2022
VOLUMEN 12

INGENIERÍA AL DÍA

RECONSTRUYENDO AMBIENTES DE LA PALEOFAUNA

El sitio GNL Quintero 1 (GNLQ1), localizado en la costa de Chile central (32°S), es el único sitio paleofaunístico sumergido del Pleistoceno Tardío reportado, hasta la fecha, en la costa suroriental del Pacífico.
(40)

Fotografía de David Letelier/ARKA

EUREKADABRA
Magia, ciencia, tecnología y un poco de Siri

Sin una fecha exacta, a finales del 1600, se reunía la corte del rey Carlos II de Inglaterra. En el extremo de uno de los salones del palacio, una extraña máquina era presentada por un hombre Inglés de nombre Thomas Irson.
(08)

El We Tripantu de Galileo Galilei

La noche más larga de Galileo y su juicio por hereje, mientras tanto en el hemisferio Sur se produce el solsticio de invierno y el renacer de la Tierra desde la cosmovisión por el año nuevo Mapuche.
(10)

Astroquímica y la búsqueda del origen de la vida

Trabajo colaborativo entre la UCEN y la agencia aeroespacial NASA, un investigador de nuestra facultad nos presenta cómo la química computacional ayuda a los astrónomos
(48)

Entrevista a Maisa Rojas Corradi

Ministra del Medio Ambiente, La física, climatóloga e investigadora ha debido enfrentar temas coyunturales como cambio climático, escases hídrica e incluso el cierre de la Fundición Ventanas de Codelco para promover aires no contaminados.
(30)

Universidad Central

DIRECTOR

Christian Nicolai, Decano Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central de Chile.

EDITOR GENERAL

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

COMITÉ EDITORIAL

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

Alejandro Riveros, Académico investigador de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

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

Cristina Ortega, Académica investigadora de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Juan Francisco Fuentealba, Académico investigador de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile.

Esteban Sánchez , Periodista de la Dirección de Comunicaciones Corporativas.

Sebastián Chandía, Diseño gráfico.



Christian Nicolai O.
Decano
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

La difusión del quehacer de nuestra Facultad es una tarea fundamental. La visibilización de nuestras actividades se ve reflejada, en parte, en esta publicación bianual que hacemos entre todos/as con mucho esfuerzo y dedicación. Es la Revista de Ingeniería al Día de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central de Chile.

Es siempre un orgullo ver a nuestros/as estudiantes participar en áreas de la investigación y verlos involucrarse en los procesos que van más allá de sus responsabilidades como aprendices de lo impuesto por su malla curricular. En este número mostramos el trabajo de estudiantes de informática, que quisieron explorar cómo construir un microprocesador, la unidad básica que viven programando. Esta experiencia nos la relatan en nuestra Columna de Opinión.

En el mundo profesional el sello UCEN se ve en nuestros egresados/as. Es un orgullo ver cómo mantienen vivo el vínculo con nuestra institución. En este número, dos de ellos nos presentan un proyecto de optimización de un digestor anaeróbico utilizando herramientas de innovación.

Desde la mirada de la construcción, presentamos un artículo que muestra cómo mediante la utilización de realidad virtual inmersiva en nuestra facultad, se pueden previsualizar edificaciones antes de ser construidas.

Nuestra Ingeniería Civil Industrial tiene una preocupación constante y profunda por las PyMEs, en esta línea se incluye un artículo de un profesor de la carrera que aborda cómo gestionar la innovación abierta en las empresas, la que depende cada vez más de su capacidad para innovar y así lograr una ventaja sostenible para mantenerse competitivas en el mercado.

Uno de los acontecimientos científicos más importantes ocurrió en la primera mitad de este año. En efecto, se pudo observar la sombra del agujero negro en el centro de nuestra galaxia, denominado Sagitario A*. Este fue detectado por el Consorcio internacional Horizonte de Eventos (EHT), del cual forma parte APEX y ALMA en Chile. La Licenciatura en Astronomía de la Sede Coquimbo, participa en este número con la divulgación de un evento que retrata su espíritu (aún cuando es una carrera joven), acercar la astronomía a todos y todas.

Prueba de lo anterior es el hecho de haber sido la sede del Segundo Congreso Nacional de Educación Astronómica, iniciativa que busca fortalecer la enseñanza y aprendizaje de la Astronomía de nuestro país. La experiencia en este congreso nos la explican profesoras de nuestra UCEN, de la USACH, de la UAI, de la UCSC y del Colegio Leonardo Da Vinci.

También, en esta línea, en un trabajo colaborativo entre la UCEN y la agencia aeroespacial NASA, un investigador de nuestra facultad nos presenta cómo la química computacional ayuda a los astrónomos a identificar moléculas que están a millones de años luz de la Tierra, moléculas exóticas que ni siquiera existen en la Tierra.

Muchas veces, la humanidad, cuando no comprende un fenómeno natural busca explicaciones "mágicas". A veces cuesta distinguir ciencia de magia. Al respecto el subdirector de Investigación e Innovación de nuestra Universidad nos ayuda a diferenciar y avanzar en la explicación científica con el artículo titulado "Eurekadabra".

Las coincidencias de la historia muchas veces nos llaman la atención. Un académico de la facultad nos muestra dos acontecimientos importantes y simultáneos en el hemisferio sur y el norte, acaecidos un 21 de junio de 1633. Mientras que los mapuches conmemoraban un nuevo año, Galileo era condenado por hereje.

Agradecemos la contribución recibida desde la Universidad de la Frontera en Temuco. La ciencia necesita de inversión, necesita tener una infraestructura que le permita funcionar de buena manera. Es así como el principio de causalidad aplica a esta problemática de cuánto invierte cada país en pro de encontrar resultados científicos. En este artículo se da una mirada analítica a la energía consumida y no sólo desde lo económico, los resultados entregan relaciones asombrosas. Pero siempre es la misma conclusión, es necesario invertir más en ciencia.

La Ingeniería, como todas las profesiones, tiene una trayectoria de formación, desde lo más básico, pasando por el descubrimiento de la vocación, hasta lo más especializado de la disciplina, pero no cabe duda de que se va construyendo paso a paso en un proceso continuo y permanente. Es por esto que agradecemos especialmente la contribución de la Decana de la Facultad de Educación y Ciencias Sociales de nuestra universidad, quien nos releva la importancia para el estudiante de asumir el control interno en su proceso de aprendizaje.

Tenemos un solo planeta donde habitamos y como sociedad debiéramos saber la importancia del cuidado del medio ambiente. Una investigadora de nuestra facultad nos presenta un artículo sobre el uso del Litio, de relevancia no sólo medioambiental sino también económica para nuestro país. Los avances en esta materia necesitan la atención de nuestros/as investigadores/as, y de la comunidad en general, de ahí la importancia de la divulgación.

También en nuestra sección de entrevistas, se aborda la temática anterior, esta vez desde un punto de vista político y científico junto a la Ministra del Medio Ambiente, Maisa Rojas, investigadora en física y climatóloga.

En la misma línea de medioambiente, pero con una mirada en la reconstrucción de un medio ambiente del periodo paleolítico, contamos con la contribución de una investigadora de nuestra carrera de Geología, que nos habla de geología aplicada a la reconstrucción de ambientes de paleofauna, en este caso en la bahía de Quintero.

En una de las secciones más apetecidas, "Ciencia Pop", un investigador de la facultad nos explica cómo son los viajes en tiempo y espacio, tema muy de moda con la última película del universo Marvel, Doctor Strange.

Les invitamos a navegar en este volumen de la revista Ingeniería al Día, acerca de la actividad realizada en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile, esperamos que disfruten su lectura, tanto como nosotros disfrutamos el hacerla para ustedes.

ÍNDICE

06 **La primera imagen de Sgr A* el agujero negro en el corazón de nuestra galaxia**

→ *Juan Magaña, Paulina Troncoso & Angie Barr Domínguez*

08 **EUREKADABRA Magia, ciencia, tecnología y un poco de Siri**

→ *Felipe Guevara-Pezoa*

10 **El We Tripantu de Galileo Galilei**

→ *Nelson Sepúlveda Navarro*

12 **El viaje hacia el uso de energías limpias**

→ *Paulina Márquez*

16 **El principio de causalidad en la Investigación y Desarrollo de los países**

→ *Pablo Díaz*

22 **II Congreso Nacional de Educación Astronómica**

→ *Angie Barr Domínguez, Carla Hernández, Maritza Arias, Hugo Caerols & Daphnea Iturra*

24 **Aprendizaje Autónomo en la Universidad: Un desafío docente**

→ *Sonia Fuentes Muñoz*

28 **Columna de Opinión**

→ *Marla Amigo, Ariel Palacios & Diego Órdenes*

DIVULGACIÓN
CIENTÍFICO TECNOLÓGICO
PROYECTO
CULTURA POP

30 **Entrevista a Maisa Rojas Corradi**

32 **Dr. Strange, una cita fallida y los sinuosos viajes por las dimensiones**

→ *Cristián Erices*

36 **Diseño de una precamara para degradar celulosa y optimizar digestión anaeróbica utilizando herramientas de innovación**

→ *Kevin Cortés M., Esteban Gatica M. & Sergio Cardenas*

40 **Reconstruyendo ambientes de la paleofauna**

→ *Cristina Ortega, Valentina Flores-Aqueveque, Rodrigo Fernández, Diego Carabias, Renato Simonetti, Isabel Cartajena, Laura Díaz & Charles González*

48 **Más allá de Moléculas exóticas y azucares: Astroquímica y la búsqueda del origen de la vida**

→ *Luis Alvarez-Thon & Natalia Inostroza-Pino*

54 **¿Cómo se gestiona la Innovación abierta en las empresas?**

→ *Omar Carrasco*

56 **Métodos de conversión de modelado de información de construcción en Revit a realidad virtual inmersiva**

→ *Jaime Eugenio Arriagada Araya*

La primera imagen de **SGR A* EL AGUJERO NEGRO** en el corazón de nuestra galaxia

El Telescopio de Horizonte de Eventos reveló la sombra del agujero negro del centro de la Vía Láctea



• *Juan Magaña*
Dr. en Astronomía, Facultad de Ingeniería

• *Paulina Troncoso*
Dra. en Astronomía, Directora de la Carrera de Astronomía, Facultad de Ingeniería

• *Angie Barr Domínguez*
Dra. Astrofísica, Facultad de Ingeniería

El consorcio internacional Telescopio del Horizonte de Eventos (EHT por sus siglas en Inglés), se consolidó en el 2015 con la colaboración de ocho radiotelescopios tanto en el hemisferio norte como en el sur entre los cuales se encuentran APEX y ALMA en Chile, del Observatorio Europeo Austral, y gradualmente se sumaron más haciendo un total de once radiotelescopios en la actualidad. La finalidad de acoplar estos radiotelescopios es tomar ventaja de la técnica de interferometría tal, que en conjunto, representen un super radiotelescopio virtual del tamaño de la Tierra con una alta resolución y con la capacidad de observar una mesa de ping pong en la Luna. Esta técnica permite investigar el medio circundante en agujeros negros supermasivos en los centros de las galaxias.

La primera campaña de observación de este arreglo de telescopios tuvo lugar del 4 al 14 de abril de 2017 con el objetivo de observar los agujeros negros tanto del centro de nuestra galaxia como el de la galaxia elíptica M87. Estos datos observacionales fueron procesados con supercomputadoras, como GUINA que llegará proximamente a la Universidad Central-campus Coquimbo, que permitieron en el 2019 revelar la primera imagen de un agujero negro, particularmente el del centro de M87. Este colosal agujero negro tiene una masa de aproximadamente 6.5 mil millones de veces la masa del Sol.

Dentro del marco de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein, los agujeros negros son regiones del espacio-tiempo cuya fuerza de gravedad es tan intensa que atraen materia hacia su interior y que inclusive ni la luz puede escapar de ellos, es por este motivo el adjetivo de negro. El horizonte de eventos de un agujero negro es una frontera umbral que al atravesarla ya no hay punto de retorno, es decir, cualquier cosa que lo atraviese inevitablemente caerá hacia el interior del agujero negro. Por otra parte, las observaciones actuales respaldan las teorías que en los centros galácticos habitan agujeros negros supermasivos con millones de veces

la masa del Sol pero su origen aún es desconocido, por lo cual es sumamente importante investigar y diseñar técnicas para observar estos objetos astrofísicos.

Las más recientes campañas de observación del EHT se han enfocado en observar el centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, que se encuentra a una distancia con respecto a nuestro sistema solar de alrededor de 27.000 años-luz (un año-luz es la distancia que viaja la luz en un año, es decir, aproximadamente 9.5 billones de kilómetros). El día de hoy, el consorcio EHT ha revelado por primera vez la imagen (Figura 1) de la sombra del agujero negro en el corazón de nuestra galaxia: Sagitario A* (Sgr A*).

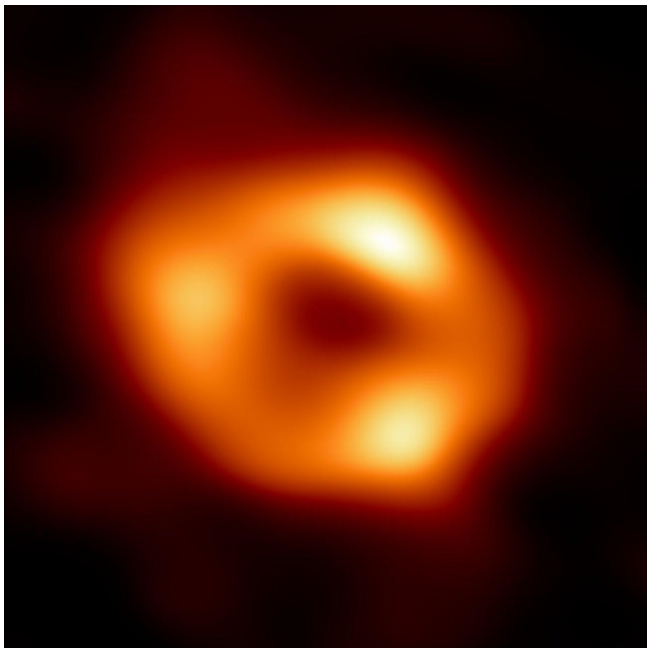


Figura 1

Primera imagen del agujero negro en el corazón de nuestra galaxia: Sagitario A (Sgr A*). Crédito: colaboración EHT.*

Esta imagen muestra una estructura de tipo anillo muy brillante con un tamaño angular de alrededor de 52 segundos de arco y cuya sombra central representa un agujero negro. Al realizar numerosas simulaciones y reconstrucciones se pudo determinar que esta configuración es consistente con las predicciones de la relatividad general de un agujero negro supermasivo rotante con una masa estimada de 4 millones de veces la masa del Sol. Aunque este número es colosal para nuestra intuición cotidiana, el agujero negro de M87 es 1500 veces más masivo que Sgr A* y 2000 veces más distante. Una comparación ilustrativa se muestra en la Figura 2, aquí se puede notar el gran tamaño que tiene M87 en comparación con Sgr A*. Si imaginamos que Sgr A* estuviera en el centro de nuestro Sistema Solar, el radio del anillo brillante podría alcanzar hasta la órbita del planeta Mercurio mientras que análogamente, el radio de M87 estaría más allá de la distancia a la que se encuentra la nave Voyager 1, en los confines de nuestro Sistema Solar.

La reconstrucción de esta imagen es el logro de la colaboración de cientos de científicos de todas las disciplinas en diversos países del planeta para el cual utilizaron supercomputadores, esto ha sido un gran logro científico y tecnológico tanto para la comunidad científica como para la humanidad. La importancia de observar los agujeros negros supermasivos en los centros de las galaxias radica en contribuir al entendimiento del origen y el proceso de formación de estos colosales objetos compactos y los procesos de acreción de material alrededor de ellos, pero también poner a prueba el régimen de gravedad fuerte de la teoría general de la relatividad de Albert Einstein así como también entender la física de agujeros negros que podrían reconciliar la gravedad con la mecánica cuántica. Todo esto contribuye a entender mejor la galaxia que habitamos y por lo tanto nuestro lugar en el Universo.

Referencias:

https://www.eso.org/public/chile/news/eso2208-eht-mw/?lang
https://www.instagram.com/nucleo.titans/
https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac6674

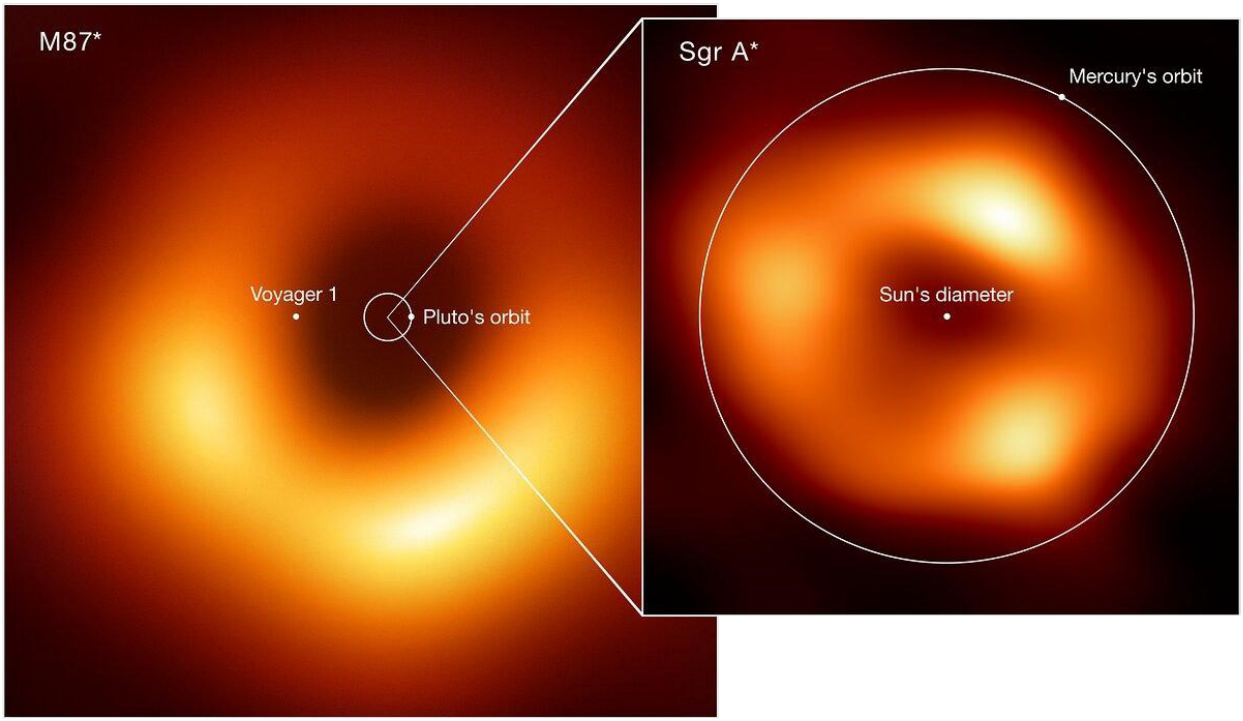


Figura 2

Comparación de tamaños del agujero negro central en la galaxia M87 y Sgr A en el centro de nuestra galaxia. Crédito: colaboración EHT.*

EUREKADABRA

Magia, ciencia, tecnología y un poco de Siri



• *Felipe Guevara-Pezoa*
Dr. en Biotecnología. Subdirector I+D+i Universidad Central de Chile

Sin una fecha exacta, a finales del 1600, se reunía la corte del rey Carlos II de Inglaterra. En el extremo de uno de los salones del palacio, una extraña máquina era presentada por un hombre Inglés de nombre Thomas Irson.

El aparato, semejante a una mesa, poseía en su centro una bola de madera de la que asomaban cuatro tubos, como si se tratasen de altavoces. Irson invita a uno de los miembros de la corte a que realice una pregunta en cualquier idioma, susurrándola a uno de los tubos. Segundos después, desde los altavoces surgía una voz que entregaba la respuesta, en el idioma en que había sido realizado el cuestionamiento. La máquina podía ser probada en distintos idiomas, con distintas preguntas, y siempre respondía [1].

La máquina de Irson evolucionó durante el tiempo de la mano de distintos ilusionistas, implementando variaciones y nuevas funcionalidades, como eran la portabilidad y, más importante aún, brindar al dispositivo de características antropomórficas. De esta manera, en 1865, Colonel Stodare, reputado mago inglés, presenta su "cabeza hablante". En esta ilusión, Stodare se presentaba frente al público con una caja, que contenía, según sus palabras, la cabeza desmembrada de un egipcio antiguo (figura 1). La caja era depositada sobre una mesa para revelar la cabeza, que cobraba vida y respondía a distintas preguntas [2].

Cuatro siglos después de la ilusión de Thomas Irson, específicamente en el año 2011, es lanzado al mercado un "truco de magia" utilizado por más de 200 millones de personas cada semana, y que reproduce casi exactamente la función del aparato de Thomas Irson: dirigir preguntas mediante voz a un dispositivo y recibir la respuesta desde el mismo. Este truco de

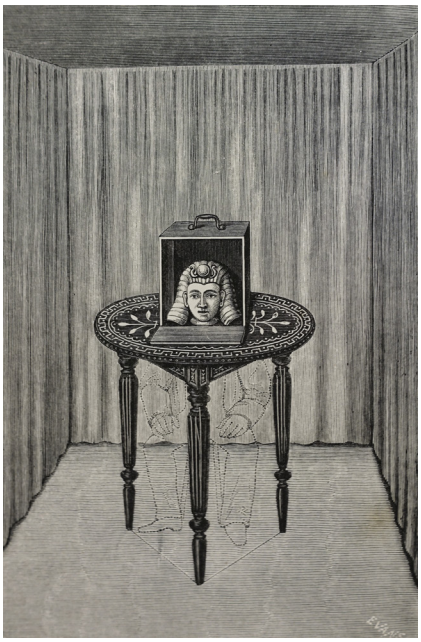


Figura 1

Esquema de la presentación de Colonel Stodare para la cabeza parlante. En líneas punteadas, ayudante oculto tras espejos.

magia, creado por el ingeniero informático Adam Cheyer, recibe el nombre de SIRI, un software de asistencia virtual [3].

El proceso que ocurrió entre la presentación de la máquina de Irson y el lanzamiento de SIRI ejemplifica casi a la perfección las etapas de prototipado e iteración que ocurre en un proceso de innovación. Si nos abstraemos un poco, podemos imaginar que mientras en la corte del rey Carlos II de Inglaterra se presentaba un producto mínimo viable de asistente virtual, en la década del 2010 ya es lanzado el producto con las características que posibilitan su adopción masiva. En gestión de la innovación nos referimos a Producto Mínimo Viable (o MVP por sus siglas en inglés) a aquel prototipo que cuenta con las funciones mínimas que permitan presentarlo a los usuarios, y así probar su interés, usabilidad y testear las posibilidades de adopción [4].

Las propuestas de Irson y Cheyer, pese a sus cuatro siglos de diferencia, comparten funciones en común. Ambas invenciones poseen una entrada de voz, conexión con una "base de datos" y obtención de respuesta mediante audio, que son prácticamente las funciones biológicas de escuchar, procesamiento reflexivo de la consulta y emisión vocal de la respuesta, pero incorporadas en un dispositivo no biológico. La diferencia fundamental radica, entre una invención y otra, en aquello que ocurre detrás de la vista del usuario; en el cómo se procesa la pregunta y se entrega la respuesta. SIRI utiliza procesamiento del lenguaje natural para responder preguntas, hacer recomendaciones y realizar acciones mediante la delegación de solicitudes hacia un conjunto de servicios web. La máquina de Irson por su parte (ALERTA DE SPOILER), utilizaba tuberías para conectarse con una persona, normalmente un sacerdote erudito, que se encontraba oculto en una habitación contigua. Las tuberías permitían escuchar y responder (figura 2). Es decir, se diferencian en su "vida interna" que hace posible el funcionamiento.

Arturo de Ascanio, un influyente mago español, planteó que un efecto mágico tiene dos vidas paralelas a las que denominó vida externa y vida interna [5]. Por un lado, está lo que un espectador del efecto mágico ve o percibe y que luego interpreta como mágico, y por otro lado están los mecanismos y/o técnicas que permanecen ocultas y permiten la consecución del efecto mágico.

Como se ha planteado anteriormente, si observamos las tecnologías más exitosas,

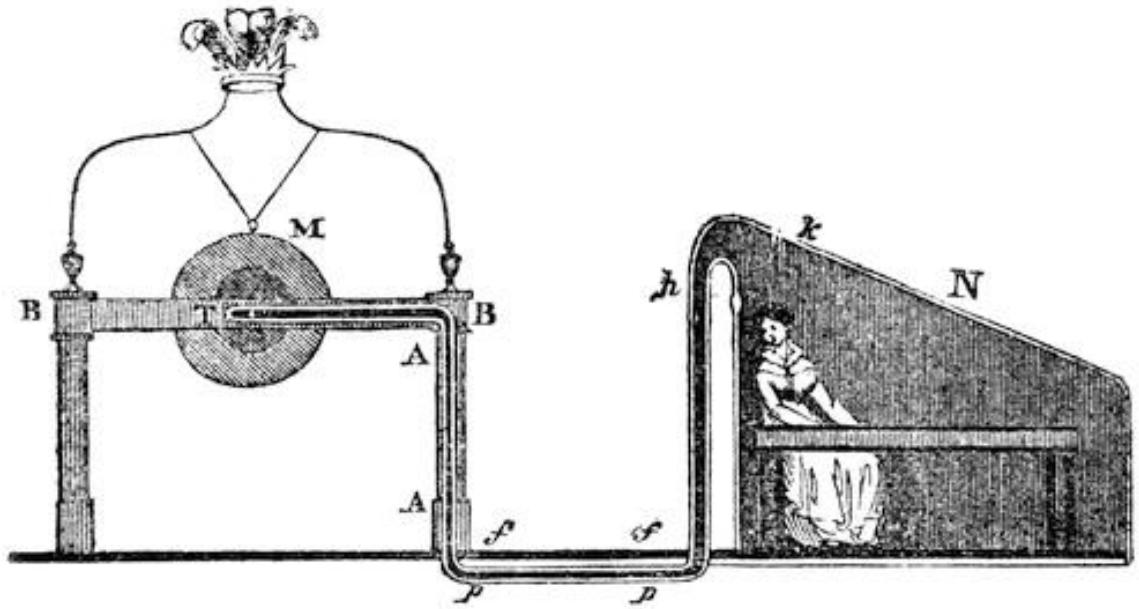


Figura 2

Esquema de la máquina de Thomas Irson. En N se observa a cómplice oculto en habitación contigua, escuchando por tuberías.

y el porqué de su éxito, podemos encontrar esta analogía en la mayoría de ellas. Una simplicidad de la vida externa que no se relaciona necesariamente con la complejidad de la vida interna. Una pantalla táctil permitió disminuir la cantidad de botones presentes en los teléfonos móviles, haciendo mucho más fácil la utilización de estos, y el consiguiente auge de los smartphones. Pero la simplicidad entregada para el usuario no tiene relación con la complejidad de los componentes de hardware y software que están detrás y que hacen posible su funcionamiento. En palabras del propio de Ascanio "debajo de esa vida exterior, de esa vida visible, no secreta, están ocurriendo cosas continuamente… Están ocurriendo cosas que son necesarias" [6].

En este sentido, Adam Cheyer, creador de SIRI, plantea que un prototipo debe ser ambicioso y para un gran mercado, y que para facilitar su adopción debemos crear una demostración mágica. Un prototipo debe ser como magia para un inversor. Que sea mágico, imposible, diferenciado, tanto así que ni siquiera el usuario pueda preguntarse "¿por qué es esto mejor que cualquier otra cosa que pueda conseguir en el mercado hoy?" [7].

Es tanto así que SIRI en swahili, significa "secreto". Esto, pues el equipo detrás de SIRI quería construir algo secreto, sigiloso y sorprendente que emergería como una pieza mágica de tecnología y conquistaría el mundo. Toda esta sinergia entre SIRI y magia tal vez se deba a que Adam Cheyer, además de ingeniero informático, es también mago [8].

Un prototipo debe ser ambicioso y para un gran mercado, y que para facilitar su adopción debemos crear una demostración mágica.

El corolario de este artículo, talvez se vea enormemente reflejado por aquella frase popularizada por el autor de ciencia ficción Arthur C. Clarke y que talvez, es la más difundida de sus sentencias y conocida como la tercera ley de Clarke: "Cualquier tecnología lo suficientemente avanzada es indistinguible de la magia" [9]. Pensemos en que el uso de computadoras y otros dispositivos digitales se basa en principios que no se entendieron completamente hasta tiempos relativamente recientes. Si la máquina de Irson hubiese utilizado el mismo sistema de SIRI, de igual manera hubiese sido considerado como magia. Es decir, algunas personas podrían considerar mágica cualquier tecnología de la que ignoren su existencia o funcionamiento. De hecho, este es el tema de muchas historias y películas de ciencia ficción. En este sentido, la literatura narrativa también ha remarcado esta intersección entre magia y ciencia, en general, mediada por el desconocimiento del público observante. En 1952, Isaac Asimov, menciona en su libro "Fundation and Empire" que "un público desinformado tiende a confundir la erudición con los magos" [10]. En un tenor similar, sin embargo 300 años antes, durante el siglo XVII el filósofo Italiano Tomasso Campanella ya reflexionaba sobre la relación entre ciencia y magia: "Al principio y sobre todo para la gente corriente (mientras no se entienda el arte), todos los descubrimientos o maravillosos inventos parecían ser el resultado de la magia. Pero más tarde tal "Magia" sería ciencia común" [11].

Referencias

[1] Brewster D. (1834) Letters on natural magic, addressed to Sir Walter Scott, Bart. / by Sir David Brewster. Ed. London: John Murray.
[2] Hoffmann P. (1876) Modern Magic; Colonel Stodare's Sphinx Illusion. London: George Routledge & Sons. 1st ed.
[3] Newnham D. (2015) The Story Behind Siri and the man who made her. Medium.com. Consultado en https://medium.com/swlh/the-story-behind-siri-fbeb109938b0
[4] Lenarduzzi V., et. al. (2016) MVP Explained: A Systematic Mapping Study on the Definitions of Minimal Viable Product. 42th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA), 2016, pp. 112-119. doi: http://dx.doi.org/10.1109/SEAA.2016.56.
[5] Ascanio, A. (2011). Arturo de Ascanio. Cinco Conferencias. Ed. Madrid: Circulo Mágico de Madrid.
[6] Guevara-Pezoa, F. (2019) Eurekadabra: ciencia, tecnología y magia. PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad, 0(16). doi: http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a9n16.389
[7] Giffin K. (2021) The Creator of Siri: "Make your prototype magic". Consultado en https://scet.berkeley.edu/the-creator-of-siri/
[8] Cheyer A. (2022) Personal Website. Consultado en http://adam.cheyer.com
[9] Clarke, A. C. (1973). Profiles Of The Future: An Inquiry into the Limits of the Possible (Rev. ed.). New York Harper & Row.
[10] Asimov, I. (1952) Foundation and Empire. Garden City, N.Y.: Doubleday.
[11] Ernst, G., et al. (2010) Tommaso Campanella : The Book and the Body of Nature. Dordrecht: Springer.

El We Tripantu de Galileo Galilei

Texto original: "Una misa para Galileo" en Las Gacetas de Física, ISSN 0719-1081 (2011), Santiago, Chile.

La noche más larga de Galileo y su juicio por hereje, mientras tanto en el hemisferio Sur se produce el solsticio de invierno y el renacer de la Tierra desde la cosmovisión por el año nuevo Mapuche.

• *Nelson Sepúlveda Navarro*
Dr. en Ciencias mensión Física,
Presidente Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física SOCHEF.



El 21 de junio se inició el invierno en el hemisferio Sur y el verano en el hemisferio norte, en esta parte del globo inicia esta fría estación del año con el Solsticio de Invierno, marcando este hito la noche más larga del año.

El 21 de junio, también posee un profundo significado en la cosmovisión de la gente de la tierra, como también desde el sentido histórico para los epistemólogos o los físicos. Según el calendario Gregoriano, es entre el 21 y el 24 de junio que ocurre la noche más larga del año, debido a la traslación del planeta. Es en esta fecha que el hemisferio Sur de la Tierra se encuentra "más lejos" del Sol (Solsticio de Invierno). Por otra parte, según el calendario mapuche: el mes kiñe kvyen un ciclo lunar, tiene veintiocho soles (días), mari kvla kvyen trece lunas (meses) son kiñe tripantu un año, es decir, kvla pataka kayu mari meli antv trescientos sesenta y cuatro días [1]. Entonces ellos consideraron que el inicio de un nuevo ciclo debe ser junto con las lluvias, con los fríos del invierno, pues son estas condiciones las que purifican la tierra y renuevan la naturaleza para un nuevo comienzo, para nuevos sueños, para nuevos sembrados we tripan antü o we tripantu (la nueva salida del Sol), esta celebración se realiza al calor de una fogata, junto al Canelo (árbol sagrado), compartiendo mudai (chicha de trigo, bebida de celebraciones), y comiendo catuto (o mültrün, masa de trigo) con mermeladas caseras.

Pero ciertas coincidencias en la historia llevan a conmemorar el nuevo año mapuche, y la fecha en que se resuelve el futuro del físico y matemático Galileo Galilei, es un 21 de junio de 1633 fecha en que es condenado por hereje cerca de 400 años atrás. Galileo Galilei, nace en Pisa, un 15 de febrero de 1564, sus primeros estudios superiores se inician en la Universidad de Pisa, estudia algunos años medicina, producto de la influencia de su padre. Mientras estudia la naturaleza del cuerpo humano se abre a las matemáticas, y desde ahí a intentar comprender fenómenos más sencillos que ocurren en la naturaleza, dándose cuenta del isocronismo de los péndulos (el periodo de oscilación de un péndulo se puede considerar independiente de la amplitud). Entre los aportes realizados de instrumentos se debe mencionar; la balancetta de Arquímedes o balanza hidrostática, diseñó un instrumento para medir escalas de tiempo el "pulsómetro", inventa el termoscopio (instrumentos para comparar cuantitativamente temperaturas). Galileo trabaja como docente en las universidades de Pisa y de Padua, en esta última realizando las cátedras de Astronomía, geometría y mecánica.

El poder de la evolución del pensamiento Galileano se logra en gran medida a su paso por Padua, en este lugar la Inquisición no era tan poderosa. Al hablar de Galileo como físico, el instrumento con el cual se relaciona, seguramente es el telescopio, este instrumento fue inventado en España por Juan Roget (1590, fte: History Today), pero también se le atribuye la invención a Hans Lippershey (quien patentó el invento), lo que sí está medianamente zanjado es que fueron ellos a fines del siglo XVI que desarrollan "este juguete" que aumentaba el tamaño de los cuerpos, y acercaba los objetos lejanos. Al llegar la noticia a Galileo Galilei sobre el juguete, este busca la manera de crear un instrumento con las características que se comentaban, un aparato nada más y nada menos, que "un instrumento mágico".

Ya en los primeros años del siglo XVII Galileo tenía el problema resuelto, con un instrumento con las propiedades que se le asignaban a aquel tubo, no lo utiliza tan solo como un objeto para diversión, sino que hace uno de los actos más revolucionario de los que se tengan en cuenta en la historia de la ciencia, apunta el tubo mágico al "infinito", simplemente desde los hombros de gigantes que mencionara años más tarde Isaac Newton (1642 - 1727) es donde se encontrara Galileo, cara a cara con el firmamento. Este tipo incomprendido empieza a describir todo lo que observa con el telescopio, aquello que nunca en la historia estuvo tan palpable hasta ese momento, el firmamento bajó para que Galileo nos lo describiera; entre los aportes descubiertos se deben mencionar:

- Montañas en la Luna (1609)
- Satélites de Júpiter (1610)
- Manchas Solares (1612)

El aporte de Galileo a la ciencia no se reduce solo a sus descubrimientos astronómicos, son variados los textos escritos en forma de diálogos (al igual que los de Platón), pero en este caso era una búsqueda de defender lo empírico sobre una Inquisición dogmática. Las ideas de Galileo por lo demás, concordaban con las ideas heliocéntricas copernicanas, que contradecían la idea geocéntrica de la iglesia misma.

San Roberto Francisco Rómulo Bellarmino conocido como el "martillo de los herejes", el mismo cardenal de la Compañía de Jesús que redacta los ocho motivos que terminan por quemar a Giordano Bruno en la hoguera, es quien da la orden de que la Inquisición inicie las primeras instancias legales para el juicio en contra de Galileo Galilei (1611). Galileo, es llamado a la corte luego de intentos de culparlos por sus herejías y el 21 de junio de 1633 es condenado a prisión perpetua, donde se le invita a negar las ideas que ponían en cuestión las santas lecturas. Si bien Galileo no ingresa a prisión, su condena es cambiada por arresto domiciliario de por vida. ***Según algunos textos es Giusseppe Baretti quien afirma que luego de negar sus ideas, expresa la frase: EPPUR SI MUOVE (sin embargo, se mueve, queriendo expresar la NO inmutabilidad de la Tierra)***. Debido a las investigaciones de las manchas solares, Galileo pierde considerablemente su visión mientras se encuentra en arresto domiciliario, muere a los 77 años en Arcetri el 8 de enero de 1642.

