2020
VOLUMEN 8

INGENIERÍA AL DÍA

¿CÓMO ESCUCHAR AL UNIVERSO?

Nos hemos habituado a utilizar solo la vista para aprender de nuestro cielo, ¿te imaginas usar el sonido para comprender su diversidad?

¿De dónde proviene la magnetización en un imán?

Seguramente pensaste en los imanes adheridos a la cubierta de nuestro refrigerador, sin embargo el origen del efecto de la magnetización proviene de una propiedad cuántica que tienen los átomos de todos los cuerpos: el espín. (16)

Pérdida y Desperdicio de alimentos

Se calcula que cada año entre un cuarto y un tercio de los alimentos producidos, el equivalente aproximadamente a 1.300 millones de toneladas termina pudriéndose en los contenedores o se descompone debido a las malas prácticas de almacenamiento, transporte y la cosecha. (18)

Entrevista a, Dora Altbir Drullinsky, Premio Nacional de Ciencias Exactas, 2019

En su carrera científica cuenta con 122 publicaciones y una extensa trayectoria donde ha liderado proyectos y grupos de investigación. Entre sus logros destaca la creación del Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología. (24)

Aluviones en el norte de Chile

Los eventos de lluvias intensas, así como también los extensos periodos de sequía, están entre los impactos más críticos asociados a El Niño-Oscilación del Sur y al cambio climático global, especialmente en las regiones donde el agua es un recurso escaso. (28)

Universidad Central

DIRECTOR

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

EDITOR GENERAL

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

COMITÉ EDITORIAL

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

Alejandro Riveros, Académico Investigador de la Esc. de Ingeniería de la Universidad Central de Chile

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

Katherine Muñoz, Académica de la Esc. de Ingeniería de la Universidad Central de Chile

Katherine Flores, Periodista de la Dirección de Comunicaciones Corporativas.

Diseño gráfico, **Sebastián Chandía**

Christian Nicolai O.
Decano
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Ciencia, tecnología e ingeniería están íntimamente ligadas, o más aún, entrelazadas, para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central; el lanzamiento de la Licenciatura en Astronomía, en la Sede Regional de Coquimbo, es un hito que confirma lo anterior, por eso en este número de la Revista Ingeniería al Día, queremos destacar como la tecnología nos permite ir más allá de la observación visual o del espectro radioeléctrico, a las que estamos acostumbrados en astronomía, e invitarlos a escuchar el universo. Desde el maravilloso chasquido de las ondas gravitatorias, detectadas por LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory), al trabajo en Chile que nos permite escuchar por ejemplo eclipses como el que tuvimos en 2019 o el que tendremos a finales de este año sobre nuestro país.

En el otro extremo, frente a la inmensidad del universo, en lo microscópico, queremos destacar el aporte de una mujer en ciencias: la Premio Nacional de Ciencias Exactas, doctora Dora Altbir y su trabajo en nanociencia y nanotecnología. La Dra. Altbir, investigadora y formadora, nos cuenta cómo es el trabajo en esas pequeñas dimensiones, sus potenciales y sobre todo cuál ha sido su inspiración para el trabajo científico.

Este año hemos estado inmersos en los problemas derivados de la pandemia del Covid 19, no cabe duda que es lo más urgente que debemos enfrentar, pero postpandemia debemos retomar temáticas que seguirán presentes y tremendamente relevantes, en este sentido, el cambio climático sigue en avance y sus efectos en Chile no sólo se traducen en sequía sino también en aluviones derivados de lluvias de intensidad inusual en la zona norte del país, por lo tanto debemos estudiar de qué manera enfrentamos estos fenómenos en forma resiliente. También, incluimos artículos sobre alimentos y energía, dos temas relacionados con el cambio climático y que nos exigen creatividad y racionalidad en el uso y consumo de ellos.

La búsqueda de mejoras en la educación se ha hecho tradición en la Escuela de Ingeniería, y cumpliendo esa premisa presentamos el trabajo realizado en nuevas modalidades de la enseñanza experimental de física para ingenieros, que creemos contribuye a asentar los conocimientos y desarrollar competencias fundamentales para los ingenieros de nuestra casa de estudios.

Desde luego, no podemos dejar de destacar la relación de nuestra escuela con la comunidad, que se ve reflejada en muchos trabajos, de los cuáles, sabiendo que todos son importantes, quisiéramos señalar el trabajo con estudiantes de enseñanza básica, del Colegio Lo Cañas, ganadores del concurso regional explora CONICYT o de nuestra estudiante, Catherine Huerta, elegida directora del Eje Social del Grupo de Volcanología de la Sociedad Geológica de Chile.

ÍNDICE

06

EDUCACIÓN: INFORMES SINTETIZADOS DE LABORATORIO

→ Nelson Sepúlveda • Verónica Ramírez • Jaime Carrasco • Luis Oliveros • Ricardo Pintanel

La realización de actividades experimentales complementarias a las cátedras teóricas, en estudios de pregrado para ingenieros, es una cuestión fundamental en la preparación y desarrollo de su formación profesional, es por ello, que estas actividades se evalúan como parte relevante del currículum en la formación de ingeniería considerando estas actividades entre 30% y 50% de las cátedras de Física en ciencias básicas.

12

NUEVOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN LEC EN BASE A METALES DE TRANSICIÓN

→ Iván González • Juan Luis Palma

El concepto de Iluminación de Estado Sólido (SSL), introducido a mediados de la década de los 90, ha traído amplios beneficios para la humanidad, debido que promueve el ahorro energético y la reducción de gases de efecto invernadero, frente a los sistemas de iluminación convencionales (bombillas incandescentes, lámparas halógenas, entre otros).

16

¿DE DÓNDE PROVIENE LA MAGNETIZACIÓN EN UN IMÁN?

→ Alejandro Riveros R.

Seguramente pensaste en los imanes adheridos a la cubierta de nuestro refrigerador, sin embargo el origen del efecto de la magnetización proviene de una propiedad cuántica que tienen los átomos de todos los cuerpos: el espín.

18

PÉRDIDA Y DESPERDICIOS DE ALIMENTOS

→ Loreto Muñoz H.

Se calcula que cada año entre un cuarto y un tercio de los alimentos producidos, el equivalente aproximadamente a 1.300 millones de toneladas termina pudriéndose en los contenedores o se descompone debido a las malas prácticas de almacenamiento, transporte y la cosecha.

22

FORMA GEOMÉTRICA: UN FACTOR DETERMINANTE PARA CONTROLAR NANOESTRUCTURAS MAGNÉTICAS

→ Juan Luis Palma

Para alcanzar las tecnologías que queremos, es necesario entender y controlar los efectos que aparecen en la naturaleza, por ejemplo: la magnetización de un imán a escala nanométrica, entre otras cosas, depende de la forma geométrica.

26 **¿CÓMO ESCUCHAR AL UNIVERSO?**

→ *Paulina Troncoso Iribarren*

Nos hemos habituado a utilizar solo la vista para aprender de nuestro cielo, ¿te imaginas usar el sonido para comprender su diversidad?.

