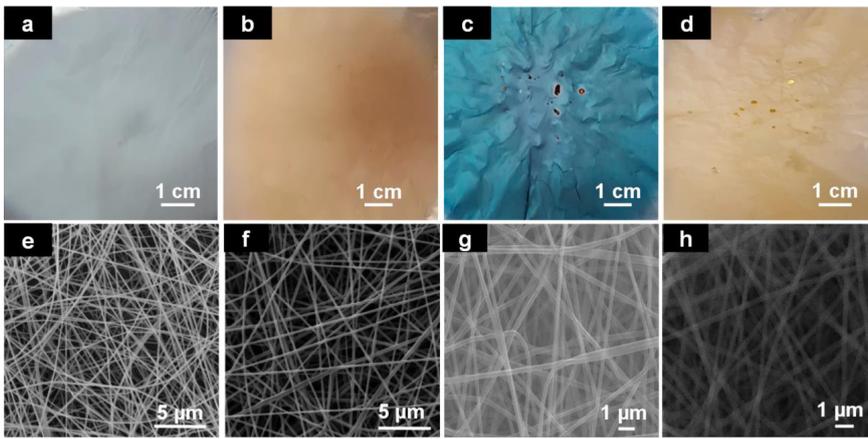


Figura 1

Fotografías de fibras electrohiladas (PVN) (a) y muestras depositadas con TiO₂ a diferentes temperaturas: (b) PVN_150, (c) PVN_200; (d) PVN_150 / 250; e imágenes SEM de: (e) PVN, (f) PVN_150, (g) PVN_200; (h) PVN_150 / 250.

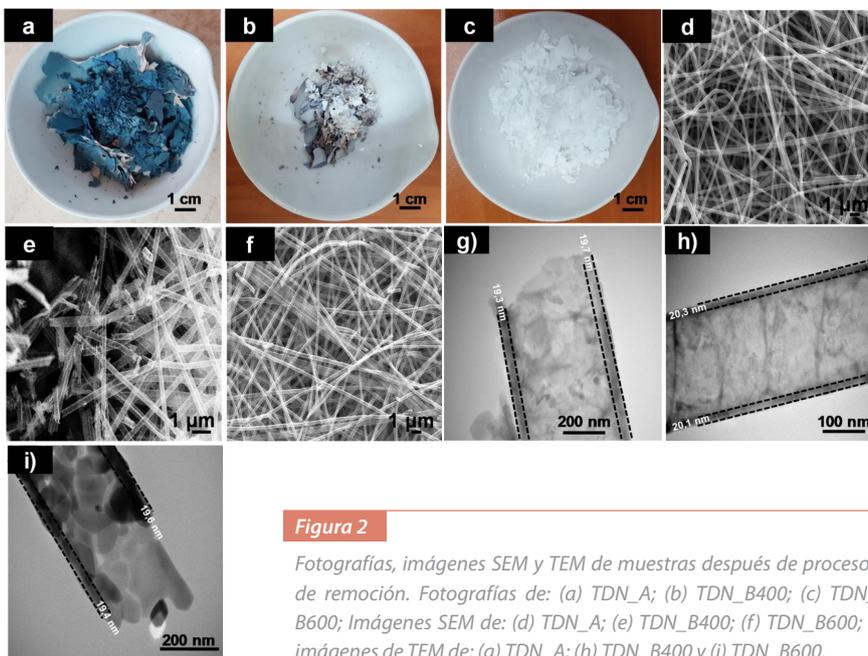


Figura 2

Fotografías, imágenes SEM y TEM de muestras después de procesos de remoción. Fotografías de: (a) TDN_A; (b) TDN_B400; (c) TDN_B600; Imágenes SEM de: (d) TDN_A; (e) TDN_B400; (f) TDN_B600; e imágenes de TEM de: (g) TDN_A; (h) TDN_B400 y (i) TDN_B600.

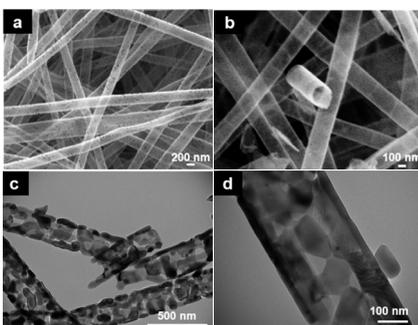


Figura 3

(a, b) imágenes SEM de TDN_B600; (c, d) imágenes TEM de TDN_B600 (20,000 aumentos y 60,000 aumentos, respectivamente).

± 2.7) nm, (20.1 ± 2.4) nm y (19.4 ± 2.6) nm para TDN_A, TDN_B400 y TDN_B600, respectivamente. El espesor de TiO₂ no presentó diferencias significativas entre las muestras, lo que demuestra que la deposición ocurrió a 200 °C y mostró una alta uniformidad. Además, a esta temperatura de la cámara, se logró la mayor eficiencia de ALD ya que el crecimiento por ciclo (GPC) fue de aproximadamente 0.04 Angstroms / ciclo (de acuerdo con la receta del proveedor).

Este pequeño espesor de pared es muy interesante ya que otros métodos han resultado en nanopartículas con un tamaño de partícula más grande. Estos resultados

revelaron que, además de la temperatura, el grosor de los nanotubos resultantes del proceso ALD también depende claramente de otros factores, principalmente el sustrato y los precursores utilizados.

LOS RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES ANTIMICROBIANAS

Los compuestos presento capacidades antimicrobianas interesantes y, como era de esperar, la reducción de todas las concentraciones bacterianas aumentó a medida que aumentó la concentración de dióxido de titanio en los nanotubos. Las concentraciones de TDN entre 150 y 400 μg / ml dieron como resultado una inhibición alta y, a veces, total de las bacterias estudiadas.

En comparación con otras nanopartículas cuyas propiedades bactericidas se informaron en trabajos anteriores, la TDN presentó mayores capacidades antibacterianas. Las concentraciones de nanopartículas comunes utilizadas para inhibir las bacterias grampositivas y gramnegativas fueron notablemente más altas que las concentraciones de TDN utilizadas en este trabajo. El rango de dosificación aplicada común de diferentes nanopartículas, tales como NP de óxido de zinc, plata, níquel y NP de óxido de cobre estuvo entre 0,35 y 20 mg / L.

Finalmente, esta investigación ha demostrado la combinación de las técnicas de electrospinning y la deposición de la capa atómica como una forma atractiva de obtener nuevas nanoestructuras de óxido metálico con prometedores propósitos antimicrobianos. Los nanotubos de dióxido de titanio se desarrollaron satisfactoriamente a través de la deposición de capa atómica sobre nanofibras electrohiladas de alcohol polivinílico. Los mecanismos específicos que gobiernan las actividades antimicrobianas de la TDN no se estudiaron en esta investigación y, al igual que con otras nanopartículas, es un gran desafío comprender las contribuciones individuales y sinérgicas de los efectos físicos, químicos y eléctricos de las nanopartículas en las células. El análisis antimicrobiano reveló que la TDN mostró mayor poder bactericida contra Escherichia coli que las nanopartículas de TiO₂ comerciales, pero menor actividad en el caso de Staphylococcus aureus. Los resultados evidenciados por las actividades bactericidas son altamente dependientes de muchos factores, incluidas las propiedades intrínsecas de los nanomateriales y el tipo de bacteria.