El hereje, el papa y la historia

Durante enero del año 2008, el Papa Benedicto XVI inauguraría un curso en la Universidad de Roma La Sapienza, pero un conjunto de profesores y estudiantes lo nombran **persona non grata** debido a la posición de Joseph Ratzinger ante la condena de Galileo Galilei, en un discurso pronunciado en la misma universidad en 1990. Casi cuatro siglos después aún hay heridas abiertas.

El año 2009 declarado como el año internacional de la astronomía, el Vaticano nombra a monseñor Gianfranco Ravasi (presidente del consejo pontificio para la cultura) para que dirija una misa en honor a Galileo, una misa el día 15 de febrero, el día de su nacimiento.

Referencias

[1] Chihuailaf, E., Recado Confidencial a los Chilenos (1999).

Universidad Central

Admisión 2023

CONOCE NUESTRA ESCUELA DE INGENIERÍA






DIRECCIÓN DE COMUNICACIONES CORPORATIVAS

El viaje hacia el uso de **ENERGÍAS LIMPIAS**



Cada vez como sociedad estamos más conscientes sobre el cuidado del medio ambiente. Existe evidencia de que el calentamiento global está ocurriendo y que hay una correlación entre el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero y las temperaturas que están impulsando el cambio climático. Esta mayor conciencia se asocia, desafortunadamente, a que cada vez los efectos de nuestro descuido frente al cuidado del medio ambiente se hacen más visibles y ya no son parte de un futuro cercano, sino que son parte de nuestro presente ¿Qué hacemos entonces? Debemos ir dejando atrás el uso de combustibles fósiles y construir un futuro en el que la energía provenga solo de fuentes renovables y limpias, pero para que esto ocurra es primordial impulsar el avance y desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía, como son las baterías.

• *Paulina Márquez*
Dr. en Química, Académica.

Muchas veces se confunde el término calentamiento global con cambio climático y ambos conceptos son tratados como sinónimos, pero si bien están relacionados, no son lo mismo. Cuando hablamos del calentamiento global estamos refiriéndonos al calentamiento a largo plazo del sistema climático de la Tierra desde el período pre-industrial (entre 1850 y 1900) hasta la fecha, producto de actividades humanas, principalmente asociadas al uso de combustibles fósiles, que provocan un aumento en los niveles de gases de efecto invernadero. Por otro lado, el término "cambio climático", se refiere al calentamiento producido tanto por el hombre como por la naturaleza y los efectos que tiene en nuestro planeta. Se mide comúnmente como el aumento promedio en la temperatura de la superficie global de la Tierra. Desde el período pre-industrial, las actividades humanas han aumentado la temperatura promedio global de la Tierra en aproximadamente 1°C, un número que actualmente aumenta en ~0,2 °C por cada 10 años, como se muestra en la gráfica de la Figura 1 a), donde se representa el cambio de la temperatura global superficial de la Tierra entre los años 1880 y 2020. Este hecho concuerda con la segunda ley de la Termodinámica, la cual indica que no existen los móviles perpetuos, es decir si utilizo energía para hacer funcionar algún motor, el motor no podrá ocupar toda la energía de la fuente para realizar un determinado trabajo y siempre habrá parte de la energía que será emitida al entorno en forma de calor (calentando el entorno).

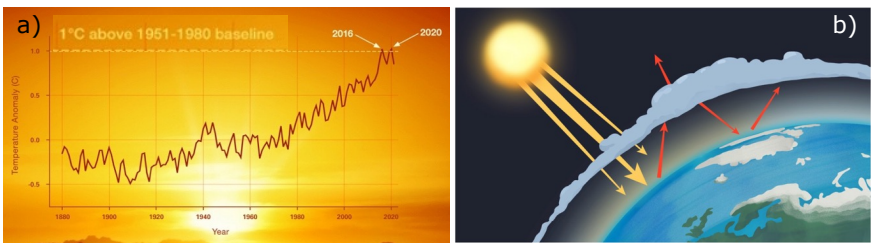


Figura 1

a) Gráfico que muestra el cambio en la temperatura global de la superficie en relación con las temperaturas promedio de 1951-1980, con el año 2020[1] b) Esquema de efecto invernadero.

Para comprender mejor el calentamiento global es importante entender en qué consiste el efecto invernadero (Figura 1 b)). Este es un proceso donde parte de la radiación infrarroja del Sol pasa a través de la atmósfera y luego, la mayor parte de esta radiación es absorbida y reemitida en todas direcciones por las moléculas de gases de efecto invernadero. Este efecto provoca un calentamiento de la superficie de la Tierra y la atmósfera inferior. Dentro de los gases de efecto invernadero se encuentra el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) Óxidos nitrosos (NOx), vapor de agua (H_2O) y gases fluorados. Dentro de los gases recién mencionados, todos, excepto los gases fluorados, pueden ser generados de forma natural. Estos gases, generados de forma natural, son muy importantes ya que permiten mantener nuestro planeta a una temperatura adecuada para la vida. Sin el efecto invernadero natural, el calor de la Tierra sería emitido desde la superficie hacia el espacio y nuestro planeta tendría una temperatura promedio de unos -20 °C. Entonces, surge la siguiente duda; ¿por qué el efecto invernadero es considerado un fenómeno negativo para nuestro planeta? La problemática con estos gases se genera cuando sus concentraciones se modifican drásticamente, como ocurre, por ejemplo, con el CO_2 generado por procesos industriales y transporte, estos gases provocan la formación de una especie de manta aislante alrededor de la Tierra, lo que trae como consecuencia que se capte más calor del Sol en la atmósfera. Uno de los factores a los que se le atribuye el aumento de todos estos gases se relaciona principalmente al incremento de la población, lo que ha llevado a una mayor demanda de productos de diversas áreas como por ejemplo; energía, transporte, construcción, agricultura y ganadería, entre otros. En este artículo nos centraremos en aspectos relacionados con la problemática asociada a la energía. Actualmente, el consumo de energía se satisface principalmente a través del uso de combustibles fósiles, este es un gran problema ya que no podemos depender de un combustible cuyo agotamiento se prevé en un futuro cercano y por otro lado, su uso contribuye al incremento de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, para enfrentar esta problemática global debemos, lo antes posible, lograr reducir drásticamente su producción y consumo, para de esta forma, ir frenando la contaminación asociada a su uso. Unas de las soluciones que se plantea consiste en potenciar el uso de energías renovables y limpias, acopladas a tecnologías de almacenamiento de bajo

consumo y sostenibles y, por otro lado, a través del desarrollo y avance de la electromovilidad, como se representa en el esquema de la Figura 2.

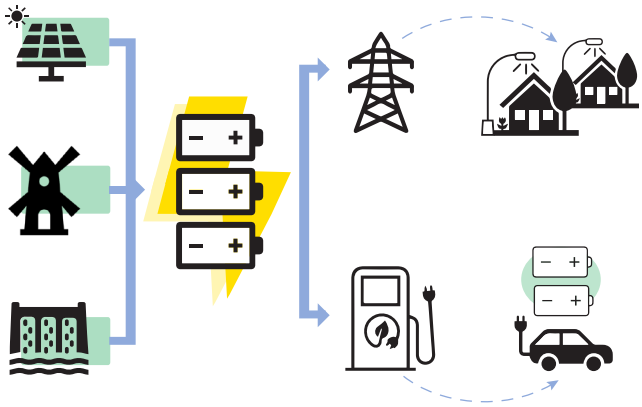


Figura 2

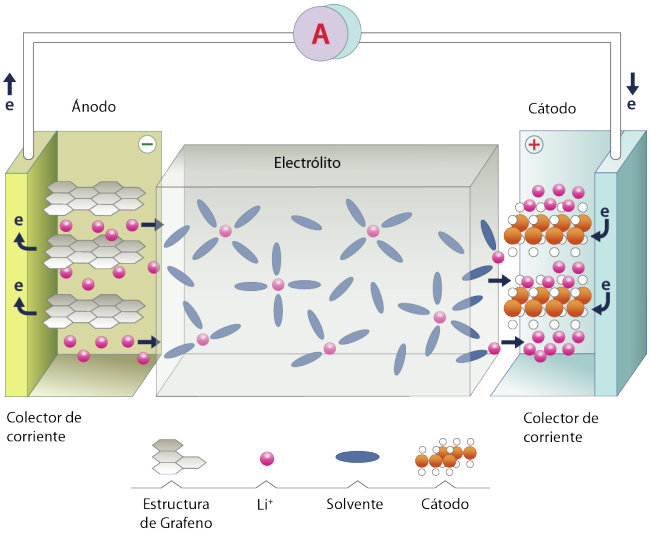
Esquema representativo donde se muestra la relación entre energías renovables y sistemas de almacenamiento de energía del tipo estacionario para abastecer redes para uso domiciliario y/o industrial así como también para el abastecimiento de energía para vehículos eléctricos.

Las fuentes de energía renovables son aquellas cuya disponibilidad en la naturaleza y su capacidad de regeneración es continua, por lo que se genera en cantidades inagotables. Por otro lado, las energías limpias son aquellas que no liberan gases de efecto invernadero durante su proceso de generación. Dentro de este tipo de energías destaca la energía eólica, la energía solar y la energía hidráulica. En este contexto, nuestro país tiene un gran liderazgo en materia de energías renovables dentro de América Latina. En Chile contamos con la radiación solar más alta del mundo y además con fuertes vientos de norte a sur para desarrollar energía solar y energía eólica, respectivamente. Estas condiciones han permitido que la capacidad instalada de generación de energía renovable en Chile creciera del 2% del total nacional en 2005 al 26,4% en 2020. Este crecimiento se encuentra liderado principalmente por proyectos solares y eólicos [2]. Pero para poder sacar el máximo de provecho a este tipo de energía se debe contar con sistemas de almacenamiento, esto es requerido debido a que la energía obtenida a partir de fuentes renovables presentan intermitencia, ya que son dependientes de factores climáticos, por lo que se requiere de sistemas de almacenamiento eficientes, económicos y amigables con el medio ambiente para que la energía sea almacenada y luego liberada a la red de forma continua. Dentro de los sistemas de almacenamiento de energía se encuentran las baterías. Actualmente, una de las baterías más comúnmente utilizada para almacenar energía a partir de fuentes renovables son las baterías de plomo-ácido regulada por válvulas. Esto se asocia a que estos dispositivos tienen un extremo bajo costo inicial. Las baterías de ion-litio se espera también puedan ser utilizadas de forma masiva en estos sistemas, pero para que esto ocurra, aún se debe avanzar en la reducción de costos asociados a esta tecnología. Actualmente, las baterías de ion-litio son ampliamente utilizadas debido a su excelente rendimiento y densidad de energía. Se utilizan principalmente en dispositivos portátiles, como computadores y teléfonos móviles. Además, estas baterías también están siendo utilizadas en aplicaciones de mayor demanda, como son los vehículos eléctricos o vehículos eléctricos híbridos. En cuanto al desarrollo de estos vehículos eléctricos, su costo depende principalmente del sistema de batería que se utilice (alrededor del 40 % del costo total), por lo que el avance tecnológico de estos dispositivos, junto con el reciclaje de sus componentes, es fundamental para que en un futuro estos vehículos reduzcan sus costos de fabricación y puedan ser utilizados ampliamente por la población y logren, de esta forma, desplazar a los actuales vehículos que funcionan con combustibles de derivados del petróleo [3].

Pero, ¿Cómo funcionan estos dispositivos? Las baterías ion litio están formadas por un cátodo cuyo componente principal es un óxido de metal de transición (Por ejemplo; LiCoO2, LiFePO4, LiMn2O4 o Li(Ni,Mn,Co)O2), un ánodo de grafito, un separador y un electrolito orgánico, como se muestra en el esquema de la Figura 3. Los cátodos y ánodos son los transportadores de carga que contribuyen al almacenamiento y liberación de energía. El separador divide físicamente los electrodos para evitar cortocircuitos internos y además permite un flujo interno de iones Li^+. La base del funcionamiento de estos dispositivos se relaciona a la inserción y desinserción de iones Li^+ entre los electrodos.

Las baterías de ion litio pasaron por diversas etapas antes de que lograran ser utilizadas de forma comercial. Todo comenzó a principios de la década de 1970, cuando el químico Stanley Whittingham desarrolló la primera batería funcional recargable utilizando un ánodo de litio metálico y un cátodo de disulfuro de titanio. Luego, en 1980, el físico John Goodenough duplicó el voltaje de la batería, empleando óxido de cobalto (LiCoO2) como material catódico. Finalmente, notaron que el uso de litio metálico como ánodo generaba problemas de seguridad, por lo que en 1985, el químico Akira Yoshino logró solucionar esta problemática, reemplazando el litio metálico por grafito. Esto lo logró gracias al descubrir que el grafito presentaba una respuesta similar a la del ánodo de litio metálico, pero sin los inconvenientes y riesgos asociados a ese material. Estos avances permitieron desarrollar una batería de ion-litio comercial y recargable de bajo peso, de alto voltaje y alta capacidad de carga. Gracias a los aportes realizados por estos científicos éstos fueron recientemente galardonados por la Real Academia de Ciencias de Suecia con el premio nobel de química [4].

A pesar de los avances tecnológicos asociados a las baterías de ion-litio, estas baterías pronto alcanzarán su máximo potencial, por lo que es poco probable que logren por sí solas cumplir con todos los objetivos de rendimiento, costo y escala necesarios para el almacenamiento de energía, tanto para el transporte electrificado, como para sistemas de almacenamiento estacionario. Es por lo anterior, que es primordial avanzar en nuevas alternativas de almacenamiento. Para lograr este avance, se deben buscar nuevos sistemas de baterías que permitan responder a la demanda energética proyectada. Dentro de esta búsqueda aparecen las



Cuando ocurre el proceso de carga, los iones Li^+ se separan de los materiales del cátodo ($LiCoO_2$), difunden en el electrolito y se mueven a través del separador para intercalarse en el material del ánodo (grafito). Mientras tanto, los electrones se mueven en dirección opuesta a través del circuito externo para mantener la electroneutralidad. Durante la descarga, los iones Li^+ se transportan desde el lado del ánodo hasta el cátodo.

Figura 3

Esquema de funcionamiento de una batería de iones de litio.

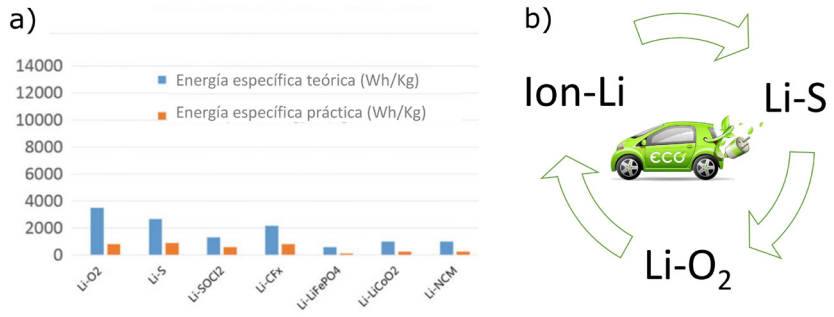


Figura 4

a) Gráfico en el que se muestran los valores de densidad de energía teórica (barra color azul) y práctica (barra Naranjo) de algunos sistemas de baterías recargables [5]. b) Esquema que representa la migración de baterías ion-Li hacia nuevas alternativas como; Li-O2 y Li-S, las cuales pueden coexistir y ser utilizas en conjunto para potenciar la electromovilidad.

baterías litio oxígeno (Li-O2) y litio azufre (Li-S). Estos tipos de dispositivos, si bien parecen similares a las baterías de ion-litio, operan bajo una química completamente diferente, lo que permite que los valores de densidad de energía teórica sean considerablemente mayores en comparación a la máxima densidad de energía que se proyecta para las baterías de ion-litio (350 Wh/kg). En el caso de Li-O2 y Li-S, estas podrían alcanzar una densidad de energía teórica de 3,500 Wh/kg y 2597 Wh/kg, respectivamente, como se observa en el gráfico de la Figura 4a). El uso de estos sistemas de almacenamiento están pensados principalmente para aplicaciones de mayor demanda energética como son los vehículos eléctricos. Ambas baterías funcionan con un ánodo de litio metálico y un cátodo de carbono poroso, que, en el caso de las baterías Li-O2, utilizan como material activo oxígeno y en el caso de las Li-S utilizan azufre (S). En las baterías de Li-O2 cuando ocurre el proceso de descarga ocurre la reacción de reducción de oxígeno en el cátodo y la oxidación de litio metálico en el ánodo, llevando a la formación de peróxido de litio (Li2O2), el cual, durante el proceso de carga, es oxidado generando O2. Las baterías Li-O2 son sistemas semiabiertos, ya que el O2, que es el material activo, ingresa de forma continua a través del cátodo a través de una membrana permeable y luego, en cada recarga, se elimina por esta misma vía, como se muestra en el esquema de la Figura 5 a). Con respecto a la batería Li-S, utiliza azufre como material activo en el cátodo. Este material presenta gran abundancia, bajo costo y además, es compatible con el medio ambiente. En la Figura 5 b) se muestra el funcionamiento de una batería típica de Li-S, la cual funciona con reacciones electroquímicas reversibles entre el litio metálico y el azufre en un electrolito orgánico. Durante la descarga, el ánodo de litio metálico se oxida a iones litio, que migran al cátodo y en el cátodo de azufre se forman polisulfuros de cadena larga (Li_2Sx, donde x = 4 - 8) que se disuelven en el electrolito y luego se precipitan en forma de disulfuros y/o sulfuros de litio insolubles (Li_2S_2 o Li_2S).[6]

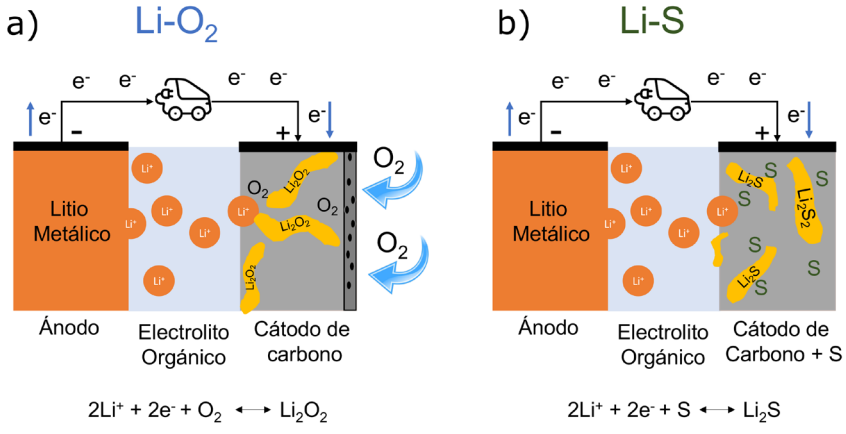


Figura 5

Esquema de funcionamiento de una batería Li-O_2 (a) y Li-S (b) durante el proceso de descarga.

Ambas baterías aún se encuentran en una etapa experimental y para que logren ser utilizadas de forma comercial se deben superar diversos obstáculos que, por un lado, limitan los valores de densidad de energía práctica, reducen su recargabilidad, así como también su vida útil, y por otro lado, se deben solucionar las problemáticas asociadas a seguridad para que puedan ser utilizadas en vehículos eléctricos. La cantidad de ciclos de carga-descarga que estos dispositivos pueden alcanzar se encuentra limitada principalmente a procesos indeseados que van generando productos que pasivan las superficies catódicas. A pesar de estos inconvenientes, al igual que para el desarrollo de las baterías de ion-litio, se deben identificar los problemas asociados a su funcionamiento y rendimiento para ir tras la búsqueda de posibles soluciones que permitan avanzar o ir modificando la estructura de los dispositivos para que puedan, en un futuro cercano, llegar a ser comercial.

En Chile aún nos queda mucho por hacer en esta materia, tenemos el privilegio de contar con una de las mayores reservas de litio; el Salar de Atacama. Este salar cuenta con el 40 % de las reservas de interés económico a nivel mundial y fue el primer yacimiento explotado en Sudamérica, desde 1984 a la actualidad. A partir de este salar se obtiene principalmente carbonato de litio (Li2CO3). Chile puede contribuir de forma aún más activa en esta temática, no solo aportando con litio como materia prima, sino que también, explorando el desarrollo de nuevas tecnologías, ya sean asociadas a la optimización de procesos de extracción o purificación del carbonato de litio de forma sostenible, así como también, desarrollando nuevos productos de litio, con mayor valor agregado, como por ejemplo; hidróxidos y litio metálico de alta pureza. Asimismo, invertir como país en áreas asociadas a la generación de mayor conocimiento técnico para lograr avanzar en investigación y desarrollo enfocado a la fabricación de nuevos materiales anódicos o catódicos que podrían ser utilizados en baterías, así como también a la investigación de nuevos sistemas como son las baterías Li-O2 y Li-S. Los diversos sistemas de almacenamiento basados en litio podrían complementarse y generar efectos sinérgicos que permitirían potenciar el uso de energías renovables limpias. Finalmente, todos estos esfuerzos nos permitirán aportar hacia la meta de la descarbonización.

Referencias

[1] NASA's Goddard Institute for Space Studies: https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/

[2] https://investchile.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/03ebook-energia-eng-.pdf
REPORT Energy, Projection & Opportunities, Abril 2021.

[3] Youping Miao, et.al. Journal of Hazardous Materials, Vol.425, 127900 (2022)

[4] https://www.kva.se/en/news/nobelpriset-i-kemi-2019-2/

[5] Zhang, H. et.al. (2017). Li–S and Li–O2 Batteries with High Specific Energy. In: Li-S and Li-O2 Batteries with High Specific Energy. DOI 10.1007/978-981-10-0746-0_1

[6] Hong Jie Peng, et al. Chem. Soc. Rev., Vol. 46, p. 5237-5288 (2017)

Con éxito se desarrolló el primer Forum Redes en Chile

El evento 2022 dejó 5 ediciones en Brasil y aterrizó en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura UCEN, donde se reunieron personas de diversos países a discutir sobre el trabajo entre entidades, emprendimiento, innovación y mucho más.



Con participantes, expositores/as, relatores/as y mentores/as de diversas partes del mundo, se llevó a cabo el Forum Redes 2022. El auditorio del edificio Vicente Kovacevic I fue el espacio para recibir la actividad que llevaba 5 ediciones anuales anteriores realizadas en Brasil y que por primera vez viajó hasta otro país.

Chile y especialmente la UCEN, a cargo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, organizaron el evento entre el 2 y 3 de junio en el que se abordaron temáticas ligadas al trabajo entre diversas entidades, el rol entre lo público y lo privado y cómo eso impacta en diferentes herramientas, proyectos e investigaciones. Además, las jornadas contaron con charlas de emprendimiento e innovación, el foco central de este Forum Redes 2022.

En la inauguración, el Decano de FINARQ, Christian Nicolai, resaltó la importancia de jornadas que involucran distintas miradas, con distintas culturas y realidades, e incluso aventuró que "ojalá en el futuro, con los avances tecnológicos, y con el metaverso, podamos relacionarnos de otra manera más cercana que a través de una videollamada".

Uno de los expositores internacionales presentes en la UCEN, fue Ernesto Giglio de la Universidad Paulista, quien en las palabras iniciales afirmó que "este es un espacio de debates, de intercambio de ideas. Acá traemos más preguntas que respuestas".

Esta edición se realizó, además, gracias al trabajo organizativo conjunto con la Universidad Paulista, Universidad Federal de Bahia y la Universidad de São Caetano do Sul, además de la colaboración de la Universidad de Playa Ancha.





El principio de causalidad en la Investigación y Desarrollo de los países



• *Pablo Díaz*
Dr. en Física, Universidad de La Frontera, Temuco.

Sin un cambio importante en la inversión y la infraestructura, no podremos ser actores en el siglo XXI "ni en ningún siglo" si seguimos utilizando la misma receta. Quizás, en medio de la actual discusión constituyente, la comunidad científica tecnológica deba hablar más fuerte que nunca para que se genere la infraestructura necesaria, ya que, como los datos lo muestran, no podemos violar una de las leyes de la física más relevantes, la causalidad.

Introducción

Investigación y desarrollo es una temática recurrente en los círculos académicos. En el presente artículo discutiremos con cifras la conexión existente entre inversión y consumo energético con dos indicadores relacionados: el número de artículos científicos y el número de solicitudes de patentes industriales. Esto lo aplicaremos a un grupo representativo de paises.

Los artículos científicos.

Para quienes no les es familiar el tema, los artículos científicos representan una las principales vías que la comunidad científica utiliza para comunicarse a nivel global. En general, un artículo científico resume el trabajo de uno o un grupo de científicos, los cuales relatan sus resultados mediante un escrito altamente especializado. Para que estos sean publicados, deben ser enviados a una revista científica cuyos editores envían el escrito a otros expertos en la materia para ser revisado: los referís. Este es un proceso ciego, en el sentido que quienes envían el escrito desconocen quién lo revisa. Dependiendo del veredicto de los referís, los editores toman la decisión de aceptar o rechazar la publicación. Existen miles de revistas científicas, en todas las áreas del conocimiento y con diferentes niveles de exigencia para aceptar los trabajos. Dos de las más conocidas son Nature [1] y Science [2]. Como veremos de los datos que presentaremos más adelante, la búsqueda de publicar los resultados científicos a través de este camino es un método global, en rápido aumento, sobre todo en Asia. En nuestro país, como en muchos lugares del mundo existe una fuerte crítica a lo que parece ser una paperitis global, sin embargo, esto no parece ser una preocupación para aquellos países que buscan liderar el siglo XXI, como podremos ver de los datos.

Las solicitudes de patentes industriales

En el ámbito de las aplicaciones que llevan a productos con impacto económico directo, el patentamiento de las ideas se ha vuelto cada vez más importante para que los creadores puedan mantener el control económico de sus inventos. A diferencia de los artículos científicos, los cuales suelen provenir de grupos concentrados en universidades y centros de investigación, las patentes industriales se concentran en individuos, grupos o empresas que buscan potencialmente comercializar el producto cuyo derecho de propiedad intelectual buscan preservar. Prácticamente todos los países tienen oficinas de patentes en las cuales ingresan solicitudes de individuos, grupos o empresas de cualquier país. Estas pasan por un proceso de revisión centrado en que la idea que se busca patentar sea suficientemente distintiva de otras ya patentadas. Como veremos, hay una relación importante entre el número de patentes industriales solicitadas asociadas a un país, con el nivel de industrialización de este.

En resumen, nosotros analizaremos como se relaciona el número de artículos científicos y las solicitudes de patente con la inversión en Investigación y Desarrollo (I&D).

Metodología

Uno de los principales indicadores es el porcentaje del PIB que los países invierten en I&D medido en USD. Este indicador fue obtenido desde los datos del Banco Mundial [3] y hemos tomado el último informado por los países, que en su mayoría corresponde al año 2020. Para llevar este porcentaje a dólares, hemos tomado el PIB 2020 de los países también desde el Banco Mundial. Además, tomamos los datos de consumo de energía eléctrica de los países [4] Nosotros analizaremos como se correlaciona el monto en USD y el porcentaje de energía consumida asociada con la cantidad de artículos científicos publicados y el número de solicitudes de patentes, ambas cifras para el año 2020. El número de artículos será obtenido directamente desde la colección principal de la base científica WOS (Web of Science) [5], la cual es una de las más importantes. WOS no es la única base de datos cien-

tífica, por lo tanto, los números que mostraremos no pueden ser considerados como toda la productividad científica de los países, sin embargo, es lo suficientemente grande para reflejar tendencias a nivel global. El número de solicitudes de patentes industriales por país fue obtenido desde la WIPO (World Intellectual Property Organization) [6]. La mirada es la de una caja negra, en el sentido que el input es la inversión en I&D y el resultado son los artículos científicos y las solicitudes de patentes, sin analizar en extenso las particularidades. En este sentido, existen discusiones, principalmente en algunos círculos académicos, de la validez, en particular a lo que se refiere en los artículos científicos, de si esta es la "forma correcta de comunicar la ciencia". Esta discusión se da mayormente en países occidentales y latinoamericanos, pero, como veremos de los datos, este lejos de atenuar el impulso, sobre todo en Asia y Oceanía, donde países como China, Corea del Sur y Australia, han venido incrementando fuertemente esta forma de hacer ciencia e industria. Nuestro análisis es solo una foto del momento (año 2020) y no contempla la velocidad con las cuales las cifras cambian en el tiempo.

Indicadores de I&D por país para el año 2020.

La Tabla 1 muestra algunos datos relacionados con I&D de algunos países industriales y algunos países latinoamericanos, incluido Chile. La primera columna nos muestra el monto en millones de USD (MM USD) gastados por los países en I&D y la segunda columna a que porcentaje del PIB corresponden. Como podemos ver, EE. UU. lidera la inversión seguido por China, con un porcentaje de inversión del 3.45% del PIB. Llama la atención que porcentualmente China aún no se coloque al nivel de EE. UU. pensando en que es un objetivo declarado de su gobierno llegar a ser la primera potencia científica y tecnológica, sin embargo, como lo veremos más abajo, la situación es distinta cuando de analiza la energía (en KWhr) que se utiliza para este fin. En Europa, Alemania supera por lejos la inversión en el tópico, tanto desde el punto de vista del monto como del porcentaje, lo cual se ve reflejado en los resultados, como veremos más abajo y es ampliamente conocido al ser considerada como el motor industrial de Europa. Desde un punto de vista porcentual, el primero a nivel mundial es Israel, país que ha incrementado fuertemente su inversión I&D los últimos años y se ve reflejado en un avance interesante en medicina y tecnologías de la información; aunque tiene una pequeña población, la inversión supera a España, Brasil e India (donde este último tiene una población de aproximadamente 140 veces la de Israel). En porcentaje, Corea del Sur ocupa el segundo lugar, ocupando el quinto puesto de la lista al considerar el monto en USD. El caso de Corea del Sur es quizás uno de los más notables, un país que en 1980 publicaba 189 artículos científicos y que en el año 2020 publicó 89.818 (WOS). En la época de los 80s el país decidió convertirse explícitamente en un país cuya actividad se basaría en matemáticas y física, pasando de ser un país agrícola a un exportador de bienes de alta tecnología. Los primeros años la inversión se centró en la educación de su población, enviando miles de personas jóvenes a estudiar a EE. UU. y Europa. Luego se generó una infraestructura científica tecnológica, formada por universidades, centro de investigación básica y centros de investigación aplicada. Esta infraestructura está altamente coordinada y mantiene una fuerte vinculación con la industria y las fuerzas armadas. Los resultados están a la vista. Por otro lado, Japón, que fue el primer tigre asiático, aunque ha perdido importancia relativa, sigue invirtiendo fuerte en I&D lo cual le ha significado seguir siendo un actor relevante actualmente.

El caso latinoamericano es definitivamente aparte. Dar una explicación medianamente razonable supera de lejos el objetivo del presente artículo. Por ahora, diremos que, tal y como se suele decir, son factores culturales. Trataremos de concretarnos solo en los números. Por ejemplo, salvo Brasil, ninguno de los países en la lista se supera el 0.5% del PIB de inversión en I&D. Por otro lado, el caso brasileño muestra que, por si sola, una mayor inversión en I&D no logra que un país alcance el desarrollo, aunque al ser una excepción, solo confirma la regla.

En la Tabla 1 también se incluye el consumo de energía eléctri-

	Inversión en I&D (MM US)	% I&D del PIB [7]	PIB 2020 (MM USD) [8]	Consumo en GWhr [9]	Consumo en GWhr (% I&D)	Población en millones [10]
EE. UU.	722.430	3,45	20.940.000	3.897.887	134.477	329,5
China	353.280	2,40	14.720.000	6.875.089	165.002	1402,0
Japón	164.308	3,26	5.040.108	903.699	29.461	125,8
Alemania	119.508	3,14	3.806.000	500.350	15.711	83,2
Corea del Sur	78.451	4,81	1.631.000	531.258	25.554	51,8
Reino Unido	46.307	1,71	2.708.000	289.688	4.954	67,2
Australia	24.357	1,83	1.331.000	237.388	4.344	25,7
Israel	21.869	5,44	402.000	59.193	3.220	9,2
España	18.062	1,41	1.281.000	256.482	3.616	47,4
Brasil	17.485	1,21	1.445.000	540.997	6.546	212,6
India	17.312	0,66	2.623.000	1.229.388	8.114	1380,0
México	3.228	0,30	1.076.000	267.340	802	128,9
Nueva Zelanda	2.996	1,41	212.500	41.170	580	5,1
Argentina	1.792	0,46	389.590	121.564	559	45,4
Chile	860	0,34	252.900	75.302	256	19,1
Colombia	787	0,29	271.300	69.857	203	50,9
Ecuador	435	0,44	98.810	26.353	116	17,6
Perú	343	0,17	202.000	49.121	84	33,0

Tabla 1. Indicadores de I&D por país.

ca de los países. Si hipotetizamos que la energía se reparte más o menos correlacionada con la actividad económica, podemos encontrar un valor aproximado de cuanta energía eléctrica se consume en las actividades relacionadas con I&D, tomando el correspondiente porcentaje de la energía total consumida. La penúltima columna muestra cual sería este monto. Así, el país que más energía consume en I&D sería China, el segundo EE. UU., el tercero Japón, el cuarto la Corea del Sur, dejando a Alemania en el quinto lugar. Las figuras 1 y 2 muestran las proporciones en I&D desde un punto de vista del monto de dinero y del monto de energía cinética, respectivamente. Esta mirada es novedosa y busca conectar la actividad en I&D con una variable física ajena a las percepciones humanas como lo es la energía.

Productividad en artículos científicos y solicitudes de patentes por país para el año 2020.

La Tabla 2 muestra el número de artículos científicos (AC) y de solicitudes de patentes (SP) por país. El país que más artículos científicos generó fue EE. UU., seguido por China, Reino Unido y Alemania. y el que más solicitudes de patente presentó fue China. Esto es una muestra que por ahora EE. UU. sigue siendo la primera potencia científica. En Europa el primer lugar lo ocupa El Reino Unido, lo cual se correlaciona con el hecho que el país alberga las universidades más prestigiosas de la región. En Asia, China ha tomado la delantera, aunque Japón sigue siendo un actor relevante, sumado a Corea del Sur las últimas décadas. Destacamos la potencia científica de Australia, país que, teniendo una pequeña población en comparación a los países asiáticos mencionados, supera en número de artículos a Corea del Sur y se acerca a Japón.

Respecto de las solicitudes de patentes, China es el indiscutible líder mundial, seguidos por EE. UU. y Japón, siendo nuevamente este último el tercer lugar. En Europa, Alemania supera por mucho a los demás, lo cual es evidencia de la potencia de la industria alemana. Un caso impresionante es el de Corea del Sur, país que supera por mucho a Alemania, teniendo una menor población. Es evidente que Asia está liderando esta etapa del desarrollo industrial humano, ya que, sumadas las solicitudes de patentes de China, Japón y Corea del Sur, estas superan por mucho a los países europeos y americanos de la lista.

La Fig. 3 muestra gráficamente la suma de los AC y las SP. Como ya lo hemos mencionado, la fuerza de Asia queda en evidencia. Se observa que Alemania, la potencia industrial europea, queda en cuarto lugar, detrás de Corea del Sur. Es interesante

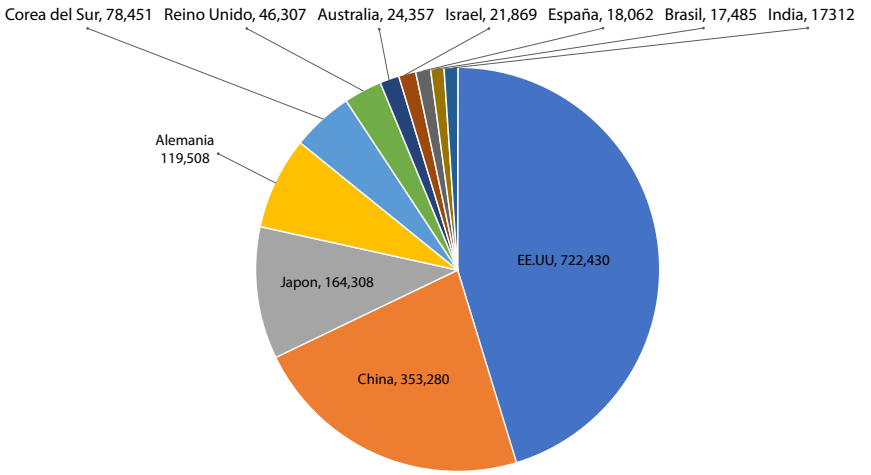


Figura 1

Inversión en I&D en millones de USD de los países industriales de la Tabla 1.