28 **ALUVIONES EN EL NORTE DE CHILE**

→ *Cristina Ortega*

Los eventos de lluvias intensas, así como también los extensos periodos de sequía, están entre los impactos más críticos asociados a El Niño-Oscilación del Sur y al cambio climático global, especialmente en las regiones donde el agua es un recurso escaso.

32 **VOLVER AL FUTURO ¿CÓMO SE GENERA 1,21 GW DE POTENCIA PARA VIAJAR EN EL TIEMPO?**

→ *Sergio Cárdenas*

Una de las trilogías mas populares en ciencia ficción y que ha trascendido generaciones es Volver al Futuro o "Back to the Future" en su título original. El concepto de viajar en el tiempo, conocer el pasado o el futuro vivenciándolo, siempre ha estado en la mente de los fanáticos de la ciencia ficción.

34 **GALAXIAS Y LA INFLUENCIA DE SUS REDES SOCIALES**

→ *Paulina Troncoso Iribarren*

¿Te has puesto a pensar cómo habitan las galaxias nuestro Universo? ¿Afecta al desarrollo de su vida el vivir en comunidad?

36 **COSMOLOGÍA EN UNA TEORÍA DE GRAVEDAD CÚBICA Y SU EXTENSIÓN *F(P)***

→ *Cristián Erices • Eleftherios Papantonopoulos • Emmanuel N. Saridakis*

La teoría de la relatividad general de Einstein es modificada con la adición de términos geométricos para generar modelos cosmológicos que sean consistentes con las observaciones actuales.

44 **NUEVO MODELO DE BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA TRATAMIENTO EFICIENTE DE RESIDUOS AGROPECUARIOS DE PEQUEÑA ESCALA**

→ *Francisco Stegmaier • Juan Merchan • Juan Carlos Cuchácovich • Hernan Olmi • Jadille Mussa • Montedónico • Sergio Cárdenas*

Los residuos agropecuarios, son excelentes sustratos para tratar con digestión anaeróbica y obtener en este tratamiento, productos valorizables como biogas y digestatos que tiene excelentes características fertilizantes.

EDUCACIÓN: INFORMES **SINTETIZADOS DE LABORATORIO**

- *Nelson Sepúlveda*
  Doctor en Ciencias c/m en Física
- *Verónica Ramírez*
  Profesora de Física y Matemáticas
- *Jaime Carrasco*
  Profesor de Física
- *Luis Oliveros*
  Profesor de Física
- *Ricardo Pintanel*
  Doctor en Ciencias c/m en Física

Una de las características distintivas de las cátedras de Ciencias Básicas para ingeniería, y de física en particular, es que se realizan las cátedras teóricas paralelas a cátedras experimentales. Siendo estas últimas, un espacio de sociabilización, de discusión y de aprendizaje colaborativo. Se investigó los cambios al incorporar un tipo de informe sintetizado, contrarrestado con el informe tradicional. El tipo de informe sintetizado se implementó en las cátedras de física de Ciencias Básicas para Ingeniería, de la Universidad Central de Chile, durante el segundo semestre 2017, evidenciando mejoras en la evaluación de enfoque por competencias, aportando la herramienta de evaluación de informe sintetizado; en comunicación efectiva, en competencias procedimentales, y no observando diferencias importantes en competencias conceptuales, entre quienes realizan uno u otro tipo de informe.

Introducción

La realización de actividades experimentales complementarias a las cátedras teóricas, en estudios de pregrado para ingenieros, es una cuestión fundamental en la preparación y desarrollo de su formación profesional [1-3], es por ello, que estas actividades se evalúan como parte relevante del currículum en la formación de ingeniería considerando estas actividades entre 30% y 50% de las cátedras de Física en ciencias básicas. Cada ingeniería posee un perfil de egreso con sus respectivas competencias, y en esto no es ajeno el planteamiento de los programas de las cátedras de ciencias básicas, los cuales deben responder a competencias genéricas dado que se realizan de manera transversal independiente de su especialidad. Estas competencias se dividen en tres grupos; competencias procedimentales, competencias actitudinales y competencias conceptuales. Una competencia se ha definido como "una característica subyacente en una persona que está causalmente relacionada con el desempeño, referido a un criterio superior o efectivo, en un trabajo o situación" [4-6]. La realización de una actividad experimental por parte de un equipo de estudiantes de ingeniería, requiere de una serie de competencias generales de cada uno de los integrantes del equipo, como son del tipo cognitivo, metacognitivo y competencias interpersonales, que deben quedar de manifiesto en el trabajo total declarado en un documento formal que es evaluado, como lo es el informe de laboratorio. Este documento se entrega al docente en una jornada posterior a la sesión experimental a fin de favorecer y permitir el intercambio de ideas, fortalecer el análisis de datos, y alcanzar una conclusión común. Sin embargo, en algunas instituciones el trabajo directo de docentes en cada una de las cátedras de laboratorio, ha permitido observar que la realidad es diferente a lo planteado originalmente, puesto que, cuando el informe para reportar la experiencia se debe entregar semanas posteriores a la actividad, no necesariamente se favorece el intercambio de ideas, no hay un grado de discusión mayor respecto a la sesión experimental, y las conclusiones comunes bien pueden ser de solo un integrante del equipo original de trabajo, independiente del número de estudiantes por equipo, y por añadidura, tampoco hay certeza sobre el aporte real que realiza cada estudiante en el documento formal para la evaluación [7-14].

El problema, que necesariamente implica innovar educativamente en las evaluaciones de las sesiones prácticas, se debe a que actualmente la relevancia que poseen las actividades experimentales en la resolución de problemas, y el aporte desde el punto de vista académico de las sesiones de laboratorio, tiene un pequeño pero significativo vacío, esto debido a que bajo la metodología de evaluación del informe tradicional no es posible realizar un seguimiento y conocer si efectivamente los estudiantes del equipo sociabilizaron la información, o simplemente un tercero realizó el reporte y se entregó para la respectiva evaluación sumativa.

Considerando esta carencia de trazabilidad sobre cómo se realiza la evaluación, y la cantidad de formularios presentes en la vida cotidiana al entrar en la red, es que se plantea un tipo de informe sintetizado, donde el estudiante debe realizar la experiencia con su equipo, completar cada uno de los elementos principales de un informe tipo, en un tiempo acotado simplemente a la sesión experimental.

Desarrollo

Para la realización de las actividades experimentales, se confeccionaron cuadernos de trabajo para cada una de las sesiones experimentales, de las cátedras:

- Introducción a la Física
- Mecánica
- Electricidad y Magnetismo
- Ondas, Óptica y Calor

Estos cuadernos de laboratorio, se confeccionaron con el mismo índice, incluyendo elementos que integran la comunicación formal, o como hacer un informe, la rúbrica de evaluación del informe, teoría de error, y siete guías de trabajo para las sesiones prácticas de cada cátedra.

Los informes de laboratorio, corresponden a la herramienta de evaluación formal de una sesión experimental, en donde los estudiantes organizados por grupos de trabajo, llevan a cabo la experiencia, adquieren datos con instrumentos de medición, identifican fuentes de error y parámetros fundamentales, se llega a una discusión profunda, realizan el análisis y conclusiones comunes. Estos últimos elementos de discusión profunda, análisis y conclusiones, son quienes deberían aportar para que los estudiantes alcancen mejores logros académicos, que si no realizaran las experiencias de laboratorio.