BIBLIOGRAFÍA

- Colavecchio, A.; Cadieux, B.; Lo, A.; Goodridge, L.D. Bacteriophages Contribute to the Spread of Antibiotic Resistance Genes among Foodborne Pathogens of the Enterobacteriaceae Family—A Review. *Front. Microbiol.* 2017, 8, 1108. [CrossRef] [PubMed]
- Shamsizadeh, Z.; Nikaeen, M.; Nasr Esfahani, B.; Mirhoseini, S.H.; Hatamzadeh, M.; Hassanzadeh, A. Detection of antibiotic resistant *Acinetobacter baumannii* in various hospital environments: Potential sources for transmission of *Acinetobacter* infections. *Environ. Health Prev. Med.* 2017, 22, 44. [CrossRef] [PubMed]
- Wang, L.; Hu, C.; Shao, L. The antimicrobial activity of nanoparticles: Present situation and prospects for the future. *Int. J. Nanomed.* 2017, 12, 1227–1249. [CrossRef] [PubMed]
- Zhang, M.; Zhao, Y.; Yan, L.; Peltier, R.; Hui, W.; Yao, X.; Cui, Y.; Chen, X.; Sun, H.; Wang, Z. Interfacial Engineering of Bimetallic Ag/Pt Nanoparticles on Reduced Graphene Oxide Matrix for Enhanced Antimicrobial Activity. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2016, 8, 8834–8840. [CrossRef] [PubMed]
- Rai, M.K.; Deshmukh, S.D.; Ingle, A.P.; Gade, A.K. Silver nanoparticles: The powerful nanoweapon against multidrug-resistant bacteria. *J. Appl. Microbiol.* 2012, 112, 841–852. [CrossRef] [PubMed]
- Sui, M.; Zhang, L.; Sheng, L.; Huang, S.; She, L. Synthesis of ZnO coated multi-walled carbon nanotubes and their antibacterial activities. *Sci. Total Environ.* 2013, 452–453, 148–154. [CrossRef] [PubMed]
- Yah, C.S.; Simate, G.S. Nanoparticles as potential new generation broad spectrum antimicrobial agents. *Daru* 2015, 23, 43. [CrossRef] [PubMed]
- Zhang, X.-F.; Liu, Z.-G.; Shen, W.; Gurunathan, S. Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Properties, Applications, and Therapeutic Approaches. *Int. J. Mol. Sci.* 2016, 17, 1534. [CrossRef] [PubMed]
- De Oliveira, R.C.; de Foggia, C.C.; Teixeira, M.M.; Da Silva, M.D.P.; Assis, M.; Francisco, E.M.; Pimentel, B.N.; Pereira, P.F.; Vergani, C.E.; Machado, A.L.; et al. Mechanism of Antibacterial Activity via Morphology Change of α -AgVO₃: Theoretical and Experimental Insights. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2017, 9, 11472–11481. [CrossRef] [PubMed]
- Pal, S.; Tak, Y.K.; Song, J.M. Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the Gram-negative bacterium *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microbiol.* 2007, 73, 1712–1720. [CrossRef] [PubMed]
- Panáčĕk, A.; Kvítek, L.; Pucek, R.; Kolář, M.; Vecĕřová, R.; Pizúrová, N.; Sharma, V.K.; Neveĕná, T.; Radek, Z. Silver Colloid Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Their Antibacterial Activity. *J. Phys. Chem. B* 2006, 110, 16248–16253. [CrossRef] [PubMed]
- Galdiero, S.; Falanga, A.; Vitiello, M.; Cantisani, M.; Marra, V.; Galdiero, M. Silver Nanoparticles as Potential Antiviral Agents. *Molecules* 2011, 16, 8894–8918. [CrossRef] [PubMed]
- Raza, M.A.; Kanwal, Z.; Rauf, A.; Sabri, A.N.; Riaz, S.; Naseem, S. Size- and Shape-Dependent Antibacterial Studies of Silver Nanoparticles Synthesized by Wet Chemical Routes. *Nanomaterials* 2016, 6, 74. [CrossRef] [PubMed]
- Tamayo, L.A.; Zapata, P.A.; Vejar, N.D.; Azócar, M.I.; Gulppi, M.A.; Zhou, X.; Thompson, G.E.; Rabagliati, F.M.; Páez, M.A. Release of silver and copper nanoparticles from polyethylene nanocomposites and their penetration into *Listeria monocytogenes*. *Mater. Sci. Eng. C Mater. Biol. Appl.* 2014, 40, 24–31. [CrossRef] [PubMed]
- Wu, D.; Fan, W.; Kishen, A.; Gutmann, J.L.; Fan, B. Evaluation of the Antibacterial Efficacy of Silver Nanoparticles against *Enterococcus faecalis* Biofilm. *J. Endod.* 2014, 40, 285–290. [CrossRef] [PubMed]
- Agarwal, S.; Greiner, A.; Wendorff, J.H. Functional materials by electrospinning of polymers. *Prog. Polym. Sci.* 2013, 38, 963–991. [CrossRef]
- Li, X.; Li, Z.; Wang, L.; Ma, G.; Meng, F.; Pritchard, R.H.; Gill, E.L.; Liu, Y.; Huang, Y.Y.S. Low-Voltage Continuous Electrospinning Patterning. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2016, 8, 32120–32131. [CrossRef] [PubMed]
- Marichy, C.; Bechelany, M.; Pinna, N. Atomic Layer Deposition of Nanostructured Materials for Energy and Environmental Applications. *Adv. Mater.* 2012, 24, 1017–1032. [CrossRef] [PubMed]
- Nielsch, K.; Bachmann, J.; Daub, M.; Jing, J.; Knez, M.; Gösele, U.; Barth, S.; Mathur, S.; Escrib, J.; Altbir, D. Ferromagnetic Nanostructures by Atomic Layer Deposition: From Thin Films Towards Core-Shell Nanotubes. In *ECS Transactions*; ECS: Wollerau, Switzerland, 2007; Volume 11, pp. 139–148.
- Haider, A.; Ozgit-Akgun, C.; Kayaci, F.; Okyay, A.K.; Uyar, T.; Biyikli, N. Fabrication of AlN/BN bishell hollow nanofibers by electrospinning and atomic layer deposition. *APL Mater.* 2014, 2, 96109. [CrossRef]
- Heikkilä, P.; Hirvikorpi, T.; Hilden, H.; Sievänen, J.; Hyvärinen, L.; Harlin, A.; Vähä-Nissi, M. High surface area nanostructured tubes prepared by dissolution of ALD-coated electrospun fibers. *J. Mater. Sci.* 2012, 47, 3607–3612. [CrossRef]
- Peng, Q.; Sun, X.-Y.; Spagnola, J.C.; Hyde, G.K.; Spontak, R.J.; Parsons, G.N. Atomic Layer Deposition on Electrospun Polymer Fibers as a Direct Route to Al₂O₃ Microtubes with Precise Wall Thickness Control. *Nano Lett.* 2007, 7, 719–722. [CrossRef] [PubMed]
- Borbón-Núñez, H.A.; Dominguez, D.; Muñoz-Muñoz, F.; Lopez, J.; Romo-Herrera, J.; Soto, G.; Tiznado, H. Fabrication of hollow TiO₂ nanotubes through atomic layer deposition and MWCNT templates. *Powder Technol.* 2017, 308, 249–257. [CrossRef]
- Santala, E.; Kemell, M.; Leskelä, M.; Ritala, M. The preparation of reusable magnetic and photocatalytic composite nanofibers by electrospinning and atomic layer deposition. *Nanotechnology* 2009, 20, 35602. [CrossRef] [PubMed]
- Bishal, A.K.; Sukotjo, C.; Takoudis, C.G. Room temperature TiO₂ atomic layer deposition on collagen membrane from a titanium alkylamide precursor. *J. Vac. Sci. Technol. A Vacuum Surf. Films* 2017, 35, 01B134. [CrossRef]
- Ghosh, S.; Das, A.P. Modified titanium oxide (TiO₂) nanocomposites and its array of applications: A review. *Toxicol. Environ. Chem.* 2015, 97, 491–514. [CrossRef]
- Ma, W.; Li, J.; Liu, Y.; Ren, X.; Gu, Z.-G.; Xie, Z.; Liang, J. Preparation and characterization of excellent antibacterial TiO₂/N-halamines nanoparticles. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 2016, 506, 284–290. [CrossRef]
- Dufefoi, W.; Moniz, K.; Allen-Vercoe, E.; Ropers, M.-H.; Walker, V.K. Impact of food grade and nano-TiO₂ particles on a human intestinal community. *Food Chem. Toxicol.* 2017, 106, 242–249. [CrossRef] [PubMed]
- Ramesh, T.; Nayak, B.; Amirbahman, A.; Tripp, C.P.; Mukhopadhyay, S. Application of ultraviolet light assisted titanium dioxide photocatalysis for food safety: A review. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2016, 38, 105–115. [CrossRef]
- Raut, A.V.; Yadav, H.M.; Gnanamani, A.; Pushpavanam, S.; Pawar, S.H. Synthesis and characterization of chitosan-TiO₂:Cu nanocomposite and their enhanced antimicrobial activity with visible light. *Colloids Surf. B Biointerfaces* 2016, 148, 566–575. [CrossRef] [PubMed]
- Jiang, X.; Lv, B.; Wang, Y.; Shen, Q.; Wang, X. Bactericidal mechanisms and effector targets of TiO₂ and Ag-TiO₂ against *Staphylococcus aureus*. *J. Med. Microbiol.* 2017. [CrossRef] [PubMed]
- Podporska-Carroll, J.; Panaitescu, E.; Quilty, B.; Wang, L.; Menon, L.; Pillai, S.C. Antimicrobial properties of highly efficient photocatalytic TiO₂ nanotubes. *Appl. Catal. B Environ.* 2015, 176–177, 70–75. [CrossRef].

Nanosíntesis LAB

Universidad Central de Chile

www.nanosintesis.cl

Ingenieros debatieron acerca del 'Impacto de la contaminación en la competitividad'

Un panel conformado por tres profesionales de la ingeniería, conversó acerca de diversas aristas del concepto contaminación, que afectan la competitividad de las empresas de distintas industrias.



Durante poco más de una hora se extendió el diálogo establecido por los panelistas que protagonizaron la mesa de conversación titulada 'El impacto de la contaminación en la competitividad', desarrollado en el campus Vicente Kovalévich I, dentro del marco del proyecto interfacultades de Vinculación con el Medio denominado 'Panel integral del sector productivo y su entorno'.

Esta mesa de conversación formó parte del ciclo de diálogos planteados dentro del proyecto VCM antes mencionado, el cual a su vez se desarrolló de forma conjunta por las Facultades de Ingeniería, Ciencias de la Educación, Comunicaciones, Derecho y Economía y Negocios. El producto final derivado de esta serie de encuentros, decantará en informes que concretarán indicadores asociados al tema productividad desde la arista contemplada en la ocasión, en este caso puntual, la relación contaminación-competitividad.

El saludo inicial estuvo a cargo de Omar Carrasco, coordinador de VCM de la Facultad de Ingeniería. En la actividad se contó con la asistencia de estudiantes de FING y profesores, entre ellos: Víctor Betancourt, director de la Escuela de Industrias y Katherine Muñoz, secretaria académica de dicha Escuela.

En lo que respecta al panel de expertos, estuvo conformado por Carmen Gloria González, Ingeniero Civil Químico; Juan Carlos Cuchacovich, Ingeniero Civil, Sanitario y Ambiental; Víctor Berríos, Ingeniero Civil Industrial; todos ellos con amplia experiencia en temas relacionados a la gestión ambiental desde la mirada de administración pública y privada. Por su parte, la moderación del panel estuvo a cargo del estudiante de Ingeniería Civil Industrial, Bastián Díaz, quien en la dinámica de la actividad planteó tres preguntas para ser respondidas o rebatidas por los profesionales del panel.

La primera interrogante, tuvo que ver con ¿cuáles consideran que son las ventajas competitivas de aplicar una correcta gestión ambiental en la empresa? A lo que González comentó que "una de las muchas ventajas de una gestión ambiental adecuada, tiene que ver principalmente con el manejo de los recursos, de materias primas, gestionar mejor sus recursos, minimizar la cantidad de residuos, lo que significa que va a maximizar la producción y se va a obtener un producto con una ventaja respecto al mercado en cuanto a vida útil por ejemplo".