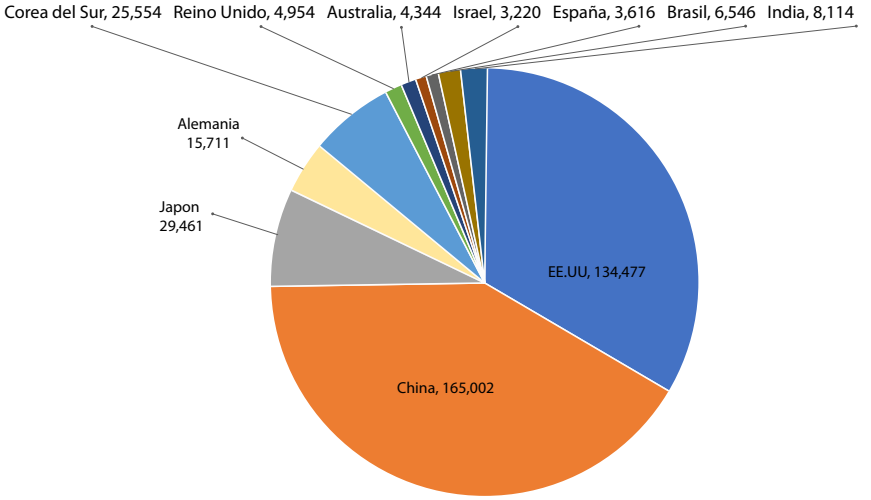


Figura 2

Porcentaje del consumo de energía eléctrica en GWhr utilizando el porcentaje de inversión en I&D respecto del consumo total en energía eléctrica.

	Artículos Científicos (AC) [11]	Solicitud de Patentes (SP) [12]	AC+SP
EE. UU.	773.260	496.123	1.269.383
China	617.014	1.441.086	2.058.100
Japón	125.862	423.264	549.126
Alemania	179.101	168.092	347.193
Corea del Sur	89.818	260.614	350.432
Reino Unido	226.928	53.079	280.007
Australia	117.508	11.907	129.415
Israel	29.925	16.223	46.148
España	118.569	10.170	128.739
Brasil	92.819	7.271	100.090
India	148.550	37.895	186.445
México	33.994	2.102	36.096
Nueva Zelanda	18.231	2.377	20.608
Argentina	17.981	1.239	19.220
Chile	17.381	862	18.243
Colombia	14.093	597	14.690
Ecuador	4.424	48	4.472
Perú	4.744	218	4.962

Tabla 2. Artículos científicos y solicitudes de patentes por país en el año 2020.

que, en los casos de China, Japón y Corea del Sur, el número de SP es muy superior al número de AC, lo cual revela un énfasis importante en la aplicación del conocimiento en el desarrollo industrial. En este sentido, en el mundo occidental de la lista, solo Alemania muestra la misma característica, ya que en el todo los demás la cantidad de AC supera por lejos el número de SP.

Nuevamente Latinoamérica muestra una diferencia abismante, ya que solo Brasil destaca por la cantidad de AC (aunque con una población muy superior). Es dramático observar que Nueva Zelanda, un país de 5 millones, supera a Argentina y Colombia, con poblaciones 10 veces superior. Más abajo discutiremos estos mismos números por millón de habitantes, lo cual nos dará una nueva perspectiva de la situación.

¿Gasto en dólares o en energía?
Ahora, volveremos a nuestra caja negra. Analizaremos la relación entre el gasto en I&D vs el número de AC y SP.

La Fig. 4 muestra una gráfica del número de AC y SP vs la inversión en I&D. Las rectas representan la regresión lineal donde R2 representa el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson. En palabras simples, mientras más cercano a 1 sea R2, mejor es el ajuste, el cual, en el presente caso, es lineal. Podemos ver que existe una mejor correlación entre en el gasto en I&D y el número de artículos (AC) científicos que el número de solicitudes de patentes (SP). Las razones para esta diferencia pueden ser variadas y un análisis acabado supera el presente artículo. Sin embargo, es evidente que a mayor inversión en I&D tendremos un mayor número de AC y SP.

Una cuestión relevante que surge al considerar el gasto en USD, es el hecho de lo que se puede hacer con un dólar es distinto dependiendo el país. Es por esta relatividad, que podremos nuestra atención en el consumo energético, el cual, al estar medido en unidades de energía (kWhr) es independiente de las percepciones humanas. Como ya mencionamos, hipotetizamos que si en lugar de considerar el porcentaje del PIB gastado en I&D (medido en USD), utilizamos el mismo porcentaje, pero de la energía total consumida por un país, la correlación con la cantidad de AC+SP será aún mayor. Los datos de este consumo estimado se encuentran la penúltima columna de la Tabla 1 y se encuentran parcialmente representados en la Fig. 2. La gráfica de la Fig. 5 muestra un resultado notable y consistente con nuestra hipótesis. La correlación respecto de la regresión lineal, representada por R2, muestra una leve baja para el número de AC, pero muestra un importante incremento con el número de SP, pasando de

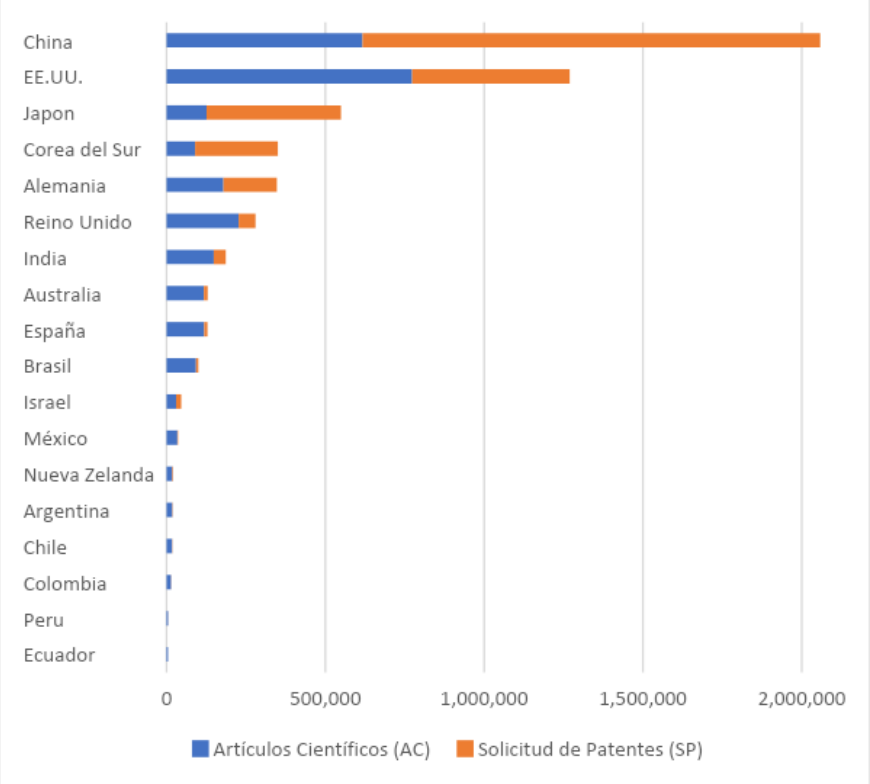


Figura 3
Gráfico de los datos de la Tabla 2.

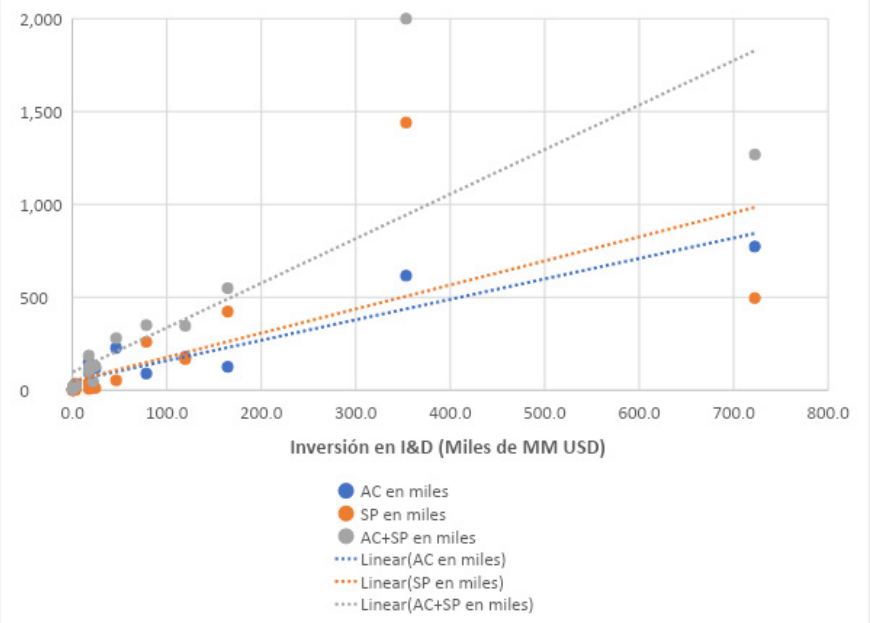


Figura 4
Número de artículos científicos y solicitudes de patentes en función del gasto en I&D en miles de MM USD.

0.53 cuando se utiliza el presupuesto en USD a 0.87 cuando se utiliza el porcentaje relativo al consumo de energía. Aún más sorprendente es el incremento de la correlación con el total de AC más SP. Esto nos muestra que, al considerar pesos similares para los AC y las SP, se consigue una impresionante correlación con el gasto de energía. Sin duda, se puede buscar una mejor correlación con el peso relativo entre los AC y las SP, pero eso lo dejaremos para un análisis futuro. Por ahora, podemos decir que la energía requerida para ambos tipos de productos, resultados de las actividades de investigación y desarrollo, requieren de gastos energéticos equivalentes. Además, el hecho de mostrar tan alta correlación es un indicador que este gasto por cada producto (AC o SP) es más o menos el mismo independiente del país. La física no falla, nuestras actividades están sujetas a variables físicas más que a percepciones de valor. Una economía que base sus cál-

culos en el consumo energético, en lugar del costo en USD (u otra moneda) tendrá una base más solida a la hora de estimar los resultados de sus actividades. Además, estos resultados muestran que abaratar el costo de la energía puede disparar la capacidad de una economía. Finalmente, desde el punto de vista de los resultados, China ya superó a EE. UU. en I&D, no por invertir más dinero, si no por invertir más energía.

Productividad por número de habitantes.

Para poder realizar un análisis más justo respecto de la productividad de los países, analizaremos los indicadores de la Tabla 2 por cada millón de habitantes. El gráfico de la Fig. 6 muestra la situación de forma clara: Corea del Sur es el país más productivo en términos de los indicadores que hemos discutido. Le siguen Australia, el cual viene a ser el más productivo desde el punto de vista de los artículos científicos. Llama la atención que el porcentaje de inversión en I&D es mucho menor al de Corea del Sur, lo cual podría ser un indicio que es más costosos el patentamiento industrial, sin embargo, las razones pueden ser multifactoriales. Otro país que destaca es Israel, el cual, según los datos de la UNESCO (https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=IL-KR), ha mantenido por dos décadas un porcentaje de inversión en I+D de 4% o más. Otro caso notable es el de Nueva Zelanda, el cual muestra indicadores muy similares a Australia. Estos dos países, Australia y Nueva Zelanda, comparten raíces culturales similares con El Reino Unido, llamando la atención lo similares que son en términos de productividad, a pesar de estar ubicados (respectos del UK) en lugares geográficos tan diferentes. China aparece en el lugar 10, lo cual muestra que aún tienen un enorme potencial para crecer, si suponemos que en el futuro se parecerá en términos de productividad a sus vecinos Corea del Sur y Japón. De ser así, es difícil imaginar el mundo en el cual China dominará el panorama mundial.

Nuevamente tratamos de forma separada el caso Latinoamericano, cuyas raíces culturales comunes también marcan pronunciadas similitudes en la productividad y en la proporción AC/SP. Aquí destaca claramente Chile, quién en productividad de AC supera a China y está muy cercano a Japón. Esto habla muy bien de la comunidad científica nacional, la cual, aunque cuenta con un bajo porcentaje de inversión en I&D, comparada con Japón o China, tiene indicadores similares a estos. Sin embargo, todos los países muestran una baja taza de patentamiento lo cual habla

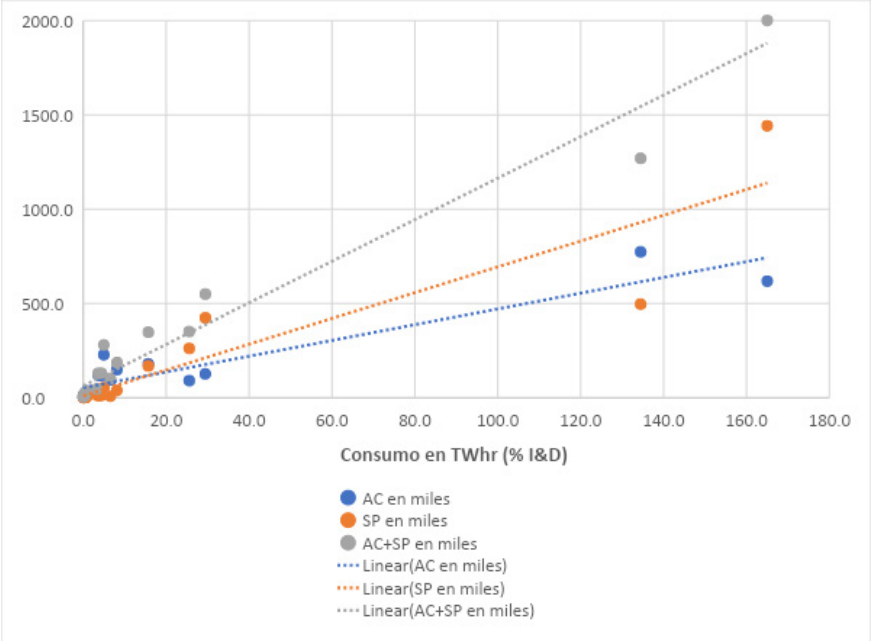


Figura 5

Número de artículos científicos y solicitudes de patentes en función del consumo eléctrico correspondiente al porcentaje invertido en I&D.

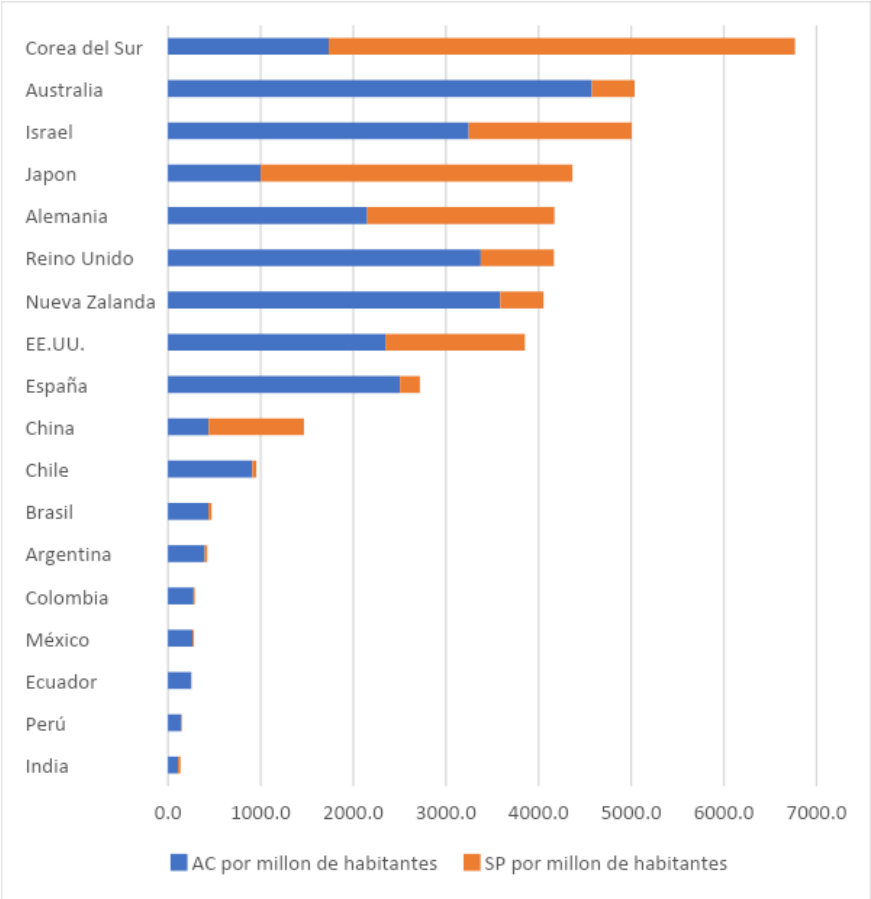


Figura 6

Gráfico de los datos de la Tabla 2 para Latinoamérica por millón de habitantes.

de una fuerte inmadurez a la hora de generar productos de base científica-tecnológica y/o nuestra capacidad de proteger la propiedad intelectual.

Conclusiones

Existe una fuerte correlación entre la inversión en I&D con la suma del número de artículos científicos y el número de solicitudes de patentes. Esta correlación es aún mejor si, en lugar de considerar el porcentaje de inversión en USD, se considera el mismo porcentaje, pero del consumo de energía eléctrica. Este resultado no es evidente y no ha sido explorado en la mayoría de los análisis del tema. Esto último implica que, abaratar la producción de energía trae como una consecuencia directa un aumento de la capacidad de producir ciencia y tecnología (o cualquier otra actividad humana). Quizás es mejor comenzar a hablar del consumo energético de nuestras actividades en lugar del valor en dinero, la física no falla.

En Latinoamérica, las conversaciones respecto de incrementar la inversión en I&D se repiten continuamente en círculos académicos, pero sin mayor impacto en quienes toman las decisiones, es decir, el mundo político (sea quién sea quien gobierne). Esto es tan evidente, que, en Chile, el currículo de ciencias en los colegios no solo no se ha fortalecido, si no que se ha debilitado fuertemente en los últimos años. Aún así, la comunidad científica nacional, comparada con los países de la región, es altamente productiva, lo cual habla de algunas particularidades de nuestro sistema de ciencia y tecnología que han dado buenos resultados. Sin embargo, tenemos una fuerte debilidad cuando se trata de generar propiedad industrial, tal que en el futuro próximo habrá que seguir construyendo una infraestructura que apunte en esa dirección. Pero cuidado, no hay que, como se dice en términos coloquiales, desvestir un santo (a medio vestir) para vestir a otro santo desnudo. Debemos seguir fortaleciendo nuestra capacidad científica, pero debemos redoblar los esfuerzos para que el conocimiento se transforme en productos

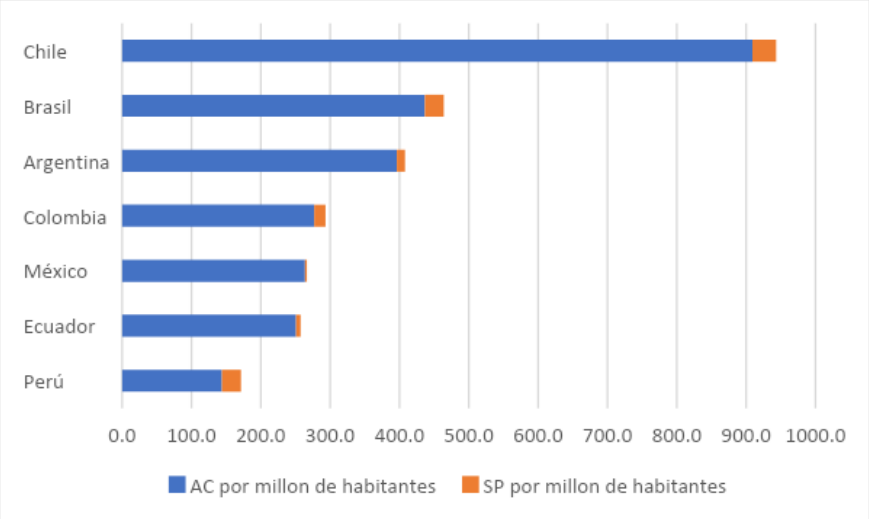


Figura 6

Gráfico de los datos de la Tabla 2 para Latinoamérica por millón de habitantes.

que impacten nuestra sociedad. Esto no puede significar que los científicos tengamos que generar patentes, significa que hay que formar gente con las capacidades necesarias para hacerlo. Debemos recordar que, décadas atrás, Corea del Sur era un país agrícola, lo que vino a cambiar por las decisiones de los dirigentes del país quienes decidieron hacer de Corea un país cuya educación se basa en las matemáticas y las ciencias: el resultado es evidente. Ellos generaron un ecosistema, muy similar al de Alemania, en el cual conviven universidades, centros de investigación básica y centros de investigación aplicada, los cuales, de forma coordinada, trabajan para fortalecer las actividades productivas del país. Quizás, en medio de la actual discusión constituyente, la comunidad científica tecnológica deba hablar más fuerte que nunca para que se genere la infraestructura necesaria, ya que, como los datos lo muestran, **no podemos violar una de las leyes de la física más relevantes,** LA CAUSALIDAD. Sin un cambio importante en la inversión y la infraestructura, no podremos ser actores en el siglo XXI (ni en ningún siglo) si seguimos utilizando la misma receta.

Referencias

[1] https://www.nature.com
[2] https://www.science.org
[3] https://datos.bancomundial.org
[4] datos informados en el sitio web https://countryeconomy.com
[5] https://clarivate.com/products/web-of-science/
[6] https://www.wipo.int/portal/en/index.html
[7] Banco mundial, https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS
[8] Banco mundial, https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD
[9] Datosmacro, https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo
[10] Banco mundial, https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL
[11] Colección principal Web of Science.
[12] World Intellectual Property Organization, https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2021.pdf



II Congreso Nacional de Educación Astronómica

El II Congreso Nacional de Educación Astronómica, es una iniciativa surge de la necesidad latente de fortalecer la enseñanza y aprendizaje de la astronomía en nuestro país.

• *Angie Barr Domínguez*
Dra. Astrofísica, Profesor Jornada, Facultad de Ingeniería

• *Carla Hernández*
Dra. en Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales, Universidad de Santiago de Chile

• *Maritza Arias*
Profesora de Matemática, Colegio Leonardo Da Vinci

• *Hugo Caerols*
Dr. en Matemática, Universidad Adolfo Ibáñez

• *Daphnea Iturra*
Mg. en Astrofísica, Universidad de la Santísima Concepción

Introducción

Las excepcionales condiciones del cielo chileno para fines astronómicos han permitido que Chile sea sin duda uno de los países líderes en la materia, concentrando el 70% de la capacidad mundial. Sin embargo, la Educación Astronómica en Chile no es un área desarrollada, por lo que es necesario reforzar la enseñanza de la Astronomía dentro de la estrategia nacional de educación básica y media. A la fecha no existe una formación docente en astronomía, y el estudio de la astronomía en el currículo escolar ocupa solo el 6% de los temas cursados en la asignatura de Ciencias Naturales en la educación básica, siendo primero y tercero básico los únicos cursos de este ciclo en los que los estudiantes (entre seis y ocho años) tienen astronomía en el plan de estudios. Después de esto, la astronomía se olvida hasta la enseñanza media, cuando los estudiantes tienen 15 años o más.

Por ello, el equipo de NAEC Chile realizó el I Congreso Nacional de Educación Astronómica, que surge de la necesidad latente de fortalecer la enseñanza y aprendizaje de la astronomía en nuestro país, y de una serie de encuentros previos que nos ha permitido recoger inquietudes. y necesidades de formación en los diferentes niveles educativos. El recibimiento de los participantes en el I Congreso Nacional de Educación Astronómica realizado entre el 13 y 15 de julio de 2021 en modalidad virtual, indica que el 100% de los asistentes volvería a participar en una próxima versión del Congreso, y el 46% expresa su preferencia en una modalidad híbrida (presencial y virtual).

Instancias internacionales

La Oficina de Educación en Astronomía de la Unión Astronómica Internacional (OAE-IAU) ha creado una red mundial de Coordinadores Nacionales de Educación en Astronomía (NAEC, por sus siglas en Inglés).

Cada equipo de NAEC está formado por hasta cinco expertos en educación astronómica que está destinado a ayudar a la OAE a documentar y analizar cómo se utiliza la astronomía en la enseñanza en su país, identificar las acciones relevantes existentes, organizar el desarrollo profesional para los profesores y desarrollar material educativo de alta calidad y de fácil acceso adaptado a las necesidades específicas del país, y para grupos y niveles escolares específicos.

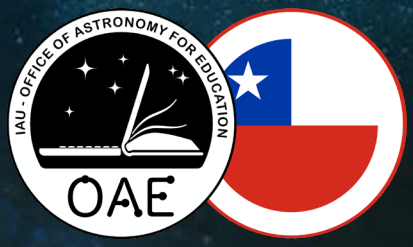


Figura 1
Logo Oficial: NAEC Chile

NAEC en Chile

En Chile este equipo de trabajo está formado por:

• **Angie Barr Domínguez**, Universidad Central, región Coquimbo (Chair).

• **Carla Hernández Silva**, Universidad de Santiago de Chile.

• **Hugo Caerols Palma**, Universidad Adolfo Ibáñez.

• **Maritza Arias Manríquez**, Colegio Leonardo da Vinci Vicuña.

• **Daphnea Iturra Roa**, Universidad Católica de la Santísima Concepción.



Figura 1

Grupo Coordinadores Nacionales de Educación Astronómica NAEC Chile.

Los objetivos de NAEC en Chile son:

- Consolidar espacios de discusión en torno a la enseñanza y aprendizaje de la astronomía en Chile.
- Promover la actualización curricular y metodologías para incentivar el aprendizaje de la astronomía en diferentes niveles educativos
- Intercambiar ideas y experiencias en torno a la enseñanza y aprendizaje de la astronomía en diversos temas y en conexiones interdisciplinares con áreas afines
- Difundir resultados de trabajos de pregrado, postgrado, proyectos de investigación o prácticas innovadoras (teóricas o experimentales) focalizadas en la enseñanza y aprendizaje de la astronomía.

Congreso nacional NAEC Chile

El II Congreso Nacional de Educación Astronómica se realizará de manera presencial en la Universidad Central, región de Coquimbo, tendrá una duración de dos días y medio, y tiene contemplado dentro de las múltiples actividades una visita al Observatorio Las Campanas.

En el evento se realizarán diversas actividades abordando temas de interés para la comunidad educativa nacional y considerando los diferentes niveles educativos:

1. Conferencias públicas
Para involucrar a un mayor número de público, todos los días habrá una conferencia abierta al público y transmitida a través del canal de YouTube de NAEC Chile.

2. Talleres prácticos
Reconocidos especialistas con experiencia en astronomía ofrecerán talleres paralelos para los participantes que requerirán inscripción previa.

3. Conversaciones
Reconocidos expertos se reunirán con los asistentes para discutir e intercambiar experiencias sobre temas específicos.

4. Bloques de presentaciones orales y póster
Los participantes pueden mostrar sus avances y proyectos, enviarnos un resumen para presentar aportes de manera oral y recibir retroalimentación de sus pares y expertos.

Tendrán 15 minutos y al final del bloque habrá tiempo para preguntas y debate.
Se han propuesto los siguientes temas, para que los asistentes presenten sus propuestas en este II Congreso Nacional de Educación Astronómica:

• Aprendizaje de la astronomía en entornos virtuales.
• Estrategias de aprendizaje activo para la enseñanza de la astronomía.
• Educación en espacios no formales. La enseñanza de la astronomía en la primera infancia.
• Experiencias educativas inclusivas en astronomía con enfoque en diversidad de género, etnia y discapacidad.
• Uso de las TIC para el aprendizaje de la astronomía.
• Experiencias de educación interdisciplinaria para la enseñanza de la astronomía.



Figura 2

Afiche: II Congreso Nacional de Educación Astronómica.

Estos fueron seleccionados luego de recopilar los temas de interés de los participantes en encuentros previos con docentes, usando la experiencia y opiniones recabadas del I Congreso Nacional de Educación Astronómica, y por último considerando los lineamientos de la Oficina Internacional de Educación de la Unión Internacional de Astronomía (OAE -IAU), que se encuentran en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Referencias

[1] Reaching for the Stars, Alcanzando las Estrellas: Hallazgos de las Cumbres Chileno-Estadounidenses de Educación y Difusión de la Astronomía Santiago de Chile, noviembre de 2016
[2]https://sites.google.com/view/naec2022

Aprendizaje Autónomo en la Universidad:
Un desafío docente

La mediación docente de procesos de autorregulación del aprendizaje en nuestros estudiantes.



• *Sonia Fuentes Muñoz*
Dra. en Psicología y Educación, Decana Facultad de Educación y Ciencias Sociales UCEN

Las difíciles e imprevistas experiencias vividas en estos últimos años a partir del 2020 por efecto de la pandemia universal, ha dejado de manifiesto de una manera mucho más evidente aún, las dificultades de muchos estudiantes para asumir y resolver las exigencias académicas universitarias con autonomía y éxito. Estas barreras se acentuaron al tener que responder a clases virtuales que demandaban variadas estrategias para responder a las tareas, trabajos, evaluaciones, entre otras. Si bien existen muchas y diferentes variables que incidieron en estos escollos, hay una que destaca por su gran importancia y por los efectos que provoca en las personas de los estudiantes, dado que se vincula directamente, con la capacidad de implicación personal y la agencia que cada alumno activa en su proceso de aprender. Este proceso y desarrollo de competencias para apropiarse reflexiva y conscientemente de la tarea de aprender y de las acciones que ello implica, es lo que se conoce como autorregulación del aprendizaje.

No cabe duda que las exigencias del siglo XXI en el ámbito de los conocimientos y del aprendizaje, han ampliado los desafíos en el proceso educativo tanto para quién enseña como para quién aprende. Las exigencias de un mundo globalizado, complejo y con fuertes exigencias de responder y adaptarse rápido a los cambios permanentes, y especialmente, de funcionar con autonomía estratégica para enfrentar y afrontar, ojala con éxito, los innumerables y permanentes desafíos, determina que desde el trabajo docente universitario se precise atender al acompañamiento y mediación en la adquisición y aplicación de estrategias de Autorregulación que subyacen a todo acto de aprender y funcionar en la vida. La tarea formadora universitaria amerita este acompañamiento. Esto significa trascender a la mera transmisión de los contenidos disciplinares para convertir esta etapa de vida estudiantil, en una oportunidad de desarrollo y potenciación de competencias para aprender de manera autónoma a lo largo de la vida, en el preámbulo de la vida profesional y laboral.

La preocupación acerca de las competencias para aprender que evidencian los estudiantes en la educación superior, ha propiciado en el mundo académico, desde hace dos décadas especialmente, la búsqueda e indagación de información que explique por qué algunos estudiantes aprenden con facilidad y otros no tanto, con el propósito de generar a partir de este conocimiento, posibles soluciones para comprender y paliar las dificultades pesquisadas y mediar desde la docencia hacia el desarrollo de competencias que favorezcan un aprendizaje autónomo, efectivo y eficiente.

En la Universidad Central estamos en el proceso de una renovación curricular desde la Vicerrectoría Académica con el Proyecto educativo CREA UCEN, que entre otros énfasis importante señala la incorporación explícita del tema de la Autorregulación del Aprendizaje en la formación universitaria.

Pero ¿qué se entiende por Autorregulación del Aprendizaje? De manera simplificada se puede definir como el proceso de autogestión de emociones, pensamientos y conductas para alcanzar un determinado objetivo de aprendizaje, Schunk [1].

El interés científico por investigar la autorregulación del aprendizaje en el ambiente escolar/académico surgió en la década de 1980, con el objetivo de identificar cómo los estudiantes se hacían responsables de su proceso de aprendizaje. Uno de los científicos pioneros en este tema fue Zimmerman en 2013 [3], quien lo define como el grado en que los estudiantes actúan a nivel metacognitivo, motivacional y conductual en su proceso de aprendizaje académico. A nivel conductual, los estudiantes buscan seleccionar, estructurar y crear ambientes que beneficien su proceso de aprendizaje; son metacognitivos porque utilizan estrategias para planificar, organizar, autocontrolar y autoevaluar su aprendizaje; y están motivados porque se sienten auto eficaces, autónomos y competentes para aprender en diferentes tareas.

Estos aspectos acentúan su importancia cuando la actual orientación educativa proclama que el aprendizaje está centrado en el estudiante, esperando por ello, que éste asuma un rol esencial y protagónico en su tarea de aprender. Se espera así, que los estudiantes desarrollen un aprendizaje autónomo, que sepan gestionar su propio aprendizaje, activando los procesos relacionados con la automotivación, la activación de los procesos cognitivos y el control de su propio comportamiento, aspectos movilizados en sentido de alcanzar un objetivo previamente establecido. Es decir, estudiantes agentes y autorreguladores de su aprendizaje [3,4,6]. La agenciación humana es la capacidad de ejercitar el control sobre nuestro propio funcionamiento y sobre los eventos que afectan nuestra vida [1].

El aprendizaje autónomo pone el acento en la responsabilidad personal ya que involucra que el estudiante debe asumir el control interno del proceso de aprendizaje. Es decir, relaciona la autodirección con el concepto de autonomía.

El aprender de manera autónoma es la facultad que tiene una persona para dirigir, controlar, regular y evaluar su forma de aprender, de forma consciente e intencionada haciendo uso de estrategias de aprendizaje adecuadas para lograr el objetivo o meta deseada (Fuentes y Rosário, 2013, p.12). Es decir, un estudiante con estrategias de autorregulación del aprendizaje.

La orientación de este proceso desde la universidad, se sostiene en la importancia de docentes capaces de aprender y enseñar estratégicamente de forma autorregulada en las diferentes materias que componen el currículo académico. Esta visión nos pone en el desafío de contar con docentes estratégicos que enseñen estrategias a sus alumnos a través de metodologías activas

brindando así, a los estudiantes, la oportunidad de aprender a utilizar estrategias adecuadas a las diferentes tareas de aprendizaje, incorporar un método de trabajo ordenado que le permita anticipar estrategias (fase previa), ejecutarlas monitoreando (fase de realización) y evaluar el resultado obtenido (fase de auto reflexión) (ver figura 1)

Las fases que muestra esta figura son importantes de mediar en los procesos de aprender, especialmente con la intención de aportar al desarrollo de la capacidad de pensar de manera más organizada, más precisa, más focalizada y más rigurosa con una lógica y un método de trabajo eficiente y eficaz. La literatura científica ha mostrado la relación entre factores personales, estrategias de aprendizaje, autoeficacia y rendimiento académico y se ha comprobado, por otro lado, que los alumnos a los que sus profesores, enseñan y modelan estrategias de autorregulación de aprendizaje de una forma sistemática y aplicadas a diferentes tareas académicas, proyectan y activan más automáticamente su aplicabilidad y uso.

Conclusiones

Si un estudiante es capaz de autorregular su desempeño vinculando conscientemente su motivación, procedimientos y conocimientos en beneficio de alcanzar sus aprendizajes, adquirirá gradualmente, la capacidad de ir decidiendo, monitoreando y controlando los procesos que desarrolla y los efectos que producen en sus resultados, siendo capaz, por ende, de potenciar lo que ha resultado bien y modificar lo que no ha sido adecuado (Rosário, et. al., 2014, 2015, 2016 ; Zimmerman y Schunk, 2011).

El fomento de los procesos y estrategias de autorregulación del aprendizaje en el desempeño de los estudiantes aporta a la formación de personas con capacidad para planificar y organizar el tiempo productivamente, atender y concentrarse en la atención de las tareas, organizar y relacionar la información, funcionar con flexibilidad de pensamiento, monitorear y controlar los avances, despertar la automotivación y la autoevaluación, evitar la procrastinación, en fin, agenciarse de la responsabilidad y complicidad que le cabe en el acto de aprender, es decir, cumplir con el esperado rol de ser un estudiante, protagonista de su aprendizaje.

Esta tarea universitaria requiere de docentes mediadores con conocimiento de la trascendencia de estos procesos para el aprendizaje, capacitados en los procesos que lo desarrollan y con una orientación de su rol hacia la búsqueda de optimizar con estas herramientas el funcionamiento autónomo de sus estudiantes, característica que no solo se proyectará hacia el quehacer en el aula, sino y muy significadamente, hacia su aplicación en distintos contextos de la vida.

Sin duda, este requerimiento, por su importancia y trascendencia humana, es todo un desafío para nuestra tarea docente y proyecta y recupera de manera noble, el importante sentido formador de nuestro rol.