Para la investigación, se consideró como muestra a todos los estudiantes de ingeniería, del segundo semestre del año 2017 de la Universidad Central de Chile, que cursan al menos un ramo de física con laboratorio, las cuatro cátedras con el número de estudiantes respectivo de cada una fue: Introducción a la Física (30); Mecánica (147); Electricidad y Magnetismo (73); y Ondas, Óptica y Calor (27); ver Tabla 1 distribución porcentual. Para la comparación en cada curso fueron separados de manera aleatoria en diferentes secciones, y a la vez, en cada curso se realizó una subdivisión, en la cual la mitad de las secciones de un curso realizó informes por el método tradicional y la otra mitad por el método de informes sintetizado.

Tabla 1. Cátedras de física, con número de estudiantes durante segundo semestre 2017.

	Estudiantes	Porcentajes
Introducción a la física	30	10.8 %
Mecánica	147	53.1 %
Ondas, Ópticas y Calor	73	26.4 %
Electricidad y Magnetismo	27	9.7 %
	277	**100 %**

En el trabajo de Hoffa y otros [1] se plantea que quienes escribieron sus informes de laboratorio en un formato de sinopsis, lograron aprender el currículo del curso, sin mayor diferencia con quienes utilizaron un método tradicional. Si se considera que la mayor parte de los documentos digitales, se presentan con líneas definidas a rellenar, que los documentos de concursos públicos y privados, especifican una cierta cantidad de reglones u hojas para argumentar o presentar un producto, entonces se orientará a todo un grupo de estudiantes de ingeniería que cursan ramos de física con laboratorios, a investigar si hay mejoras sustantivas o resultados cualitativos en pos de un tipo u otro de evaluación de informes, ya sea el método tradicional o informe sintetizado.

Al inicio de semestre, se aplicó un test sobre estilos de aprendizaje en los alumnos, el instrumento aplicado fue el CITE Learning Styles Instruments [15], este se divide en tres principales áreas:

- La recopilación de la información incluye lenguaje-auditivo, lenguaje-visual, auditivo-numérico, numérico-visual y auditivo-visual-lenguaje, numérico-auditivo, visual-numérico, y combinación auditivo-visual-kinestésico.
- Las condiciones de trabajo se centran en si un alumno trabaja mejor solo o en grupo.
- La expresividad considera si un estudiante es mejor en la comunicación oral o escrita.

El puntaje obtenido en el test de Estilos de Aprendizaje, cae en una de las tres categorías; principal, secundaria o nivel despreciable. De la totalidad de estudiantes encuestados (277), solo el

15% alcanza un estilo de aprendizaje primario (ver Figura 1), es decir, se siente confortable con un estilo en particular, y lo usa para su propio aprendizaje. El restante 85% corresponde a un estilo secundario, esto indica, que los estudiantes utilizan este modo, pero usualmente como un estilo que puede estar mezclado con otros estilos propios de aprendizaje. Respecto al 15% que presenta un estilo de aprendizaje primario, los porcentajes están bastante distribuidos, ver Figura 2. En donde el 78% que posee un estilo de aprendizaje primario sobre 10%, se divide en 5 categorías; Lenguaje-Visual (22%), Habilidades-Manuales (18%), Grupo-Social (16%), Numérico-Visual (11%) y Expresión Escrita (11%).

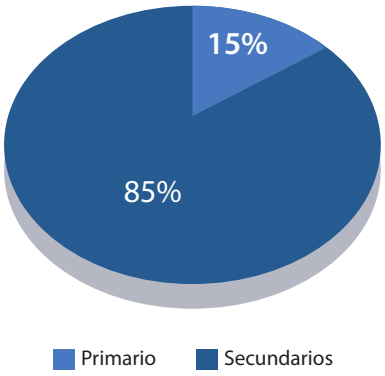


Figura 1

De la totalidad de estudiantes que cursaron un ramo de Física, sólo un 15% acusó poseer un estilo de aprendizaje primario, el restante 85% sólo posee un estilo secundario, según test CITE [15].

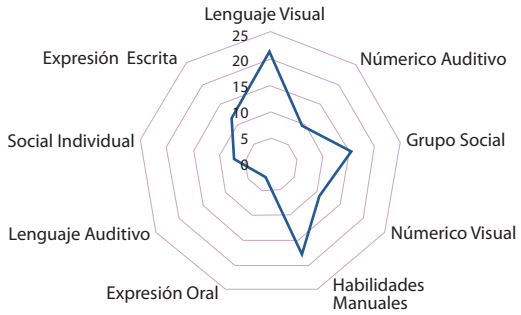


Figura 2

Distribución porcentual de estilos de aprendizaje, respecto al 15% de estudiantes que posee un estilo de aprendizaje primario.

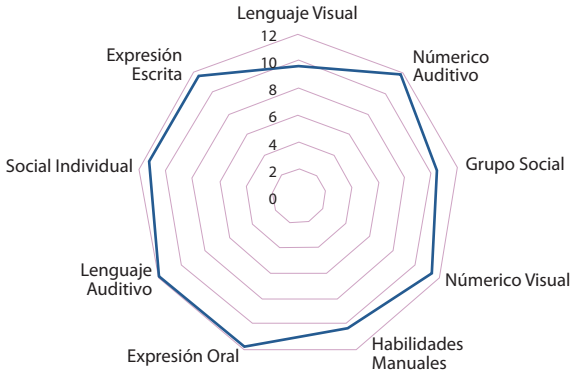


Figura 3

Distribución porcentual de estudiantes con estilos de aprendizaje secundarios, porcentualmente se observa una oscilación de 10% a 12% entre los diferentes estilos.

El restante 85% de los estudiantes, son aquellos que transitan entre diferentes estilos secundarios, se distribuye muy homogéneo entre 10% y 12%. Al observar la Figura 3 claramente esta mayor cantidad de estudiantes, posee estilos de aprendizaje muy diversos y es esta la realidad de un aula, una cantidad de estudiantes tremendamente heterogéneos en su forma de adquirir conocimientos, por ello, es necesario incorporar los más diversos recursos pedagógicos en el aula. El laboratorio permite el trabajo colaborativo, incentiva la reflexión crítica, promueve el método científico y ofrece la posibilidad del desarrollo de habilidades manuales en niveles complejos.

Análisis

Al considerar la evaluación de los informes para cada una de las sesiones experimentales, en cada una de las cátedras de física, no se observan diferencias significativas entre las evaluaciones promedio para el informe tradicional o sintetizados por ramo, se debe considerar que la máxima desviación estándar para cada tipo de informe, fue en el caso de Electricidad y Magnetismo con un valor de 0.6 para cada tipo de informe. De esta manera al considerar el margen de error, es posible argumentar que se obtuvieron resultados que no permiten ver diferencias, al implementar un tipo u otro de evaluación según tipo de informes, ver Figura 4.