Por su parte, Berríos, en relación a la segunda pregunta, referida al tipo de estrategia que recomienda para abordar el desarrollo ambiental en las empresas en Chile, declaró que "sigo apelando por una estrategia asociada a lo que es la Responsabilidad Social Empresarial, en donde se

desarrolle económicamente bien el negocio, en todo lo que tiene que ver con el ámbito de la competencia, poniendo un servicio o producto en el mercado que debe satisfacer al cliente, pero que se preocupa por el ámbito medio ambiente -uso eficiente del agua, de energía- y que redunde en beneficio para la sociedad, especialmente al trabajador".



Una tercera duda planteaba ¿cómo el estado y las empresas contribuyen a garantizar el derecho constitucional a vivir en un medio ambiente libre de contaminación? A lo que Cuchacovich, respondió que "lo fundamental para mí es que el Estado asuma el rol del Estado, lo que significa que debe velar porque se cumpla este principio constitucional -derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación- y eso requiere mayor fiscalización, la cual hoy día está minimizada" no obstante, el experto también agregó que es importante el autocontrol empresarial con ética, para que efectivamente funcione.



Decana de FING y Alcaldesa de María Pinto presentes como máximas autoridades en seminario de emprendimiento

Este evento fue el cierre de un macro proyecto que contempló tres grandes actividades hito, desarrolladas en los espacios de la U. Central y en la comuna de María Pinto.



Estudiantes de la asignatura Administración, de la carrera Ingeniería Civil Industrial, en compañía de los profesores Eduardo Benavides y Diego Parraguez, fueron los encargados de organizar y llevar a cabo el Seminario de Emprendimiento Integrado, el cual se realizó en el Aula Magna Fundadores, del Centro de Extensión Hugo Gálvez Gajardo, cuyo contexto se halla enmarcado en el macro proyecto 'Ciclo de Emprendimiento Integrado 2018'.

Desde la Casa de Estudios, la autoridad que presidió la actividad fue Karen Kan-zúa, decana de la Facultad de Ingeniería. Le acompañaron: Héctor Marambio, secretario de Facultad; Víctor Betancourt, director de la Escuela de Industrias; Claudio Henríquez, director de la Escuela de Computación e Informática; Aldo Cea, director del Centro de Ingeniería y Desarrollo Sostenible.

En la ocasión, también se contó con la presencia de autoridades municipales y del gobierno regional, en primer lugar, Jessica Mualim, alcaldesa de María Pinto; Katherine Flores, coordinadora de la Oficina de Desarrollo Económico Local de dicha municipalidad y Ana Pérez, encargada de la Unidad de Fomento e Innovación, del

Departamento de Planificación Regional, del Gobierno Regional Metropolitano de Santiago.

Durante la bienvenida, la decana valoró el esfuerzo de los estudiantes de primer año que se comprometieron en el desarrollo de la actividad, además de reconocer como "a través de este tipo de instancias se fortalecen los vínculos con el medio, especialmente con la comuna de María Pinto, con la cual desde hace varios años se ha estado realizando una labor permanente desde la Facultad de Ingeniería".

Por su parte, la autoridad municipal, expresó su mensaje en el cual se refirió a la oportunidad para los colegios y pequeños empresarios involucrados en el ciclo de emprendimiento y enfatizó su agradecimiento a la Universidad Central "por abrirle las puertas a niños y jóvenes de sectores rurales de nuestra comuna".

Para la actividad, se contempló la presentación de dos seminarios, uno titulado 'Innovación y Fomento', impartido por la invitada del Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, Ana Pérez. La segunda seminarista, Maritza Carrasco, coordinadora del Programa de Desarrollo Social (PDS) de la Vicerrectoría Académica, pre-

paró una presentación denominada 'Metodologías activas: un aporte al desarrollo integral de las y los estudiantes centralinos'.

En la instancia, se hizo eco de las distintas actividades en terreno que realizaron los estudiantes con los colegios y emprendedores de María Pinto, entre ellos, se mencionó: el financiamiento de pasajes de avión a La Serena, conseguido por estudiantes centralinos a través de acciones de crowdfunding a modo de premio para los jóvenes emprendedores del Liceo Polivalente de María Pinto, quienes se coronaron como 'Emprendedores del Futuro'; también el proyecto de apadrinamiento del Colegio Las Mercedes, de María Pinto para que pudiesen fundar su club de Robótica y así incorporar a sus estudiantes al torneo regional First Lego League; para conseguir este objetivo la Escuela de Computación e Informática, les hizo entrega de una beca que tiene por nombre 'Primeros pasos de Robótica', que consiste en la capacitación gratuita para 15 estudiantes en programación de robots Lego. En este espacio, también se ofreció reconocimiento a Sergio Cárdenas y Bastián Díaz, académico y estudiante, quienes con sus proyectos marcaron el inicio de la relación entre la Facultad y la comuna. Asimismo, premiaron a Katherine Flores, de la Oficina de Desarrollo Local, por el apoyo permanente en la gestión de las actividades en terreno.

Antes de finalizar el acto, se presentó un video que dio cuenta de todo el trabajo desarrollado a lo largo del proyecto. Al respecto, el profesor Benavides resaltó que "es muy relevante agradecer el apoyo de la institución, la gestión realizada con los estudiantes y los actores de la comunidad. Permite colocar un grano de arena en el desarrollo local de nuestro país, todo el esfuerzo vale la pena... por dios que vale la pena mejorar el entorno de los emprendedores y de los niños; encontramos un camino para crear un futuro mejor".

Comitiva del Centro de Ingeniería y Desarrollo Sostenible de la U. Central es recibido en EPSA

Nueve académicos de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Ingeniería y Desarrollo Sostenible de la Universidad Central escucharon las necesidades de la Empresas Portuaria San Antonio (EPSA) en temas logísticos inherentes a sus operaciones.



El edificio Bioceánico, de la ciudad de San Antonio, fue el lugar donde se gestó el primer encuentro formal, que reunió a profesores de la Escuela de Computación e Informática, Industrias y Obras Civiles y Construcción junto a representantes de la Empresas Portuaria San Antonio (EPSA) para llevar a cabo un reconocimiento de necesidades, explicadas por quienes día a día están directamente relacionados con las operaciones del importante desembarcadero de la V Región.

Los académicos, se hicieron presentes en esta instancia como Centro de Ingeniería y Desarrollo Sostenible de la Universidad Central, dedicado entre otras cosas, a brindar asesorías técnicas en temas de ingeniería. Como parte de la comitiva estuvieron: Aldo Cea, Enrique Fajó, José Maganza,

Juan Urzúa, Diego Parraguez, Juan Carlos Cuchacovich, Alejandro Torres, Claudio Henríquez y Hernán Olmí.

La primera parte de la junta, contempló una introducción inductiva sobre el puerto, su actividad, sus perspectivas a largo plazo y su equipo de trabajo. El relato estuvo a cargo de Héctor Marchant, del área de Sustentabilidad, quien ofreció una panorámica de cómo funciona la empresa estatal y la dinámica con los distintos agentes involucrados. Asimismo, reveló parte de las proyecciones de crecimiento que tiene la empresa en los próximos años, bajo la mirada de un plan de integración puerto-ciudad, a través de conceptos como: ciudadanía, respeto, cooperación, logística sustentable.

De igual forma, Rolando Varas, encargado de la Coordinación Naviera; Alvaro Palominos, del área de Planificación de Transporte y Roberto Henry de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA) expusieron las problemáticas y demandas de sus ámbitos respectivos.

Entre los temas que estuvieron en discusión y en los cuales los expertos centralinos, deter-

minaron potenciales oportunidades de aporte, destacan: el apoyo en el levantamiento y diseño de estudio de huellas de carbono y de agua; proyecto para optimizar el vínculo urbano; colaboración en el desarrollo de logística de ingreso y salida de naves; modelo de agendamiento para camiones; estudio de condiciones ambientales: olas, viento, marea, niebla, corriente; diseño de layout de tránsito interno en el Puerto San Antonio; generación conjunta de programas de capacitación y entrenamiento en logística portuaria.

Fue una jornada de trabajo, en la que el personal de EPSA explicó desde distintas perspectivas del quehacer de la empresa, las dificultades, necesidades y principales desafíos que influyen en sus operaciones y que, por ende, representan oportunidades para presentar mejoras desde lo ingenieril por parte de los especialistas de la FING, a través del Centro de Ingeniería y Desarrollo Sostenible de la Universidad Central.



MODELACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA DE UN **BIODIGESTOR DE CÁMARAS INDEPENDIENTES**

Hernan Olmi

Doctor en Ciencias de la Ingeniería, Mención en Automática



En el presente artículo, se muestra el desarrollo de un modelo matemático que representa el comportamiento de un sistema de control automático destinado a mantener la temperatura en las cámaras de un biodigestor anaeróbico.

La simulación, por medio de MATLAB® Simulink, del modelo obtenido ha permitido comprobar la factibilidad de la estrategia de control propuesta, iniciar el dimensionamiento de la etapa hidráulica y verificar o corregir los parámetros, globales, inicialmente estimados.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Chile, por medio de un grupo de investigadores, ha postulado y se ha adjudicado un proyecto Fondo de Innovación a la Competitividad (FIC)-2017. El proyecto lleva por nombre "Transformación de Residuos Agropecuarios a Productos de Mayor Valor Agregado Mediante Biodigestor Anaeróbico de Alta Eficiencia, en María Pinto" BID:40002628-0. Este grupo de investigadores está formado por: Sergio Cárdenas, Juan Merchant, Hernán Olmí, Igor Ruiz-Tagle, Jadile Musa, y Bruno Montedónico.

El proyecto consiste, básicamente, en el diseño, construcción y puesta en marcha de tres nuevos biodigestores en tres localidades, previamente seleccionadas, de la comuna de María Pinto. El biodigestor propuesto, formado por cámaras independientes, permite reducir el tiempo de operación, reducir la cantidad de materia orgánica que entra, hasta transformarla en productos de valor, y obtener, en la última cámara, un gas combustible con alta cantidad de metano. Adicionalmente, las características intrínsecas del biodigestor propuesto, permiten masificar su utilización por pequeños o medianos agricultores.