Referencias

[1] Bandura, A. Social cognitive theory: Anagentic perspective. American Review of Psychology, (2001) p52, 1-26.
[2] Fuentes, S. Competencias percibidas para el aprendizaje autónomo en la universidad: una mirada desde estudiantes y docentes de primer año en Chile. (Tesis Doctoral publicada), (2012) Universidad de Granada, España.
[3] Fuentes, S. et.al., Mediar para la Autorregulación del Aprendizaje: Un Desafío Educativo para el Siglo XXI. (2013) INDESCO, U. Central de Chile, Santiago
[4] Rosário, P., et. al., Autorregulación del aprendizaje: una revisión sistemática en revistas de la base SciELO. Universitas Psychologica, 13(2), (2014). p781-798.
[5] Rosário, P. et. al., Autorregulación del Aprendizaje en una clase de la universidad: Un enfoque de infusión curricular. Revista de Investigación Educativa, 34(1), (2016) p31-49.
[6] Rosário, P. et.al., Transcultural analysis of the effectiveness of a program to promote self-regulated learning in Mozambique, Chile, Portugal, and Spain, Higher Education Research & Development. Vol. 34, Iss.1. (2015) p173-187.
[7] Rosário, P. et.al., Programas de promoção da autorregulaçãoao longo da escolaridade: estórias-ferramenta como motor da aprendizagem. En: Viera da Veiga, Bragagnolo y Menna, Autorregulação da aprendizagem e narrativas autobiográficas: epistemologia e prácticas. Editorial EdiPUC, Edufren, Eduneb, (2012) p. 179 - 207, Brasil.
[8] Schunk, D., Self-efficacy and academic motivation. Educational Psychologist, 26, (1991) p207 – 231.
[9] Zimmerman, B. Becoming a self–regulated learner: an overview. Theoryinto Practice, 41 (2), (2002) p64 – 70.
[10] Zimmerman, B. et.al., Handbook of self-regulation of learning and performance. (2011) N.Y. USA: Routledge.

Fases y subprocesos del ciclo de ARA (Zimmerman, 2000)

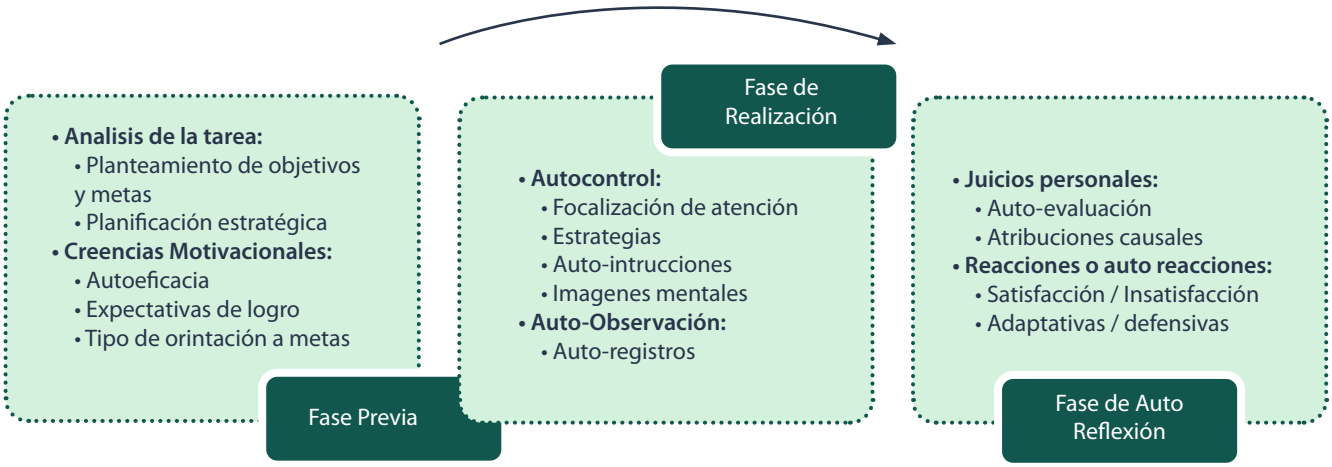


Figura 1

Fases de la Autorregulación del Aprendizaje según Zimmermann.

Estudiantes participan de programa internacional Global Classroom

Organizados por el Instituto Técnico de Monterrey, México y la Universidad Central de Chile, estudiantes de las clases de Taller de las Asignaturas Innovación y Emprendimiento y Tópicos II: Gestión de Innovación de la Escuela de Ingeniería, asistieron a 5 sesiones de trabajo y aprendizaje.



Un certificado del Instituto Técnico de Monterrey, México, fue el cierre de una buena y activa participación que hizo un grupo de estudiantes en la versión Global Classroom 2022, experiencia internacional organizada por la Tec y la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central de Chile.

La estudiante Paula Chacón, destacó el nivel de la UCEN, asegurando que "la experiencia de trabajar con alumnos de otra universidad, y más aún de otro país, permitió visualizar que los contenidos vistos en distintas asignaturas son similares a los que se ven al nivel de Latinoamérica".

Sobre ese punto, otra asistente Siomara Dintrans, agregó que "el relacionarnos con personas de otros lugares del mundo nos ayudará a ser profesionales mucho más competentes y completos. Nos ayuda a ver las cosas desde otro punto de vista y, a su vez, ser más creativos".
Coordinada por el docente Camilo Peña, de las clases de Taller de las Asignaturas Innovación y Emprendimiento y Tópicos II: Gestión de Innovación de la Escuela de Ingeniería, la actividad internacional supuso una relación positiva entre lo visto en la instancia y los conocimientos adquiridos en los diversos ramos, según Paula Chacón.

"El enfoque A+A que se aplica en la Facultad de Ingeniería nos ha abierto la posibilidad de participar en distintas actividades a lo largo de la carrera que influyen al 100% en nuestro desarrollo como futuras profesionales y, al mismo tiempo, nos acerca más al ambiente laboral al que tendremos que enfrentarnos próximamente", aseguró la estudiante.

Algo que complementó la también participante y alumna, Danitza Jara, quien añadió que "el tema de innovación y desarrollo sustentable, siempre es un bueno foco para generar una actividad práctica".

IV CONFERENCIA INTERNACIONAL DEL GRUPO IA VALSE FOOD CYTED Y VII SIMPOSIO CHIA LINK

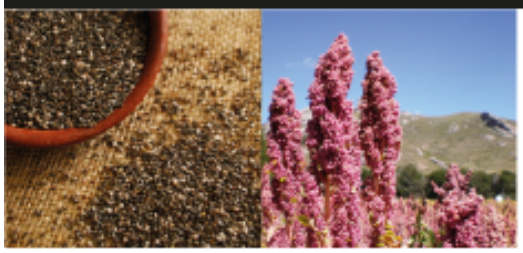
Argentina - 14 al 18 de Noviembre de 2022

TEMÁTICAS

Agronomía
Nutrición y salud
Desarrollo de alimentos
Tecnología



IMPULSANDO LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN ALIMENTOS CON VALIOSAS SEMILLAS ANCESTRALES IBEROAMERICANAS



14-15 de noviembre LA PLATA

16-18 de noviembre JUJUY

ACTIVIDAD GRATUITA Y ABIERTA

COMITÉ CIENTÍFICO

Mabel Tomás
CIDCA-CONICET-CICPBA
UNLP
Argentina

Norma Sammán
CIITED-CONICET
UNJU
Argentina

Loreto Muñoz
UCEN
Chile

Claudia M. Haros
IATA-CSIC
España



CONSULTAS: iavalsefood2022@gmail.com

Las oportunidades están a la vuelta de la esquina

Por Marla Amigo, Ariel Palacios y Diego Órdenes

Seremos informáticos, nos gusta programar, entendemos los sistemas operativos y el hardware lo reconocemos y entendemos bien. Sin embargo, nos interesaba saber cómo se fabricaba un microprocesador el cual es el artefacto físico que se transforma 8 bites en un byte y que nos permite manejar la información de un ordenador. Conversando con nuestro profesor, Alejandro Sanhueza, nos comentó que existía un laboratorio en la UCEN, que trabaja en temas de nanotecnología, y de forma experimental. No imaginamos que estuviésemos tan cerca de no solo entender los componentes internos, ¡sino que podríamos de alguna manera ver equipamiento que lo crea, y quizás crearlo!

Fuimos con el profesor Juan Luis Palma, al laboratorio de nanosintesis de la Universidad y le preguntamos: ¿Profesor, podemos crear un microprocesador en su laboratorio? Primero nos miró con cara de asombro, estamos seguros de que se reía incrédulamente, pero la mascarilla no nos permite asegurar eso. Nos dijo que "sí, en principio, pero que no es una tarea fácil". Trabajamos con él, estudiamos cómo hacer microprocesadores, estudiamos las fases de la fabricación y del tratamiento de la oblea de silicio. Se podría decir que fabricar el microprocesador tiene unas cinco etapas antes de hacerlo funcionar y programarlo, pudimos hacer tres, pero netamente fue solo por la falta de tiempo, es interesante las tres etapas de fabricación eran las más impresionantes e interesantes, pudimos hacer litografía y depositar contactos metálicos, evaporando metales en alto vacío, fue un proceso muy largo y enriquecedor.

Hubiese sido genial verlo funcionar.

Aprendimos tantas cosas y recordamos tantas cosas más que estaban enterradas en los recuerdos y se pasaron en las asignaturas de ciencias básicas, tales como electromagnetismo, que en algún momento todos los profesores decían que iban a importar más de lo que creíamos.

A veces no sabemos cuán cerca nuestro están las capacidades de realizar cosas. A veces, las oportunidades están a la vuelta de la esquina. La baja visibilidad, no solo tiene que ver con la dificultad que tienen los profesores o investigadores de divulgar su quehacer, tampoco tiene que ver con la falta de interés de los alumnos, y lo que nos cuesta despertar para ser más partícipes. A veces la cantidad de información que nos rodea es agobiante, nos hace confundirnos, y nos deja un poco ciegos de ver lo que está a nuestro alrededor. Hemos aprendido, que lo importante es ponerle ganas a las cosas que nos parecen importantes, y hay que involucrarse. Creemos que, desde hoy, crecimos como profesionales, y somos un poco más proactivos que antes. Y agradecemos esta oportunidad, y esperamos seguir adelante con estos proyectos que realmente hacen amar nuestra carrera.



La ciencia lo dice: el vinilo es el mejor formato para escuchar música

Por Juan Luis Palma

Hoy 12 de agosto se celebra el día del vinilo. Y aunque se debe a la invención del fonógrafo un día como hoy, pero de 1877 por Thomas Alva Edison, quiero rendirle un pequeño homenaje a los discos desde lo que conozco: el almacenamiento de información.

El vinilo se introdujo en 1948 y sustituyeron a los discos de Goma Laca de 78 RPM. Estos discos tienen surcos de menor tamaño, tanto en profundidad como en grosor, por eso se les llamó "discos de microsurcos". En tecnología de la información, sabemos que al tener un bit de menor tamaño, podemos almacenar más información en menos espacio. Esto hizo que los discos de vinilos (microsurcos) permitieran incluso grabar hasta 30 minutos por cara, algo que revolucionó la época tanto como hoy nos emocionamos cuando nos aumentan los gigas de almacenamiento. Estos son los famosos discos "elepé", LP o Long Play.



¿Pero que hace tan especial al vinilo? ¿Por qué nos gusta tanto? Más de alguno pensará "es porque eres un hípster…", ¡no señor, equivocado! El romanticismo no es lo único que nos gusta del vinilo. Para empezar, nos gusta su proceso de fabricación, que parte con un disco de metal, llamado máster, que se obtiene por la técnica de sputtering (evaporación física de metales en alto vacío y que permite un acabado liso y perfecto). El máster se escucha, y además se analiza en un microscopio para borrar imperfecciones, y luego se usa para prensar el disco, es el molde que prensa la resina del vinilo final. Hermoso.

Lo que más nos gusta es que la información que tiene es análoga. Esto significa que es continua, que entre punto y punto hay infinitos puntos de información. Lo contrario que ocurre en un disco digitalizado (tanto en un compact disc o en un pendrive MP3). En un disco digitalizado, la información se discretiza, es como pixelear una imagen real, no se ve continua ni real: se ve pixeleada (de baja resolución). El mismo efecto ocurre con el sonido. Hoy en día, la digitalización es fiel, no suena con toda la información análoga de un vinilo, pero es bastante fiel, gracias a los avances de la tecnología. Nadie sufrió más esta pérdida de información, que los que fuimos pre-adolecentes en los 90's. Con sinceridad, podemos decir que sonaban mal las cosas digitales y no queríamos soltar nuestros Cassettes con cintas.

El vinilo te entrega un sonido fiel, casi como si estuvieras escuchando en vivo, porque tiene la información completa, no digitalizada. Quizás qué tecnología vendrá a destronar al vinilo, dudo que aparezca una. Al menos como queda claro, tal cosa no ha llegado en 74 años.

Decano Christian Nicolai: “Nuestro rol es formar profesionales de excelencia comprometidos con su región"

La máxima autoridad de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura participó de la inauguración del Año Académico de FINARQ en la sede de la Universidad Central en la Región de Coquimbo. En la instancia compartió con académicas y académicos, estudiantes y Eric Goles, Premio Nacional de Ciencias 1993, quien ofreció una charla magistral.



Con la clase magistral del Premio Nacional de Ciencias 1993, el matemático Eric Goles, “De la verdad matemática a la inteligencia artificial” la Universidad Central en la sede de la Región de Coquimbo inauguró el año académico de la Facultad de ingeniería y Arquitectura.

El Decano Christian Nicolai Orellana, refiriéndose a la actividad destacó que “Las carreras de Licenciatura en Astronomía, Ingeniería Civil en Minas, Ingeniería Civil Industrial, en Computación e Informática y Arquitectura de la región están en una etapa de consolidación. Pensamos que es importante entonces dar a conocer lo que hace la Facultad en la sede. Relevar la importancia de la ingeniería y la arquitectura para la sociedad, pero con pertinencia regional”.

En ese sentido, planteó que “Entendemos que existen problemas, necesidades y aspiraciones distintas en los diferentes territorios y nuestro rol es formar profesionales de excelencia, pero que además estén comprometidos con su región”.

Refiriéndose a la charla de Eric Goles, indicó que “creemos en la importancia de la ciencia para desarrollar la tecnología y ponerla al servicio de las distintas disciplinas. Las matemáticas no se ven, pero están detrás de la mayoría de los avances de la humanidad. Desde la luz eléctrica hasta los teléfonos celulares. Eso y más existe por la ciencia aplicada. Porque hay científicos capaces de descubrir, describir y aplicar determinados fenómenos para traducirlos en dispositivos y aparatos que faciliten y mejoren nuestra vida”.

Por su parte, el Vicerrector Regional, Jaime Alonso, expresó que “este es un hito muy significativo porque implica superar las restricciones de la pandemia y reencontrarnos para continuar nuestro camino de desarrollo”. Respecto a la exposición del doctor Goles, enfatizó la importancia de aportar a la difusión del conocimiento científico y a la discusión sobre la relación entre ciencia y tecnología.

Dr. Manuel Duarte es nombrado Presidente Honorario del XXV Congreso IEEE ICA de la Asociación Chilena de Control Automático 2022

El Director del Instituto de Investigación y Postgrado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, fue elegido por sus pares, por lo que tendrá un rol destacado en este congreso de carácter internacional, que este año tiene como anfitrión a la Universidad de Talca



Con gran alegría, informamos que el Director del Instituto de Investigación y Postgrado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Dr. Manuel Duarte, fue nombrado Presidente Honorario del 25 Congreso IEEE International Conference on Automatica de la Asociación Chilena de Control Automático (ACCA) 2022, a realizarse en la Universidad de Talca entre el 24 y el 28 de Octubre de 2022. La Asociación Chilena de Control Automático (ACCA), se fundó en 1974 por un grupo de académicos entre los cuales se encuentra el Dr. manuel Duarte, y es miembro nacional de la IFAC (International Federation of Automatic Control) fundada el 12 de septiembre de 1957 en París. A lo largo de los años, el académico e investigador ha ocupado diferentes cargos que van desde Director hasta Presidente.

En palabras del Dr. Duarte, “el significado de este nombramiento lo tomo como un reconocimiento a mi larga trayectoria profesional y académica desarrollada en Chile y extranjero, por mis casi 45 años de trabajo en el área de la automatización de procesos y sistemas adaptables. Que tus propios pares te reconozcan las contribuciones al conocimiento del área, ciertamente es halagador y se agradece enormemente”.

Nos sumamos al reconocimiento del trabajo del Director y reiteramos las felicitaciones por el rol que asume en el Congreso.



Entrevista a

MAISA ROJAS CORRADI

Ministra del Medio Ambiente

Desde que asumió el Ministerio del Medio Ambiente el pasado 11 de marzo, Maisa Rojas Corradi ha tenido mucho trabajo. La física, climatóloga e investigadora ha debido enfrentar temas coyunturales como cambio climático, escases hídrica e incluso el cierre de la Fundición Ventanas de Codelco para promover aires no contaminados. Esa mirada de futuro es parte del programa de gobierno del Presidente Gabriel Boric, pero también una necesidad urgente por atender temas que pueden afectarnos directamente en el mañana. En medio de esa vorágine, la jefa de una de las carteras más desafiantes de La Moneda se detiene para conversar con "Ingeniería al Día".

Hay consenso en la urgencia de la crisis hídrica, su uso y la gobernanza. ¿Cree Ud. que el recurso hídrico se debe gestionar desde las cuencas hidrográficas? Y además, ¿Cómo se realizaría esto en concreto?

El manejo de cuencas hidrográficas para asegurar el agua es fundamental. El agua debe ser gestionada con una visión integrada, ya que las acciones o cambios que desarrollemos en estos espacios tiene un impacto transversal. Una de las primeras metas que tenemos, y que van en línea con los múltiples diagnósticos y discusiones de años, es la conformación de consejos de cuenca como institucionalidad descentralizada y resolutiva, en la que participen todos los actores que son usuarios del agua, tengan o no derechos formales.

Usted, antes de ser Ministra, ha promovido el tránsito hacia una economía circular, ¿Cuáles pasos se han dado al respecto?

Uno de nuestros desafíos como Ministerio del Medio Ambiente es impulsar la economía circular, lo cual considera muchos aspectos además del reciclaje. Para enfrentar las distintas crisis ambientales, como la climática, de biodiversidad y contaminación, no basta solo con movernos hacia energías limpias, por ejemplo, sino que además debemos cambiar la forma en que producimos y consumimos, dejando atrás la lógica lineal e instaurar una economía circular, donde se utilicen menos materiales y energía, se haga de la forma más eficiente posible y donde los procesos productivos no degraden, sino que regeneren nuestros ecosistemas.

Como Ministerio, y a través de un amplio proceso participativo, elaboramos la Hoja de Ruta de Economía Circular, que busca que al 2040 la economía circular regenerativa impulse a Chile hacia un desarrollo sostenible, justo y participativo que ponga el bienestar de las personas al centro, pero siempre cuidando la naturaleza. Se espera, además, poder aumentar la tasa de reciclaje de residuos sólidos municipales al 65% en 2040.

¿Qué significa que este gobierno busque ser el primero ecologista en la historia de Chile? ¿Cómo se entiende eso en la práctica?

Un gobierno ecológico es uno en el que entendemos que, para enfrentar las crisis complejas de este siglo, debemos comprender que existe una relación indisoluble entre el ser humano y la naturaleza, y que no existe una dicotomía entre el desarrollo versus cuidado del planeta.

Se trata de una manera de pensar distinta, donde tracemos una ruta que nos permita transitar a un país en el que quede claro que el bienestar de las personas también pasa por cuidar el medio ambiente.

En la práctica, esto se puede ver reflejado en la implementación de la Ley Marco de Cambio Climático que plantea lograr la carbono neutralidad y resiliencia del país a más tardar el 2050, en sacar adelante el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) y, en definitiva, que en las decisiones respecto al desarrollo del país se considere como una prioridad las consecuencias ecológicas que tienen las opciones elegidas.

Ministra Rojas, entre tanta postura fatalista, usted ha sido cauta en asegurar qué futuro habrá y qué planeta tendremos para las nuevas generaciones, pero, ¿cómo vislumbra ese futuro?

Si bien como Ministerio tenemos una gran preocupación, soy optimista respecto del futuro porque tengo confianza en que todos los actores se sumen con fuerza a la acción climática. Tenemos una muy pequeña ventana de oportunidad para, de manera mancomunada y a través del multilateralismo, enfrentar este cambio climático. En esta década y los próximos años, tenemos la alternativa de asegurar un futuro habitable.

Para eso, sin embargo, es necesario construir un nuevo modelo de desarrollo que enfrente la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y de desigualdad con un enfoque integral, y que tenga una mirada desde los territorios. Esta es una tarea urgente porque, como dice el IPCC y la evidencia científica: el cambio climático es una amenaza para el bienestar humano y la salud del planeta.

¿Qué responsabilidad le cabe a la ingeniería chilena en el desafío de enfrentar el cambio climático y sus efectos en el país?

La emergencia climática es algo que nos afecta a todos de manera transversal y la solución a ella también dependerá del trabajo mancomunado que realicen todos los actores. En ese sentido el rol de la ingeniería y su capacidad de aportar soluciones innovadoras para la adaptación y mitigación será muy importante. El desarrollo de tecnologías para contrarrestar los impactos del calentamiento global y a los riesgos a los que estamos cada vez más expuestos, como también para lograr metas como la descarbonización o la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, van en esa dirección.

Lo más importante es entender que las soluciones tienen que estar en todas las áreas, sociedad y sectores productivos, porque el costo de la inacción es severo.

Usted ha sido una académica investigadora importante en los temas medioambientales, ¿cómo se puede lograr una sinergia virtuosa entre las políticas públicas del gobierno y la academia en sus tareas de docencia, investigación y vinculación con el medio?

El conocimiento es la base para la toma decisiones, por lo tanto, el trabajo que realizan las universidades o centros de investigación es clave para generar la información necesaria que nos ayude en la generación de las políticas públicas más adecuadas y en línea con las necesidades de las personas. Además, estos espacios juegan un rol muy importante en la formación de profesionales que puedan enfrentar las grandes crisis que están afectando a nuestro país en materia medioambiental.

¿Desde su experiencia, cómo incorporamos más mujeres a la ciencia y tecnología?

El interés por la ciencia, la curiosidad, el hacerse preguntas, la indagación viene desde que somos chicos, sin distinción. Lamentablemente, en el camino, las mujeres han sido históricamente menos incentivadas a seguir carreras ligadas con la ciencia, con la tecnología, ingeniería y matemáticas, pero qué importante es que podamos abrazar la diversidad y terminar con los sesgos de género, porque si analizamos la historia han sido muy relevantes los aportes que han hecho mujeres en distintas materias relacionadas con la investigación y desarrollo científico. Pero para lograr esto, se deben generar políticas de Estado en conjunto, incluir una perspectiva de género en la forma en la que los docentes llevan los contenidos a las salas de clases y convencer a las niñas y adolescentes de que también pueden, de que sus aportes sí son importantes y que las carreras de hombres no existen.

DOCTOR STRANGE

UNA CITA FALLIDA Y LOS SINUOSOS VIAJES POR LAS DIMENSIONES

¿Qué nos dicen las teorías físicas actuales sobre los superpoderes del DR. STRANGE: CONTROLAR EL TIEMPO Y TELETRANSPORTARSE?



• *Cristián Erices*
Dr. en Ciencias Físicas

Ella me había enviado un mensaje: "Estaré en el dpto. 42 en la esquina de Lastarria, mañana a las 6pm. ¡Nos vemos!". No quería perderme esta cita, después iríamos al cine; la película: "Doctor Strange en el multiverso de la locura", pero había un error que me haría difícil llegar a la cita. Faltaba indicar la otra calle que forma la esquina con la mencionada Lastarria. Para ubicar un lugar en el espacio siempre necesitamos tres datos. En este caso las dos calles de la esquina y el piso; o en términos más precisos, latitud, longitud y altura. Además de un lugar en el espacio, debemos indicar una hora y cualquier cita queda completamente determinada. La física se refiere a la unión del espacio y el tiempo sencillamente como: "espaciotiempo". Toda nuestra existencia mundana ocurre en estas cuatro dimensiones. Sin embargo, aunque podamos movernos en cualquier dirección de las tres dimensiones espaciales, estamos forzados a movernos solo hacia el futuro en la dimensión temporal. Finalmente llegué atrasadísimo. A ella no la vi nunca más.

Curiosamente el Dr. Strange, personaje principal de la película que veríamos, tiene la capacidad de manipular el tiempo usando una reliquia, el ojo de Agamoto, y además, puede crear portales y teletransportarse de manera inmediata entre enormes distancias. Mientras me iba pensaba que si hubiera tenido cualquiera de esos superpoderes, no habría llegado atrasado a nuestra primera cita. Desde ahí las divagaciones rutinarias nos llevan a preguntarnos, ¿Cuán cerca estamos de controlar el tiempo?, o ¿Podríamos viajar en el tiempo y evitar que Carlos Caszely perdiera el penal de España '82?, o incluso más, ¿Podríamos irnos a un lugar muy lejano donde no exista la pizza con piña?

Según la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein, si viajáramos a cierta velocidad en una nave, el "tik-tak" de nuestro reloj andaría más lento que el de alguien en la Tierra. Sin embargo, para que este fenómeno sea apreciable la nave debe viajar a velocidades cercanas a la de la luz. En la película "El planeta de los simios", se retrata muy bien este fenómeno cuando los cuatro astronautas que abandonan la Tierra en un viaje espacial de 18 meses de acuerdo a sus relojes, regresan a la Tierra donde ya han transcurrido 2006 años y los simios ya dominan la Tierra.

La teoría de la relatividad general de Einstein predice que el "tik-tak" de los relojes se hace cada vez más lento a medida que la atracción gravitacional se hace más grande. Una persona en la entrada de la Facultad experimenta mayor atracción gravitacional que una en la escuela de ingeniería del quinto piso por estar más cerca de la Tierra. Si uno hace los cálculos de acuerdo a la relatividad general, la persona en el quinto piso será más vieja por una millonésima de segundo en 10 años que aquella en la entrada. Un precio bastante bajo que pagar por una buena vista al parque. Para obtener un efecto apreciable, es necesario experimentar una atracción gravitacional intensa y la naturaleza ya nos ofrece un lugar.

Uno de los objetos más fascinantes que predice la teoría de la relatividad general son los agujeros negros. En enero de 1916, tan solo dos meses después que Einstein publicara su teoría de la relatividad general, durante la Primera Guerra Mundial un físico alemán Karl Schwarzschild resolvía las ecuaciones de Einstein bajo el fragor de la batalla en el frente ruso [1]. Quizás la guerra era suficientemente aburrida para él y la relatividad general suficientemente entretenida, así que previo a su publicación envió una carta a Einstein mostrándole su resultado. La solución describía lo que hoy conocemos como un agujero negro: el estado final de una estrella que al agotar su combustible nuclear que le da estabilidad, colapsa, creando una región del espacio donde la gravedad es tan fuerte que ni siquiera la luz puede escapar. El borde de dicha región es el llamado "horizonte de eventos". Einstein, gratamente sorprendido, consideró la solución de Schwarzschild como "una curiosidad matemática". Un siglo después podemos lucir orgullosos en nuestros celulares las imágenes de agujeros negros tomadas por el telescopio "Event Horizon", como es el caso de Sagitario A* que se dejó fotografiar hace dos meses en el centro de nuestra galaxia a 25600 años luz. De esta manera, uno podría pensar en orbitar a Sagitario A* por un rato, para ralentizar el reloj y después volver a la Tierra para cuando la esperanza de vida sea de 200 años. Esto está bien descrito en la película "Interestelar" donde Cooper, el piloto de una nave espacial, llega a un planeta que orbita en torno a un agujero negro. En este planeta una hora que pasa corresponde a 7 años en la Tierra y cuando llega a la tierra su hija ya envejecida, vive sus últimos momentos de vida.

Todos estos efectos han sido comprobados con una precisión impresionante. Un experimento fue viajar en avión con relojes atómicos y comprobar la diferencia de tiempos con respecto a un reloj en la Tierra. Aquí ambos efectos compiten, el de la relatividad especial por el hecho de que el avión se mueve respecto a la Tierra y el "tik-tak" es más lento, y el de la relatividad general, por estar a una altura donde la gravedad es más débil y por tanto el "tik-tak" es más rápido. Se calcula la diferencia de tiempos entre el reloj del avión y la Tierra que predice la relatividad para luego contrastar con aquella resultante de la lectura de los relojes. Sorprendentemente las predicciones relativistas y el experimento arrojaron una discrepancia despreciable de unos pocos nanosegundos [2]. El sistema GPS de su celular por ejemplo, depende de satélites viajando a gran altura y velocidad, por lo que la precisión se consigue considerando correcciones relativistas. Sin embargo, ninguno de estos efectos permite viajar al pasado, ya que en todos viajamos al futuro donde unos relojes van más lentos que otros.

Dos décadas después del hallazgo de Schwarzschild, Albert Einstein y Nathan Rosen encontraban otra solución, llamada "puente de Einstein-Rosen" o popularmente como "agujeros de gusano" [3]. Este objeto tendría por fuera el mismo aspecto de un agujero negro pero estaría conectado a un agujero blanco, otra región del espaciotiempo por donde la materia saldría expulsada en vez de ser atraída. Lamentablemente la atracción gravitacional intenta siempre cerrar el puente y lo haría colapsar antes de atravesarlo.

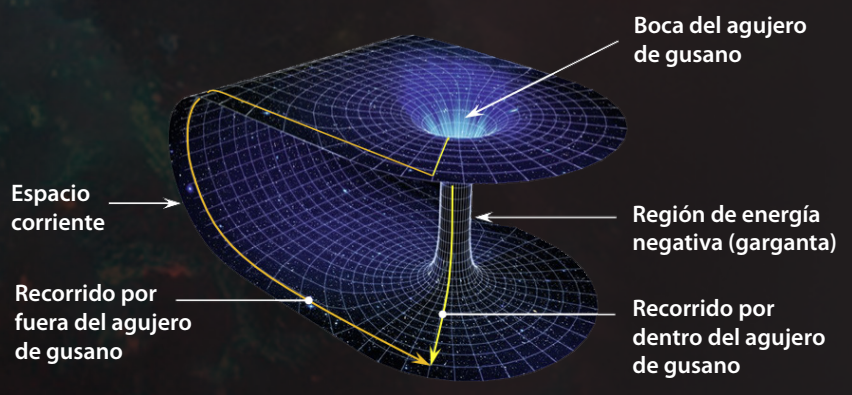


Figura 1

Esquema de un "agujero de gusano". El universo está representado en la superficie cuadriculada. Dos regiones están unidas por una parte de esta superficie en forma de túnel. El nombre se debe a la similitud con el agujero que un gusano usa para atravesar una manzana.

Los agujeros de gusano son atajos entre dos regiones del espaciotiempo. Vale decir que al entrar por uno de sus lados podríamos salir por otro lugar (espacio), y en principio, en otro momento (tiempo). Si pensamos a todo nuestro universo contenido en una hoja de papel, para ir de un punto a otro deberíamos viajar por la recta que los une, pero existe la posibilidad de doblar la hoja poniendo un punto sobre el otro conectándolos.

La teoría de cuerdas es actualmente la más sofisticada teoría que intenta conciliar a la relatividad general con la mecánica cuántica. No hay evidencia que la valide aún, pero, al igual que la relatividad general, está construida sobre bases matemáticas sólidas. Si la teoría de cuerdas es correcta podríamos contar con una enmarañada red de incontables agujeros de gusano. Poco después del Big Bang las fluctuaciones cuánticas del universo en escalas muchísimo más pequeñas que un átomo, podrían haber creado infinidad de agujeros de gusano "atravesables". Enhebradas por ellos hay cuerdas, las denominadas cuerdas cósmicas [4]. En la primera mil millonésima de billonésima de segundo después del Big Bang estos diminutos agujeros de gusano se separaron años luz y quedaron dispersos por el universo, quizás esperando a ser descubiertos. De hecho, algunos físicos especulan que agujeros negros como Sagitario A* son en realidad agujeros de gusano.

Pero habría otra forma de detectar uno, creándolo. Esto haría posible viajar grandes distancias casi instantáneamente, bastaría con aprender a construirlo, pero para que sea práctico debe tener ciertas propiedades que permitan su uso para viajes interestelares [5]. Primero, obviamente debe conectar dos regiones distantes del espaciotiempo. Una segunda propiedad requiere que no tengan un "horizonte de eventos", de lo contrario bloquearía el viaje en las ambas direcciones. Tercero, deben tener un tamaño adecuado para que la atracción gravitacional no desintegre a los viajeros. Por otro lado, la atracción gravitacional intentará cerrarlo y por lo tanto es necesario estabilizarlo para mantenerlo abierto. En la teoría de cuerdas ese rol lo cumple la cuerda cósmica, sin embargo, en nuestra construcción de agujero de gusano se requiere materia exótica. La materia exótica no es algo que se encuentre en la Tierra, ni siquiera es antimateria, es materia con masa negativa. Todas las cosas que nos rodean tienen masa positiva y se atraen gravitacionalmente, por lo tanto, algo con masa

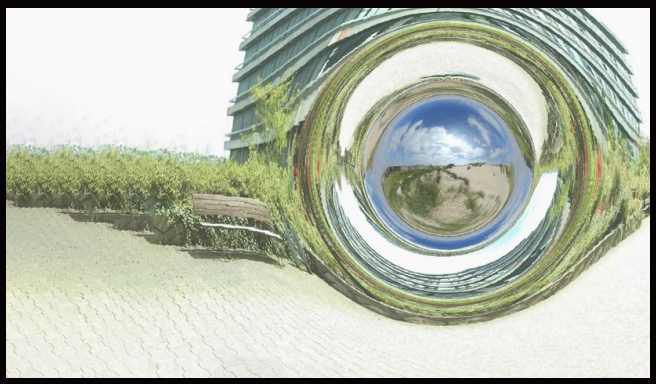


Figura 2

Una simulación de un agujero de gusano con una entrada en la Universidad de Tübingen, Alemania y la otra en Bolougne-sur-Mer, Francia

negativa es capaz de repeler gravitacionalmente. Generaría una especie de "anti-gravedad" que podría estabilizar al agujero de gusano. Una vez estabilizado, los extremos empezarían juntos y deberíamos separarlos a regiones interesantes.
Podríamos conectar nuestra habitación con el baño, o entrar un sábado en la noche a la estación Parque Almagro y salir en Woodstock '68, irnos de vacaciones a Marte por el fin de semana o a Andrómeda. La agencia espacial SpaceX comenzaría cableando nuestro sistema solar y construyendo estaciones en cada planeta tal como las estaciones del metro.

Yo comenzaría por volver a ella.

Referencias

[1] Schwarzschild, K. Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Phys. Math. Kl. (1916) 189–196
[2] Hafele, J., Keating, R. Science. 177 (1972) 168–170
[3] Einstein, A., Rosen, N. Phys. Rev. 48 (1935) 73–77
[4] Cramer J., Forward R., Morris M., Visser M., Benford G., Landis G., Phys. Rev. D 51 (1995) 3117-3120
[5] Morris, M. and Thorne K. Am. J. Phys. 56 (1988) 395-412



Docentes y estudiantes de la Escuela de Ingeniería presentaron proyecto en el 7° Congreso Internacional de Innovación Tecnológica en Edificación CITE 2022

El equipo fue conformado por los académicos Dra. Daniela Brizuela y Pablo Alcaíno Reyes; el egresado de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Elias Pranao; quien fuera estudiante de la carrera de Ingeniería en Construcción, Daniel Llanten; y la estudiante Virginia Zelada, quien realiza su memoria de título con la continuidad de este trabajo.

Desde el 23 al 25 de marzo se realizó el 7° Congreso Internacional de Innovación Tecnológica en Edificación CITE 2022, organizado por la Escuela Superior Técnica en Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid, donde participaron representantes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central con la ponencia "Comportamiento de membranas elastómeras líquidas aplicadas en frío y en sistemas expuestos con alto contenido de solidos ante fisuras nuevas en cuboides de mortero y losas de hormigón simple". Cabe destacar que este trabajo se llevó a cabo en colaboración con la Asociación de Impermeabilizadores de Chile ASIMP, la mesa técnica de la creación de la primera normativa chilena de membranas elastómeras líquidas aplicadas en frío con alto contenido de sólidos.

El equipo de académicos estuvo a cargo de la autora del proyecto Dra. Daniela Brizuela, coautor Pablo Alcaíno; el egresado de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Elías Pranao, quien desarrolló su memoria de título con este trabajo; el estudiante de Ingeniería en Construcción que lamentablemente falleció el año pasado, Daniel Llantén; y la estudiante Virginia Zelada, quien está realizando su memoria de título con la continuidad de este trabajo.

El Congreso CITE 2022 es una plataforma en donde se presentan las últimas investigaciones desarrolladas en el campo de las nuevas tecnologías aplicadas a la edificación, arquitectura e ingeniería. El trabajo presentado se viene desarrollando desde el segundo semestre del año 2020, en conjunto con el académico Pablo Alcaíno, y estudiantes de Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción.

En palabras de la autora del proyecto, Dra. Daniela Brizuela "este tema en particular, provoca interés no sólo en la academia, sino que también en proveedores e instaladores de estos sistemas de impermeabilización. Con este trabajo se pretende dar solución a una problemática existente en la construcción que no sólo afecta a los usuarios finales, los habitantes, sino que también a las constructoras, productores del material, proveedores e instaladores".