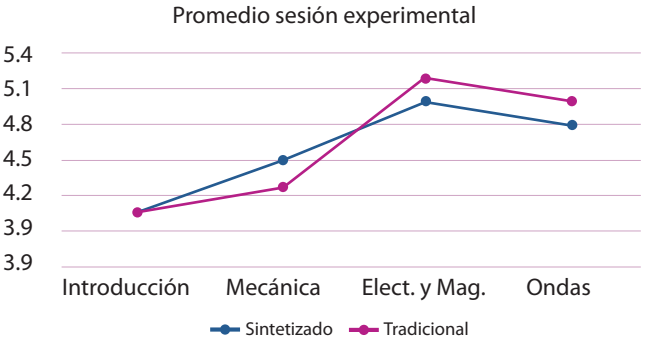


Figura 4

Promedios de evaluaciones por sesión experimental. Evaluaciones correspondientes a promedios de informes por cátedra.

La evaluación final para las cátedras de Física en la Universidad Central, está compuesta por el 70% de la nota correspondiente al contenido teórico, y el restante 30% corresponde al promedio de los informes desarrollados en las sesiones experimentales. Con la evaluación final de cada cátedra en relación al tipo de informe, se observa que hay una leve diferencia en el informe sintetizado respecto a los promedios finales de quienes realizaron el informe tradicional, ver Figura 5.

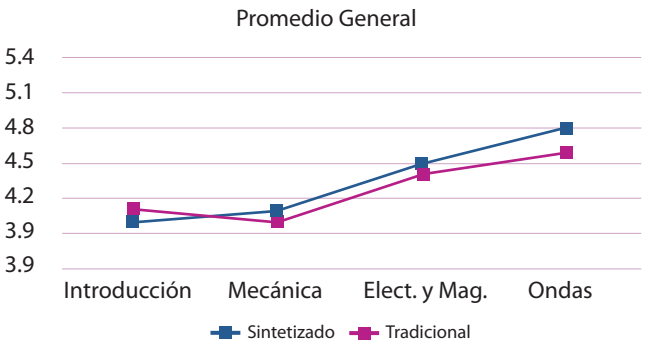


Figura 5

Promedios de evaluaciones finales por cátedra, según estudiantes que realizaron ambos tipos de informes en sesiones experimentales.

En la Figura 5, además se observa que en el curso de primer semestre Introducción a la Física, se obtiene la puntuación promedio menor, estas evaluaciones se pueden explicar debido a la adaptación de los estudiantes al régimen universitario, y llama la atención como en cada semestre se registró levemente una puntuación superior, así en el segundo semestre el promedio obtenido por Mecánica fue superior a Introducción, siguiendo con el ramo de tercer semestre Electricidad y Magnetismo, y finalmente el ramo de cuarto semestre Ondas, Óptica y Calor, independiente del tipo de informe realizado, en un comportamiento lineal de los promedios, siendo marginalmente superior los promedios finales, de quienes trabajaron con el informe prototipo. La tendencia observada, podría ser el reflejo de una madurez académica que empieza a primar en los estudiantes al avanzar los semestres.

Al relacionar la evaluación final en función del promedio obtenido solo por aspecto teórico, y la evaluación que corresponde a trabajo individual, se observó una relación lineal en cada cátedra, es decir aquellos estudiantes que obtuvieron buen rendimiento en general, se debe a que principalmente les fue bien en cátedra, el trabajo de laboratorio se deja influenciar por los contenidos tratados, pero no siempre muestra relación directa entre cátedra y laboratorio, con las evaluaciones finales, ver Figura 6.

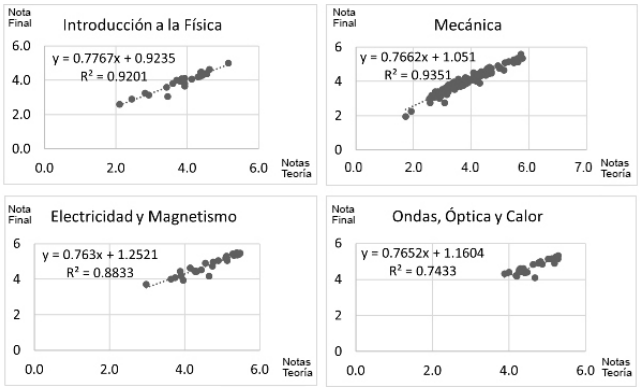


Figura 6

Relaciones entre la evaluación final obtenidas por cátedra, y las evaluaciones de teoría.

De la Figura 6 se observa que quienes obtienen buenos promedios en cátedra, también obtienen un buen promedio final, esta relación es directa y también de considerar, que corresponde a un porcentaje del 70% del ramo, entonces el laboratorio es quien puede inclinar la tendencia para un estudiante que le va mal, es no solo la formulación práctica de contenidos, sino que también la posibilidad de que pueda o no aprobar el ramo íntegramente. Al visualizar si existe una relación entre las evaluaciones obtenidas por cátedra y aquellas obtenidas por sesiones experimentales, no se observa algún tipo de relación, como muestra la Figura 7.

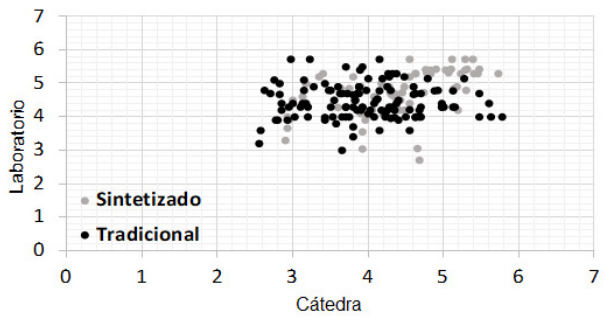


Figura 7

No se observa relación evidente, entre las evaluaciones de cátedra vs las evaluaciones de informes de laboratorio.

Respecto a los estudiantes que obtienen evaluaciones suficientes con nota mayor o igual a cuatro; en cátedra (C), y en laboratorio (L). Y quienes finalmente aprueban los ramos (C*0.7+L*0.3 >= 4.5) hay una tendencia de mejores resultados para quienes trabajaron con informes sintetizados.

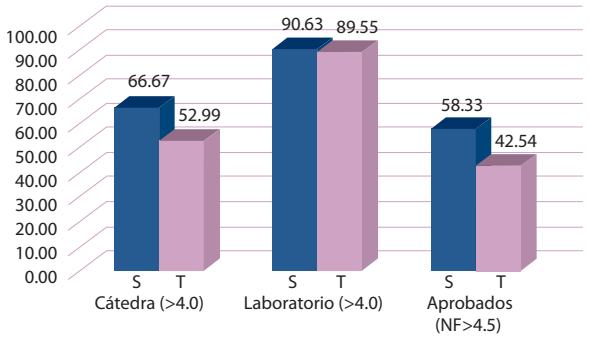


Figura 8

Comparación porcentual de estudiantes con informes sintetizados S y tradicionales T, que obtienen evaluaciones suficientes en cátedra y laboratorio, y quienes aprueban.