Dentro de los diferentes procesos destinados a la operación, encontramos el sistema de control de temperatura. Este sistema está encargado de mantener la temperatura en el interior de las cámaras que forman el biodigestor, esto a pesar de posibles perturbaciones como cambios climáticos, entre otros. Para esto, el sistema regulará el caudal y temperatura de agua que "pasa" a través de serpentines ubicados en el interior de cada una de las cámaras del biodigestor.

En este contexto, en el presente artículo se modela el sistema de control de temperatura propuesto, esto con la finalidad de analizar su factibilidad, comprobar estimaciones de parámetros globales del proceso, e iniciar el dimensionamiento hidráulico. Para esto, se desarrolla un modelo dinámico del proceso térmico y, posteriormente, es simulado por medio de MATLAB® Simulink.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Inicialmente se destaca que los parámetros de la planta, como por ejemplo las dimensiones de las cámaras del biodigestor, conductividad térmica de materiales, etc., corresponden a valores estimados, los cuales no necesariamente serán los valores reales o finales de los biodigestores construidos en la Comuna de María Pinto.

El biodigestor está formado por cuatro cámaras independientes, conectadas por rebalse. Para mantener la temperatura en cada una de las cámaras se hará circular un flujo de agua, a temperatura controlada, por serpentines tal como se muestra en la figura 1.

El agua que circula por los serpentines proviene de un estanque de almacenamiento o depósito, el que además de estar bajo tierra presenta una aislación térmica lo suficientemente elevada que permite despreciar su flujo de calor con el medio. Esta agua es bombeada desde el estanque y pasa a través de un calefont que posee un sistema de válvulas solenoides que permiten controlar, automáticamente la temperatura del agua que circula por los serpentines.

Para controlar la temperatura en el interior de cada una de las cámaras, se ha seleccionado una estrategia de control ON/OFF. Esto último, considerando el elevado costo que presentan las válvulas solenoides que permiten generar una acción de control proporcional. Específicamente, se implementan cuatro sistemas de control ON/OFF independientes, uno para cada cámara, todos los cuales serán implementados por medio de la utilización de una única tarjeta de desarrollo ARDUINO MEGA. La figura 2 muestra el diagrama de control de una de las cámaras que conforma el biodigestor.

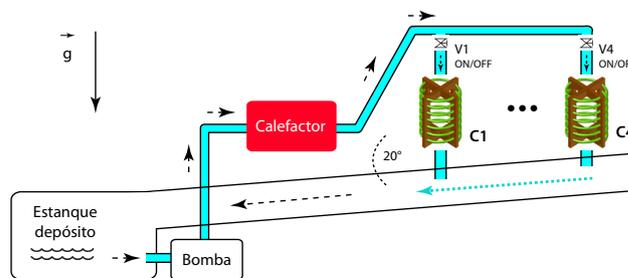


Figura 1

Diagrama hidráulico de biodigestor propuesto

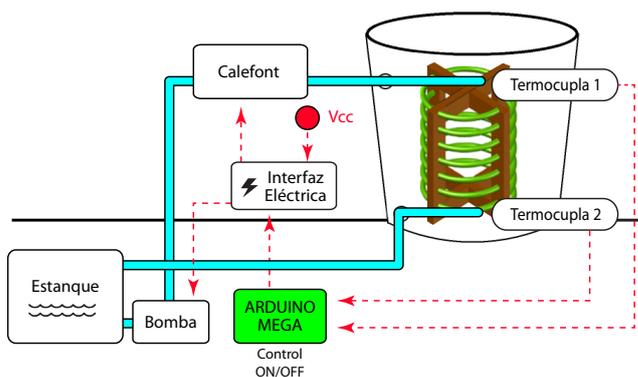


Figura 2

Diagrama de control ON/OFF de una cámara

Respecto a la cañería utilizada, esta corresponde a tubería de polietileno reticulado, o simplemente tubos PEX. La elección de esta cañería se basa en su elevada constante de conductividad térmica, y en que las cañerías metálicas no pueden ser utilizadas por sus propiedades antisépticas.

MARCO TEÓRICO

La potencia de transferencia de calor está dada por la ley de conducción térmica (ley de Fourier de la conducción térmica):

$$P = k \cdot A \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Donde: P = rapidez del flujo de calor $\left[\frac{J}{s}\right]$, k = conductividad térmica $\left[\frac{W}{^{\circ}C \cdot m} = \frac{J}{^{\circ}C \cdot m \cdot s}\right]$, A = Área transversal de objeto $[m^2]$, y x = profundidad $[m]$

La ecuación de conducción térmica es generalizada al caso de convección por medio de la definición de coeficientes térmicos.

COEFICIENTE TÉRMICO SUPERFICIAL K

Estos coeficientes consideran directamente el área de contacto térmico. Los coeficientes térmicos para la transferencia por conducción y por convección están dados por las ecuaciones (2) y (3) respectivamente.

$$K = \frac{k \cdot A}{dx} \left[\frac{J}{^{\circ}C \cdot s}\right] \quad (2)$$

$$K = H \cdot A \left[\frac{J}{^{\circ}C \cdot s}\right] \quad (3)$$

Donde $H \left[\frac{J}{m^2 \cdot s \cdot ^\circ C} \right]$ es el coeficiente de convección.

De este modo la ley de Fourier puede ser escrita como:

$$P = K \cdot dT \quad (4)$$

Si definimos la resistencia térmica superficial R como el inverso del coeficiente térmico superficial K , la ley de Fourier puede ser descrita como:

$$P = \frac{dT}{R} \quad (5)$$

Donde la resistencia térmica superficial para la transferencia por conducción es:

$$R = \frac{1}{K} = \frac{dx}{k \cdot A} \left[\frac{^\circ C \cdot s}{J} \right] \quad (6)$$

Mientras que la resistencia térmica superficial para la transferencia por convección es:

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{H \cdot A} \left[\frac{^\circ C \cdot s}{J} \right] \quad (7)$$

MODELACIÓN DE PROCESO TÉRMICO

Para simplificar la modelación del proceso térmico se considera al serpentín como una sola cañería vertical, de largo igual a la trayectoria total del serpentín, tal como se muestra en la figura 3. Para que esta simplificación sea válida debemos asegurar que el distanciamiento entre las espiras del serpentín sea elevado en comparación con el diámetro de la cañería. Esto, para evitar la "sombra térmica", es decir que la diferencia de temperatura tienda a cero en un punto cercano al serpentín.

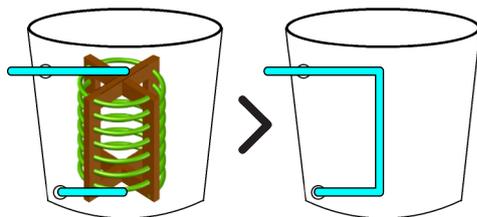


Figura 3

Simplificación en la modelación del serpentín

En este contexto, y considerando un estanque (cámara) con una altura de 0,98 [m] y un diámetro de 1,15 [m], el número máximo de espiras de un serpentín, de 0,54 [m] de diámetro, debe ser igual a 9 vueltas, lo que nos entrega una trayectoria total aproximada de 15 [m].

En base a esta simplificación, el sistema térmico está compuesto por 6 cilindros concéntricos, en donde el primero corresponde a la cañería donde circula el agua, y el último cilindro corresponde a la capa límite (capa imaginaria), tal como se muestra en la figura 4.

De este modo las resistencias térmicas del sistema térmico son:

R1: Resistencia térmica de convección interna Agua- Cañería $\left[\frac{^\circ C \cdot s}{J} \right]$

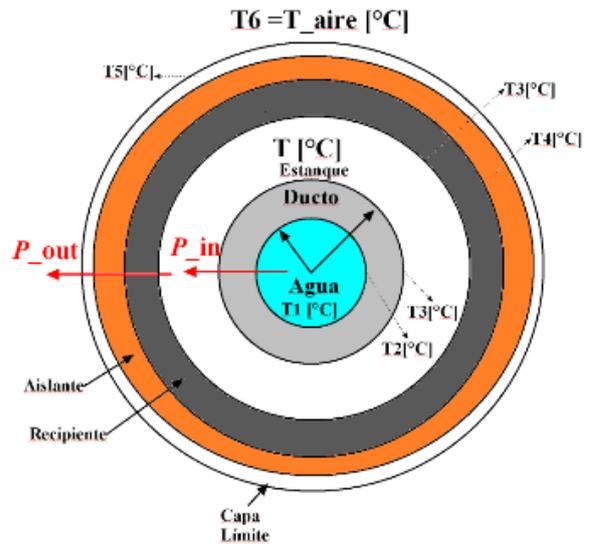


Figura 4

Sistema térmico

R2: Resistencia térmica de conducción de Cañería $\left[\frac{^\circ C \cdot s}{J} \right]$

R3: Resistencia térmica de conducción de estanque $\left[\frac{^\circ C \cdot s}{J} \right]$

R4: Resistencia térmica de conducción de aislante $\left[\frac{^\circ C \cdot s}{J} \right]$

R5: Resistencia térmica de convección aislante-aire (capa límite) $\left[\frac{^\circ C \cdot s}{J} \right]$

Para desarrollar el modelo, consideramos la ecuación de balance térmico, ésta es:

$$C \cdot \frac{dT}{dt} = P_{int} - P_{out} \quad (8)$$

Dado que: $P = \frac{dT}{R}$, La potencia de salida, P_{out} , es:

$$P_{out} = \frac{T - T_6}{R_3 + R_4 + R_5} \quad (9)$$

Paralelamente, la potencia de entrada, P_{in} , es:

$$P_{in} = \frac{T_1 - T}{R_1 + R_2} \quad (10)$$

De este modo:

$$C \cdot \frac{dT}{dt} = \frac{T_1 - T}{R_1 + R_2} - \frac{T - T_6}{R_3 + R_4 + R_5} \quad (11)$$

Sea: $R_i = R_1 + R_2$ y $R_o = R_3 + R_4 + R_5$, tal que:

$$C \cdot \frac{dT}{dt} = \frac{T_1 - T}{R_i} - \frac{T - T_6}{R_o} \quad (12)$$

Desarrollando y reescribiendo la ecuación (12) obtenemos que la variación de temperatura con respecto al tiempo, de cada cámara, está dada por:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{R_o \cdot T_1}{R_i \cdot R_o \cdot C} + \frac{R_i \cdot T_6}{R_i \cdot R_o \cdot C} - \frac{T \cdot (R_o + R_i)}{R_i \cdot R_o \cdot C} \quad (13)$$

Para resolver la ecuación diferencial (13), podemos llevar el modelo a un diagrama de bloques y simularlo en MATLAB® Simulink. La figura 5, muestra el diagrama de bloques de la ecuación (13).