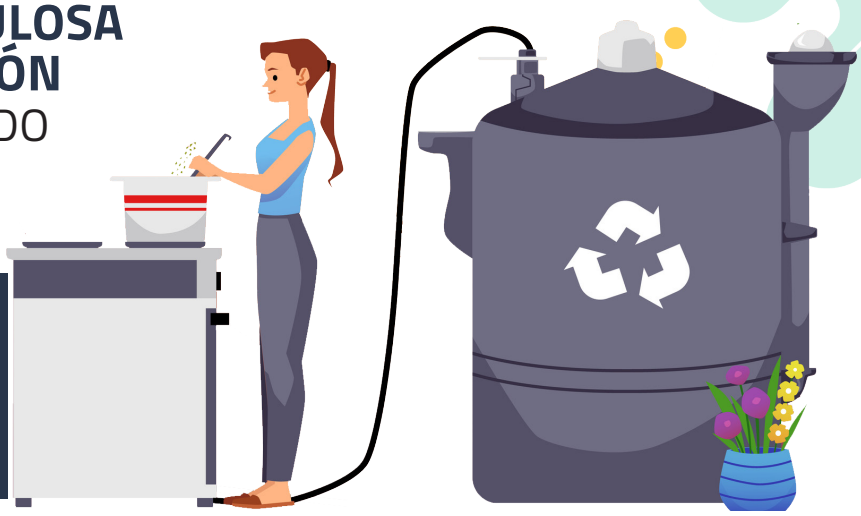
Además, agregó que "quisiera destacar el trabajo realizado por nuestros estudiantes, los cuales desarrollaron un trabajo en equipo excepcional durante cuarentenas extensas, con asistencia presencial en el laboratorio de estructuras de la Universidad Central. Con un manejo no sólo técnico-teórico del trabajo que estaban desarrollando, sino que también con un desempeño que nosotros como académicos de la UCEN esperamos que nuestros alumnos tengan al momento de egresar de sus respectivas carreras. Sólo tengo palabras de agradecimientos para todos los actores involucrados en este lindo trabajo y dedicar unas palabras a Daniel Llantén que no alcanzó acompañarnos físicamente en esta etapa".



DISEÑO DE UNA **PRECÁMARA PARA DEGRADAR CELULOSA Y OPTIMIZAR DIGESTIÓN ANAERÓBICA** UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE INNOVACIÓN

• *Kevin Cortés M.* • *Esteban Gatica M.*
Ex-Alumnos, Ingenieros Civiles Industriales Titulados El Año 2020

• *Sergio Cardenas*
Dr. en Bioquímica



Artículo derivado de la memoria de título para Ingeniería Civil Industrial del año 2022 con título "diseño de un prototipo a escala de laboratorio para transformar desechos de celulosa derivados de procesos agropecuarios en productos de mayor valor utilizando herramientas de innovación"

En el sector rural, se generan grandes cantidades de residuos agropecuarios y solo parte se reutiliza. De estos residuos, los más relevantes son estiércol animal derivado de caballos y vacas entre otros animales de cría, que en muchos casos se esparcen en suelos tal como se generan, lo que produce malos olores, atracción de vectores infecciosos como moscas y roedores y muchos líquidos derivados del lavado de establos, simplemente se infiltran por la tierra pudiendo llegar a aguas subterráneas, y canales de riego, sin haber tenido ningún tipo de tratamiento. También es relevante la generación de desechos agrícolas lignocelulósicos como tallos y hojas de plantaciones como maiz, trigo y avena, los cuales en parte se dan a animales como alimento, pero en campos de cierta superficie la generación es tan alta que estos se acumulan y para eliminación simplemente se queman (Taladriz et al., 2012), lo que libera partículas contaminantes y que contribuye al calentamiento global. Hay estudios que muestran un impacto muy significativo de la quema de rastrojos agrícolas en el país, todo por la falta de tratamientos alternativos adecuados para estos (Baldini, 2018). Debido a lo anterior, se está impulsando en el país diversos métodos para el tratamiento y transformación de estos residuos, como compostaje, vermicultura o digestión anaeróbica, los cuales transforman los residuos en productos con valor comercial. Todas estas metodologías son lentas y no siempre muy eficientes, por lo que universidades e institutos de investigación, en Chile y el mundo, estan trabajando en I+D & i para mejorarlos.

En la Universidad Central de Chile se está estudiando la digestión anaeróbica de residuos agropecuarios para transformarlos en fertilizantes y energía, pero se han encontrado con el grave problema de que el material lignocelulósico no se puede degradar fácilmente en este proceso, lo que baja la eficiencia de forma impactante (Stegmaier, 2019). Esto implica que el proceso de digestión anaeróbico puede tomar mucho más tiempo que el esperado, y que parte importante de los residuos nunca puedan transformarse, quedando como desechos del proceso. A partir de este problema se planteó un tema de memoria de pregrado de ingeniería civil industrial, que consistió en como mejorar la degradación de el material lignocelulósico en los modelos y prototipos de digestores anaeróbicos del laboratorio de la Universidad Central de Chile con procesos de innovación.

La innovación es un proceso de varias etapas que puede realizarse aplicando varias metodologías diferentes. En este caso se utilizó la metodología doble diamante, la cual fue desarrollada en esta memoria logrando como resultados diseños de posibles prototipos que podrían resolver el problema planteado.

Metodología

En la memoria se comenzó a utilizar la metodología Deep Dive, la cual en su primera etapa requiere empatizar con el cliente para poder comprender el contexto de la problemática. Como esto extendía demasiado el proceso de investigación, se decidió cambiar a la metodología Double Diamond (Doble Diamante), que tiene una estructura más directa en la búsqueda de información y se debe realizar un análisis de las posibles soluciones que se planteen para elegir la más factible de realizar.

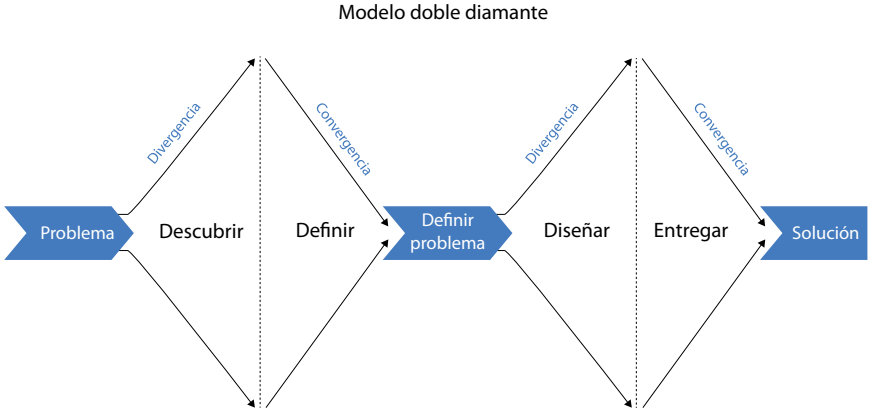


Figura 1
Diagrama del método de innovación doble diamante
Fuente: Elaboración propia.

La metodología doble diamante es una metodología que consta de una serie de etapas claramente definidas, por lo tanto, el desarrollo del trabajo se dividió cada una de estas:

- La primera es la etapa de "Descubrir", en la cual se debe obtener toda la información posible para entender claramente el problema que se trabaja. Esta etapa requiere de revisión de documentos visitas a terreno y entender al usuario que presenta el problema. En esta etapa se conversó con los expertos del laboratorio de la universidad, con el objetivo de conocer el funcionamiento del digestor, luego para comprender el contexto de la problemática, se analizaron documentos científicos tales como revistas científicas, papers y tesis, además de interacciones con los encargados del biodigestor anaeróbico que se tenía en la universidad.
- La segunda etapa corresponde a "Definir", la cual consiste en determinar las causas mas relevantes del problema en estudio. En esta etapa, luego de tener una visión amplia del problema se "definen los aspectos que más contribuyen al problema y por eso se toma a esta etapa como una "convergencia", que viene después de la divergencia que consistió en el reunir toda la información necesaria de la primera etapa.
- La tercera etapa corresponde a "Diseñar", en la cual mediante la realización de una lluvia de ideas y conversaciones con los investigadores, se postularon posibles soluciones para cada una de las causas que se definieron en la segunda etapa, escogiendo aquellas que sean más factibles de realizar. Cada una de las ideas, se asocian en una sola solución y se arma un prototipo. Este prototipo tiene diversos niveles de calidad, los primeros se llaman prototipos de baja resolución, los cuales consisten inicialmente en bocetos en papel, y luego diseños más formales en computador. Solo teniendo estos prototipos, se puede pasar al prototipo mínimo viable, el cual ya tiene que funcionar con respecto a lo planteado.
- "Entregar", es la última etapa. En esta no solo se entrega, sino que se valida por el cliente o usuarios. Esta es una etapa en que se itera con la etapa 3 y se van desarrollando diversos prototipos cada vez mas cercanos a los que se necesita hasta llegar al definitivo, que es aceptado finalmente.

Desarrollo

La celulosa, parte de la estructura lignocelulósica de las plantas (lignina y celulosa), es un compuesto de carácter orgánico básico del tejido de las plantas, la cual tiene la característica de brindarles rigidez y conforma su estructura principal. En otras palabras, es el polímero que se encuentra en las paredes celulares de los vegetales, el cual presenta como característica, el poder generar una gran cantidad de ramificaciones a lo largo de los vegetales, es la encargada de proporcionarle la resistencia mecánica a los vegetales a través del tallo y sus hojas. Esta estructura es un polímero de glucosa, es decir, unidades de azúcar que polimerizan en fibras muy resistentes que soportan a la planta. Esta glucosa es un nutriente que rápidamente puede digerirse en los biodigestores anaeróbicos, pero primero hay que sacarlos de las fibras de celulosa. El problema que presenta la celulosa es que no se degrada de manera natural, por lo que se necesitan de tratamientos y microorganismos, para poder llevar a cabo el proceso de degradación de la celulosa

La digestión anaeróbica transforma grandes moléculas orgánicas en pequeñas estructuras inorgánicas con altos potenciales energéticos y fertilizantes. Por esta razón, se han desarrollado a lo largo de los años diversos sistemas de tratamiento anaeróbico llamados digestores o biodigestores anaeróbicos, los cuáles tratan diversos residuos industriales y agroindustriales para transformar estos residuos en gas combustible y otros productos valorizables. A nivel industrial, los residuos semisólidos como los derivados de procesos, agropecuarios se han tratado con digestores anaeróbicos que incluyen control de temperatura y agitación en un gran biorreactor que mezcla todos los procesos anaeróbicos en un solo recinto. Este tipo de biodigestores se llaman reactores de mezcla completa, que por simpleza de operación se ha desarrollado ampliamente a nivel mundial. Sin embargo, este tipo de biodigestores han demostrado una eficiencia limitada, principalmente al no poder separar las diferentes etapas de la digestión anaeróbica, y adicionalmente, al perder en el final del proceso grandes volúmenes de las bacterias metanogénicas, las cuales son claves de este proceso.

El nuevo modelo de biodigestor anaeróbico que se trabaja en el laboratorio de la Universidad Central de Chile demostró una alta eficiencia en degradación de residuos semisólidos orgánicos a nivel de laboratorio, por lo que en una segunda etapa, se evaluó el funcionamiento con excremento bovino y suero de leche de procesos de fabricación de queso, pero no se logró el rendimiento esperado. Para un proceso de digestión anaeróbico adecuado, se requiere cierta concentración de azúcares y proteínas que normalmente están contenidos en el suero de leche y el excremento animal. Los análisis realizados en el laboratorio demostraron que el problema del funcionamiento del biodigestor anaeróbico, fue la falta de azúcares degradables en este tipo de residuos agropecuarios, pero la información teórica publicada y corroborada en el laboratorio, fue que estos residuos sí contenían una cantidad adecuada de azúcares para lograr el funcionamiento del proceso, pero éstos estaban en forma de fibras de celulosa que requerían de un tratamiento previo, siendo éste un factor clave para el prototipo de digestor que se diseñó, ya que, satisface dicho factor. Los análisis demostraron que los excrementos bovinos contienen casi un 50% en masa de material lignocelulósico que no puede ser transformado en azúcar degradable por las bacterias anaeróbicas, y si se pudiera degradar esa celulosa en azúcares tipo mono y disacáridos, el proceso del biodigestor volvería a lograr las eficiencias observadas anteriormente.

Al observar el proceso de digestión anaeróbica, evaluando la transformación de residuos agropecuarios a varios productos valorizables como un gas con alto contenido calórico para uso energético, un líquido con alta concentración de nitrógeno inorgánico como fertilizante para las plantas y un sólido con altos contenidos de fósforos y otros nutrientes vegetales que pueden alcanzar altos valores en el comercio, es que éste proceso resulta de un gran interés para el tratamiento de residuos agropecuarios, ya que no sólo disminuye su contenido orgánico contaminante y atractor de vectores infecciosos, sino que los transforma y valoriza, generando una nueva fuente de ingresos a los pequeños productores agropecuarios. Sin embargo, tal como se describió anteriormente sobre el biodigestor anaeróbico, estos residuos contienen un alto contenido de material lignocelulósico que debe ser pretratado antes del ingreso a la digestión anaeróbica.

Se investigó intensamente sobre degradación de celulosa, identificando diversos procesos tipo físicos, químicos y biológicos. Tras conversaciones con los expertos del laboratorio de la universidad, se decidió que se debe implementar un sistema biológico a manera de pre-tratamiento al sistema de digestión anaeróbica. Debido al carácter biológico del biodigestor anaeróbico, incluir un pre-tratamiento biológico para degradar celulosa es lo más coherente y facil de implementar y por lo mismo, los procesos químicos se deben descartar. Como sistemas biológicos se identificaron dos factibles, hongos de pudrición y bacterias derivadas de los estómagos de animales rumiantes. Tras esta definición, se volvió a entrevistar a los especialistas del laboratorio y se contrastaron los factores que pueden ser implementados en el biodigestor anaeróbico y los requerimientos de los sistemas biológicos en estudio. Todos los análisis nos llevaron a plantear a las bacterias de animales rumiantes como el sistema de degradación de celulosa de elección, donde los aspectos mas relevantes fueron temperatura, humedad, posibilidad de ambientes anaeróbicos y

un problema potencial que podría generarse con los hongos si generan esporas, ya que podría ser inutilizable como fertilizantes los líquidos y sólidos derivados de la biodigestión anaeróbica si contienen esporas de hongo de pudrición ya que podría dañar cultivos. Con esto ya definido, se diseño un primer prototipo para validarlo con los expertos del laboratorio.

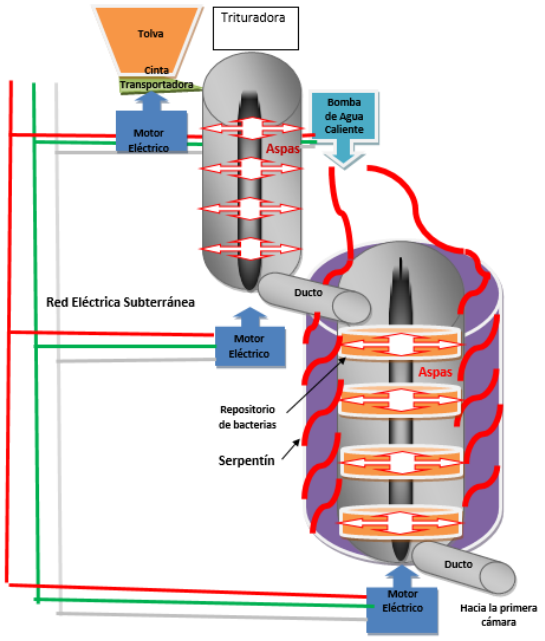


Figura 2

Bosquejo inicial del prototipo / Fuente: Elaboración propia.

El bosquejo inicial comienza con la incorporación del sustrato en la tolva por parte de los agricultores, luego ese sustrato cae hacia una cinta transportadora para ser llevada hasta la trituradora, en la cual se disminuye su tamaño y mediante un ducto es incorporado al digestor. En el interior del digestor se encuentra un sistema de serpentín con calderas que hacen circular el agua para mantener la temperatura de 35°C, que es la temperatura promedio requerida para que se mantengan las bacterias en condiciones de degradar, también se cuenta con un sistema de agitación por aspas y un repositorio donde se depositarán las bacterias, por lo que una vez que cae el contenido, comienzan a girarse las aspas y a revolver tanto la mezcla como las bacterias para que se adhieran a la superficie del sustrato y comienzan a liberar enzimas (celulasas) que hidrolizan la celulosa y la transforman en un líquido con glucosa para ser depositado por otro ducto hacia la primera cámara del biodigestor de la universidad. Cabe destacar que se cuentan con tres motores eléctricos para hacer funcionar la cinta transportadora, la trituradora y las aspas del digestor.

Este diseño se presentó a los expertos para que lo validen y ellos sugirieron modificaciones para mejorar la eficiencia del prototipo, como eliminar tantos motores y la cinta transportadora y se diseño un segundo modelo de pre-tratamiento, tal como se muestra en la figura 3.

Luego que se analizó el primer diseño, se definió que se necesitaba de una rejilla metálica removible que se incorporara en la tolva por seguridad, dado que en caso de que el material contenga piedras, éstas queden depositadas en la rejilla y no sigan hacia la trituradora, además se decidió reemplazar la cinta transportadora por una bandeja de descarga, debido a que representa un ahorro energético dado que se evita la utilización de un motor eléctrico, y si se coloca de tal forma que por gravedad caiga el material hacia la trituradora se cumple la función de igual manera. También, se incorporó un eje rotatorio con su respectivo soporte para que las aspas puedan girar con mayor facilidad. Con

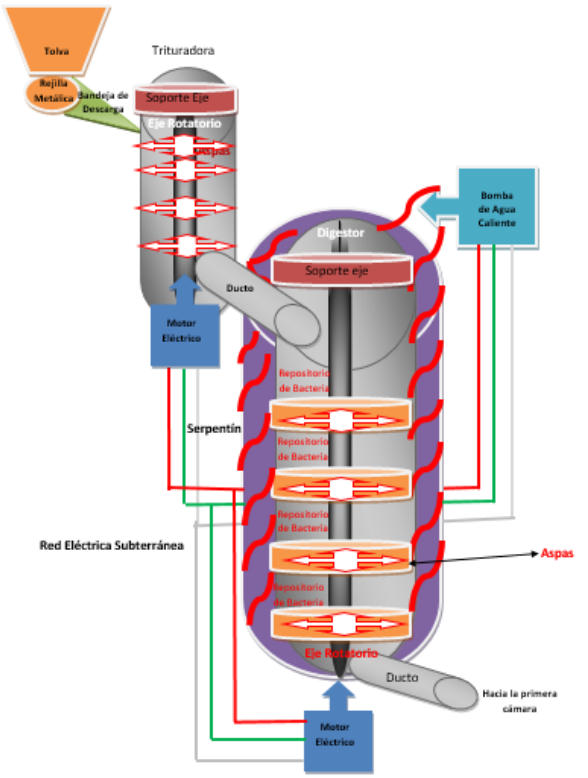


Figura 3

Primera iteración del prototipo / Fuente: Elaboración propia.

esta primera iteración se interactuó nuevamente con los expertos, quienes volvieron a sugerir modificaciones por lo cual se realizó una segunda iteración que se muestra a continuación.

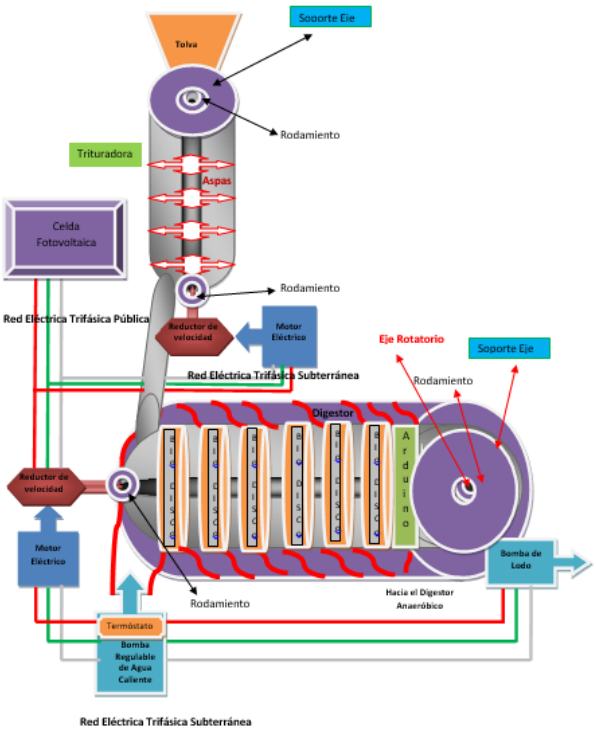


Figura 4

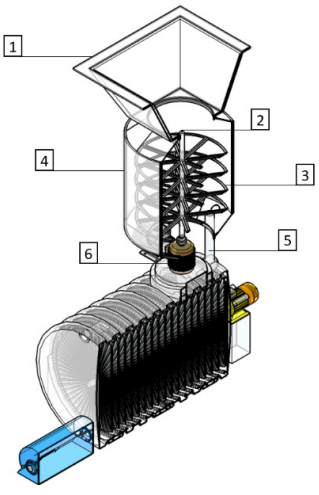
Segunda iteración del prototipo / Fuente: Elaboración propia.

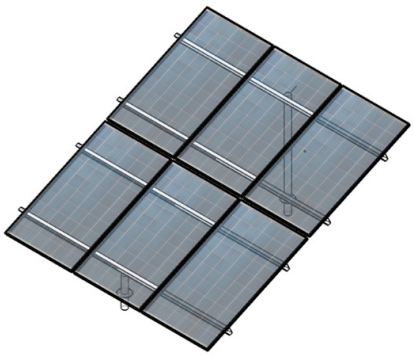
Como se puede apreciar de la ilustración presentada, se descartó la bandeja de entrada y se definió que era más producente para el proceso, si la tolva se conectaba directamente con la trituradora, dado que se utiliza la fuerza gravedad para que el sustrato ingresado en la tolva por los pequeños agricultores, se deposite en la trituradora. Se definió acerca del sistema de agitación, que

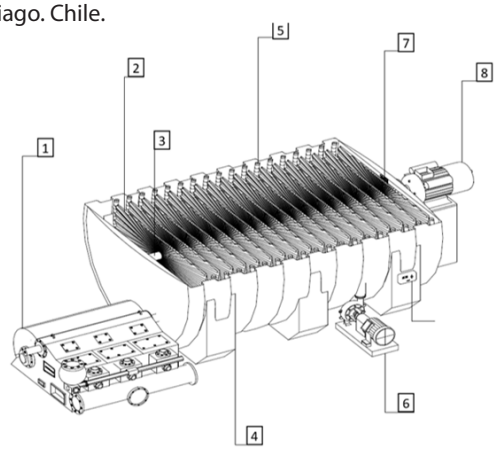
se debe reemplazar el sistema de aspas por un sistema de biodiscos, debido a que como poseen una estructura similar a los abanicos, permiten mayor superficie de contacto que aumenta la cantidad de bacterias en los biodiscos. Además, el material de los biodiscos debe ser rugoso o no liso, para mejorar la adherencia de las bacterias a los biodiscos, por lo que tampoco se necesita de un repositorio de bacterias, porque las bacterias al poder multiplicarse al paso de un par de horas, sólo se necesitan ingresar en los biodiscos una cantidad de bacterias para que ellas de manera independiente se multipliquen y degraden la materia orgánica en forma global.

Cabe destacar que también se definió la incorporación de un reductor de velocidad por cada motor eléctrico, con la intención de poder regular las revoluciones por minuto según lo requerido, sobre todo en el sistema de biodiscos, dado que como se cuentan con bacterias anaeróbicas, no se debe oxigenar el sistema y esto se logra girando el sistema a bajas revoluciones por minuto (2-5 rpm). Se decidió de que el digestor adaptativo se debe ubicar en forma horizontal, debido a que si se ubica en forma vertical, por la fuerza de gravedad, el sustrato iba a descender de manera rápida y en menos de dos días, se encontraría gran parte del material en el fondo del digestor, y ya que las bacterias derivadas del rumen necesitan 20 días para degradar el material.

Se eliminó el segundo ducto, debido a que, en conversaciones con los investigadores, se definió que el ingreso del líquido con glucosa se realizará a través de una bomba de lodo. También se decidió incorporar en el contenedor un aceite térmico para calentar el sistema de serpentín y mantener la temperatura requerida, se escogió incorporar al sistema un panel fotovoltaico con la intención de generar energía y abastecer el funcionamiento de los motores eléctricos, la bomba de agua y de lodo y por último se agregan dos sistemas de arduinos en ambos extremos del digestor, con la intención de analizar distintos factores como temperatura, humedad, presión, entre otros, a través de sensores que se anexan a este sistema, procediendo a ingresar esta iteración a un sistema por el cual se obtuvo el diseño final del prototipo de la precámara celulolítica adaptativa que se presenta a continuación.







1 Tolva
2 Eje Triturador
3 Arpas
4 Triturador
5 Ducto
6 Motor Eléctrico

1 Bomba de lodo
2 Biodiscos
3 Eje Digestor
4 Contenedor
5 Serpentin
6 Bomba Agua
7 Arduino
8 Motor Digestor

Conclusión

La digestión anaeróbica si bien tiene bacterias que degradan la celulosa, es un proceso que demora mucho tiempo, y por lo tanto, es poco eficiente con materiales lignocelulósicos. En base al estudio realizado, planteamos que se puede añadir una etapa llamada degradación de la celulosa, que también es biológica y puede mejorar de manera significativa la digestion anaeróbica de residuos agropecuarios que incluyen material lignocelulósico. Se demostró que es factible juntar ambas etapas, ya que se trabaja con el mismo tipo de microorganismo, sus condiciones son muy similares, y además, es un proceso que se realiza en la naturaleza, específicamente en el estómago de los bovinos mediante las bacterias derivadas del rumen, por lo que, en este estudio se está replicando un fenómeno natural.

Como lo planteado incluye un sistema microbiológico, las bacterias normalmente tienen velocidades que no son elevadas, por lo tanto, a partir de desarrollos mecánicos tales como los sistemas de biodiscos, el sistema de moliendas, el control de temperatura, entre otros, son medios que se pueden incluir para mejorar la eficiencia de un proceso. En base a lo investigado, se demostró en el estudio que con la incorporación de estos elementos sí se puede aumentar la eficiencia del proceso en una mayor cantidad que cuando no se aplican tecnologías.

Dentro de las metodologías estudiadas, se entendió que las metodologías de innovación tales como el doble diamante, son metodologías que no solamente sirven para generar un prototipo, sino que brindan una ayuda para comprender de mejor manera el estudio de un problema, involucran iteraciones y conversaciones tanto con el cliente como entre los participantes del equipo de trabajo, para generar un producto que cumpla con todas las expectativas propuestas.

Referencias

Baldini, A. Quemas de rastrojos agrícolas en el Barquillo. El Mercurio, 06 de Noviembre de 2018. pág. 6.
Stegmaier, F. ET AL (2019). XXIII Congreso chileno de ingeniería sanitaria y ambiental AIDIS. Octubre, 2019. Santiago, Chile.
Taladriz, A. y Schwember. (2012). Revista N°46, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. Chile.

RECONSTRUYENDO AMBIENTES DE LA PALEOFAUNA



Geología aplicada a la reconstrucción del ambiente depositacional del sitio paleofaunístico GNL Quintero 1 (GNLQ1) del Pleistoceno Tardío, Bahía de Quintero (32°S), Chile. El sitio GNLQ1 es el único sitio paleofaunístico sumergido del Pleistoceno Tardío de Sudamérica encontrado hasta ahora.

- *Cristina Ortega*
  Dr. en Ciencias Mención Geología, Geóloga, Profesora Asociada de la carrera de Geología de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Central de Chile.
- *Valentina Flores-Aqueveque*
  Dra. en Ciencias Mención Geología, Geóloga, Profesora Asistente del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- *Rodrigo Fernández*
  Ph.D Glacial Marine Geology, Geólogo, Profesor Asistente del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- *Diego Carabias*
  Arqueólogo/a, ARQMAR (Centro de Investigación en Arqueología Marítima del Pacífico Suroriental. Arqueólogo, Director de ARKA – Arqueología Marítima.
- *Renato Simonetti*
  Arqueólogo/a, ARQMAR (Centro de Investigación en Arqueología Marítima del Pacífico Suroriental).
- *Isabel Cartajena*
  Arqueólogo/a, ARQMAR (Centro de Investigación en Arqueología Marítima del Pacífico Suroriental). Doctora en Altamerikanistik, Arqueóloga, Profesora Titular del Departamento de Antropología de la Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile
- *Laura Díaz*
  Geóloga, Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte
- *Charles González*
  Geólogo, Departamento de Geología de Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

El sitio GNL Quintero 1 (GNLQ1), localizado en la costa de Chile central (32°S), es el único sitio paleofaunístico sumergido del Pleistoceno Tardío reportado, hasta la fecha, en la costa suroriental del Pacífico. Este sitio extraordinario, se caracteriza por su alta frecuencia y diversidad de restos de fauna extinta contenidos en sedimentos de grano fino. Este trabajo, basado en el análisis estratigráfico, sedimentológico y geoquímico de dos testigos de sedimento marino junto con datos acústicos del suelo marino, permitieron determinar la evolución del paleopaisaje y explicar las condiciones depositacionales que afectaron la formación de este sitio excepcional.

El estudio de GNLQ1 ofrece una nueva perspectiva para el estudio de la plataforma costera occidental de Sudamérica, remarcando su inesperado potencial paleontológico y arqueológico.

Introducción

Durante el Último Máximo Glacial, vastas áreas de la costa de Sudamérica que actualmente están sumergidas estaban expuestas y constituían el escenario donde coexistían humanos y animales. Hoy en día, la geoarqueología prehistórica subacuática constituye una disciplina emergente, ya que no solo es crucial entender el movimiento de los grupos cazadores recolectores que habitaron la costa de nuestro continente, sino que también, es sumamente relevante para el modelamiento del paleopaisaje y la planificación de muestreo arqueológico [1].

El sitio GNLQ1, localizado en la Bahía de Quintero (32°46'S) en el litoral central de Chile (Fig.1), proporciona la primera evidencia concluyente para datar un relieve terrestre sumergido del Pleistoceno Tardío, no sólo en Chile, sino que de la costa occidental de Sudamérica [2 - 4]. Cabe destacar que la Bahía de Quintero es un puerto activo donde existe un terminal marítimo e instalaciones industriales. El sitio fue descubierto el año 2005 como resultado de una exploración arqueológica sistemática del suelo marino, conducido en parte por el proyecto de Gestión de Recursos Culturales para el terminal de Gas Natural Licuado (GNL) localizado en la bahía. Durante el año 2007 se realizaron excavaciones preliminares del subsuelo marino de la bahía y se obtuvieron testigos de sedimento marino extraídos mecánicamente. Luego, durante los años 2011 y 2014, se profundizó la exploración a través de excavaciones más exhaustivas, muestreo de sedimentos y estudios geofísicos del subsuelo marino [5 - 7].



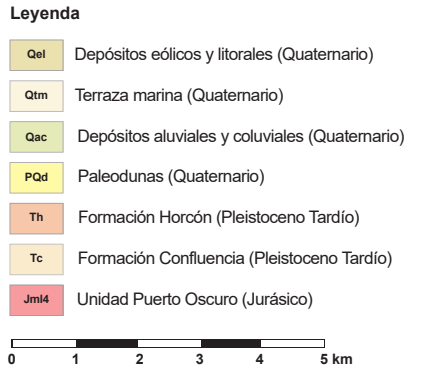


Figura 1

Mapa geológico del área de estudio (datum WGS84). El círculo rojo muestra la localización del sitio GNLQ1 donde los testigos de sedimento T1 y T5 fueron extraídos. Tomado de ref. [9].

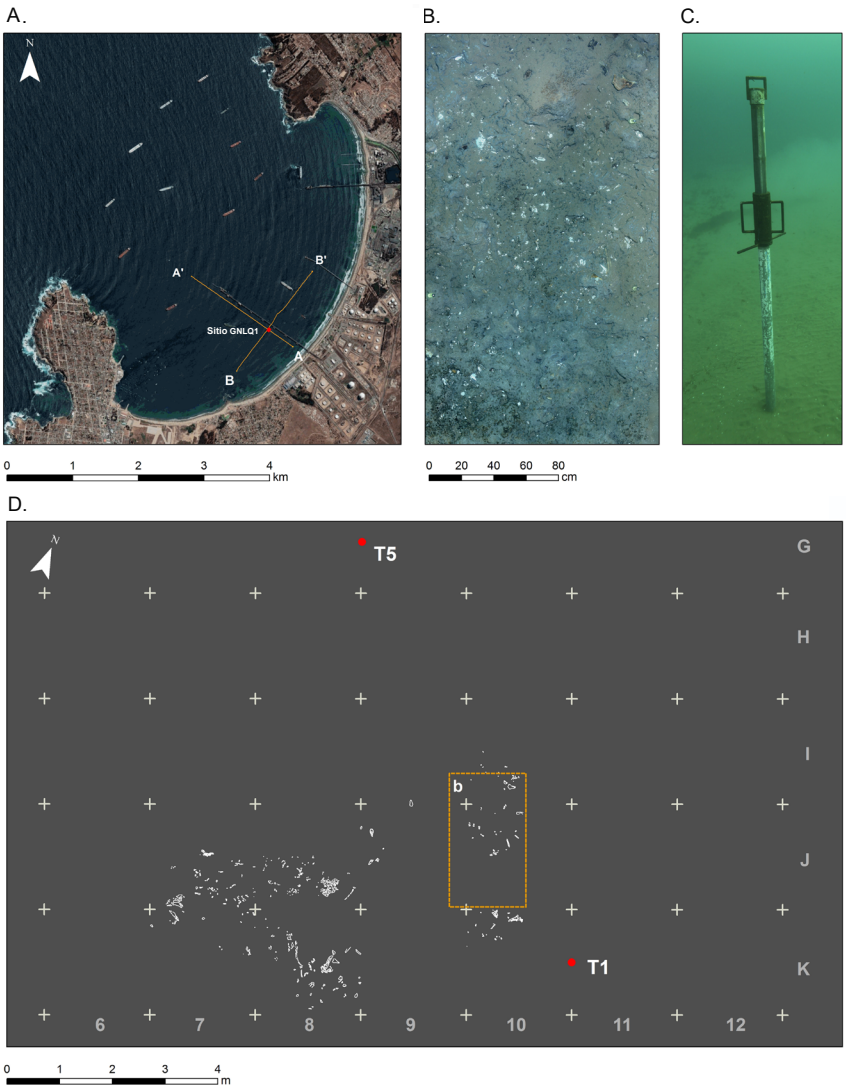


Figura 2

Sitio GNLQ1. a) localización del sitio GNLQ1 (datum WGS84) y de las líneas de exploración geofísica AA' y BB', b) ortomosaico del fondo de la Bahía de Quintero mostrando parte de los restos óseos encontrados en el sitio, c) foto del proceso de extracción mediante un saca-testigo, d) Mapa de distribución en planta de los restos óseos del sitio GNLQ1 y localización de los testigos T1 y T5 [9]. (Fotografías b y c por David Letelier). Tomado de ref. [9]

El sitio GNLQ1, está localizado a 13 metros bajo el nivel de mar, a 650 metros de la línea de costa (Fig.1). Estudios previos han mostrado que este sitio contiene una gran abundancia y diversidad de fósiles terrestres de megafauna extinta (Fig.2), así como también de fauna que aún prevalece, inmersa en una matriz sedimentaria [2]. El sitio está cubierto solamente por una capa centimétrica de arena costera asociada a una baja tasa de sedimentación en esa zona de la bahía [8]. Los huesos encontrados en el sitio corresponden a restos de Camelidae, Cervidae, Equidae, Mylodontidae, Xenarthra, Canidae, Myocastorinae y Octodontidae, entre otros [4].

Estos hallazgos han contribuido enormemente al conocimiento acerca de la fauna que habitaba esta parte del litoral de Chile, y ha abierto nuevas rutas de investigación, tales como la evolución del relieve costero que hoy se encuentra sumergido y las condiciones ambientales de la costa durante la última transición glacial-interglacial dentro de un margen tectónicamente activo [9].

A partir del análisis estratigráfico y de descripciones visuales del primer testigo de sedimento extraído de la bahía (denominado T1, Fig.3), así como de estudios paleoecológicos previos del área de estudio [10 - 11], se ha interpretado que el ambiente de depositación del estrato que contiene el material paleontológico habría correspondido a una laguna somera costera o a un humedal en proceso de desecación [12 - 7], o a un ambiente fluvial de baja energía [13] o a un humedal desarrollado en una llanura de inundación [14 - 8].

La presente investigación, a través del análisis de un nuevo testigo de sedimento y la integración de diferentes indicadores estratigráficos, sedimentológicos y geoquímicos, propone un escenario depositacional del sitio más complejo y detallado, así como también de la evolución de la Bahía de Quintero desde fines del Pleistoceno Tardío hasta el día de hoy [9].