En la Figura 8 se observa que quienes trabajaron con informes sintetizados, obtienen aproximadamente un 14% más de estudiantes que alcanza nota suficiente en cátedra, que quienes trabajaron con informes con el método tradicional. En el caso de las evaluaciones de laboratorio, la diferencia es de solo un 1%, es decir, es la misma cantidad de estudiantes que obtienen al menos nota suficiente (>4.0). Al observar los resultados de quienes aprueban cada ramo eximidos de examen (NF>4.5), se marca nuevamente una diferencia de 16% aproximadamente entre quienes trabajaron con informe sintetizados, por sobre quienes realizaron informes tradicionales. Pareciera ser que el mismo hecho de observar el fenómeno discutido en cátedra, refuerza los conceptos del tópico. Y en este sentido, estos resultados no solo refuerzan la relevancia del laboratorio para estudiantes de ingeniería, sino que también la necesidad de herramientas de evaluación, mucho más dirigidas donde el estudiante, debe sentir cierto grado de presión basado en tiempos acotados de acción para responder en el reporte.

Luego, al finalizar el segundo semestre se aplicó una encuesta, sobre la práctica educativa a los 6 profesores de laboratorio, respecto al trabajo durante el semestre. Esta encuesta se evaluó para cada pregunta con puntuación de 1 a 10, siendo 1 nivel muy bajo o absolutamente en desacuerdo, y siendo 10 muy alto o absolutamente de acuerdo. Se aplicó para cuantificar las áreas de; a) trabajo de los estudiantes durante la sesión, b) desarrollo y estructura de los informes, c) relación estudiantes y confección de informes, ver Figura 9.

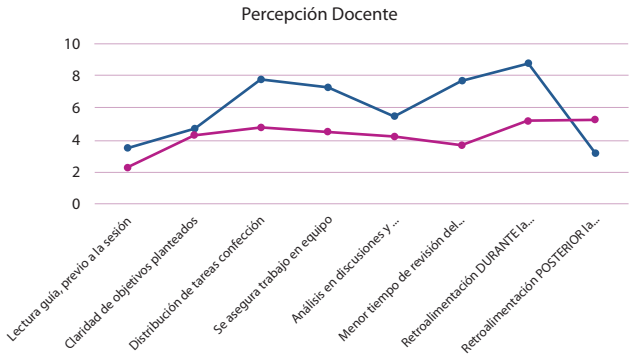


Figura 9

Promedio de los resultados de percepción, respecto a encuesta realizada a los profesores que realizan clases de sesiones experimentales. Evaluación de ambos sistemas de evaluación, para informes tradicional (linea lila) y sintetizado (linea azul).

Por parte de los docentes, se observa que hay un trabajo en equipo mayor con el sistema de informes sintetizados, en promedio 3,2 contra 2,5 con el método tradicional. Al observar la Figura 9, se reconoce que era el informe sintetizado si bien la claridad en la exposición de los objetivos no tiene diferencia apreciable (4,7 contra 4,3), si hay diferencias destacables en el grado de organización y distribución de tareas, siendo alto con informe sintetizado (7,8) y nivel bajo con informe tradicional (4,8). De igual manera hay una disposición alta al reconocer que con el informe sintetizado se asegura el trabajo colaborativo. Este último se puede deber a que, dado que el informe se debe entregar en clases, se debe producir una auto-organización muy efectiva para poder cumplir con los objetivos, armar el montaje experimental, realizar las sesiones de medida, analizar y escribir el informe a la vez.

Conclusiones

Respecto a las competencias procedimentales, se observó una distribución del trabajo en equipo acorde con las tareas a desarrollar, influenciado fuertemente por el tiempo limitado de desarrollo. Respecto a las competencias conceptuales, a los estudiantes les resulta difícil situarse conceptualmente dado que, en los cursos y de manera transversal de primer a cuarto semestre, se observa un indicador muy bajo de lectura previa, esto se logra en el mismo laboratorio donde la labor del docente es mayor, dado que la retroalimentación durante la sesión coopera con lograr aprendizajes significativos, al vincular el fenómeno observable con la teoría revisada en clases. La distribución de tareas observadas en el informe sintetizado (7,8) también es mayor respecto al informe tradicional (4,8), debido a como se mencionó anteriormente, el tiempo limitado y la presión de estar trabajando contra el tiempo de duración de la sesión, coopera con la auto organización y distribución de tareas.

Bibliografía

[1] Hoffa D. y Freeman S. "The Impact of Laboratory Report Format on Student Learning". Int. J. Engng Ed. Vol. 23, No. 1, pp. 105-113. Febrero 2007. ISSN 0949-149X/91.

[2] Wiebe E., et al. "Supporting Lab Report Writing in an Introductory Materials Engineering Lab". ASEE Annual Conference & Exposition. Vancouver, Canada. Junio, 2011.

[3] Long J., et al. "Physics Practicals for Distance Education in an Undergraduate Engineering Course". AAEE Conference, Melbourne, Australia. 2012.

[4] Villa A. y Poblete M. "Competence-Based Learning. A Proposal for the Assessment of Generic Competences". Ed. Universidad de Deusto, Bilbao. 2008. ISBN: 978-84-9830-967-6.

[5] Ruiz R., et al. "Evaluación de Objetos de Aprendizaje a través del Aseguramiento de Competencias Educativas". VIII Encuentro Internacional Virtual Educa Brasil. Sao Paulo, Brasil. 2007.

[6] De Miguel Mario. "Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias". Modalidades de enseñanza para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior. Ediciones Universidad de Oviedo, España. 2006. ISBN: 978-84-8317-546-0.

[7] Felder R. M. y Peretti S. W. "A learning Theory-Based Approach to the Undergraduate Laboratory". Paper presented at ASEE Annual Conference, Session 2413. Seattle, Washington, Estados Unidos de America. 1998.

[8] Doumont J. L. "Effective executive summaries: A simple but effective paradigm". Proc. IEEE Int. Professional Communication Conference IPCC. Orlando, Florida, Estados Unidos de America. 2003.

[9] Aguilera M. C. Arancibia. "The design of a rubric to evaluate laboratory reports in Astronomy: Academics literacy in the disciplines". PROFILE Issues in Teachers' Professional Development, 16(1), 153-165. 2014. ISSN 1657-0790. DOI: 10.15446/profile.v16n1.37232.

[10] Feisel L. D. y Rosa A. J. "The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education", Journal of Engineering Education, pp. 121-130. 2005. ISSN: 2168-9830. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x

[11] Morales E., et al. "Desarrollo de competencias a través de objetos de aprendizaje". RED. Revista de Educación a Distancia. N°36. Murcia. España. 2013. ISSN: 1578-7680.

[12] Losada M. A., et al. Innovación pedagógica para las clases de laboratorio de Física. Rev. de Ens. de la Física. Vol. 23, N°1 y 2, pp. 95-108. 2010. ISSN: 2250-6101.

[13] Deane P. "The skills underlying writing expertise: Implications for k-12 writing assessment". Princeton, NJ: ETS. 2010. Fecha de Consulta: 12 de Febrero 2018. URL: http://www.ets.org/s/research/pdf/ CBALwriting.pdf.

[14] Deane P., et al. "Rethinking k-12 writing assessment to support best instructional practice". Proc. 4th Int. Conference on Writing Research. Washington D.C., Estados Unidos de America. Febrero 2011.