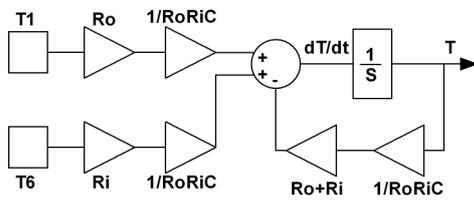


Figura 5

Diagrama de bloques de sistema térmico

Para determinar el valor de las resistencias térmicas se requiere resolver un considerable número de ecuaciones que dependen de variables como: diámetros de los distintos cilindros (ver figura 4), caudal del fluido, conductividad térmica de los materiales, coeficientes de convección, entre otros. Para facilitar estos cálculos, se desarrolló un módulo computacional, mostrado en la figura 6, que entrega la temperatura del estanque en función de solo cinco variables, destacándose que el resto de variables están declaradas dentro del módulo.

SISTEMA DE CONTROL ON/OFF

Para el desarrollo del sistema de control ON/OFF, se consideró la utilización de una Brecha Diferencial (B.D.). Esto principalmente

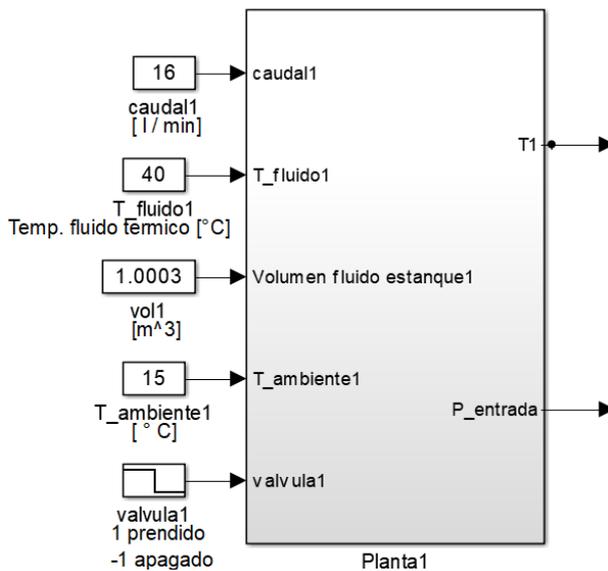


Figura 6

Módulo, basado en diagrama de bloques, que representa el proceso térmico de cada estanque o cámara.

Tabla 1. Entradas aplicadas al bloque de la figura 6

Caso	(a)	(b)
Caudal [l/min]	0	16
T°_fluido [°C]	---	40
Volumen estanque [m^3]	1	1
Temp. Ambiente [°C]	15	15
Temp. Inicial de estanque [°C]	33	33

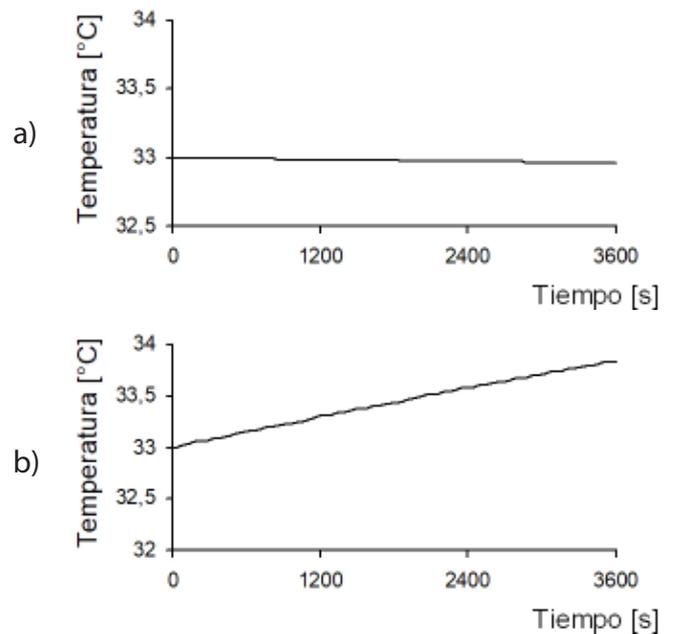


Figura 7

Simulación de sistema térmico durante 3600 [s]. (a) $P_{in}=0$, (b) $P_{in} \neq 0$

para evitar encendidos y apagados demasiado seguidos de la bomba y calefont.

La figura 8, muestra el diagrama de bloques utilizado para la simulación de la estrategia de control.

La figura 9(a) muestra la respuesta del sistema de control considerando una señal de referencia de 33° C y una simulación de 10800[s]. La figura 9(b), muestra el instante específico en que el sistema de control activa la entrada de agua caliente al serpentín.

La figura 10 muestra un extracto del modelo de control para los cuatro estanques o cámaras. En la figura podemos observar como el modelo considera otros procesos dinámicos como: aumento de temperatura debido al uso del calefont, el caudal entregado por la bomba y el que llega a los estanques, entre otros. Finalmente, la figura 11 muestra la respuesta de este sistema, para un tiempo de simulación igual a 50000 [s]; donde, la línea negra representa la temperatura del estanque 1, y las líneas rojas, sobrepuestas, representan la temperatura del resto de los estanques.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos por la simulación del proceso térmico y del proceso de control, muestran la factibilidad de la estrategia de control propuesta. Esto, principalmente al considerar que la diferencia de energía que entra al sistema supera a la que sale.

Las características hidráulicas consideradas en el modelo, permiten obtener valores iniciales del dimensionamiento hidráulico. Logrando, de este modo, seleccionar algunos materiales como: cañería, bomba de agua, calefont, entre otros.

Con respecto al tiempo de respuesta del sistema térmico, se demostró que la utilización de un aislante térmico aumenta considerablemente la constante de tiempo, permitiendo, de este modo, una baja rapidez de flujo de calor.

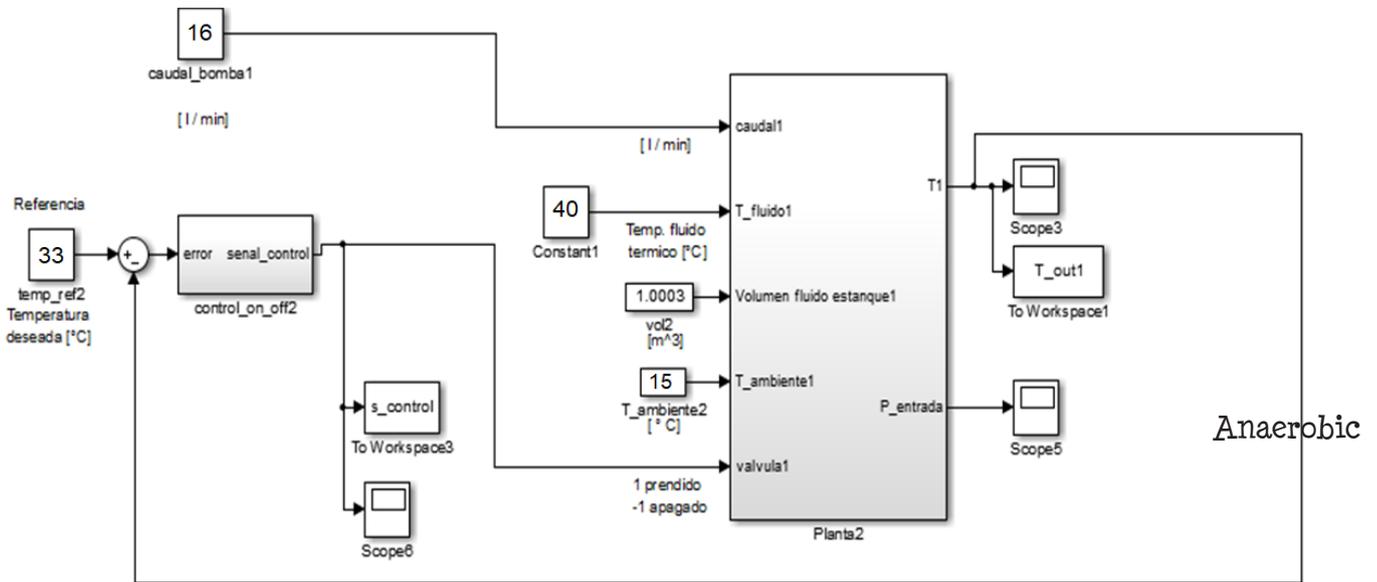


Figura 8

Simulación de control ON/OFF aplicado a sistema térmico de la figura 6.