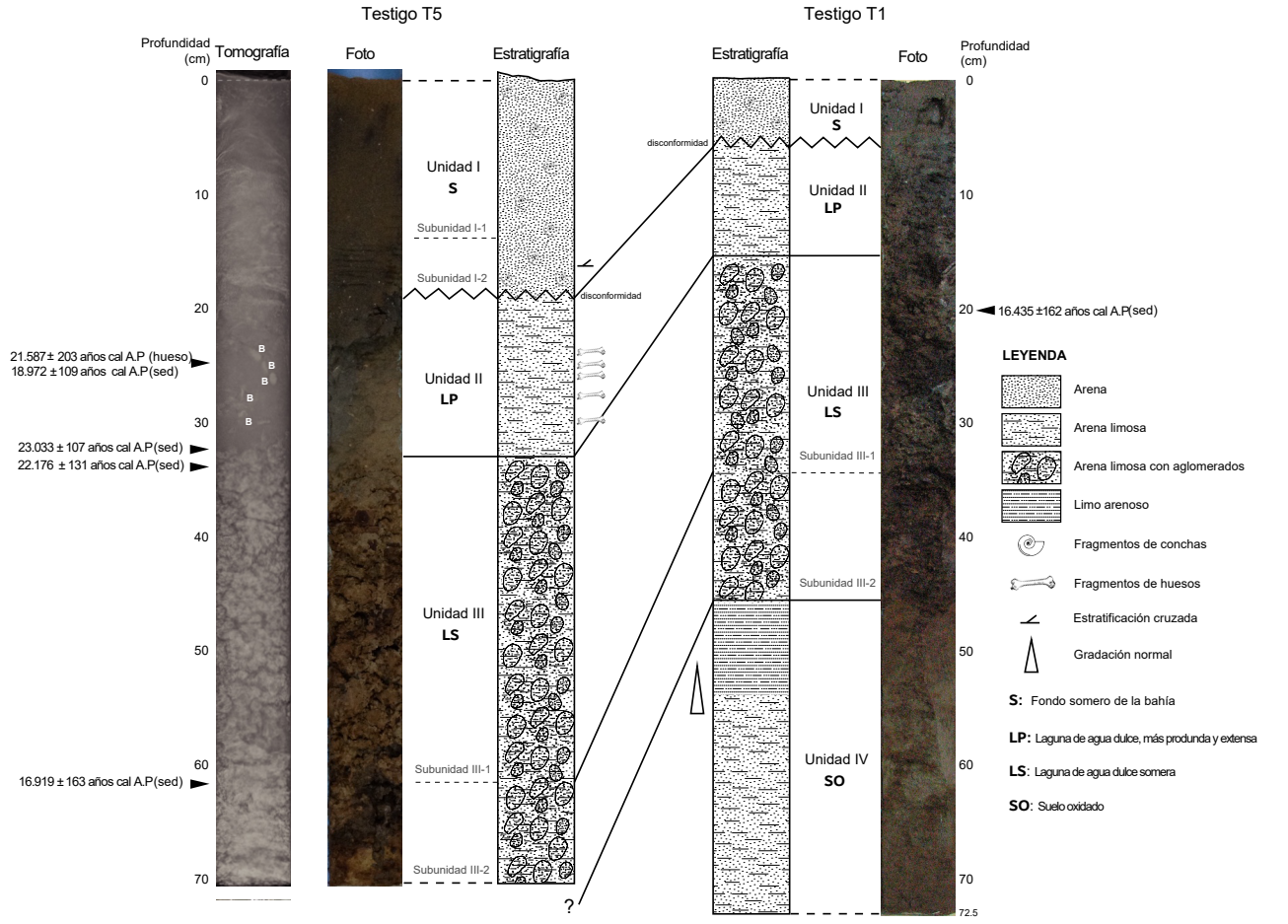


Figura 3

Estratigrafía del sitio GNLQ1 mostrando las unidades estratigráficas definidas y correlacionadas entre los testigos T5 y T1. La letra B en la Tomografía indica la localización de los restos de hueso encontrados en el testigo T5. Las edades obtenidas de los sedimentos del testigo T1 fueron reportados por [2 - 4], mientras que las edades obtenidas para los huesos y los sedimentos del testigo T5 fueron reportados por ref. [8]. La leyenda muestra la composición y características de cada una de las unidades, así como también el ambiente depositacional al cual fueron asociadas. Tomado de ref. [9]..

Metodología

Muestreo del fondo marino

En los años 2007 y 2014, dos testigos de sedimento (T1 y T5, respectivamente) fueron extraídos desde el sitio GNLQ1. Dichos testigos fueron extraídos a través de un saca-testigos con pistón operado por un buzo experimentado (Fig.2). Los testigos corresponden a cilindros de sedimento de 7,5 cm de diámetro, distanciados por 9 metros entre sí, T1 con 73 cm de largo y T5 con 71,5 cm de largo. Luego de la extracción, los testigos fueron preservados a 2°C para luego escanearlos, abrirlos, submuestrearlos y analizarlos [9].

Análisis estratigráfico y sedimentológico

Para estudiar las estructuras sedimentarias y evaluar la presencia de fósiles, antes de abrir el testigo T5, se escaneó mediante tomografía de rayos X computarizada (TC) en el Centro de Imagenología del Hospital Clínico de la Universidad de Chile usando el instrumento Siemens SOMATON SENSATION 64. Las imágenes TC fueron obtenidas con una resolución de 0,6mm, a 120KV y 320 mA, y fueron a analizadas usando el software Osirix DICOM Viewer [9].

Una vez abiertos los testigos, a través de una inspección visual, se describieron litológicamente y se definieron facies sedimentarias. La descripción incluyó la determinación de relaciones de contacto, de variaciones litológicas, tamaño de grano, estructuras sedimentarias y color, basado en carta de colores [15] (Fig.3). Luego, el submuestreo de ambos testigos se realizó cada 1cm, separando a su vez los restos óseos análisis taxonómico [9].

A través de un espectrómetro de dispersión láser Malvern Mastersizer 2000 del Departamento de Geología de la Universidad de Chile, se realizó el análisis de granulometría de alta resolución para complementar la descripción visual y caracterizar las variaciones dentro de cada unidad estratigráfica (Fig.4). Para la clasificación y parámetros estadísticos se utilizó la clasificación de [16].

Fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (ED-XRF)

Datos de ED-XRF fueron obtenidos a través de un espectrómetro Shimadzu EDX-720 en el Departamento de Geología de la Universidad de Chile. El espectrómetro fue operado usando un tubo de rayos x de rodio a 15-50 kV y 1000μA y permitió obtener de manera rápida y no-destructiva los elementos mayores que constituyen los sedimentos. En total se analizaron 131 muestras, 61 del testigo T1 y 70 del testigo T5. Los primeros 12 cm localizados en el techo del testigo T1 no fueron analizados debido a la perturbación de los sedimentos durante la extracción [9] (Fig.5).

Con los datos obtenidos se calculó la razón Ca/Ti y Sr/Ti para determinar variaciones en el carbonato, Mm/Fe y Mn/Ti para determinar condiciones redox y Si/Ti para determinar variaciones en la productividad orgánica [17] (Fig.6).

Exploración geofísica

El subsuelo marino de la zona central de la Bahía de Quintero fue estudiado a través del perfilador acústico Edgetech 3100-P SB424S (4-24khz) que generó dos líneas perpendiculares intersectadas en el sitio (Fig.7). Los datos de onda obtenidos fueron visualizados a través del software SeisSee 2.22.2, y mínimamente procesados a través de un filtro de bandas trapezoidal [mínima frecuencia de corte 500Hz; máxima frecuencia de corte 7000Hz] y Control de Ganancia Automática [longitud de ventana: 3-5 ms]. La penetración de las ondas permitió el reconocimiento de reflectores coherentes de hasta ~1-2 ms bajo el fondo marino, correspondiente a 1,5 – 3 metros de profundidad. Los

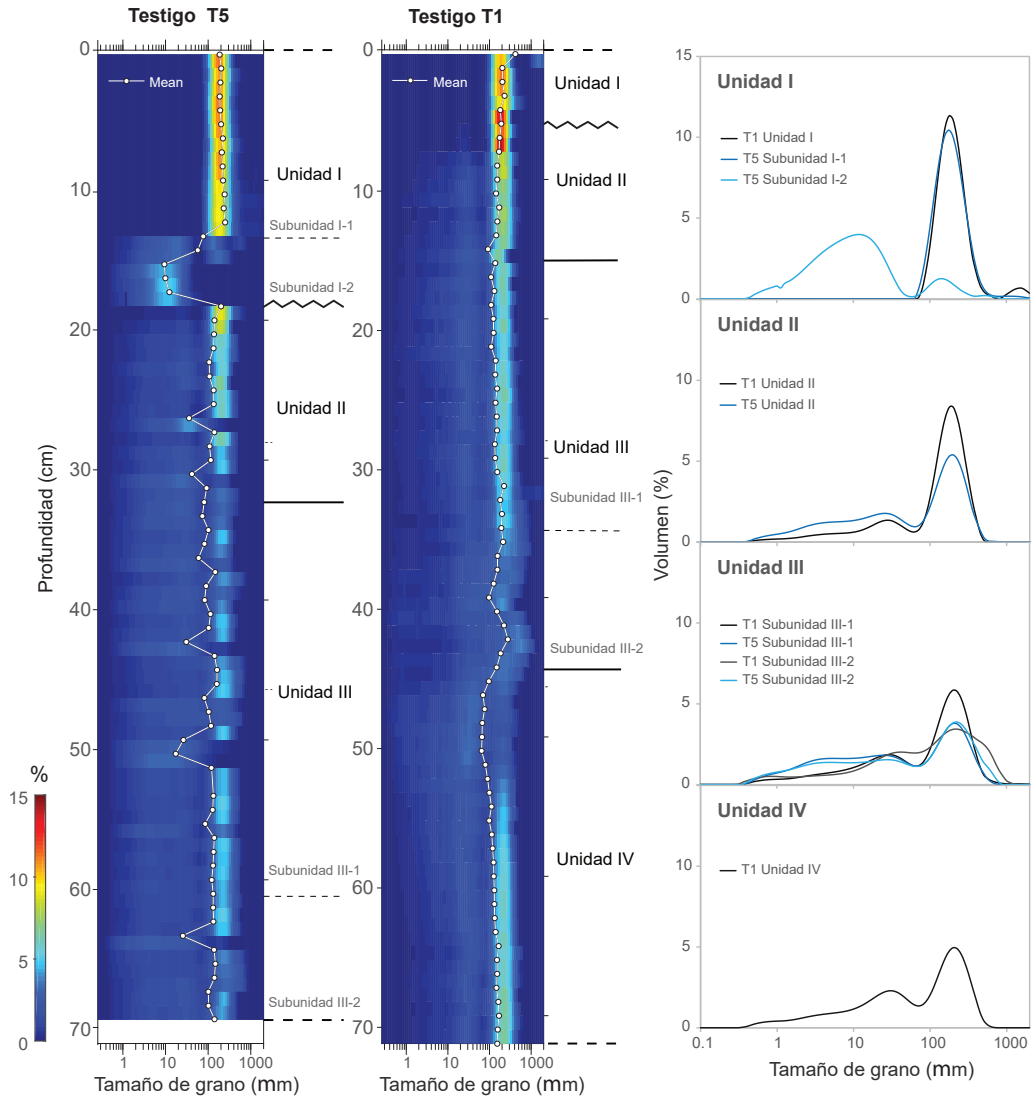


Figura 4

Distribución del tamaño de grano de los testigos T5 y T1. El panel de la izquierda muestra en colores un ploteo de densidad de los porcentajes en volumen del tamaño de grano y con una línea blanca el promedio de los valores de tamaño de grano de los testigos. El panel de la derecha muestra la distribución promedio de los tamaños de grano para cada unidad estratigráfica. Tomado de ref. [9].

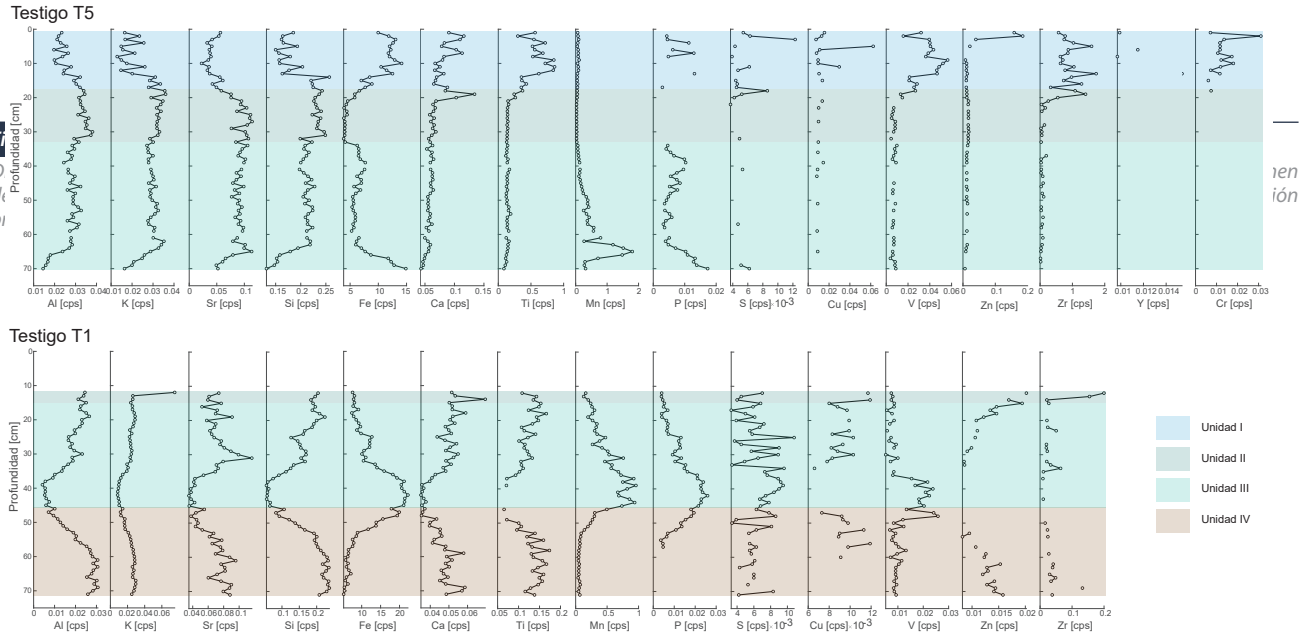


Figura 5

Elementos mayores presentes en los testigos T5 y T1 determinados a través de análisis de fluorescencia de rayos X. Las mediciones están expresadas en conteos por segundo (cps). Tomado de ref. [9].

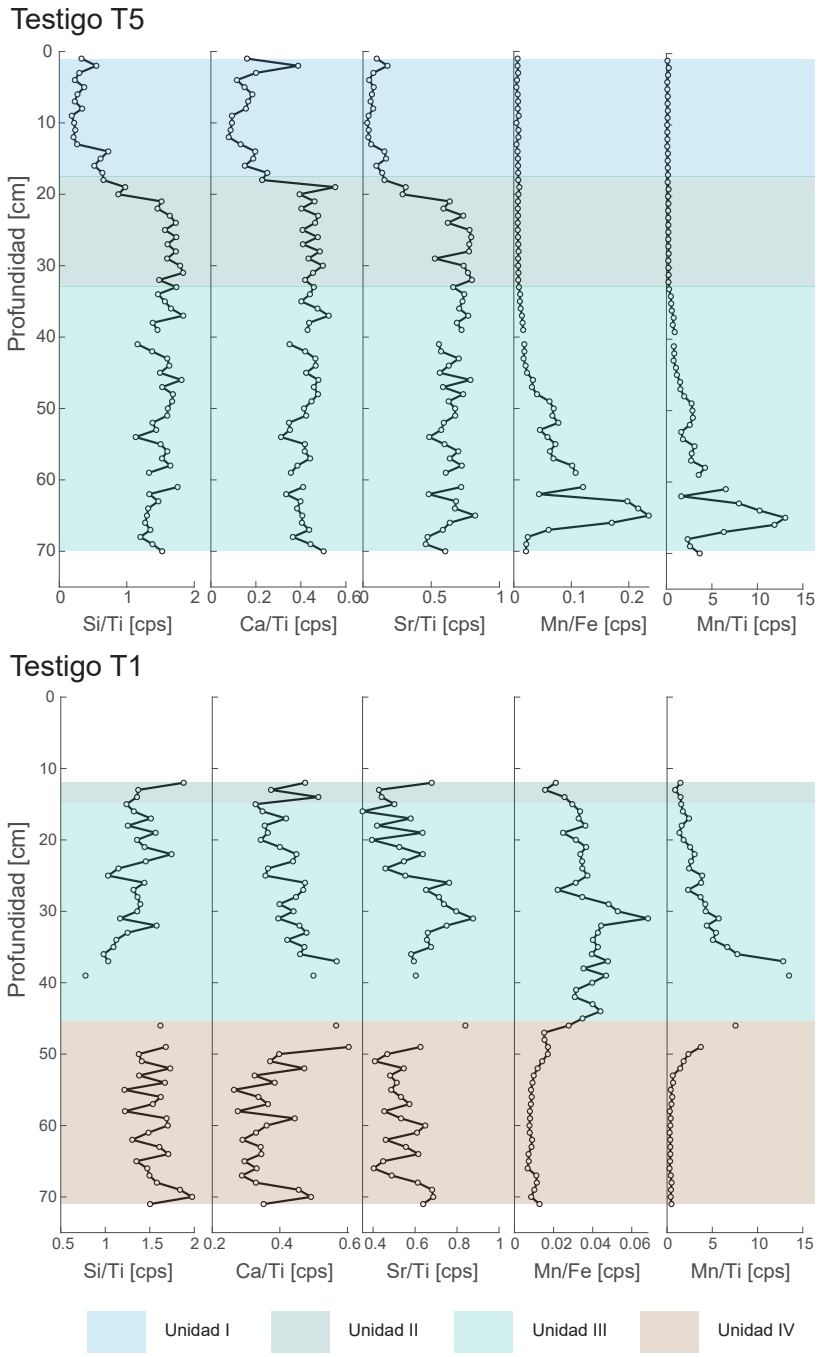


Figura 6

Razones elementales de los testigos T5 y T1 mostrando indicadores de productividad orgánica (Si/Ti), de precipitación de carbonatos (Ca/Ti, Sr/Ti),y de condiciones de paleo-redox (Mn/Fe, Mn/Ti). Tomado de ref. [9].

sedimentos arenosos superficiales que predominan en la zona somera de la bahía producen múltiples reflectores y una alta atenuación de la energía acústica, por lo tanto, se puso especial atención al reconocimiento y descarte de artefactos en los perfiles. Las facies sísmicas fueron definidas en base a su predominancia relativa más allá de su disposición geométrica debido a la dificultad de seguir reflectores de baja amplitud y/o discontinuos a lo largo de las secciones sísmicas [9].

Resultados

Sobre la edad del sitio GNLQ1

De acuerdo con las edades radiocarbónicas disponibles (Tabla 1), la historia del sitio abarca desde el Pleistoceno Tardío hasta el día de hoy. Los huesos pertenecientes a diversos taxones, recolectados en superficies y atribuibles a la unidad II, poseen edades radiocarbónicas que fluctúan entre 29.200 y 21.300 años cal. A.P. (años calibrados antes del presente) habiendo usado la fracción de bioapatita presentes en los restos óseos para su determinación [4]. Por otro lado, la edad radiocarbónica de las muestras de sedimento que contiene los restos de huesos arroja un rango de edades un poco más jóvenes, entre aproximadamente 23.100 y 16.200 años cal. A.P., lo que de acuerdo con [8], podría ser explicado con la incorporación de materia orgánica más joven dentro de sedimentos más antiguos producto de actividad biológica y/o percolación.

Historia del ambiente depositacional del sitio GNLQ1

Los resultados estratigráficos y sedimentológicos permitieron realizar la reconstrucción general del ambiente depositacional del sitio, mientras que los datos geoquímicos proveyeron información sobre cambios ocurridos dentro de un ambiente durante una escala de tiempo relativamente más corta [9].

La evolución del paisaje puede ser descrita en cuatro fases (Fig.8), que desde la más antigua a las más reciente son:

Fase 1: Condiciones sub-aéreas en una planicie fluvial.

La unidad basal IV, presente solo en el testigo de sedimento T1, evidencia un suelo que se oxidó sobre el cual un ambiente de agua dulce de baja energía se desarrolló. Esto último es demostrado por la presencia de sedimentos de grano fino con gradación normal (Fig. 3 y 4), característica que suele encontrarse en barras de punta de grano fino [19].

Por otro lado, la intensidad baja de Mn, con tendencia creciente hacia el techo, junto con las razones bajas de Mn/Fe (Fig. 5 y 6), sugieren una transición desde condiciones anóxicas a levementes oxigenadas hacia el techo de la unidad IV. Además, los altos valores de Fe que se observan hacia el techo de la unidad y que coinciden con las señales más altas de Mn, apuntan a la ocurrencia de óxidos de hierro que se acumularon en el techo de esta capa, sustentando la transición interpretada [9].

Según los datos geofísicos, la Unidad IV se identifica en una facies sísmica caracterizada por reflectores curvados y de inmersión sí como también geometrías de traslape tipo downlap. Esta facies se observa en varias zonas de ambos perfiles sísmicos, dentro de aproximadamente 1,5 metros bajo el fondo marino (Fig.7), y sugiere un paleoambiente dominado por pequeños arroyos meándricos que habrían dado lugar a depósitos de canal. La extensión de la cobertura geofísica indica que este tipo de paleoambientes se extendió por al menos un kilómetro alrededor del sitio. Ya que actualmente el sitio está sumergido, se interpreta que el ambiente de baja energía fluvial se desarrolló antes de que ocurriera la transgresión del océano (ocupación del continente por el océano debido al aumento del nivel del mar), por lo que el área estudiada debió ser parte de un sistema fluvial distal [9].

Fase 2: Comienzo de un ambiente de agua dulce de baja energía. (Laguna de agua dulce)

Esta fase está representada por la Unidad III, presente en ambos testigos de sedimento. La interpretación de un ambiente lagunar de agua dulce se sustenta en el tamaño de grano fino de los sedimentos

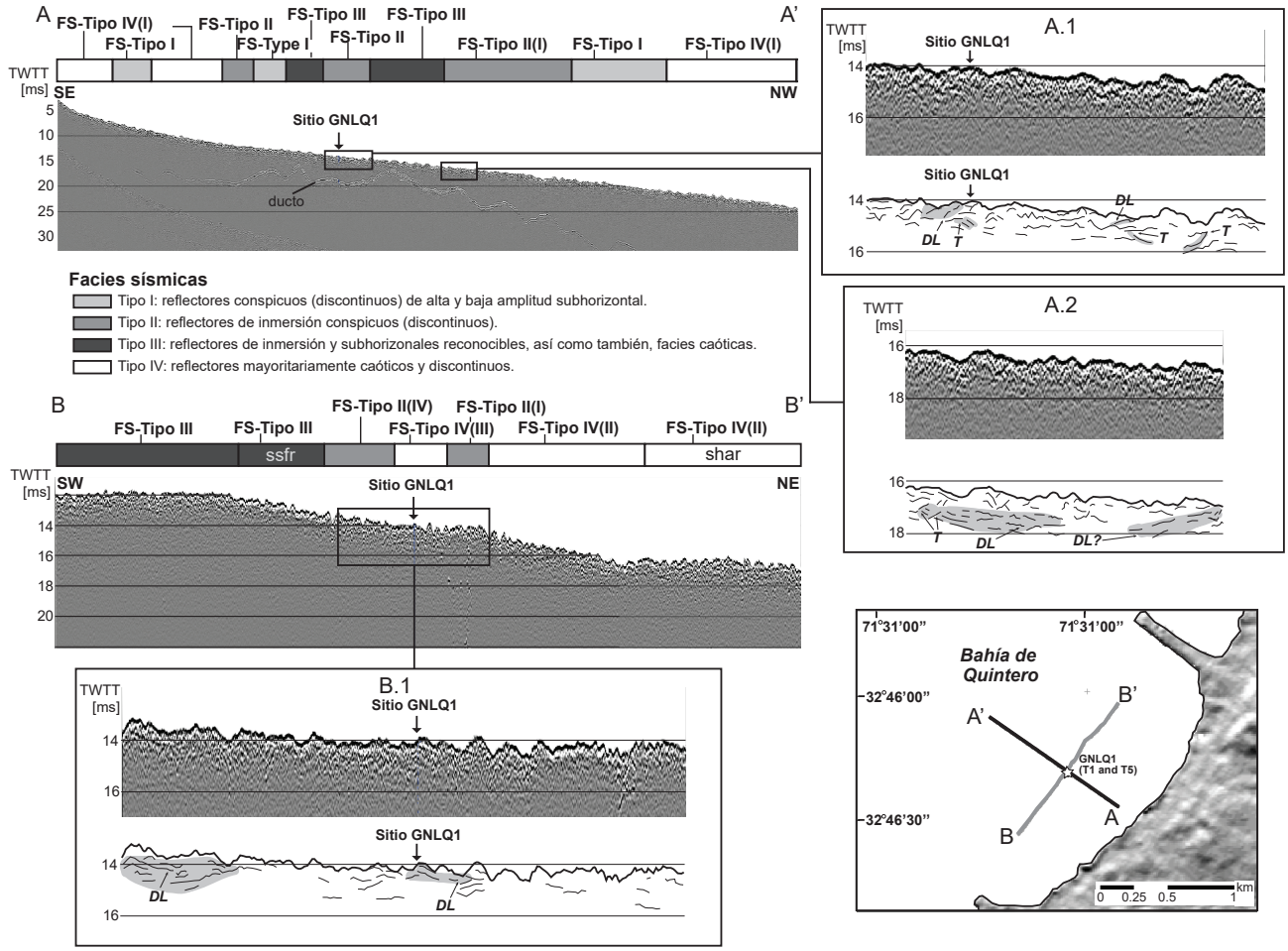


Figura 7

Secciones de los perfiles acústicos del subsuelo marino. Sección AA' es perpendicular a la costa, mientras que la sección BB' es aproximadamente paralela a la línea de costa. GNLQ1 se encuentra en la intersección de ambos perfiles. El eje vertical es el tiempo de ida y vuelta (two-way travel time TWTT) milisegundos. El mapeo de los reflectores fue principalmente realizado dentro de 2ms desde el fondo marino (línea negra gruesa en A.1, A.2 y B.1). Las características primordiales de las facies sísmicas definidas están indicadas: DL: downlapping ; T: truncamiento; ssfr: (seafloor strong reflector) reflector fuerte del fondo marino; shar: (superficial high angle reflector) reflector superficial de alto ángulo. Tomado de ref. [9].

#Lab Code	Sample	Depth (cm)	Sample provenance	^{14}C Age years BP	cal. yr BP (95% Prob.)	References
UGAMS 9194	Sediment	20	T1- Unit III	13,640 ± 40	16,435 ± 162	Cartajena et al. (2013)
UGAMS 15535	Bone	Surface	Near T1- Unit II	24,890 ± 70	29,052 ± 164	López et al. (2016)
UGAMS 15536	Bone	Surface	Near T1- Unit II	23,720 ± 70	27,805 ± 111	López et al. (2016)
UGAMS 15537	Bone	Surface	Near T1- Unit II	21,580 ± 60	25,862 ± 106	López et al. (2016)
UGAMS 15538	Bone	Surface	Near T1- Unit II	23,060 ± 60	27,296 ± 101	López et al. (2016)
UGAMS 15539	Bone	Surface	Near T1- Unit II	21,690 ± 50	25,923 ± 88	López et al. (2016)
UGAMS 20838	Bone	Surface	Near T1- Unit II	24,010 ± 60	29,061 ± 155	López et al. (2018)
UGAMS 20839	Bone	Surface	Near T1- Unit II	23,110 ± 50	27,387 ± 166	López et al. (2018)
UGAMS 20844	Bone	Surface	Near T1- Unit II	19,280 ± 40	23,315 ± 341	López et al. (2018)
UGAMS 20841	Bone	Surface	Near T1- Unit II	20,040 ± 45	24,020 ± 170	López et al. (2018)
UGAMS 29495	Bone	24	T5- Unit II	17,800 ± 40	21,587 ± 203	Carabias et al. (2020)
UGAMS 29496	Sediment	24	T5 - Unit II	15,740 ± 40	18,972 ± 109	Carabias et al. (2020)
UGAMS 29497	Sediment	32	T5 - Unit II	19,160 ± 50	23,033 ± 107	Carabias et al. (2020)
UGAMS 29498	Sediment	34	T5 - Unit III	18,250 ± 45	22,176 ± 131	Carabias et al. (2020)
UGAMS 29499	Sediment	62	T5 - Unit III	13,980 ± 40	16,919 ± 163	Carabias et al. (2020)

Tabla 1: Edades radiocarbónicas AMS sobre sedimentos y fracción de bioapatita de huesos y molares. Calibración realizada con OxCal 4.4, considerando la curva terrestre de calibración para el Hemisferio Sur ShCal20 [18].

de esta unidad, junto con la señal relativamente baja de los componentes terrígenos (Si, Al, K, Ca, y Ti (Fig. 3, 4 y 5). La carencia de sedimentos de tamaño más grueso y la selección moderada de este depósito indica una escorrentía limitada, sugiriendo que la laguna se alimentó mayoritariamente por agua subterránea. Este ambiente también es sugerido por las altas razones de Ca/Ti y Sr/Ti (Fig.6) indicando la ocurrencia de precipitación de carbonato autigénico acompañado de un bajo aporte detrítico [20 - 17].

La relativamente alta razón de Si/Ti (Fig.6) sugiere la presencia de sílice biogénico, asociado probablemente con la productividad de diatomeas [21] el cual podría haber sido responsable de la disolución de material detrítico, reduciendo aún más las concentraciones de los elementos asociados a sedimentos terrígenos.

El alto y variable contenido de Mn y de las razones de Mn/Fe observados en ambos testigos de sedimento (Fig.6) sugiere la presencia de óxido de manganeso, el cual precipita bajo condiciones aeróbicas [22]. Esta interpretación es consistente con el análisis mineralógico realizado por ref. [23], quienes muestran la presencia de óxidos de Fe y Mn, tales como hematita (Fe2O3), pirolusita (MnO2) y goethita (FeO(OH)). El alto contenido de oxígeno

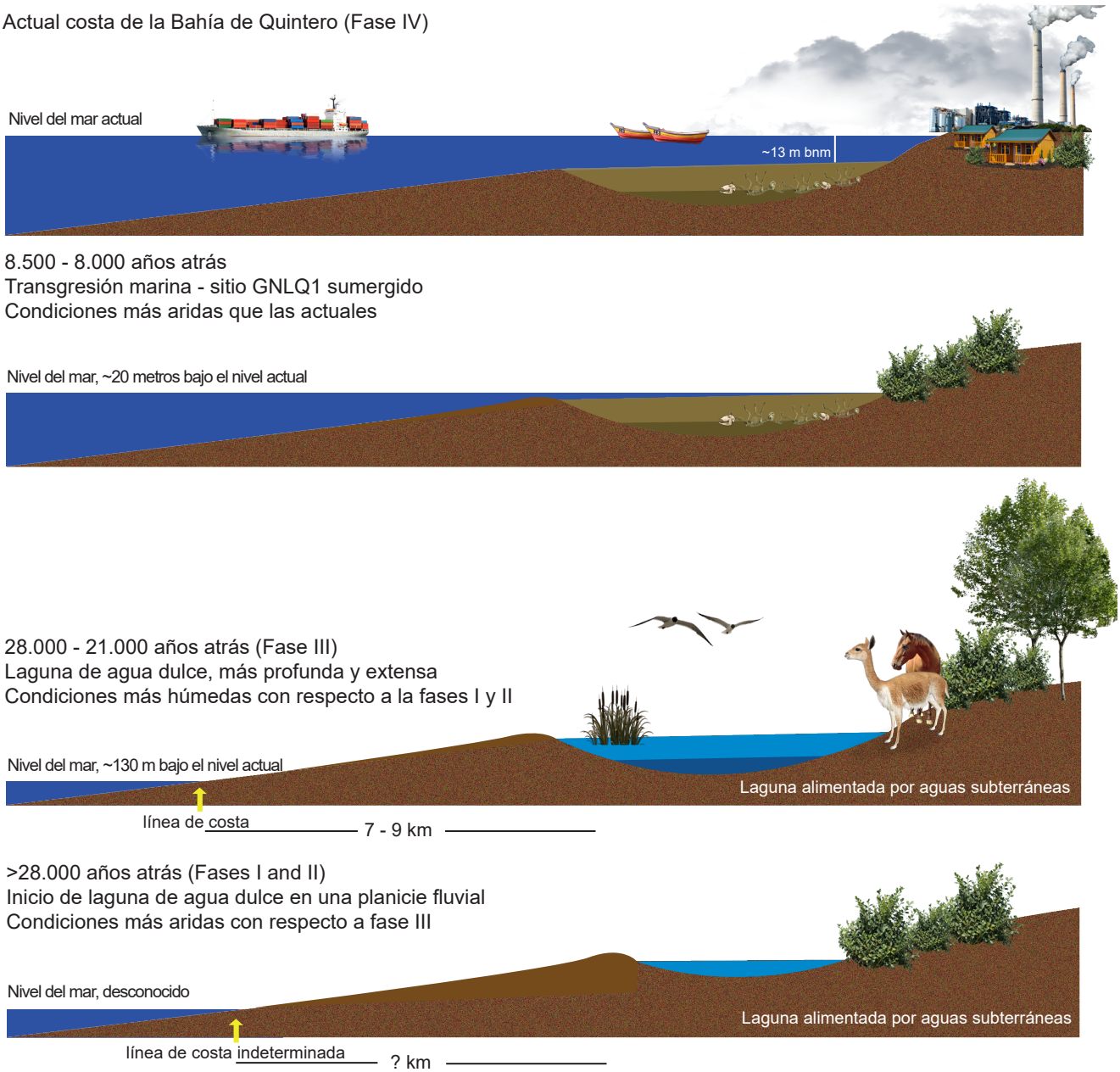


Figura 8

Modelo de evolución del sitio GNLQ1. El nivel del mar mostrado en cada una de las etapas es relativo al nivel de mar actual. Tomado [9]

en la columna de agua podría estar relacionada a procesos fotosintéticos o a una intensa ventilación del agua del fondo de la laguna [17]. Sin embargo, [23] también encontró sulfuros de hierro tales como pirita (FeS2) y greigita (Fe3S4) los cuales sugieren que esta unidad también fue afectada por procesos de reducción.

Consecuentemente, la variabilidad en el contenido de Mn podría deberse a variaciones en el nivel de agua de la laguna, que habrían generado cambios en las condiciones oxigenación del agua del fondo. Los cambios en el nivel de agua también podrían explicar la presencia de aglomerados de tamaño guijarro altamente cohesivos, compuestos por arena limosa y arcillosa, en la Unidad III (Fig.3), los cuales pueden ser interpretados como intraclastos que se habrían formado por los cambios en la extensión de la laguna. Estos cambios habrían generado una intermitente exposición y secamiento del margen de la laguna, y, por lo tanto, una progresiva fragmentación del margen durante periodos de agua somera [9].

Fase 3: Laguna de agua dulce más grande y profunda.

Este ambiente se interpreta a partir de la Unidad II, la cual está presente en ambos testigos de sedimento (Fig.3). Como en la fase anterior, el sedimento de grano fino sustenta la interpretación de una depositación de baja energía.

Una señal muy baja de contenido de Mn y bajas razones de Mn/Fe (Fig. 5 y 6) indican condiciones anóxicas que pueden ser asociadas a una limitada circulación de la columna de agua y/o ventilación de aguas de fondo [24], ambas interpretaciones consistentes con una laguna más profunda [9]. Condiciones anóxicas para esta unidad también fueron interpretadas por ref. [25] basado en la presencia de pyrita framboidal en la matriz ósea de un húmero de Paleolama sp. encontrado en esta unidad. Además, el análisis mineralógico de huesos manchados de esta unidad sugiere la presencia de sulfuros y óxidos, estos últimos asociados con condiciones aeróbicas que habrían ocurrido durante y después de la exposición del sitio [23].

Condiciones más húmedas serían consistentes con un ambiente de humedal más permanente indicado por las bajas razones de Mn/Ti (Fig.6), así como también por la carencia de intraclastos, sugiriendo que el sitio estaba a una mayor distancia del margen de la laguna [9].

Las altas razones de Si/Ti sugieren la presencia de sílice biogénico, posiblemente relacionado a presencia de diatomeas. Además, de acuerdo con ref. [20], altas razones de Ca/Ti y Sr/Ti reflejan precipitación de carbonato (Fig.6).

Durante este estadio más húmedo, una gran diversidad de animales fue atraída por el agua dulce y la vegetación presente en esta lagunas más extensa y profunda. Los animales que murieron que murieron a lo largo del margen de la laguna fueron rápidamente cubiertos por sedimento que fue expuesto a condiciones sub-aéreas durante un corto periodo de tiempo, lo cual favoreció la preservación de los huesos [9]. Esto último está evidenciado por el bajo grado de degradación observado en los restos óseos [13].