[15] Babich A. M., et al. "C. I. T. E. Learning Styles Instrument". Wichita, KS: Murdoch Teacher Center. Kansas 1976. Fecha de Consulta: 12 de Febrero 2018. URL: http://www.wvabe.org/CITE/cite.pdf

Universidad Central

Admisión Advance

Un nuevo título para un mejor futuro

Ingeniería Civil Industrial

Modalidad Online y Presencial

- Permite compatibilizar vida estudiantil, laboral y familiar
- Clases 3 veces por semana
- Próximo a metro Parque Almagro,Toesca, y Moneda

Postula Aquí

Estudiantes del Colegio Lo Cañas ganan concurso regional de Explora ANID tras pasantía escolar en la UCEN

El proyecto con el que los niños y niñas de enseñanza básica del Colegio Lo Cañas se presentaron al XIV Congreso Regional Escolar de la Ciencia y la Tecnología 2019 (CRECyT) se tituló 'Legumbres ricas, nutritivas y saludables' el cual se desarrolló con el apoyo colaborativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y la Facultad de Ciencias de la Salud de esta casa de estudios.

De izquierda a derecha: Hector Calderon, Natalia Vera, Loreto Muñoz, Pedro Cornejo, Nathalie Muñoz y Damian Barría.

El XIV Congreso Regional Escolar de la Ciencia y la Tecnología 2019 (CRECyT) fue la instancia que reunió 35 proyectos elaborados por estudiantes de 23 establecimientos educacionales de las comunas de la zona Sur Oriente de la Región Metropolitana, donde la propuesta científica 'Legumbres ricas, nutritivas y saludables' presentada por estudiantes del Colegio Lo Cañas de la comuna de La Florida resultó ganadora del primer lugar, todo esto, tras una pasantía escolar con el mismo nombre realizada en la Universidad Central durante agosto de 2019.

Los protagonistas de este hito son Pedro Cornejo, Isidora Elgueta, Dana Tubin y Damián Barría, estudiantes de 7° y 8° básico, quienes en compañía de su profesora de Ciencias Naturales, Nathalie Muñoz, se sumaron al programa 'Indagadores de la Ciencia' de Explora ANID (ex CONICYT), el cual tiene como objetivo generar una vinculación entre el mundo científico y la comunidad escolar, mediante la realización de proyectos científicos y/o tecnológicos, donde la Universidad Central participó con la propuesta basada en promover el consumo de legumbres, liderada por Loreto Muñoz, Doctora en Ciencias e Ingeniería de los Alimentos, académica e investigadora de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y miembro del equipo profesional del proyecto Polo Legumbres, impulsado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Asimismo, la Facultad de Ciencias de la Salud, fue parte de la pasantía escolar a través de la profesora Claudia Narbona, de la carrera de Nutrición y Dietética. El trabajo práctico llevado a cabo en los laboratorios tanto de Dietética como de Ciencia de los Alimentos fueron fundamentales para la formulación y elaboración de los productos: galletas saludables dulces y saladas, hechas a partir de harina de garbanzo con distintos porcentajes de fibra dietaria y proteína.

Para este proceso, se consideraron los pasos del método científico, según explicó la investigadora centralina a cargo del proyecto; es decir, observación, detección del problema, generación de ideas de proyecto y luego la propuesta de una solución, que en este caso, de acuerdo a las necesidades determinada por los mismos estudiantes del Colegio Lo Cañas, es hacer que los niños y niñas coman más legumbres, pero a través de otro tipo de preparación de mayor atractivo para ellos (galletas).

Tras conocerse los resultados del concurso, la Dra. Muñoz, felicitó el trabajo y compromiso con la ciencia de Pedro, Isidora, Dana y Damián; además expresó "siento mucha alegría y orgullo de ver a los protagonistas del futuro de Chile, haciendo ciencia entretenida y saludable incluso frente a la adversidad".

En tanto, Narbona manifestó que "la motivación con que los niños aceptaron este desafío fue relevante para llevar toda esta tarea a cabo, la cual no fue menor. Verlos trabajar cuidadosamente, utilizando el equipamiento del laboratorio me hizo sentir que tenemos a nuestros fututos investigadores. Fue una experiencia muy enriquecedora, en ambos sentidos."

NUEVOS SISTEMAS DE **ILUMINACIÓN LEC**

EN BASE A METALES DE TRANSICIÓN

• *Iván González*
Doctor en Química

• *Juan Luis Palma*
Doctor en Ciencias con mención en Física

Introducción

El concepto de Iluminación de Estado Sólido (SSL), introducido a mediados de la década de los 90, ha traído amplios beneficios para la humanidad, debido a promover el ahorro energético y la reducción de gases de efecto invernadero, frente a los sistemas de iluminación convencionales (bombillas incandescentes, lámparas halógenas, entre otros). Los sistemas SSL funcionan mediante procesos de recombinación de electrones y huecos, que ocurren en materiales semiconductores que generan luz por electroluminiscencia, lo que corresponde a la conversión no térmica de energía eléctrica en energía luminosa. Los diodos emisores de luz más comunes y disponibles comercialmente son: LED y OLED (Diodo Emisor de Luz Orgánico). Los LED están fabricados con semiconductores inorgánicos capaces de emitir luz visible de diferentes colores, según el material utilizado, mientras que Los OLED se procesan en un sistema multicapa (Figura 1), utilizando compuestos luminiscentes orgánicos u organometálicos neutros intercalado entre dos electrodos. Todas estas capas se depositan sobre sustratos ópticos transparentes mediante técnicas de alto costo, que requieren rigurosos procedimientos de encapsulación, una estrategia más reciente basada en dispositivos LEC (Light Emitting Electrochemical Cells) surge como una alternativa prometedora al OLED. [1]

Figura 1

Esquema estructural de OLED vs LEC

Funcionamiento general LEC

Las celdas electroquímicas de luz LEC, han atraído la atención en estos últimos años debido a su alta eficiencia energética y bajo costo de producción. El mecanismo de funcionamiento de un LEC es mediante la presencia de iones móviles mezclados con un material luminiscente, todo en una sola capa activa. Los iones están distribuidos aleatoriamente cuando no hay un potencial aplicado (y pueden migrar hacia los electrodos de carga opuesta cuando es aplicado un voltaje, creando capas eléctricas dobles (EDL) que permiten la inyección de cargas desde cualquier tipo de electrodos. Por lo tanto, se crea un eficiente dopaje electroquímico p y n de los emisores, cerca de los electrodos (Figura 2). Las regiones dopadas electroquímicamente forman contactos ohmicos con el electrodo, facilitando la inyección de electrones a la capa activa. Las regiones dopadas se ensanchan con el tiempo, creando una unión p-i-n, donde "i" representa la región no dopada en la que se produce la recombinación de carga y la emisión de luz, a este modelo se le denomina "dopaje electroquímico" (ECD). Existen otros modelos que explican el comportamiento de un LEC pero todos coexisten y dependen de sus componentes y su capacidad de formar contactos óhmicos, pero en todos ellos el proceso de dopaje electroquímico in situ juega un papel primordial en la mejora de la inyección de carga, transporte y procesos de recombinación radiativa.