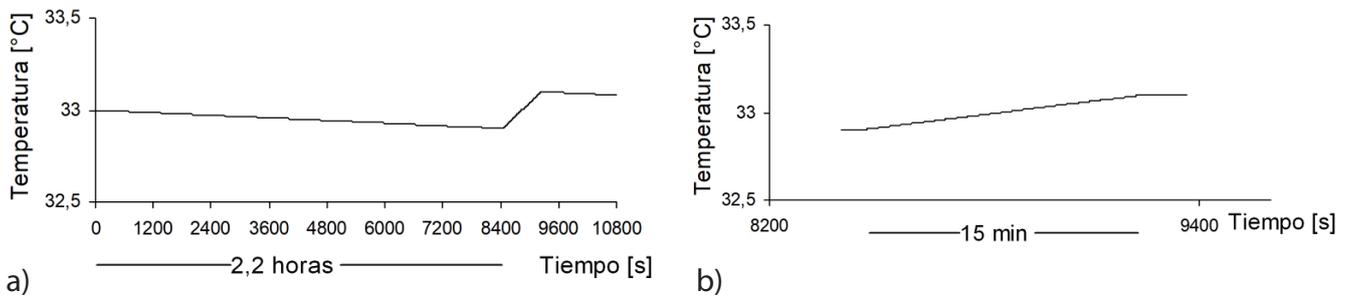


Figura 9

Simulación de control ON/OFF de la figura 8. (a) Simulación de 10800[s];

(b) Instante específico en que el sistema de control activa la señal de actuación.

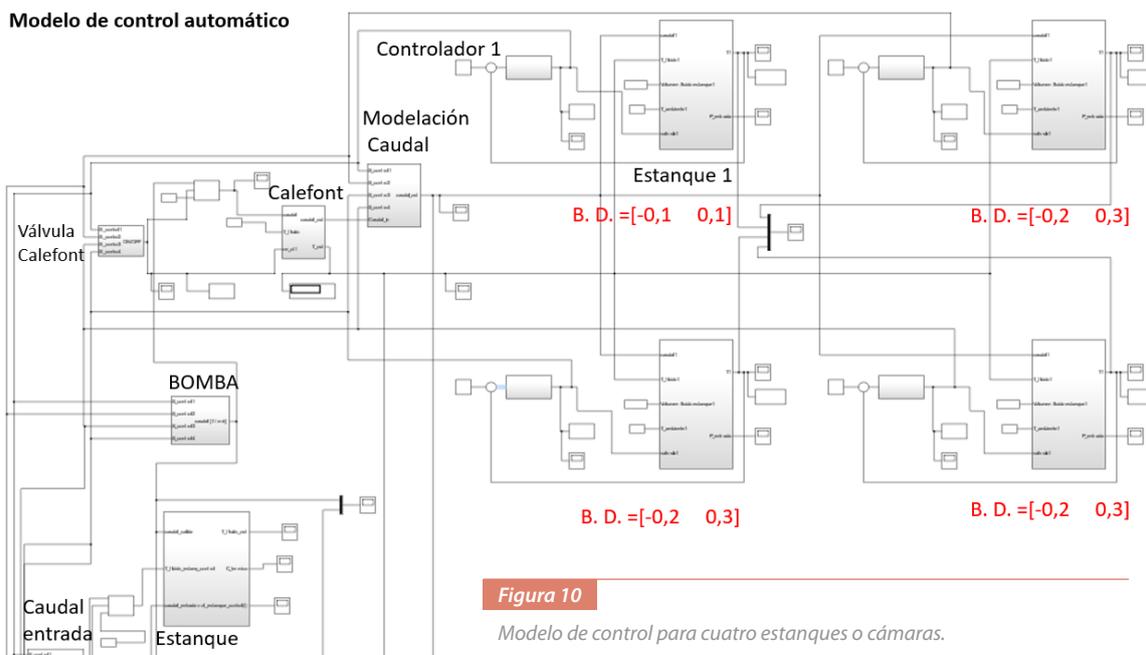


Figura 10

Modelo de control para cuatro estanques o cámaras.

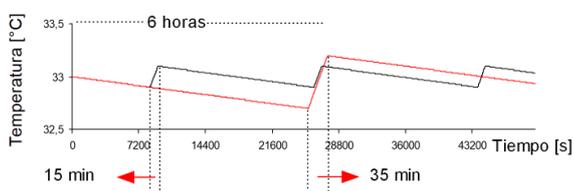


Figura 11

Simulación de control ON/OFF aplicado a las cuatro cámaras

Culmina con éxito la tercera versión de las Jornadas Chilenas de la Construcción 2018 de la Universidad Central

La Casa de Estudios, recibió en su Facultad de Ingeniería a exponentes nacionales e internacionales de la industria de la construcción.



El 05 de septiembre, con sala llena, se dio inicio a la inauguración de las III Jornadas Chilenas de la Construcción 2018, en el Auditorio del campus Vicente Kovacevic I, de la Universidad Central. La Facultad de Ingeniería, a través de su Escuela de Obras Civiles y Construcción, fue la encargada de organizar este evento gratuito que desde el 2014, cada dos años, busca instalarse como espacio para la discusión de tendencias tecnológicas, metodológicas y de proceso, así como el fortalecimiento del networking en la industria.

Presidido por el rector Santiago González, la ceremonia inaugural tuvo en su haber la participación de más de 150 personas entre estudiantes, académicos, e invitados nacionales e internacionales del gre-

mio de la construcción. En sus palabras, la máxima autoridad universitaria manifestó su complacencia con la instancia y agradeció el compromiso de los colaboradores para la consecución del evento.

Bajo la misma tónica, la decana de la Facultad de Ingeniería, Karen Kanzúa se sumó al agradecimiento y expresó que “este encuentro tripartita -academia, empresa privada y sector público- representa un paso más en el avance hacia el camino que como Universidad queremos seguir recorriendo”.

En el acto, también se contó con la presencia de Marcelo Soto, Jefe del Departamento de Tecnología de la Construcción, de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (DITEC), del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, quien se dirigió al público y mencionó las distintas iniciativas de la DITEC como, por ejemplo, fomentar y sistematizar el diagnóstico y evaluación del estado del arte de la construcción.

Por su parte, el director de la Escuela de Obras Civiles y Construcción, Juan Carlos Cuchacovich, manifestó que “nuestras jor-

nadas representan lo que hoy está pasando en Chile en la industria, por eso participar de forma crítica en esta instancia es el desafío que debemos asumir” además Cuchacovich secundó los dichos de Kanzúa, reiterando que “este espacio nos permite mostrar a la sociedad lo que como academia estamos pensando, desarrollando y que nos vincula con el entorno para ofrecer soluciones integrales a la industria” enfatizó el académico.

Durante lo que fue el desarrollo de las III Jornadas Chilenas de la Construcción 2018, la programación contempló una serie de conferencias, dictadas por reconocidos invitados nacionales e internacionales de la industria, así como un ciclo de charlas técnicas impartidas por académicos especialistas y profesionales miembros de empresas e instituciones directamente relacionadas al rubro de la construcción chilena, además de un workshop demostrativo de las novedades en aplicación de sistemas de impermeabilización.



¿POR QUÉ DEBEMOS COMER LEGUMBRES?

Loreto Muñoz

Doctora en Ciencias e Ingeniería de los alimentos



Las legumbres pertenecen a la familia vegetal Fabaceae o Leguminosae, el tercer grupo de plantas más numeroso del planeta con casi 20.000 especies [1].

Estas han sido por siglos parte de la dieta del ser humano; su cultivo se remonta a los años 7.000 – 8.000 AC, restos arqueológicos encontrados en Anatolia (actual Turquía) demuestran la producción agrícola de garbanzos y lentejas [2]. Por otra parte, los porotos fueron cultivados por las civilizaciones precolombinas americanas, especialmente México y Perú desde 8.000 AC, y no solo eran utilizadas como alimento, sino también como moneda de cambio [3]. Hoy día se cultivan en todo el planeta, las podemos encontrar de diferentes variedades, formas y colores y forman parte de la gastronomía de todas las culturas del mundo. Las legumbres son un ingrediente común en los platos, se usan en una inmensa variedad de preparaciones y en combinación con cereales contribuyen a mejorar el contenido en aminoácidos esenciales mejorando nutricionalmente las dietas legumbre-cereal.

Leguminosas (“legumes” en inglés) son las semillas o granos frescos contenidos en vainas, tales como porotos verdes, arvejas, soya, maní, etc.; mientras que legumbres (“pulses” en inglés) son un tipo de leguminosas que se cosechan para obtener la semilla seca. Las más comúnmente conocidas y consumidas son los porotos secos, las lentejas, arvejas y garbanzos [4].

De acuerdo a FAO las legumbres influyen principalmente de cinco formas en nuestro mundo [5]:

1. Nutrición, son unos de los alimentos más nutritivos del planeta. Las legumbres contienen muchísimos componentes que son esenciales para la salud humana, carbohidratos (50 – 65%), proteínas (5 – 10%), fibra dietética (4 – 7%), grasa y además poseen micronutrientes como vitaminas, minerales y otros compuestos.

“ Las legumbres son nutritivas, libres de gluten, sodio y colesterol “

De acuerdo a muchos autores, las legumbres son especialmente ricas en proteínas, fibra dietaria, almidón resistente, vitaminas y minerales [6]. El almidón resistente es una fracción del almidón que es capaz de resistir la digestión y se mantiene íntegro a través del tracto gastrointestinal otorgando beneficios asociados a la salud [7]. Las legumbres son indicadas también para dietas especiales, una dieta vegetariana o vegana saludable debe incluir una variedad de legumbres incluyendo porotos, arvejas, lentejas y garbanzos, ricos en proteínas. Comer legumbres junto a cereales como trigo, arroz o avena asegura una proteína de alta calidad [8]. Las legumbres además son libres de gluten, por lo tanto, pueden ser consumidas por personas que sufren celiaquía y además son bajas en grasa y sodio. En la Tabla 1 se puede observar la composición nutricional de las legumbres de mayor consumo.