Este periodo más húmedo en la región de estudio habría prevalecido entre los 28.000 a 21.000 años cal. A.P, de acuerdo con las edades reportadas para los restos óseos [8], lo cual es consistente con periodos de máxima humedad reportadas para el litoral centro-norte de Chile durante el último periodo glacial, hace aproximadamente 33.000 – 19.000 años atrás [26], basados en registros marinos extraídos frente a La Serena. Estos autores han interpretado que este periodo húmedo, que fue precedido por condiciones áridas entre los 40.000 a 33.000 años A.P., también se habría caracterizado por abundante vegetación C3, gran aporte de sedimentos al océano, y bajas temperaturas. Condiciones húmedas también fue interpretada por [27] basado en el desarrollo de horizontes de suelo datadas en 22.000 ± 1.000 años en Las Ventanas, al norte de la Bahía de Quintero. De acuerdo a [26], estas condiciones húmedas habrían finalizado aproximadamente hace 17.000 – 16.000 años A.P debido a la menor influencia de los vientos del oeste a menores latitudes producto del desplazamiento del Anticiclón del Pacífico Sur-Oriental.

Fase IV: Transgresión marina y actual costa de la Bahía de Quintero.

Esta fase está representada por la Unidad I, está presente en ambos testigos de sedimento, sin embargo, está mejor desarrollada en el testigo T5 (Fig.3). Está compuesta por arenas medias a finas, tamaño de grano más grande con respecto a las otras unidades, y por sedimentos bien seleccionados (Fig.4) con fragmentos de conchillas (Fig.3) que indican un ambiente marino somero [9]. Los datos geoquímicos también sustentan esta interpretación. De hecho, la alta señal de Ti (Fig.5), el cual es un elemento relativamente inmóvil, está ligado a un alto suministro de terrígenos [21], y por lo tanto, a una línea de costa más cercana. Esta interpretación también podría estar sustentada por la relativamente alta señal de Fe (Fig.5) aunque también podría indicar cambios en la fuente de los sedimentos o de condiciones redox [20]. La fuerte relación entre el Ti y Fe (Fig.5) y la carencia de partículas más finas apuntan también al origen alóctono de este elemento [9].

Toda la Unidad I presenta una baja señal de Si y razones aún más bajas de Si/Ti (Fig. 5 y 6), indicando que el Si podría estar principalmente relacionado a partículas detríticas, como también es sugerido por la predominancia en esta unidad del tamaño de grano arena [9].

Bajas razones de Ca/Ti y Sr/Ti (Fig.6) indican un decrecimiento de la precipitación de carbonato con respecto a las unidades anteriores [17], probablemente relacionado al cambio en las condiciones ambientales marinas costeras junto con el aumento de la profundidad del agua [9]. Subsecuentemente, los valores muy bajos de las razones de Fe/Ti, Mn/Ti y Mn/Fe (Fig. 6), reflejan las actuales condiciones anóxicas bajo la interface agua/sedimento [28], asociado a la baja ventilación en el fondo de la bahía [9].

La disconformidad que existe entre la Unidad II y la Unidad I (Fig.3), es evidencia de la última transgresión marina ocurrida en el área y que afectó el sitio GNLQ1 hace 8.500 – 8.000 años A.P [8], durante el Holoceno Temprano, cuando ocurrió el último periodo de ascenso rápido del nivel del mar. La transgresión probablemente erosionó la mayor parte de la secuencia depositada entre el Pleistoceno Tardío (hace 21.000 años cal A.P.) y el Holoceno Temprano (8.500 – 8.000 años A.P), cuando el sitio comenzó a sumergirse y a someterse a la abrasión de las olas del mar, bajo condiciones marinas someras. Sin embargo, debe hacerse notar que la estratigrafía también sugiere erosión debido a la dinámica costera actual, contexto en el cual la capa de arena, correspondiente a la Unidad I, estaría jugando un rol protector de la capa subyacente (Unidad II) con respecto a la erosión del producido por el oleaje y la marea [9].

Referencias

[1] O'Shea, J., Journal of Island and Coastal Archaeology, Vol 16, 1 (2021), p1-4.
[2] Cartajena, I., et al., Quaternary International, Vol 305, (2013), p45-55.
[3] Carabias, D., et al., Chapter In: Prehistoric Archaeology on the Continental Shelf. A Global Review. Springer, New York, (2014), p 131 – 149.
[4] López, P., et al., Quaternary International, Vol 463 (A), (2018), p150-153.
[5] ARKA, Reporte encargado por SGA Ltda, Comuna de Quintero, V Región. (2008).
[6] ARKA, Reporte encargado por GNL Quintero, Comuna de Quintero, V Región. S.A. REF. INF11, (2014).
[7] Carabias, D., et al., Chapter In: Prehistoric Archaeology on the Continental Shelf. A Global Review. Springer, New York, (2014), p 131 – 149.
[8] Carabias, D., et al., En preparación, (2022).
[9] Flores-Aqueveque, V., et al., Quaternary International, Vol 601, (2021), p15-27.
[10] Villa-Martínez, R., et al., Revista Chilena de Historia Natural, Vol 70, (1997), p391-401.
[11] Villagrán, C., et al., Quaternary Research, Vol.34, (1990), p198-207.
[12] Vargas, G. et al., Informe para ARKA Consultores 2008, Evaluación Arqueológica Subacuática Sitio GNL Quintero 1. (2008)
[13] López, P., et al., Archeological and Anthropological Sciences, Vol 8, (2016), p277-290.
[14] Cartajena, I., et al., In: Proceedings of the 6th International Congres son Underwater Archaeology (IKUWA6), (2020), p350-358.
[15] Munsell Color, Munsell Soil-Color Charts. (2009)
[16] Folk, R.L., et al., Journal of sedimentary research, Vol 27, 1 (1957), p3-26.
[17] Mackenzie, L., et al., Holocene, Vol 27, 4 (2017), p566-578.
[18] Hogg, A., et al., Radiocarbon, Vol 62, 4 (2020), p759-778.
[19] Colombera, L. et al., Sedimentary Geology, Vol 383, (2019), p16-40.
[20] Kylander, M.E., et al., Journal of Quaternary Science, Vol 26, (2011), p109-117.
[21] Wennrich, V., et al., Climate of the Past, Vol 10, (2014), p1381-1399.
[22] Davison, W. Earth-Science Reviews, Vol 34, (1993), p119-163.
[23] Cartajena, I., et al., Geoarchaeology, Vol 37, (2021), p1-15.
[24] Moreno, A., et al., Quaternary International, Vol 161, (2007), p4-21.
[25] López, P., et al., Capítulo en: Temas de Arqueología, Estudios Tafonómicos y Zooarqueológicos (II). Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, Buenos Aires, (2012), p25-44.
[26] Kaiser, J., et al., Quaternary Science Reviews, Vol 27, (2008), 2064-2075.
[27] Veit, H., et al., Catena, Vol 134, (2015), p30-40.
[28] Kristensen, E., Hydrobiologia, Vol 426, (2000), 1-24.



Más allá de Moléculas exóticas y azúcares: ASTROQUÍMICA Y LA BÚSQUEDA DEL ORIGEN DE LA VIDA

- *Dr. Luis Alvarez-Thon*

Dr. en Física

- *Dra. Natalia Inostroza-Pino*

Dra. Fisicoquímica Molecular, Universidad Autónoma de Chile, Facultad de Ingeniería, Núcleo de Astroquímica & Astrofísica.

La rama de la astronomía encargada de detectar y estudiar moléculas en el espacio interestelar se llama astroquímica. Lo fascinante es que existen moléculas exóticas imposibles de encontrar en la Tierra y que podrían tener un interés tecnológico, por otro lado, existe la curiosidad de encontrar moléculas clave para la existencia de vida. En este artículo se describe cómo las técnicas de la química computacional pueden ayudar a los astrónomos a identificar moléculas que están a millones de años luz de la Tierra.

Existen más de 230 tipos de moléculas identificadas en nuestra galaxia y en las atmósferas de los planetas [1]. Algunas de estas moléculas no existen en la Tierra y solo pueden formarse en las condiciones extremas del medio interestelar. Un ejemplo muy conocido es el ión molecular H_3+, una molécula simple compuesta solo de tres átomos de hidrógeno. Esta fue descubierta en las atmósferas de Júpiter, Saturno y Urano, pero en la Tierra no existe en forma natural porque es muy reactiva (se combina rápidamente con otras moléculas para formar otras). 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. La referencia 2, "*La molécula que creó el universo*", es un artículo del tema que fue publicado en Ingeniería al Día.

La astroquímica es una rama muy activa de la astronomía que se dedica a la detección y estudio de moléculas en el medio interestelar. Estas moléculas aportan información única relativa al origen mismo de la vida en este planeta.

Este medio interestelar consta de grandes nubes moleculares. Un ejemplo muy conocido es la nebulosa *Ojo de Gato*, en la constelación del Dragón a unos 3000 años luz de la Tierra [3]. Esta importante nebulosa, fue descubierta por el astrónomo inglés William Herschel en 1786 y ha sido ampliamente estudiada en tiempos modernos ya que posee una gran luminosidad.

Si bien es cierto que siempre ha existido la curiosidad de saber si las moléculas que existen en la Tierra también se encuentran fuera de esta, por ejemplo, el agua, el metano u otras moléculas fundamentales para la existencia de la vida, también existe un interés tecnológico de encontrar moléculas exóticas [4].

En efecto, con el tiempo se ha descubierto que las famosas moléculas asociadas a la nanotecnología (cintas de grafeno, nanotubos de carbono y fulerenos) también se han encontrado en el medio interestelar [5,6].

El mayor problema con la detección de moléculas en el medio interestelar es que no podemos colocarlas en un tubo de ensayo para estudiarlas (las distancias son literalmente astronómicas). Sin embargo, los telescopios y radiotelescopios de observación pueden percibir la luz (radiación) emitida por esas moléculas cuando vibran. Particularmente, cuando esas moléculas están expuestas a radiación infrarroja, los aparatos terrestres pueden registrar las frecuencias de vibración. En otras palabras, se puede registrar la huella digital de estas (las moléculas al vibrar emiten radiación que viaja a través de espacio y llegan a la Tierra).

Para los químicos modernos, ha sido un gran desafío tratar de determinar la composición molecular de las sustancias existentes en la Tierra. Esta composición está basada en los átomos que forman estas moléculas, y estos átomos son todos aquellos que encontramos en la tabla periódica de los elementos. Por ejemplo, ya es conocido que el agua está formada por moléculas que están compuestas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, cuya fórmula es H_2O. Para llegar a esta conclusión tuvo que pasar mucho tiempo hasta que *Antoine de Lavoisier* (1743-1794), mediante un experimento ingenioso, concluyó que el agua estaba compuesta de una parte de oxígeno y dos partes de hidrógeno. Esto fue un descubrimiento extraordinario pues en aquella época todavía no existía el concepto de átomo tal como lo conocemos hoy.

En la actualidad existe una gran variedad de modernas técnicas usadas por los científicos para analizar y determinar la composición molecular de las sustancias o materiales. Estas técnicas reciben el nombre de *espectroscopias*. Algunos ejemplos comunes de estas técnicas son: difracción de rayos X, resonancia magnética nuclear, espectroscopia de masas, espectroscopia de emisión/absorción atómica, etc.

Una las técnicas espectroscópicas más comúnmente utilizadas por los científicos para caracterizar una molécula, a saber, es la espectroscopia infrarroja. En la figura 1 se muestra una representación de la molécula de agua (H_2O) donde se puede observar que los tres átomos forman una "v" con un ángulo aproximado de 104.5°.

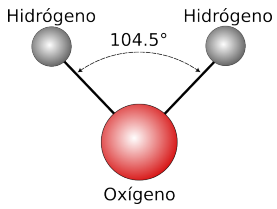


Figura 1

La molécula de agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O) y el ángulo promedio formado por los tres átomos es de 104.5°.

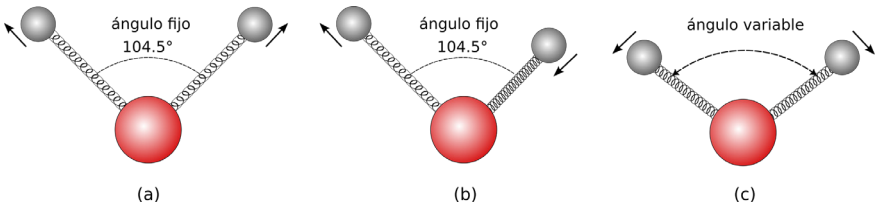


Figura 2

Los tres modos fundamentales de vibración de una molécula de agua. (a) Vibración simétrica, (b) Vibración antisimétrica, (c) Variación angular, donde las distancias de enlace permanecen constantes.

El agua en la figura 1 está representada como una estructura rígida, lo cual es una idealización. Lo cierto es que tanto las distancias interatómicas como el ángulo están variando continuamente. En efecto, en la realidad, la molécula está sujeta a influencias externas que la hacen "vibrar", por lo tanto, la geometría de esta puede variar en todo momento.

Básicamente, las moléculas vibran cuando son sometidas a un tipo especial de radiación electromagnética (luz) *llamada radiación infrarroja*. Este tipo de radiación (luz) no es visible para el ojo humano, pero esta puede ser percibida en forma de calor. De hecho, cuando el famoso astrónomo inglés William Herschel la descubrió en 1800, la bautizó como "rayos caloricos". Entonces, si queremos determinar la composición de una sustancia desconocida, podemos someter esa sustancia a este tipo de radiación y mediante un aparato (espectrómetro) podemos registrar las frecuencias de vibración y así comparar esas frecuencias con alguna base de datos de sustancias ya conocidas.

La figura 2 ilustra la idea de la vibración molecular, donde se muestran los tres *modos fundamentales* de vibración del agua. Estas tres formas fundamentales de vibración son característicos de la molécula de agua, pero además cada vibración tiene asociado un valor numérico llamado frecuencia de vibración, que se mide en unidades de hertz (Hz) o cm^{-1}. Estas tres frecuencias son únicas y caracterizan al agua, por lo tanto, constituyen su huella digital. Aunque no seamos capaces de mirar los átomos que componen una molécula, se tiene la posibilidad de determinar su huella digital. Es así que es factible identificar una sustancia desconocida solo encontrando sus frecuencias de vibración para luego compararlas con frecuencias ya identificadas.

[1] *El telescopio espacial lleva el nombre de James Webb, quien fuera el destacado director de la NASA entre 1961 y 1968.*

Todas las moléculas poseen una "huella digital" que las caracteriza. Aunque no somos capaces de mirar los átomos que componen una molécula, sí podemos obtener información de su huella digital, por lo tanto, la podemos identificar.

¿Cómo es que las moléculas vibran?

Solo como modo de ilustración, la figura 3 presenta un gráfico con el registro del *espectro infrarrojo* del agua [7]. El lector de este artículo no debe intimidarse por este gráfico, pues lo único que hay fijarse es la forma única de este (¡no hay otra sustancia cuyo espectro sea igual este!). A partir de este espectro, los científicos especialistas pueden determinar las frecuencias de vibración. De este modo, si sometemos una sustancia desconocida a la radiación infrarroja y el registro tiene la misma forma de esta figura, entonces esa sustancia es efectivamente agua.

La reciente puesta en marcha del Telescopio Espacial James Webb[1], abre una gran ventana de posibilidades para la búsqueda de nuevas moléculas en el Espacio interestelar. Las espectaculares imágenes recibidas fueron captadas en la zona infrarroja del espectro electromagnético, por lo tanto, tuvieron que ser manipuladas utilizando filtros de colores para que el ojo humano las pueda distinguir.

¿Qué puede fallar en la detección de moléculas usando las técnicas espectroscópicas?

Esto es muy común, porque no todas las moléculas son sensibles a las diferentes radiaciones y la obtención de un espectro de emisión (por ejemplo, de frecuencias de vibración) sería muy difícil. También existe la dificultad de que casi nunca las moléculas de un tipo se encuentran aisladas de otros tipos. Entonces la señal que detectan los aparatos terrestres puede ser muy débil o caótica con mucho "ruido" o interferencia. Esto es comprensible, pues las moléculas estudiadas se encuentran a millones de años luz y la radiación emitida por ellas tiene que superar muchos obstáculos en el camino. Por lo general, en astroquímica se recurre a más de una técnica de detección para que los resultados sean corrobórales.

La química teórica/computacional

En la actualidad es muy común que los científicos de todas las áreas del saber recurran a modelos matemáticos apoyados por simulaciones computacionales para predecir o calcular propiedades físicas o químicas [8,9]. En particular, los químicos pueden modelar (diseñar) nuevas moléculas y predecir si estas podrían existir en forma estable en las condiciones normales del medioambiente o si tienen una

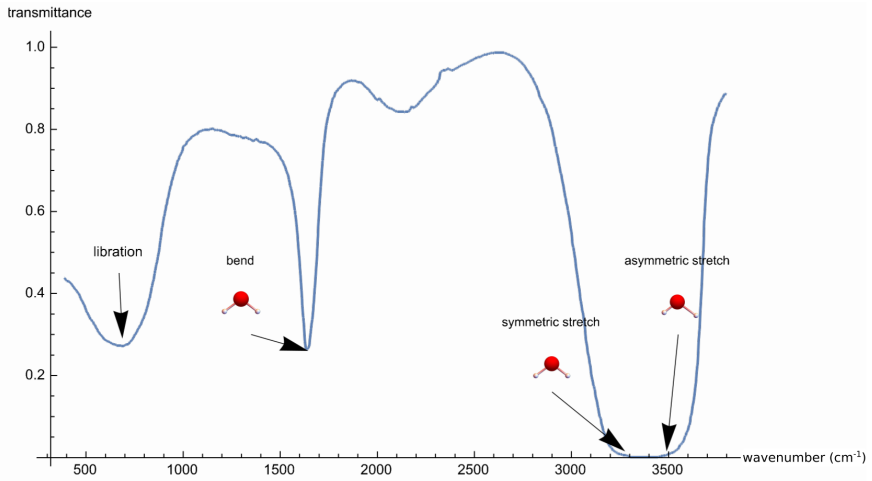


Figura 3

Espectro infrarrojo de la molécula de agua. La forma única de esta curva caracteriza al agua y constituye su huella digital (Fuente: Simulación en Wolfram.com, referencia 6).

lidad práctica. Con estos *experimentos virtuales* se puede ahorrar mucho tiempo de experimentación y también dinero gastado en reactivos químicos en el laboratorio. Esto es muy útil porque los científicos deben descartar muchas hipótesis antes de comprobar alguna que sea útil. En este contexto, el astrónomo puede apoyarse en estas técnicas para corroborar o descartar el descubrimiento de nuevas moléculas en el medio interestelar.

La química como herramienta de la astronomía

Como ya se mencionó anteriormente, hay más de 200 moléculas cuya existencia en el medio interestelar ha sido confirmada. Sin embargo, todavía hay otras cuya existencia es dudosa porque la información astronómica obtenida es difusa para llegar a conclusiones definitivas. En el contexto del proyecto FONDECYT N° 1191019, de los autores de este artículo, fue posible estudiar moléculas de interés astronómico con el objetivo de establecer un criterio confiable que respalde las observaciones astronómicas. El desarrollo del estudio fue realizado en la UCEN, en colaboración con la Universidad Autónoma de Chile, la Universidad de Mississippi y el Ames Research Center de la NASA. Los resultados de este estudio fueron publicados en la prestigiosa revista de astronomía Astronomy & AstroPhysics, con el título "*Quantification of molecular aromaticity as a predictive factor of astrophysical significance*" [10].

El grado de aromaticidad en una molécula es un criterio muy usado por los químicos para predecir la existencia estable de una molécula.

El proyecto FONDECYT mencionado, tiene como objetivo principal estudiar el concepto de *aromaticidad* [2] y para ello se utilizan computadores ("clusters") de última generación, pues se requiere resolver complicadas ecuaciones de la mecánica cuántica[3]. En un artículo anterior de esta revista "Magnetismo y Química Cuántica" [11] se describió el concepto de aromaticidad como la capacidad de reacción de los electrones de una molécula cuando esta es sometida a un campo magnético externo. Como consecuencia del campo magnético aplicado, los electrones libres de la molécula tienden a "circular" alrededor de esta. Entonces el grado de mayor o menor movilidad de los electrones indica el grado de aromaticidad de la molécula. Por lo general se habla de aromaticidad en moléculas cuya estructura geométrica forme un anillo. El ejemplo más emblemático es la molécula de benceno, que está formada por un anillo de seis átomos de carbono y seis átomos de hidrógeno (C_6H_6). La figura 4 muestra una reproducción de una figura del artículo emanado de la colaboración [10]. En ella se muestra la molécula de benceno, donde claramente se observa un "flujo de electrones" (representado por flechas) circulando alrededor de la molécula.

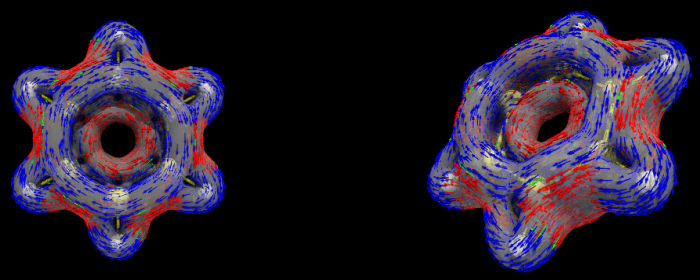


Figura 4

Dos vistas de la representación 3D de la aromaticidad en benceno (C_6H_6). 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.

La conclusión principal del mencionado artículo [10], explica que la metodología utilizada tiene el potencial de ser una herramienta auxiliar importante para futuras observaciones astronómicas. Moléculas como el benceno y otras moléculas aromáticas tienen la particularidad de ser estables (no se destruyen y no se combinan fácilmente con otras), de tal modo que pueden ser detectadas. Es por eso que es muy importante determinar un *índice de aromaticidad* [4] para las moléculas estudiadas. Adicionalmente, el estudio abarcó un conjunto de moléculas de interés astronómico, algunas de la cuales todavía no se tiene certeza de su existencia en el medio interestelar. La figura 5 muestra una pequeña selección de las moléculas estudiadas. Como característica común, todas ellas forman un "anillo" compuesto por átomos de carbono e hidrógeno (*Polycyclic aromatic hydrocarbons en inglés*). Este índice de aromaticidad, aplicado a moléculas en el medio interestelar, puede incentivar a los astrónomos a la búsqueda de moléculas cuyo índice de aromaticidad indique una probable formación o estabilidad de estas en el espacio interestelar[5].

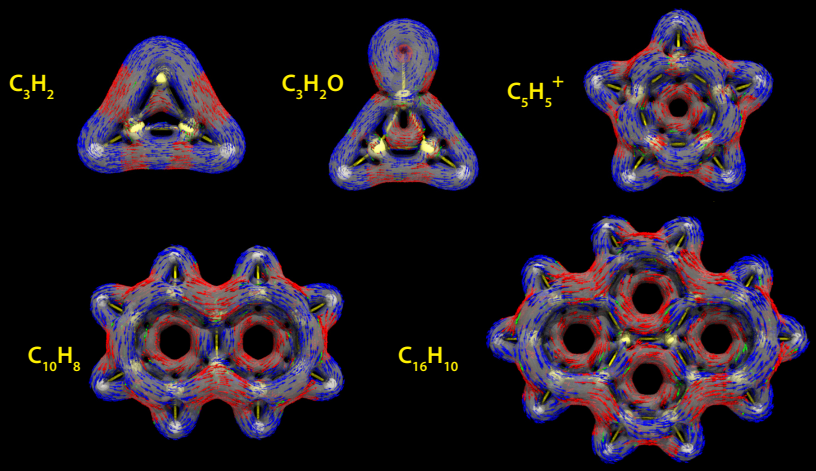


Figura 5

Selección de moléculas estudiadas en la referencia 8. Como característica principal Todas ellas forman un circuito cerrado a través del cual fluyen los electrones, indicando su grado de aromaticidad.

El estudio referenciado [10], resultó de una colaboración insospechada entre varios científicos. Específicamente, la experticia combinada de los 4 autores permitió publicar un estudio teórico orientado a la comunidad astroquimica mundial y con ello contribuir con un grano de polvo en la comprensión global del origen la de vida en el Universo.

Agradecimientos: El estudio referenciado [10] en este artículo ha sido posible gracias al financiamiento del proyecto FONDECYT °N 1191019.

[2] El término aromaticidad es por razones históricas. El benceno es un líquido incoloro con un olor característico, pero eso no quiere decir que todas las moléculas aromáticas tengan olor.

[3] La mecánica cuántica es una rama fundamental de la física que estudia los fenómenos a escala atómica y molecular.

[4] El índice de aromaticidad es un valor (número) que cuantifica este concepto. Esta cuantificación sigue la misma idea del índice de acidez de las sustancias (escala pH).

[5] El benceno es la molécula aromática de referencia, por lo tanto, cualquier otra molécula cuyo índice de aromaticidad sea mayor (menor) al del benceno es más (menos) aromática.

Referencias

[1] Alessandra Candian, Junfeng Zhen, and Alexander G. G. M. Tielens
, "The aromatic universe", Physics Today 71, 38-43 (2018) https://doi.org/10.1063/PT.3.4068
[2] Alvarez, L. "H3+: La molécula que creó el universo", Ingeniería al día, Vol. 6, (2018) p18-20.
[3] Wesson R., Liu X.-W. (2004), Physical conditions in the planetary nebula NGC 6543, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 351, p.1026
[4] Inostroza. N. et al., Chemical Physics Letters, (2012), 524, 25-31.
[5] J. Cami et al., Science 329, 1180 (2010)
[6] E. K. Campbell et al., Nature, 523, 322 (2015)
[7] D. Meliga and S. Z. Lavagnino "Infrared-Active Vibrational Modes in Water", http://demonstrations.wolfram.com/InfraredActiveVibrationalModesInWater/
Wolfram Demonstrations Project, Published: January 10 2020
[8] Inostroza, N. et al. Astronomy & Astrophysics (2022). https://doi.org/10.1051/0004-6361/202243520.
[9] Inostroza, N. et al., J. Chem. Phys. (2011) 135(24), 244310.
[10] Alvarez-Thon, L. et al., A&A 662 A106 (2022), DOI: 10.1051/0004-6361/202243253
[11] Alvarez, L. "Magnetismo y Química Cuántica", Ingeniería al día, Vol. 7, N.o1 (2017)

Figura: nebulosa Ojo de Gato. (CatsEye_HubblePohl_960.jpg)

Creditos de la imagen: NASA, ESA, Hubble Legacy Archive; Chandra X-ray Obs.; Processing & Copyright: Rudy Pohl.
Tomada con el telescopio espacial Hubble.
Imagen de la nebulosa Carina: IMAGE: NASA, ESA, CSA, STScI

Carina Nebula. -STScI-01G7ETQTCAQ2HBGGHTYCQ53FGG.png

Unless otherwise specifically stated, no claim to copyright is being asserted by STScI and material on this site may be freely used as in the public domain in accordance with NASA's contract. However, it is requested that in any subsequent use of this work NASA and STScI be given appropriate acknowledgement.

Universidad Central

Admisión 2023

Ven y transforma el mundo











DIRECCIÓN DE COMUNICACIONES CORPORATIVAS

4 AÑOS UNIVERSIDAD CENTRAL ACREDITADA EN NIVEL AVANZADO EN LAS ÁREAS DE GESTIÓN INSTITUCIONAL, DOCENCIA DE PREGRADO, VINCULACIÓN CON EL MEDIO HASTA ENERO 2026

Comisión Nacional de Acreditación CNA-Chile

Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Finarq UCEN @Finarq_UCEN

@finarq.ucen Universidad Central www.ucentral.cl RADIO UCENTRAL 107.1 FM

FINARQ recibió la primera reunión hibrida de la Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación Científica

La importante instancia convoca a las Sociedades de Educación en Ciencias de América. La organización estuvo encabezada, además, por el docente Nelson Sepúlveda quien es Presidente de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física - SOCHEF.



La primera reunión híbrida de la **Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación Científica, MIDEC**, se desarrolló con éxito en nuestra Facultad de Ingeniería y Arquitectura y fue encabezada por el **docente Nelson Sepúlveda**, quien además es Presidente de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física - SOCHEF.

La cita fue recibida con palabras del Secretario Académico, **profesor Alejandro Torres**, y participaron principalmente las Sociedades de Educación en Ciencias de toda América abordaron las realidades que suceden en educación en ciencias en los países latinoamericanos, se compartieron experiencias pedagógicas.

El diálogo e intercambio de ideas se generó tras las palabras del **presidente de MIDEC**, **Dr. Ignacio Idoyaga** de la Universidad de Buenos Aires. También se encontraban presentes el presidente de LANENT (Red Latinoamericana para la Educación y la Capacitación en Tecnología Nuclear) desde Costa Rica, **Dr. Esteban Picado**, además de la **Dra. Rosa Nidia Tuay** de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, la **Dra. Carla Hernandez** socia SOCHEF perteneciente a la Universidad de Santiago de Chile, entre otros invitados internacionales, presidentes de sus organizaciones en los paises de America que participaron presencialmente o vía telemática.

Experto español en nanoestructuras ofrece charla en FINARQ

La visita del Dr. José Miguel García Martín se da tras una fructífera colaboración investigativa con nuestro país. Parte de esa experiencia fue parte de su exposición.



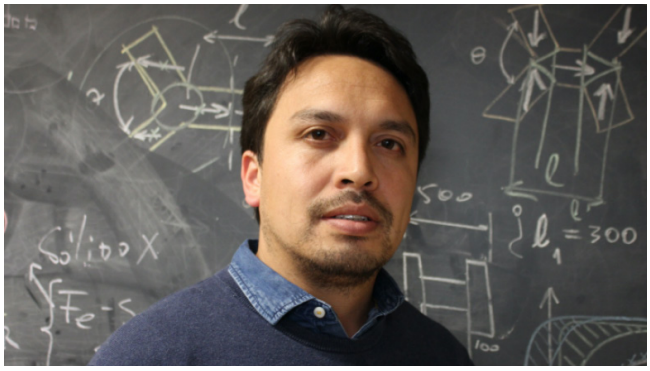
Hasta el Auditorio Carlos Blin, ubicado en el edificio VKII, llegó el Dr. José Miguel García Martín, experto español en nanoestructuras para ofrecer una charla sobre nanoestructuras metálicas con distintas preparaciones y para distintas aplicaciones y usos.

El académico, quien es además investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC y en el Instituto de Micro y Nanotecnología de Madrid, fue acompañado del docente Dr. Juan Luis Palma, que entregó unas palabras previas a la exposición.

Al finalizar, el profesor García Martín recibió preguntas de los y las asistentes.

Dr. Juan Luis Palma y equipo, se adjudican patente de importante proyecto

La decisión, tomada por el Instituto Nacional de Propiedad Industrial, significa un hito ya que es la primera patente de la UCEN. "Espero sea el comienzo de muchas más", manifestó el académico Palma.

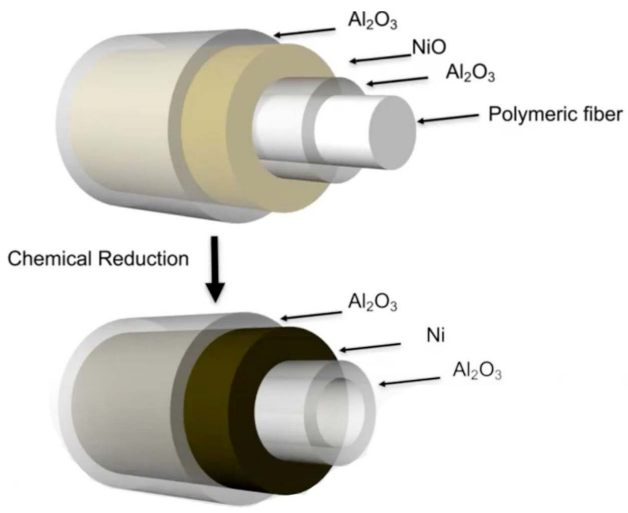


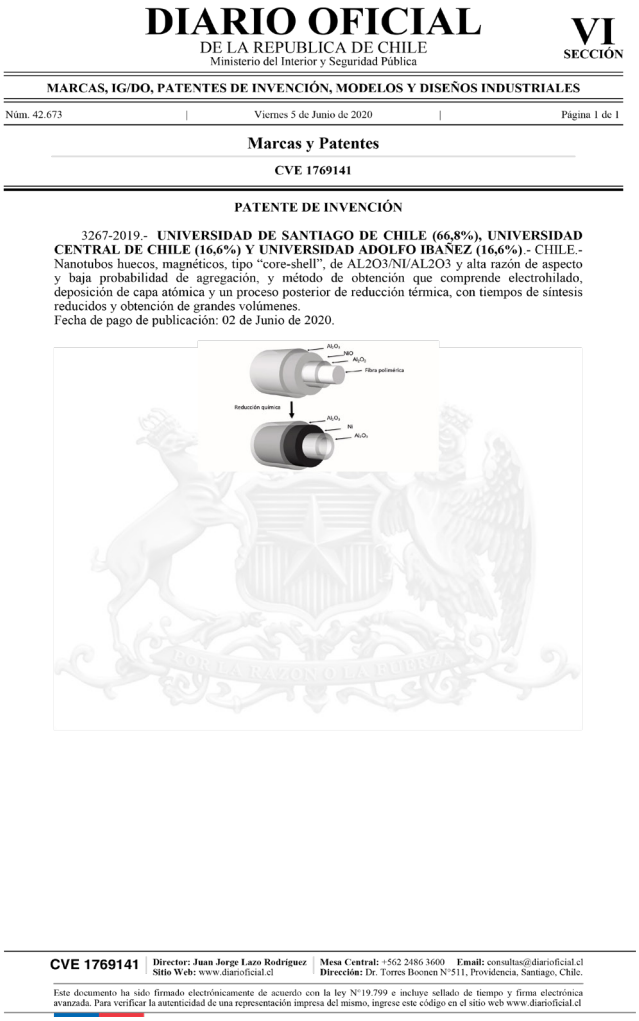
El Instituto Nacional de Propiedad Industrial, resolvió conceder la patente de invención al proyecto "Nanotubos huecos, magnéticos, tipo 'core-shell (…)'" realizado por equipos de la Universidad de Santiago, la Universidad Adolfo Ibáñez y la Universidad Central de Chile.

En el equipo de colaboradores trabaja el Dr. Juan Luis Palma, de la UCEN, quien explicó en qué consiste la iniciativa.

"Es una metodología para obtener nanotubos por medio de deposición de capas *atómicas*. El método de deposición de capas atómicas (ALD), consiste en ir depositando material sobre una superficie por medio de reacción química, el vapor químico se va depositando de a una capa atómica a la vez, y mientras más grueso queremos que sea el material, más capas vamos depositando. En este caso, se depositaron capas de 0.02 nm de espesor en promedio. Se pueden depositar óxidos metálicos sobre sustratos de varios materiales, que soporten una temperatura alta (de 80ºC y más)", detalló el académico.

Es ahí donde aparece la novedad de la invención. La creación de una multicapa de materiales (conocida como "core-shell") que permite depositar materiales a altas temperaturas en fibras que no soportan esas temperaturas.





DIARIO OFICIAL
DE LA REPUBLICA DE CHILE
Ministerio del Interior y Seguridad Pública

VI SECCIÓN

MARCAS, IG/DO, PATENTES DE INVENCIÓN, MODELOS Y DISEÑOS INDUSTRIALES

Núm. 42.673 | Viernes 5 de Junio de 2020 | Página 1 de 1

Marcas y Patentes

CVE 1769141

PATENTE DE INVENCIÓN

3267-2019.- **UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE (66,8%), UNIVERSIDAD CENTRAL DE CHILE (16,6%) Y UNIVERSIDAD ADOLFO IBAÑEZ (16,6%).**- CHILE.- Nanotubos huecos, magnéticos, tipo "core-shell", de AL2O3/NI/AL2O3 y alta razón de aspecto y baja probabilidad de agregación, y método de obtención que comprende electrohilado, deposición de capa atómica y un proceso posterior de reducción térmica, con tiempos de síntesis reducidos y obtención de grandes volúmenes.
Fecha de pago de publicación: 02 de Junio de 2020.

CVE 1769141 | **Director: Juan Jorge Lazo Rodríguez** | **Mesa Central:** +562 2486 3600 **Email:** consultas@diarioficial.cl
Sitio Web: www.diarioficial.cl | **Dirección:** Dr. Torres Boonen N°511, Providencia, Santiago, Chile.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N°19.799 e incluye sellado de tiempo y firma electrónica avanzada. Para verificar la autenticidad de una representación impresa del mismo, ingrese este código en el sitio web www.diarioficial.cl

"Estas fibras de PVOH son un candidato para reemplazar el plástico y conservar de mejor manera los alimentos. En este caso en particular se recubrieron las fibras con material magnético, que sirve para potenciales tratamientos de cáncer, o drug delivery (encerrar un fármaco en el tubo magnético, y trasladarlo por el torrente sanguíneo por medio de campos magnéticos, para liberarlo en un lugar específico – y así, no contaminar todo el cuerpo con el fármaco)", aclara el Dr. Palma.

¿Crees que esto le abre caminos a la UCEN?