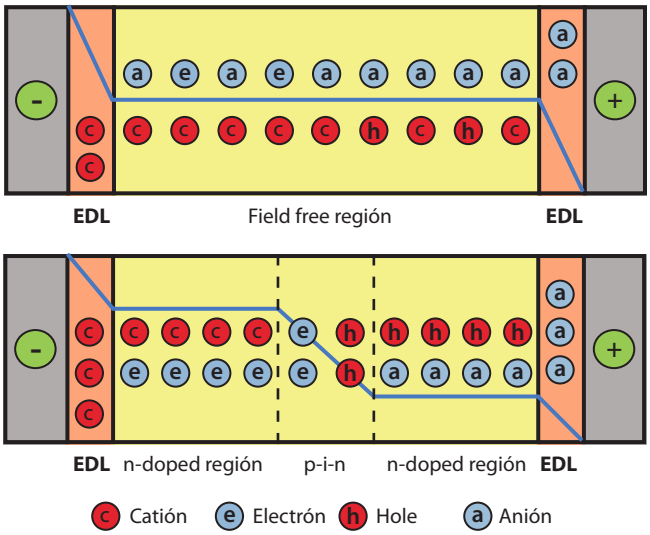


Figura 2

Esquema estructural de OLED vs LEC. [2]

Características más atractivas de un LEC

Los dispositivos de iluminación LEC están siendo foco de diversos estudios, pero ya se pueden establecer diferentes ventajas comparativas a otros sistemas de iluminación de estado sólido. Dentro de estas ventajas se pueden mencionar como;

i) Operación a bajo voltaje con alta eficiencia.
ii) Permite el trabajo con diferentes electrodos con espesores del activo capa o de la capa activa que va desde unas pocas decenas hasta cientos de nanómetros.
iii) Fácil fabricación mediante técnicas basadas en soluciones y bajo condiciones ambientales.
iv) Versatilidad en emisores, como polímeros conjugados (CP), **complejos en base a metales de transición iónica (iTMC)**, moléculas pequeñas (SM) y quantum dots (QD) y perovskitas vi) posibilidad de fabricar dispositivos híbridos con semiconductores compuestos como ZnO o TiO2 o materiales atómicamente delgados preparados por deposición de capas, Langmuir-Blodgett, capa por capa, etc.

Avances recientes

Diferentes grupos de investigación han proporcionado y aportado en los diferentes avances destacando los avances en las técnicas de fabricación de dispositivos y arquitecturas de dispositivos, de manera de establecer la transferencia de esta tecnología LEC al mercado de la iluminación de tal manera que estos sistemas de iluminación puedan ser producidos a bajo costo.

En el caso de LEC basados en Co-polímeros, una de las primeras innovaciones fue el uso de inyección de tinta para preparar películas delgadas (Figura 3, 2008a), este tipo de diseño y uso de dispositivo tuvo un encendido a bajo voltaje de 3 V con una luminancia moderada de 100 cd/m^2. Posteriormente aparecieron las fabricaciones de LECs flexibles con capas activas delgadas usando la técnica de "roll to roll" generando dispositivos flexibles y de fácil manufactura, pero con moderada eficiencia y brillo no fueron los mejores. Posteriormente, algunas corporaciones trabajaron en el desarrollo de paneles LEC con capas activas del orden de los micrómetros y con el uso de iTMC. Luego de esto, las investigaciones no se han detenido en busca de mejorar los dispositivos mediante la aplicación de dopantes que prolonguen la vida útil del dispositivo, evitar las reacciones no deseadas dentro de la capa activa, mejorar el transporte de carga y la conductividad iónica. [3]

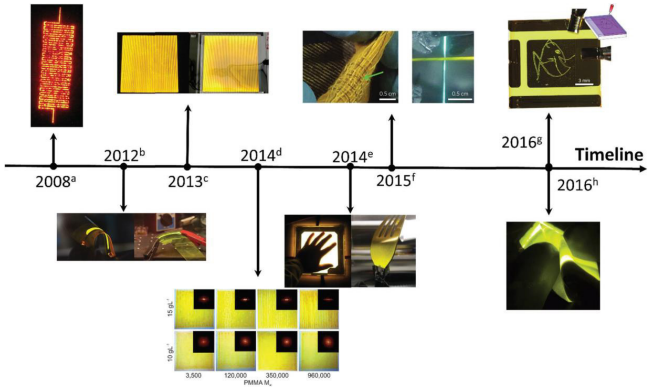


Figura 3

Línea de evolución en la fabricación de dispositivos LEC. [3]

Siguiendo con los avances Edman y colaboradores, cuatro mostraron una metodología eficiente mediante la "inkjet printing" y la deposición por "Srpay" sobre un tenedor usando mezclas de compuestos de manera de facilitar la fabricación del dispositivo (Figura 3f)[4]. Los avances han continuado pudiendo utilizar micropatrones mediante método de escritura con especies de lápices que son capaces de mostrar el mensaje solo cuando se enciende o es conectado el circuito (Figura 3, 2016g). En este sentido la técnica de "spray-coating" o recubrimiento por pulverización ha permitido la fabricación de LEC de bajo costo, de un control fácil de espesor, permitiendo preparar dispositivos en distintos ángulos e incluso transformar objetos en 3D como un tenedor en un dispositivo luminiscente de última generación. De esta manera, ya existen algunas empresas que comercializan estos dispositivos como LunaLEC (http://lunalec.com/)

LEC-GEL

Otro enfoque destacado para estos dispositivos, es su fabricación como sistemas flexibles con propiedades físicas muy peculiares como un Gel (Figura 4). Esta idea fue demostrada por primera vez por Itoh, [5] donde mostró un gel emisor de luz en base a una mezcla de un complejo de rutenio, liquido iónico y un agente gelificante. Por otra parte, Hong y colaboradores [6] reportan la fabricación de un gel mediante la una película iónica independiente (B400 mm) con una mezcla de polímero de matriz poli (fluoruro de vinilideno-co-hexafluoropropileno) o P(VDF-HFP), [EMI] [TFSI] y un iTMC. [6]

La fabricación del dispositivo gelificado, implica una solución sencilla que es fundida y depositada sobre, por ejemplo, un sustrato como el vidrio conductor. Este último se puede extraer de este sustrato y ser transferido a diferentes electrodos varias veces sin afectar las características de corriente-voltaje-luminancia (I – V – L). Esto quedó demostrado con éxito utilizando varios tipos de electrodos, como, ITO, nanocables Ag, rejillas de malla metálica Au y acero inoxidable. Al igual que otros informes, estos dispositivos funcionan bajo una polarización pulsada de 4V que alcanzando la electroluminiscencia naranja con un brillo de 90 cd/m^2. En la actualidad, nuestro grupo de investigación está enfocado en el desarrollo de LEC de tipo geles, mediante construcciones sencillas en base a polímeros P(VDF-HFP) y diferentes líquidos iónicos que faciliten la fabricación y sean transferibles como una tecnología eficiente y competitiva.