Tabla 1. Composición nutricional de legumbre de mayor consumo (Fuente: 9)

Nutriente	Unidad	Porotos	Lentejas	Garbanzos	Arvejas	Soya	Habas
Energía	Kcal	280-320	320-340	340-370	300-320		300
Proteínas	g/100g	19 - 39	20 - 32	8 - 29	14 - 36	26 - 55	19 - 38
Grasas	g/100g	0,2-3,0	0,8-3,2	1,1-7,0	0,4-3,0	6,5-28,7	1,0-2,0
Carbohidratos	g/100g	54 -64	54 - 68	27 - 68	14 - 71	30 - 35	58 - 60
Fibra dietética	g/100g	9 - 21	4 - 14	7 - 25	5 - 12	9 - 20	14 - 25

2. Salud, su consumo proporciona múltiples beneficios a la salud. Uno de los motivos por el cual la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró el año 2016 como el año Internacional de las legumbres es precisamente la gran contribución que tienen a la salud. Actualmente son innumerables los estudios que relacionan el consumo de legumbres con la salud, reportando efectos fisiológicos benéficos en el control y prevención de enfermedades tales como: diabetes mellitus, cáncer al colon y enfermedades cardiovasculares [10]. Las legumbres contienen una gran cantidad de fibra dietaria, soluble e insoluble. La fibra soluble ayuda a disminuir el colesterol y los niveles de lípidos en la sangre; mientras que, la fibra insoluble ayuda con la digestión y el mantenimiento regular de los movimientos intestinales [11]. Una dieta rica en fibra puede reducir el riesgo de ciertos tipos de cáncer y a aumentar la percepción de saciedad.

“ Las legumbres son ricas en fibra, proteínas vegetales, vitaminas y minerales “

La mayoría de los carbohidratos de las legumbres producen un bajo índice glicémico. Estos carbohidratos son principalmente fibras y almidones resistentes que previenen que la azúcar en la sangre aumente rápidamente después de una comida. Esto ayuda a controlar los niveles de glucosa en la sangre y disminuye el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 [8]. El almidón resistente que contienen las legumbres ayudan al control del peso y la composición corporal, reduciendo los depósitos de grasa, aumentan la sensación de saciedad, ayudan al control del metabolismo de la glucosa y los lípidos, y contribuyen a la salud de la microbiota (microorganismos benéficos del colon) [7].

Las legumbres son una excelente fuente de folatos (vitamina B9): esta vitamina ayuda a la formación de glóbulos rojos previniendo la anemia, desempeña un rol en el desarrollo celular que es muy importante durante la infancia y embarazo, cuando nuevas células se están formando rápidamente [8].

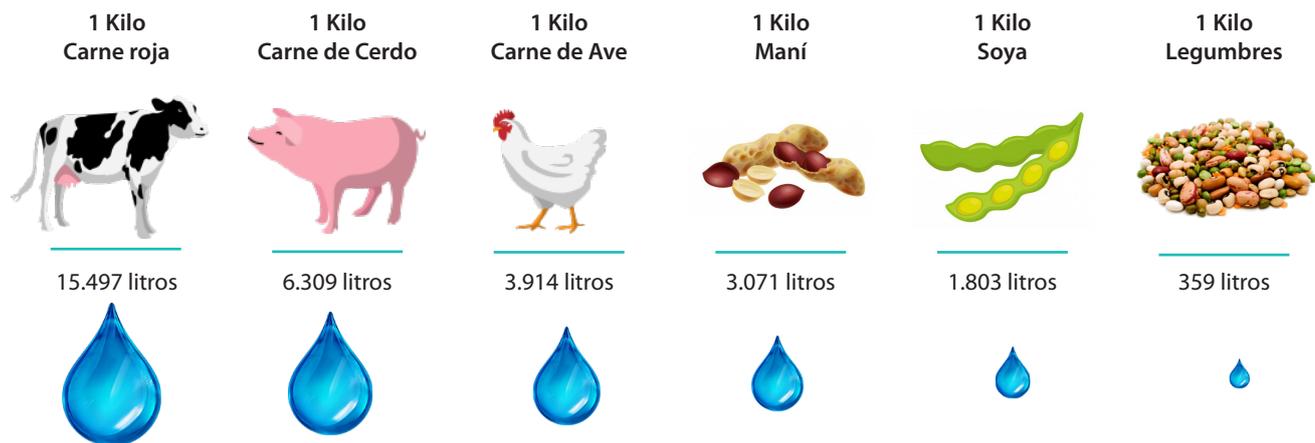
Por otra parte, las legumbres también son buena fuente de otras vitaminas del complejo B como tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) y ácido pantoténico (B5), todas ellas muy importantes para la salud [12]. Finalmente, son altas en potasio y muy buena fuente de hierro, zinc, magnesio y calcio.

3. Ayuda en el cambio climático, su cultivo contribuye a disminuir los gases de efecto invernadero y contribuye a una mayor absorción de carbono que ayuda al planeta [13].

“ Las legumbres cuidan el medio ambiente, capturan el nitrógeno del aire y lo fijan en la tierra para ser reutilizado. “

Las legumbres pueden bajar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y de óxido nítrico (N₂O) comparado con sistemas agrícolas basados en fertilización mineral por nitrógeno. La introducción de legumbres en cultivos rotativos ayuda a reducir el uso de fertilizantes y energía, y como consecuencia disminuye las emisiones de gases invernadero [14]. En general la producción de legumbres requiere poca agua comparada con otras fuentes de proteína (Figura 1), por ejemplo, la producción de 1 kilo de legumbres necesita aproximadamente 359 litros de agua, mientras que para producir 1 kilo de carne de vacuno son necesarios 15.497 litros de agua.

Figura 1 Eficiencia del uso del agua de las legumbres comparada con otras fuentes de proteínas (litros de agua para producir un kilo de):



Fuente

Arjen Y. Hoekstra and Ashok Chapagain, *Globalization of water*, U. of Twente. Waterfootprint.org April 2010.

4. Biodiversidad, mejoran la fertilidad del suelo y nutren los cultivos que se siembran junto a ellas. La siembra de leguminosas contribuye al aumento y fijación de nitrógeno en el suelo, por lo que al rotarlas con otros cultivos permite aumentar rendimientos y disminuir los costos del cultivo que se siembra a posterior [14].

“Las legumbres tienen una baja huella de carbono y un requerimiento moderado de agua”

Los cultivos de legumbres mejoran numerosos aspectos de la fertilidad del suelo, como el contenido de humus y disponibilidad nitrógeno y potasio.

5. Seguridad Alimentaria, las legumbres pueden conservarse por largos períodos de tiempo sin que se vean afectadas, su bajo contenido de humedad permite su conservación por tiempo prolongado sin que disminuyan sus propiedades nutricionales y minimizando las pérdidas. En países donde los productos cárnicos, lácteos y del mar son de alto costo, las legumbres representan una fuente de proteínas alternativa económicamente accesible.

CONSUMO DE LEGUMBRES EN EL MUNDO Y EN CHILE

Diferentes instituciones a nivel nacional e internacional recomiendan el consumo de legumbres. En nuestro país, en la Encuesta Nacional de Salud 2016-2017, solamente el 24,4 % de la población cumple con las recomendaciones de las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos en relación al consumo de legumbres de al menos 2 veces a la semana. En nuestro país, algunas acciones han sido impulsadas a través de los Programas Alimentarios Estatales promovidas por el Ministerio de Salud y el Ministerio de Educación. Algunos ejemplos que incluyen legumbre son el Programa Nacional de Alimentación Complementaria

(PNAC) y el Programa Nacional de Alimentación Complementaria del Adulto Mayor (PACAM), ambos del Ministerio de Salud, y tienen como objetivo mantener la salud y mejorar el acceso a alimentos sanos y seguros para gestantes, madres que amamantan, niños y niñas menores de 6 años y adultos mayores [15, 16]. Por otra parte, el Programa de Alimentación Escolar (PAE) del Ministerio de Educación tiene como finalidad entregar diariamente servicios de alimentación a los alumnos y alumnas en condición de vulnerabilidad de Establecimientos Educacionales Municipales y Particulares Subvencionados del país, en los niveles de Educación Parvulario (Pre-Kínder y Kínder), Básica, Media y Adultos, con el objeto de mejorar su asistencia a clases y contribuir a evitar la deserción escolar [16].

En países como España, la Fundación Española de Nutrición recomienda de 3 a 4 porciones a la semana; la Guía Dietaria para Americanos 2015-2020 recomienda 1 a 3 a porciones a la semana, el Comité de Nutrición de Legumbres y cereales de Australia recomienda de 2 a 3 porciones a la semana; las guías de alimentación de Canadá recomiendan 2 porciones a la semana y en India, el Instituto de Nutrición del Consejo Indio de Investigación Médica, recomienda para no-veganos 1 porción al día, mientras que para veganos 2 porciones al día [17]. De acuerdo a datos de FAOSTAT del 2011, el mayor consumo per cápita de legumbres era en Níger con más de 35 kilos por persona al año, seguido de Rwanda con casi 30 kilos/persona/año; en las Américas, el país con mayor consumo per cápita era Nicaragua, con 20 kilos/persona/año. En cambio, en Chile el año 2015 se consumían aproximadamente 2,5 kilos/persona/año.

En Chile el consumo aparente de legumbres como el poroto, lenteja, garbanzo y arveja ha disminuido drásticamente a una tasa de 2,7% al año. La explicación se debe principalmente a los cambios de hábito de consumo de la población, que sustituye la proteína vegetal por animal. De acuerdo a ODEPA la superficie sembrada en el país bajó de 202 mil hectáreas en 1979-1980 a 15 mil hectáreas en los últimos años. Esto se relaciona con la baja rentabilidad de los cultivos y la competencia que enfrentan los agricultores chilenos con países como Canadá, Argentina y Estados Unidos desde donde se importa para consumo interno.