"Claro que sí. Somos una institución emergente en investigación, y creo que en poco tiempo hemos conseguido cosas muy buenas. Esta primera patente concedida espero que sea el principio de muchas más. Estas cosas se van obteniendo con un trabajo de mucho tiempo, que es reflejo de colaboraciones con nuestros colegas de otras instituciones", sentenció el Dr. Juan Luis Palma.

¿CÓMO SE GESTIONA LA INNOVACIÓN ABIERTA EN LAS EMPRESAS?

• *Omar Carrasco*
Dr. en Ciencias Económicas

En virtud del incremento de la competencia y a los cambios exponenciales de la tecnología, las empresas casa vez más dependen de su habilidad para innovar para lograr una ventaja competitiva sostenible (Parida, Westerberg, & Frishammar, 2012). Es por ello que las empresas están cambiando su forma de actuar en sus procesos de innovación con el fin de desarrollar nuevos productos exitosos y así mejorar su rendimiento (Laursen & Salter, 2006; Spithoven, Vanhaverbeke, & Roijakkers, 2013).

La innovación abierta (IA) puede ser un camino para acelerar estos procesos, ya que es un modelo donde una empresa comercializa tanto sus propias ideas como las innovaciones de otras empresas y se focaliza en canalizar sus ideas al mercado a través de vías ajenas a sus negocios actuales (Chesbrough, 2003). La innovación abierta es "un proceso de distribución de innovación basado en flujos de conocimiento gestionados de forma intencionada a través de los límites de la organización" (Chesbrough & Bogers, 2014).

La figura 1 ilustra las diferencias entre el modelo de innovación cerrado y el abierto, basándose en las definiciones de Chesbrough (2003):

La figura muestra que, en forma tradicional, los procesos de innovación se representan a través de un embudo. En una organización las ideas y las tecnologías actuales comienzan por el extremo del embudo y por el otro extremo sale el producto o servicio final que irá finalmente al mercado. La literatura la define como un sistema lineal que se seleccionan las mejores ideas, se validan cada uno de los prototipos para obtener resultados efectivos.

Las empresas tanto de menor como de mayor tamaño aplican distintas prácticas de innovación abierta para atender a sus clientes de manera efectiva o abrir nuevos mercados, en virtud de tener un efecto positivo en la introducción de nuevos productos-servicios, con apuntando a lograr un mayor nivel de ingresos y mantener el crecimiento de las empresas (Van de Vrande, Jong,

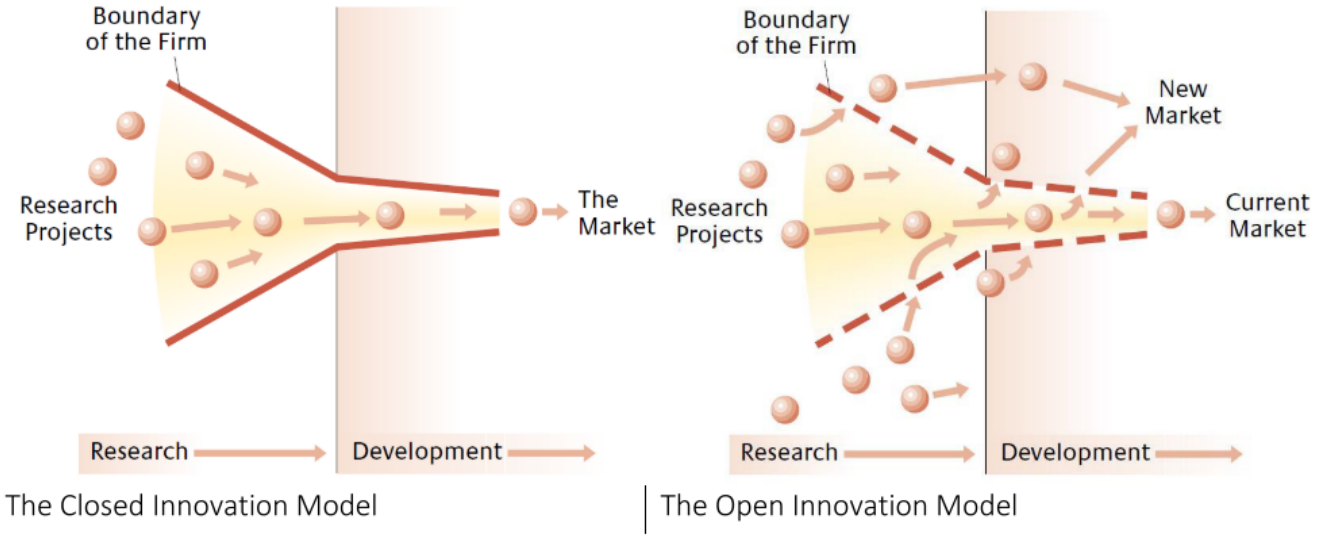


Figura 1

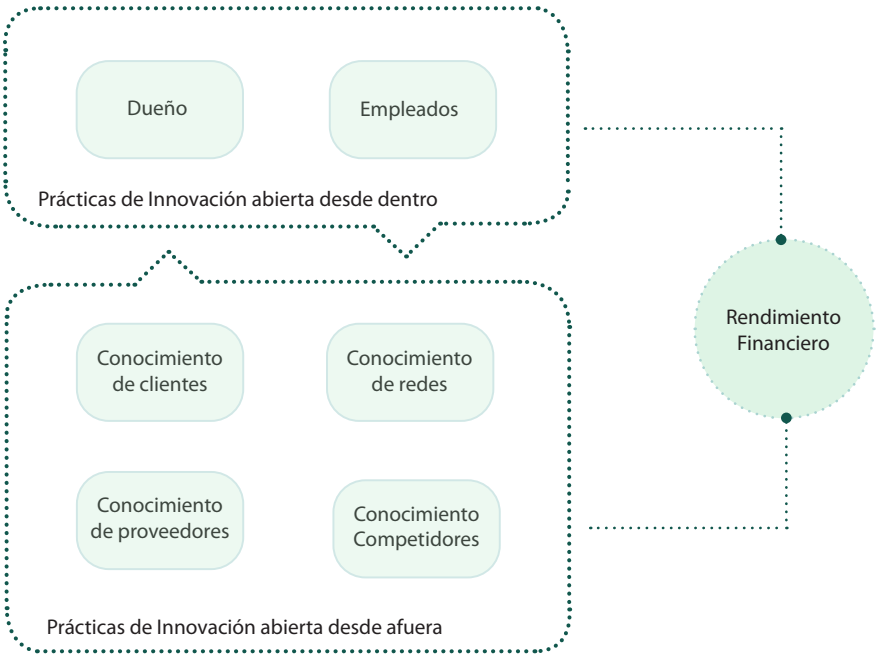
Modelos de innovación cerrada y abierta / Fuente: (Chesbrough, 2003) páginas 36 y 37.

Vanhaverbeke, & Rochemont, 2009). Para llevar a cabo las prácticas de IA, las empresas requieren de una adecuada política de gestión de la innovación y contar con capacidades para desarrollarlas con éxito.

Prácticas de Innovación abierta

Si bien existen varias formas de gestionar la innovación abierta y no hay una lista unificada de tipologías de prácticas de innovación abierta, las actividades más habituales que se encuentran en la literatura, y basándose en el estudio de Van de Vrande et al. (2009) se pueden mencionar el inbound y outbound. El Inbound se construye a partir de cinco prácticas: 1) La participación directa de los clientes en su proceso de innovación, 2) Actividades desarrolladas sobre la base de redes externas para apoyar los procesos de innovación, pudiendo adquirir conocimiento externo o capital humano, 3) Participaciones en empresas nuevas o establecidas con el fin de obtener acceso a sus conocimientos o para obtener otras sinergias, 4) Compra de servicios de I + D de otras organizaciones, como universidades, organismos públicos de investigación, comerciales ingenieros o proveedores y 5) La compra o el uso de la propiedad intelectual, tales como patentes, derechos de autor o marcas registradas de otras organizaciones para beneficiarse del conocimiento externo. El Outbound se construye con dos prácticas: 1) Empezar un nuevo negocio procedente del conocimiento interno de la propia empresa, y 2) Aprovechar los conocimientos y las iniciativas de los empleados que no están involucrados en la I + D (por ejemplo, mediante la adopción de sugerencias, que les exima de aplicar las ideas o la creación de equipos autónomos para realizar innovaciones).

Así se muestra en la figura 2: relaciones de las gestiones



Los estudios empíricos muestran que estas prácticas afectan positivamente el rendimiento financiero de las empresas. También tiene implicaciones importantes para los empresarios, considerando que la innovación es muy importante para el crecimiento de las empresas, pero siempre va a tener riesgos para todos, tanto para los dueños como los colaboradores de la empresa. Obviamente que los tomadores de riesgos pueden afectar positivamente en la generación de ideas, mayores posibilidades de tener éxito y mejorar las capacidades de las empresas bajo la perspectiva de la gestión. Los empresarios al comprometerse con el aprendizaje de sus empleados pueden generar oportunidades en el mercado, cambios radicales en los productos mejorando así las capacidades de innovación de la empresa. La construcción de las capacidades de innovación implican un impacto positivo en el crecimiento para la empresa (Yang, 2012), generan ventajas competitivas, mejoran las prácticas de innovación inbound y outbound. Además, las empresas pueden mejorar las prácticas de innovación abierta inbound y con ello impactar positivamente en el rendimiento financiero de las empresas.

Mayor información puede ser leída en: Carrasco-Carvajal, O., & García-Pérez-De-Lema, D. (2021). Innovation Capability And Open Innovation And Its Impact On Performance In Smes: An Empirical Study In Chile. International Journal of Innovation Management, 25(04), 2150039. https://doi.org/10.1142/S1363919621500390

Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo gracias al apoyo del Dr. Domingo García Pérez de Lema, catedrático de Universidad Politécnica de Cartagena, España. Departamento de Economía, Contabilidad y Finanzas.

Referencias

Chesbrough, H., & Bogers, M. (2014). Explicating open innovation: Clarifying an emerging paradigm for understanding innovation. New Frontiers in Open Innovation. Oxford: Oxford University Press, 1–37.

Chesbrough, H. W. (2003). The era of open innovation. Managing Innovation and Change, 127(3), 35–41.

Laursen, K., & Salter, A. (2006). Open for innovation: The role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms. Strategic Management Journal, 27(2), 131–150. https://doi.org/10.1002/smj.507

Parida, V., Westerberg, M., & Frishammar, J. (2012). Inbound open innovation activities in high-tech SMEs: The impact on innovation performance. Journal of Small Business Management, 50(2), 283–309. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1540-627X.2012.00354.x.

Spithoven, A., Vanhaverbeke, W., & Roijakkers, N. (2013). Open innovation practices in SMEs and large enterprises. Small Business Economics, 41(3), 537–562. https://doi.org/10.1007/s11187-012-9453-9

Van de Vrande, V., Jong, D. J. P., Vanhaverbeke, W., & Rochemont, M. (2009). Open innovation in SMEs: Trends, motives and management challenges. Technovation, 29(6–7), 423–437. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.10.001

Yang, J. (2012). Innovation capability and corporate growth: An empirical investigation in China. Journal of Engineering and Technology Management, 29(1), 34–46. https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2011.09.004

Métodos de conversión de modelado de información de construcción en Revit a **REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA**

Se evalúan métodos que permiten generar experiencias desde un modelo BIM



• *Jaime Eugenio Arriagada Araya*
Dr. en Innovación Tecnológica en la Edificación.

En los últimos años, los procesos vinculados a la edificación han tendido a la virtualización de los proyectos a construir, mediante tecnologías que se enfocan en la visualización mediante gafas o pantallas.
A partir de la incorporación de experiencias de utilización de realidad virtual inmersiva en la Universidad Central de Chile desde el año 2018 [1] y con el aprendizaje que aquello trajo en términos de programación, uso y generación de experiencias, esta línea de investigación continuó evaluando 2 métodos (automatizado y manual) que permiten convertir un modelo a realidad virtual inmersiva, los que son presentados en el siguiente artículo a partir de un caso en particular; este modelo se realizó bajo el programa computacional llamado Revit en su versión 2020, que es uno de los más utilizados en el mundo respecto a la metodología de modelado de información de construcción (BIM: Building Information Modeling).

Previsualizar edificaciones antes de ser construidas ha sido una necesidad constante para lograr una proyección certera de la futura obra; el avance de las tecnologías en los últimos años permite visualizar geometría y materialidad, así como obtener información técnica, de plazos y económicos de un proyecto. El trabajo coordinado entre un profesional administrador integral de proyectos y un especialista en visualización genera beneficios en la etapa de pre-inversión e inversión de un proyecto, así como a la experiencia de gerenciamiento y venta de este. El paso siguiente es potenciar el uso de sistemas de realidad virtual inmersiva para reconocer la experiencia de su futura edificación [2].

El potencial de estas experiencias se ha estudiado mediante la implementación en diversas áreas, incluyendo generalmente encuestas de percepción que permiten comparar distintas variables, resultados que han sido confirmados en Chile por el autor del presente artículo tanto en la academia como en profesionales del sector. Según se aprecia en ref. [3], reconocer esta percepción no es nuevo y los resultandos tienden a establecer que las restricciones más importantes son el costo del equipamiento, los programas a utilizar y el desconocimiento de los beneficios, además se establecen 2 grandes formas de estas experiencias interactivas, la primera bajo el término de realidad virtual (mediante una pantalla) y la segunda como realidad virtual inmersiva (que es la que cuenta con equipamiento especializado como gafas y controles con seguimiento espacial).

En la realidad virtual, los entornos previamente definidos en programas de modelado tridimensional permiten al usuario interactuar a través de una interfaz que otorga distintos niveles de inmersión con lugares y objetos [4]. A partir de la creación de sistemas de comunicación a distancia y el incremento de velocidad de estos, se ha logrado interactuar entre personas en mundos digitales y/o con personajes que responden a diversos niveles de interacción con el humano que los controla (véase todo lo referente al metaverso por ejemplo); la tendencia actual de las herramientas tecnológicas asociadas a la visualización se está orientando hacia estos ambientes inmersivos debido a su mejor evaluación en términos de presencia, disfrute y credibilidad [5].

El valor de la realidad virtual tiene relación con situar al participante en escenarios complejos, estableciendo relaciones que no se ven fácilmente con otros métodos, a su vez estos entornos tridimensionales aumentan el compromiso y la motivación, generando un impacto que estimula la actividad cerebral y de recuperación cognitiva, debido a que el cerebro codifica las experiencias como si ocurrieran físicamente [6].

Las bases o principios asociados a esta tecnología se pueden resumir en que: Todo sucede en tiempo real, ese mundo y sus objetos son tridimensionales y el usuario puede realizar distintas acciones en él [7].

Desarrollo

Tal como se aprecia en la figura 1, la experiencia de realidad virtual inmersiva responde a un sistema integrado en varias fases con foco en el usuario: Lo primero que el sistema realiza es la detección de los elementos que son parte del equipo – por ejemplo las gafas y los controles como equipos de entrada – los que se configuran de manera previa a la experiencia - ; luego de aquello, la aplicación se activa, dando paso a los procesos computacionales de representación – en especial en lo que respecta a la geometría, materiales, iluminación y otros efectos - para concluir en la proyección de todo eso en las dos pantallas que son parte de las gafas de realidad virtual de acuerdo al último recuadro expuesto.

Al momento de establecer experiencias interactivas no inmersivas (realidad virtual) mediante la pantalla de un equipo computacional, el sistema integrado en fases es el mismo, pero el equipo el equipo de salida pasa a ser una pantalla y un teclado o un control compatible.

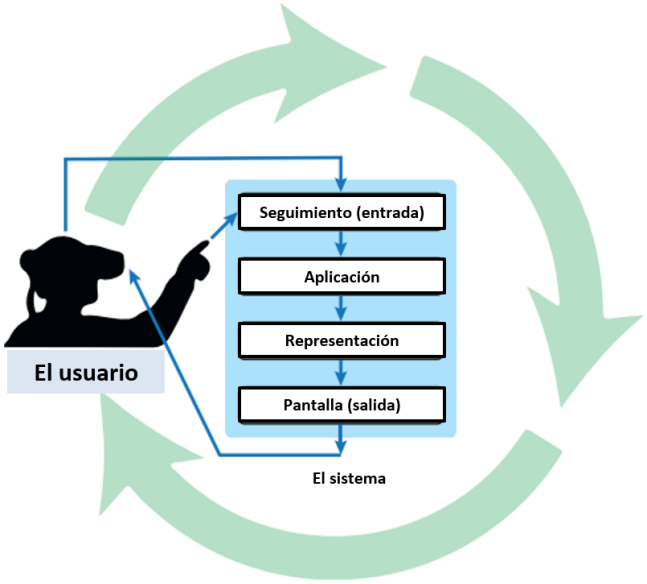


Figura 1

Ciclo de entrada y salida del sistema de realidad virtual.

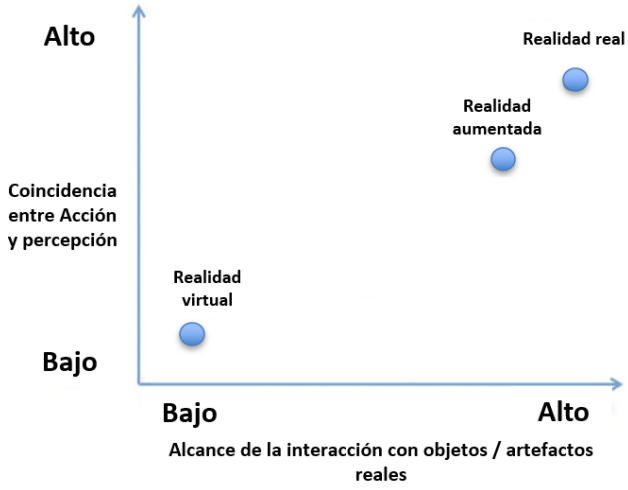


Figura 2

Clasificación de conceptos de realidad según la correlación entre percepción, acción y nivel de interacción.

Desde otra perspectiva complementaria se establece [8] una definición respecto a la correlación entre percepción, acción y nivel de interacción; según se aprecia en la figura 2, la tecnología de realidad virtual corresponde a un nivel bajo desde las perspectivas de coincidencia entre acción y percepción (eje Y) y alcance de la interacción con objetos / artefactos reales (eje X), esto debido a que la realidad virtual no busca incorporar elementos sobre situaciones reales, sino que simular en su totalidad una realidad; por otra parte, para lograr una coincidencia absoluta entre acción y percepción, se debería tener una experiencia envolvente, incluyendo todos los sentidos del usuario, lo que hasta el momento no es posible con sistemas de realidad virtual comercializables de forma abierta al público.

El artículo "Flujo de trabajo en el desarrollo de herramientas de realidad virtual para la industria AEC (Architecture, engineering and construction)" [9] señala que el sistema de realidad virtual tiene potencial para ser utilizado en esta industria durante la fase de diseño y pre-construcción; los mismos autores han establecido que la creación de contenido de realidad virtual (en sus 2 categorías) caracteriza en 2 métodos de conversión:

Conversión manual de los modelos tridimensionales a una experiencia de realidad virtual según se muestra en la figura 3: Bajo este método se busca optimizar el total de elementos que serán parte de la experiencia, en especial los que en términos geométricos o de texturas sean complejos y que hacen que la experiencia no tenga un alto nivel de fluidez. En general, se utiliza cuando se desea tener un alto grado de personalización de la experiencia, e implica el uso de programas que permiten editar los elementos a exponer en pantalla.

Conversión automática de los modelos tridimensionales a una experiencia de realidad virtual, utilizando programas, complementos o plugins (Figura 4): Este proceso permite reducir los plazos de trabajo respecto al anterior, pero el nivel de personalización varía respecto al complemento utilizado. Usualmente éste requiere pagos en sus versiones profesionales y son complementos compatibles con un programa en específico.

En base a estas metodologías, se evaluará un mismo modelo realizado en el programa Revit, con el equipamiento de realidad virtual inmersiva marca Oculus, modelo Oculus Rift Touch; este análisis se realizó con un equipo portátil del tipo "VR-Ready", que es el estándar que las empresas NVIDIA y AMD crearon en el año 2016 para certificar la compatibilidad con realidad virtual inmersiva.

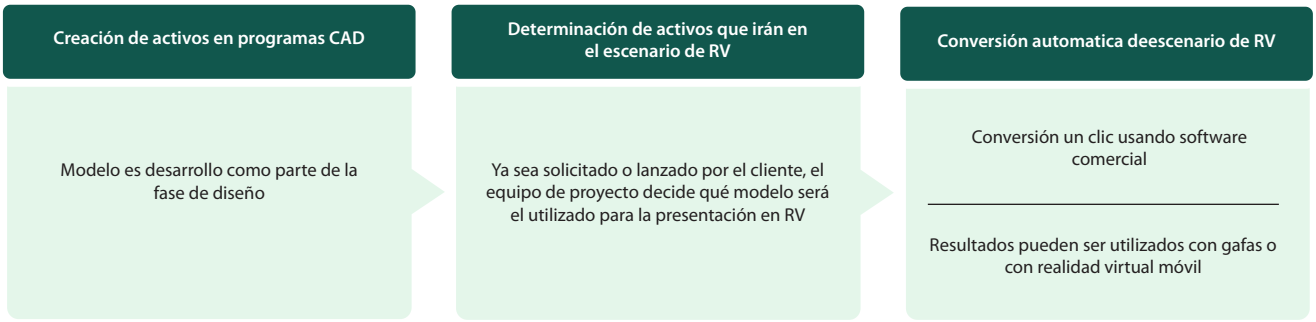


Figura 3

Clasificación de conceptos de realidad según la correlación entre percepción, acción y nivel de interacción.

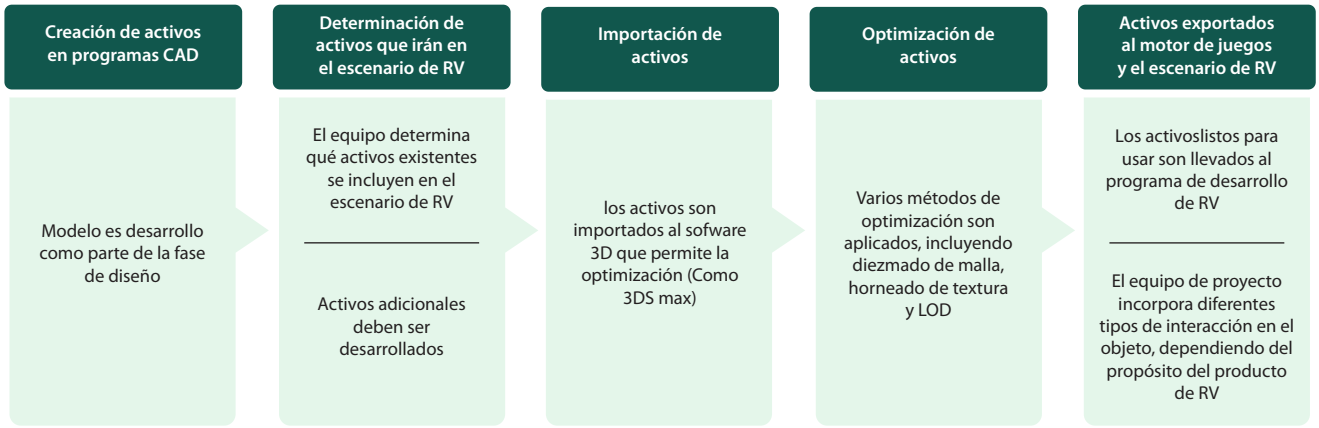


Figura 4

Conversión automática de los modelos tridimensionales.

Por tanto, la evaluación se realizó:

A través de 2 complementos (Plugins) que agregan esta funcionalidad al programa Revit, lo que corresponde a un método automatizado de conversión de modelado de información de construcción a realidad virtual inmersiva.

Mediante el método manual indicado previamente, exportando los componentes del modelo realizado en Revit, al programa Unreal Engine; los 2 primeros son de la empresa Autodesk y el tercero de Epic Games.

El modelo es un proyecto habitacional, correspondiente a una vivienda de dos niveles, con 252 m^2 de superficie y materialidad mixta; la figura 5 ha sido capturada desde el interior de la cocina, apreciando una zona bajo el efecto de iluminación natural, además de un ventanal en la zona derecha que mira uno de los volúmenes del proyecto, se aprecian también una columna central y una mesa con elementos de cocina.

Es importante denotar que esta imagen es una vista estática sin el equipamiento de realidad virtual inmersiva, las siguientes (figuras 6 y 7) son capturas con esta tecnología incorporada, por tanto, en movimiento en tiempo real a partir del usuario de las gafas.

Debido a que estas contienen 2 pantallas en su interior, el poder de cómputo del equipo computacional es el doble.



Figura 5

Captura fija del caso abordado en Revit, estilo visual realista.

El equipo computacional utilizado para esta evaluación corresponde al modelo Predator Helios 300, de la marca Acer que cuenta con certificación "VR Ready" y tiene las siguientes características técnicas:

- CPU: Intel(R) Core (TM) i5-7300HQ.
- RAM: 16 GB.
- Sistema operativo: Windows 10 Home Single Lenguage, versión 17763.437.
- Disco Duro: Unidad de estado sólido (SSD) Western Digital 240 GB.

Respecto al método manual y automatizado de conversión, se verifica lo siguiente:

- Herramientas disponibles: Funciones que ofrece la plataforma, orientadas al sector de la construcción o que sean útiles para analizar las características de un proyecto.
- Aspectos multimedia: Calidad de la visualización, compatibilidad gráfica desde el modelo original al inmersivo y posibilidades de ajuste a la representación.

Conversión automática

Se rescatan 2 complementos que permiten automatizar el proceso de conversión desde Revit a realidad virtual inmersiva, indicando sus características:

Enscape:

- Herramientas disponibles: Establecer posición solar, tomar fotos, librería de elementos, reemplazo de elementos Revit a otros de alta calidad, grabar videos, insertar sonidos.
- Aspectos multimedia: Reconocimiento de materiales, personalización de aspectos gráficos.



Figura 6

Imagen del resultado entregado por el complemento.

VR Collab:

- Herramientas disponibles: Establecer posición solar, tomar fotos, ver el modelo como maqueta, realizar cortes, reemplazo de elementos Revit a otros de alta calidad, dibujar sobre el modelo, medición, encender y apagar capas, generar reportes, inspeccionar elementos, visualizar las vistas de Revit.
- Aspectos multimedia: Reconocimiento de materiales, personalización de aspectos gráficos.

En las figuras 6 y 7 se pueden apreciar la calidad de imagen generada por defecto por los complementos y las características del equipo computacional.



Figura 7

Imagen del resultado entregado por el Plugin VR COLLAB.

Al profundizar en las herramientas disponibles en cada uno de los complementos que permiten una conversión automatizada, la tabla 1 resume lo indicado:

Herramienta	Enscape	VR Collab
Establecer posición solar	✓	✓
Tomar fotos	✓	✓
Librería de elementos	✓	
Ver el modelo como maqueta		✓
Realizar cortes		✓
Reemplazo de elementos Revit a otros de alta calidad	✓	✓
Dibujar sobre el modelo		✓
Medición		✓
Encender y apagar capas		✓
Generar reportes		✓
Grabar videos	✓	
Inspeccionar elementos		✓
Insertar sonidos	✓	
Visualizar las vistas de Revit		✓

Tabla 1: Comparación de las herramientas disponibles por cada complemento

Por otra parte, respecto al estudio comparativo de los aspectos multimedia disponibles en los complementos evaluados se aprecia que la gran mayoría de los complementos reconoce materiales desde el modelo original, además de tener la capacidad de personalizar aspectos gráficos (Tabla 2).

Aspectos Multimedia	Enscape	VR Collab
Reconocimiento de materiales	✓	✓
Personalización de aspectos gráficos	✓	✓

Tabla 2: Comparación de los aspectos multimedia disponibles por cada complemento.

Conversión manual

Para esta evaluación se utilizó el programa Unreal Engine, que es un motor nacido para el desarrollo de videojuegos por parte de la empresa Epic Games; debido a su capacidad de generar experiencias interactivas de alta calidad y en tiempo real, es que se ha extendido su uso al sector ingeniería, arquitectura, efectos especiales, transporte, simulaciones y todo lo que requiera experiencias digitales realistas e instantáneas. En la figura 8 se puede apreciar una vista general de la interfaz del programa, con diversas herramientas en la parte superior, al lado derecho opciones, en la parte inferior el navegador de elementos y en el centro una vista del modelo.



Figura 8

Ejemplo de la interfaz del programa Unreal Engine.

Para evaluar las herramientas y aspectos multimedia presentes en Unreal Engine, se seguirá la misma metodología utilizada previamente respecto a las herramientas detectadas con el sistema de conversión automatizada, en la figura 9 se puede apreciar el resultado de la exportación del modelo desde Revit a Unreal editor en su configuración por defecto:



Figura 9

Imagen del resultado entregado por Unreal Engine.

La tabla 3 presenta las herramientas previamente detectadas para el método automatizado de conversión a realidad virtual inmersiva, seguida de la disponibilidad en el programa y, finalmente el nombre de la herramienta de Unreal Engine que permite generar el mismo efecto.

Se puede apreciar que todas las herramientas expuestas en las tablas 1 y 3 son posibles de ser implementadas bajo el método manual, con la restricción de que algunas de ellas se deben programar, lo que implica desarrollar secuencias de comandos visuales cuya extensión y complejidad es diversa.

Herramienta	Simil en Unreal Engine
Establecer posición solar	Herramienta: "Sun and Sky"
Tomar fotos	Herramienta: "High resolution Screenshot"
Librería de elementos	Gratuitos y/o pagados
Ver el modelo como maqueta	Existen multiplicidad de alternativas de visualización tanto gráfica como analítica
Realizar cortes	Se pueden colocar cámaras y se deben configurar para realizarlos
Reemplazo de elementos Revit a otros de alta calidad	Gratuitos y/o pagados
Dibujar sobre el modelo	Se puede programar
Medición	Dentro del programa y posible de configurar para realidad virtual inmersiva
Encender y apagar capas	Dentro del programa y posible de configurar para realidad virtual inmersiva
Modificación de geometría	Limitada
Librería de elementos interactivos	Gratuitos y/o pagados
Grabar videos	En sección cinemáticas
Inspeccionar elementos	Dentro del programa y posible de configurar para realidad virtual inmersiva
Insertar sonidos	Gratuitos y/o pagados
Visualizar las vistas de Revit	En zona de visualización
Exportación a otras plataformas	En la mayoría de los formatos asociados a programas de modelación tridimensional

Tabla 3: Herramientas comparativas para los métodos abordados.

En referencia a los aspectos multimedia, se aprecia que se logran reconocer materiales desde la versión original del modelo de Revit; además el programa Unreal Engine posee un conjunto de activos (materiales, animaciones, luminaria y otros) posibles de descargar desde la plataforma Marketplace.

Los aspectos multimedia pueden ser altamente personalizables, en términos de iluminación, filtros, efectos de cámara y otros según se indica en la Tabla 4 a continuación:

Aspectos Multimedia	Simil en Unreal Engine
Reconocimiento de materiales	Con la fidelidad que se aprecia en la Figura 9
Personalización de aspectos gráficos	Multiplicidad de variaciones posibles: Filtros, tipos, gafas y efectos de cámara. Modificación o reemplazo de materiales. Efectos de post-procesado.

Tabla 4: Herramientas comparativas para los métodos abordados

Conclusiones

Con lo anterior se puede establecer que, en base al programa Revit en su versión 2020, en conjunto con el equipamiento computacional y el equipo de realidad virtual inmersiva expuesto, el proceso de conversión automatizada con los complementos Enscape y VR Collab para Revit, consta de una serie de herramientas y aspectos gráficos de personalización gráfica útiles para los sectores tratados en este artículo; estos complementos se actualizan año tras año incorporando mejoras en su posibilidad de personalización, estabilidad, calidad gráfica y fluidez, y son varios los existentes en el mercado (el estudio original evaluó 11 alternativas), basta con establecer los parámetros disponibles para compilar y generar una experiencia de realidad virtual inmersiva; para segunda metodología de conversión manual, el programa Unreal Engine contiene herramientas altamente personalizables: algunas se pueden implementar automáticamente y otras requieren tener conocimiento en programación computacional; la experiencia de realidad virtual inmersiva debe ser programada y configurada en su totalidad; pudiendo optimizar cada aspecto de la experiencia.

Referencias

[1] Arriagada, J. et.al., Revista Ingeniería al día, Vol. 7 (2019) p22-27.
[2] Ahmed, S. M. A. A. Revista de Arquitectura, Artes y Humanidades, Vol. 5 (2020), p26–43.
[3] Bouchlaghem N., et.al., Construction on the information highway. CIB proceedings, (1996).
[4] Busch, M. et.al., Proceedings of the NordiCHI '14 : the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational, (2014) p117–126.
[5] Hendriks, P. et.al., Computers in Human Behavior, Vol. 91 (2019) p. 24–32.
[6] Faria, A. L., et.al., Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, vol. 13, 1 (2016) p1–12.
[7] Zábovská, K., et.al., International Journal of Information Technologies, Engineering and Management Science, Vol. 5, 1 (2019) p41-43.
[8] Velosa, J.D., Online Engineering & Internet of Things, Vol 22 (2017) p987-1000.
[9] Pratama, L., Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering, (2018)

Estudiante de Ingeniería Civil Industrial logra destacada participación en programa de talentos TIC “Seeds for the future”

Benjamín Barrera superó distintas etapas, incluso un corte de entre 1000 participantes. Aunque no logró ganar el programa auspiciado por Huawei, sí consiguió destacarse entre los y las mejores participantes.



Benjamín Barrera es estudiante de Ingeniería Civil Industrial, va en quinto año y maneja el inglés. Asegura que esos conocimientos, adquiridos principalmente en la UCEN, le sirvieron para ponerlos en práctica en el programa de talentos en Tecnologías de la Información y la Comunicación, “Seeds for the future”.

Aún cuando reconoce que llegó a la competencia mientras miraba memes en su celular y le apareció la publicidad del evento auspiciado por Huawei, Benjamín asegura que fue decidido a pasar la primera etapa: presentarse a sí mismo en un video de 2 minutos hablando sólo inglés. Gracias a sus capacidades, pasó a la segunda etapa.

“Había que crear y levantar un proyecto en menos de 11 minutos. Al finalizar, de las 1000 personas que postularon quedamos solo 50 (5 grupos de 10 integrantes)”, relata Benjamín. Agrega que “después de eso empezó ya el programa de Huawei, que consiste en clases online (todo en inglés) con grandes expositores en el mundo de la Ingeniería y las TICS, cursos onlines en inglés que habia que pasar con un 60% aprobado para seguir en el programa y finalmente la creación de un proyecto”.

A su grupo lo denominaron “Team A - Sopaipilla” y crearon como proyecto una pulsera inteligente llamada “PulsaBit” con datos de pacientes. El estudiante detalla que se trata de una iniciativa para “pacientes adultos mayores con alguna enfermedad crónica como Esquizofrenia, Hipertensión, etc. Esto con el objetivo de que si el adulto mayor se pierde o le sucede un accidente, en la pulsera estarían todos sus datos médicos para que los paramédicos puedan actuar con más eficiencia en caso de algún accidente”.

Finalmente el equipo de Benjamín no ganó, pero él sí quedo dentro de las 3 calificaciones más altas de la competencia. Con eso, el estudiante es enfático en señalar que “lo aprendido durante la carrera me sirvió muchísimo ya que entendí toda la fase de la creación del proyecto, supe cómo trabajar en equipo, y ayudé a mis compañeros que estaban en otras carreras diferente a la mía”.

¡Felicitaciones Bejamín!

Universidad Central

Admisión 2023

Ven y transforma el mundo



CONOCE NUESTRAS CARRERAS EN www.ucentral.cl/admision

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ingeniería Civil en Obras Civiles **(Santiago)**
Ingeniería en Construcción **(Santiago)** *
Ingeniería Civil en Minas **(Santiago - La Serena)**
Geología **(Santiago)**
Ingeniería Civil Industrial **(Santiago*- La Serena)**
Ingeniería Civil en Computación e Informática **(Santiago*- La Serena)**
Licenciatura en Astronomía **(La Serena)**
Arquitectura **(Santiago - La Serena)**
Arquitectura del Paisaje **(Santiago)**

* Carrera Acreditada. Ver sedes, modalidades y jornadas en www.cnachile.cl * Regimen vespertino

DIRECCIÓN DE COMUNICACIONES CORPORATIVAS

ACCESO Educación Superior acceso.mineduc.cl

4 AÑOS UNIVERSIDAD CENTRAL ACREDITADA EN NIVEL AVANZADO EN LAS ÁREAS DE GESTIÓN INSTITUCIONAL, DOCENCIA DE PREGRADO, VINCULACIÓN CON EL MEDIO HASTA ENERO 2026 | Comisión Nacional de Acreditación CNA-Chile

INGRESA A NUESTRO SIMULADOR DE BENEFICIOS

A pasos de estaciones de Metro Toesca, Parque Almagro y Moneda

600 582 2222

admision@ucentral.cl