Afortunadamente existen a nivel país algunas iniciativas que están promoviendo el cultivo y consumo de ingredientes más saludables a partir de legumbres chilenas. Una iniciativa destacada es el Proyecto Polo Legumbres, enmarcada en la red Transforma Alimentos: el programa Polos Territoriales de Desarrollo Estratégico financiada con recursos del Fondo de Inversión Estratégica

del Ministerio de Economía (FIE) e impulsado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) del Ministerio de Agricultura. En este proyecto público-privado, en el que participan universidades, empresas y organismos gubernamentales, se busca crear una industria nacional de ingredientes y aditivos funcionales en base a legumbres provenientes de la pequeña y mediana agricultura de secano de las regiones de Valparaíso, O'Higgins, Maule y Ñuble, aumentando la productividad y calidad de las legumbres chilenas, así como de sus productos derivados para la industria alimentaria del futuro.

Muchos son los desafíos para aumentar el consumo de legumbres en Chile, incentivar su consumo ha sido parte de algunas estrategias de promoción de la salud, sin embargo, son necesari-

as más acciones efectivas desde diferentes instancias (agrícola, industria de alimentos, investigación, gastronomía, promoción de sus beneficios a la salud a través de campañas, entre otras) para lograrlo.

CONCLUSIONES

Las legumbres son muy importantes en nuestra dieta ya que aportan diferentes beneficios desde el punto de vista nutricional, proporcionan muchos beneficios a la salud, ayudan reducir el cambio climático y a la biodiversidad, pero junto con todo lo anterior son fáciles de preparar, sabrosas, versátiles, baratas y podemos preparar deliciosas recetas con ellas.

Y tu... ¿que esperas para comerte un rico plato de legumbres?



BIBLIOGRAFÍA

1. Kenicer, G., *Legumes of the World*. Edited by G. Lewis, B. Schrire, B. MacKinder & M. Lock. Royal Botanic Gardens, Kew. 2005. xiv + 577pp., colour photographs & line drawings. ISBN 1 900 34780 6. £55.00 (hardback). *Edinburgh Journal of Botany*, 2006. 62(3): p. 195-196.
2. FAO. ¡Que empiece la cuenta atrás para el Año Internacional de las Legumbres! 2016 [cited 2019; Available from: <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/358239/>].
3. Ministerio de Agricultura, p.y.A. Legumbres. *Enciclopedia de los Alimentos 2012* [cited 2019; Available from: http://www.alimentacion.es/es/conoce_lo_que_comes/bloc/legumbres/historia/].
4. Pulses. What is a pulse? 2019 [cited 2019; Available from: <http://www.pulsecanada.com/about-pulse-canada/what-is-a-pulse/>].
5. FAO, Legumbres, semillas nutritivas para un futuro sostenible. 2016: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)
6. Hall, C., C. Hillen, and J. Garden Robinson, *Composition, Nutritional Value, and Health Benefits of Pulses*. *Cereal Chemistry*, 2017. 94(1): p. 11-31.
7. Villarroel, P., et al., Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 2018. 45: p. 271-278.
8. PulseCanada, *The pulse potential. Large scale recipes for food service industry*. 2013, Pulse Canada: Canada.
9. Clemente, A. and A. de Ron Pedreira, *Las Legumbres*. *Divulgación científica; Alimentación*. Vol. 24. 2016, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Los libros de la Catarata.
10. Tharanathan, R.N. and S. Mahadevamma, *Grain legumes—a boon to human nutrition*. *Trends in Food Science & Technology*, 2003. 14(12): p. 507-518.
11. Tosh, S.M. and S. Yada, *Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications*. *Food Research International*, 2010. 43(2): p. 450-460.
12. Curran, J., *The nutritional value and health benefits of pulses in relation to obesity, diabetes, heart disease and cancer*. *British Journal of Nutrition*, 2012. 108(S1): p. S1-S2.
13. Lemke, R.L., et al., *Can Pulse Crops Play a Role in Mitigating Greenhouse Gases from North American Agriculture?* *Agronomy Journal*, 2007. 99: p. 1719-1725.
14. Stagnari, F., et al., *Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview*. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2017. 4(1): p. 2.
15. MINSAL, *Norma Técnica de los Programas Alimentarios, D.d.A.y Nutrición*, Editor. 2016, Ministerio de Salud: Santiago, Chile.
16. Pinheiro, A., C. Ivanovic, and L. Rodríguez, *Consumo de legumbres en Chile. Perspectivas y desafíos*. *Revista chilena de nutrición*, 2018. 45: p. 14-20.
17. Marinangeli, C.P.F., et al., *Enhancing nutrition with pulses: defining a recommended serving size for adults*. *Nutrition reviews*, 2017. 75(12): p. 990-1006.

Primer encuentro de Inspectores Técnicos de Obra en la Universidad Central

El LEMUC y la Facultad de Ingeniería, organizan el encuentro que reunió a especialistas de la esfera pública y privada dedicados a la inspección técnica en obras.



El Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Central (LEMUC) y la Facultad de Ingeniería de esta Casa de Estudios, organizaron de forma conjunta el Primer Encuentro de Inspectores Técnicos de Obra, instancia que reunió a autoridades académicas, directorio de la empresa de ensayo y expertos del área, quienes presenciaron exposiciones técnicas con actualizaciones y datos relevantes para el quehacer dentro del ámbito de la inspección técnica en obras, todo esto contextualizado en un desayuno profesional.

En la bienvenida al encuentro, Juan Carlos Villar, gerente general del LEMUC se refirió a la necesidad de un aprendizaje y perfeccionamiento continuo que como profesionales debe ser asumido y en ese sentido agradeció la acogida a la convocatoria, además, entre sus dichos destacó que "En LEMUC más allá de ser proveedores de servicios de ensayos, también tenemos la entera voluntad y disposición de asumir un rol de mayor acompañamiento, jugando un papel clave como asesores permanentes en las distintas fases de los proyectos constructivos en las áreas de suelos, hormigones y asfaltos".



Por su parte, la máxima autoridad de la Facultad de Ingeniería, la decana Karen Kanzúza, secundó el mensaje entregado por Villar y agregó que "estar aquí tejiendo redes, ampliando nuestro radio de acción, haciendo una breve, pero enriquecedora pausa en nuestra dinámica diaria, es muy relevante porque, de estos espacios, no puede sino producirse efectos positivos. Efectos positivos, como los que hasta ahora hemos conseguido con las 9 versiones del Diplomado en Inspección Técnica de Obras, el cual, a la fecha, cuenta con más de 130 egresados quienes asumieron el desafío con la confianza puesta en nuestro sello de calidad académica".

El foco de esta actividad, se centró en dos presentaciones técnicas. En primer lugar, la charla titulada 'Información sobre cambio de la norma NCh 170' dictada por Rafael Cepeda Acosta y, por otra parte, la presentación denominada 'Manual de las buenas prácticas en la construcción' a cargo de Arturo Holmgren Greve; ambos ingenieros de amplia trayectoria en la industria de la construcción y obras civiles.

Fue un encuentro que además de servir como espacio de diálogo y actualización técnica en los ámbitos de competencia de los profesionales de la inspección técnica de obra, también produjo una positiva interacción entre los asistentes, lo que potencia el networking de este creciente segmento de la industria de la construcción.



U. Central fue sede del Torneo Regional 'First Lego League' de Santiago

INTO ORBIT fue el desafío que para este 2018 sirvió de tema central a los participantes de la First Lego League en los torneos, bajo el lema "Explora la vida y el viaje por el espacio".



Luego de la etapa de valoración de los equipos en las 3 categorías antes mencionadas, se dio paso al esperado Juego del Robot, momento donde los equipos pusieron a prueba en un lapso de 2.5 minutos el desempeño del robot que construyeron y programaron, donde debieron completar diversas misiones específicas en un campo de juego.

Desde luego, en la First Lego League, no todo gira en torno a competir y sumar logros. Por el contrario, la atmósfera de compañerismo, la elevada energía y espíritu deportivo de los participantes, dio cabida a momentos de distensión como desafíos de baile y mini concursos de armado de legos.

En un ambiente de alegría, diversión y colaboración, los niños, niñas y jóvenes científicos de 22 colegios de la Región Metropolitana se dieron cita en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central, para llevar a cabo la versión 2018 del Torneo Regional First Lego League Santiago, organizado en Chile por la Fundación Sparktalents, con el apoyo de Bechtel como socio estratégico y diversos colaboradores que cumplen un rol de socios regionales, entre ellos la U. Central.

Los concursantes tienen un rango de edad comprendido entre 9 y 16 años, quienes, como equipo, cuentan con 8 semanas para construir, programar un robot y solucionar un desafío, que en esta temporada se denominó INTO ORBIT. Para ello, se les hace entrega de un kit de robótica con 450 piezas y la tecnología set LEGO Mindstorms: NXT, EV3.

En la primera etapa del torneo, los equipos conformados por estudiantes de educación básica y media fueron evaluados por paneles de jueces integrados por profesores de la Facultad de Ingeniería y miembros de la Fundación Sparktalents y Bechtel. Las áreas a evaluar fueron: Valores FLL, Proyecto Científico y Diseño del Robot.



Karen Kanzúa, decana de la Facultad de Ingeniería, expresó su agrado con la actividad y puntualizó que "involucrarnos en este tipo de iniciativas nos permite evidenciar muy de cerca el interés creciente de los niños, niñas y jóvenes por la ciencia y tecnología desde un enfoque creativo; que es lo que nuestro país necesita en miras hacia el desarrollo. Además, nos complace como Universidad, haber tomado un rol más trascendental en esta versión 2018, siendo socios regionales de la FLL".

Esta competencia de carácter internacional, es una instancia de aprendizaje lúdico que promueve en los jóvenes concursantes aplicar los 'Valores Fundamentales FIRST' en la resolución de problemas, a saber: descubrimiento, innovación, impacto, inclusión, trabajo en equipo y diversión.







INDEPENDENCIA · PLURALISMO · COMPROMISO



**NUEVA
OFERTA**
2019

 **600 582 2222**
postgrados@ucentral.cl
www.ucentral.cl/postgrado



Postgrados tan Flexibles
como **tú necesitas**

SALIDAS INTERMEDIAS CON 3 DIPLOMADOS