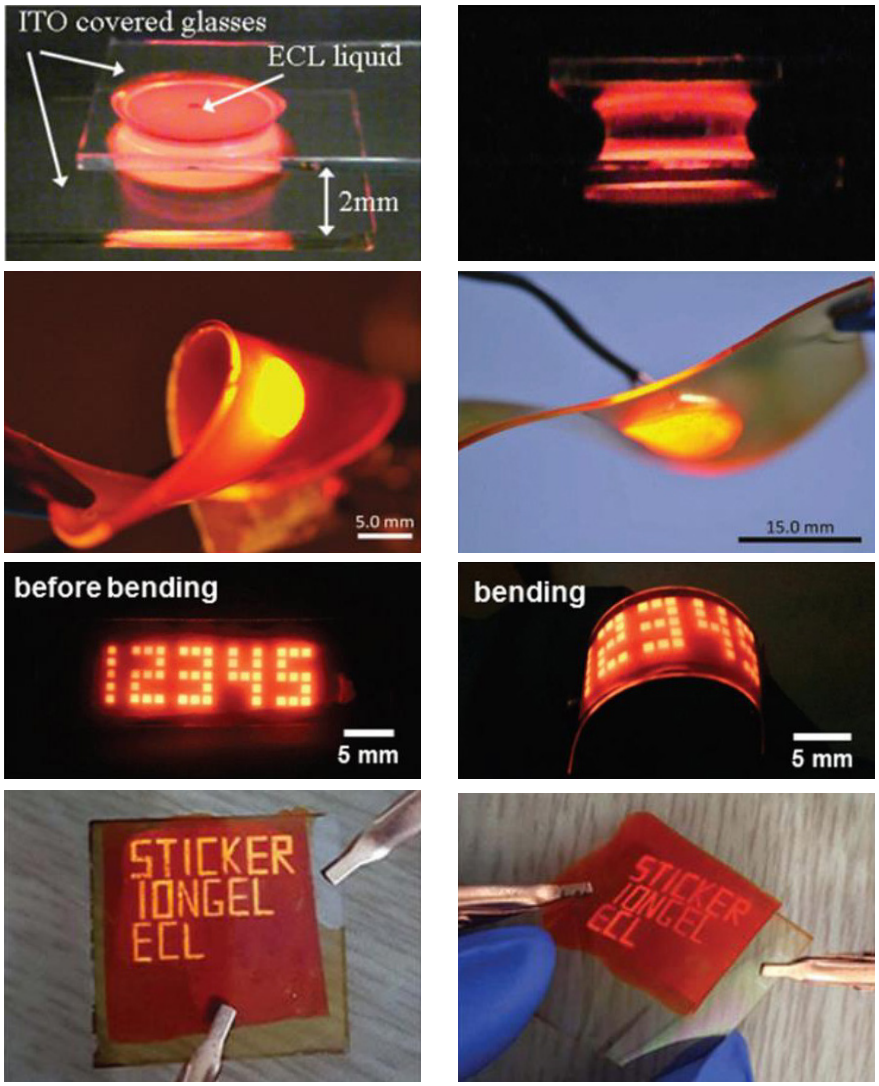


Figura 4

Ejemplos de LEC flexibles tipo GEL. [3]

Perspectiva

En relación al material activo en LEC, este se basa, principalmente Metales de transición iónicos (iTMC). Estos tipos de compuestos han atraído considerable interés como resultado de su color fácilmente ajustable, alto niveles de rendimiento, estabilidades de miles de horas, y altas eficiencias de potencia. [3] Los iTMC más utilizados y estudiados, se basan en complejos catiónicos de Iridio (III) con contraiones. Sin embargo, el Iridio es uno de los elementos menos abundantes en la corteza terrestre, con un precio actual de unos $45.000 USD el kg. Por lo tanto, iTMCs basados en metales más económicos y abundantes en la tierra son muy deseados para producir paneles de gran superficie de bajo costo basado en tecnología LEC.

En este contexto, los complejos de Cobre (I) han atraído mucha atención debido a su bajo costo, química bien conocida y las buenas características de fotoluminiscencia que abarcan todo el espectro visible. Sin embargo, estos materiales sufren dos principales limitaciones, primero, la geometría pseudotetraédrica del ion Cu (I) cambia a una conformación más plana, tanto por motivos fotofísicos como por estímulos de excitación eléctrica, formando otras especies que reducen drásticamente las propiedades de luminiscencia y la estabilidad del dispositivo. En segundo lugar, los miembros de esta familia que emiten azul, han dado lugar típicamente a LEC de otros colores como amarillos y siendo con estabilidades limitada como dispositivo. Recientemente, muchos científicos han prestado más atención a los complejos iónicos de Ag (I), debido a su síntesis directa simple, sus altos rendimientos cuánticos de fotoluminiscencia (φ) en estado sólido, y su costo relativamente bajo en comparación con el Iridio (Plata actual precio $ 470 USD por kg.

En nuestro grupo de trabajo actualmente estamos trabajando con otros tipos de iTMC como es el caso del Renio, el cual se destaca por sus propiedades fotofísicas, de síntesis relativamente simple, con buena estabilidad y por su importancia en la industria minera en Chile. Al mismo tiempo que estamos creando nuevos compuestos en base a Rutenio, Iridio y Cobre, de manera generar nuevos dispositivos luminiscentes que tengan una potencial aplicación en este tipo de tecnología. A su vez, en la Universidad Central de Chile somos pioneros en este tipo estudio generando, no sólo materiales, sino que también desarrollando tecnología de medición y caracterización en nuestros Laboratorios. **Es así como los alumnos de la carrera Ingeniería Civil Industrial, Elizabeth Villena y Jonhatan Burgos, han desarrollado su memoria de título basada en un proyecto de transferencia tecnológica acerca de Celdas electroquímicas Emisoras de Luz (LEC, por sus palabras del inglés). Ellos realizaron todas las pruebas necesarias para llevar a cabo la fabricación para alcanzar un grado de transferencia tecnológica 2-3 en el laboratorio.**

Finalmente, este artículo ha realizado una muestra de la potencialidad y descripción de los avances sobre la tecnología LEC, demostrado que esta tecnología, ya se ha alcanzado una etapa madura para su escalabilidad. Después de dos décadas de investigación intensiva, los LEC de última generación basados en iTMC indican que esta tecnología aún no ha logrado un rendimiento comparativo con las fuentes de iluminación y pantallas basadas en OLED. Sin embargo, varios grupos en todo el

Elizabeth Villena

Jonathan Burgos

Alumnos de ingeniería civil industrial, tesistas que están trabajando en este proyecto.

Figura 5

(A) Máscaras sobre las celdas electroquímicas. (B) Deposición de metal dentro de la cámara de alto vacío del sputtering. (C) muestras montadas en el sistema de sputtering. (D) deposición de Rutenio sobre vidrio con conductor transparente por medio de spin-coating. (E) Celda electroquímica de Rutenio con cátodo de Aluminio depositado.

Figura 6

Fotografía del laboratorio www.nanosintesis.cl, (A y C) celda electroquímica Vidrio+ITO/Rutenio/cátodo de Aluminio activado por luz ultravioleta, y sin ser activado (D), montado sobre un 4-probe. (B) Celda electroquímica de Iridio, emitiendo luz, activada por aplicación directa de potencial eléctrico.

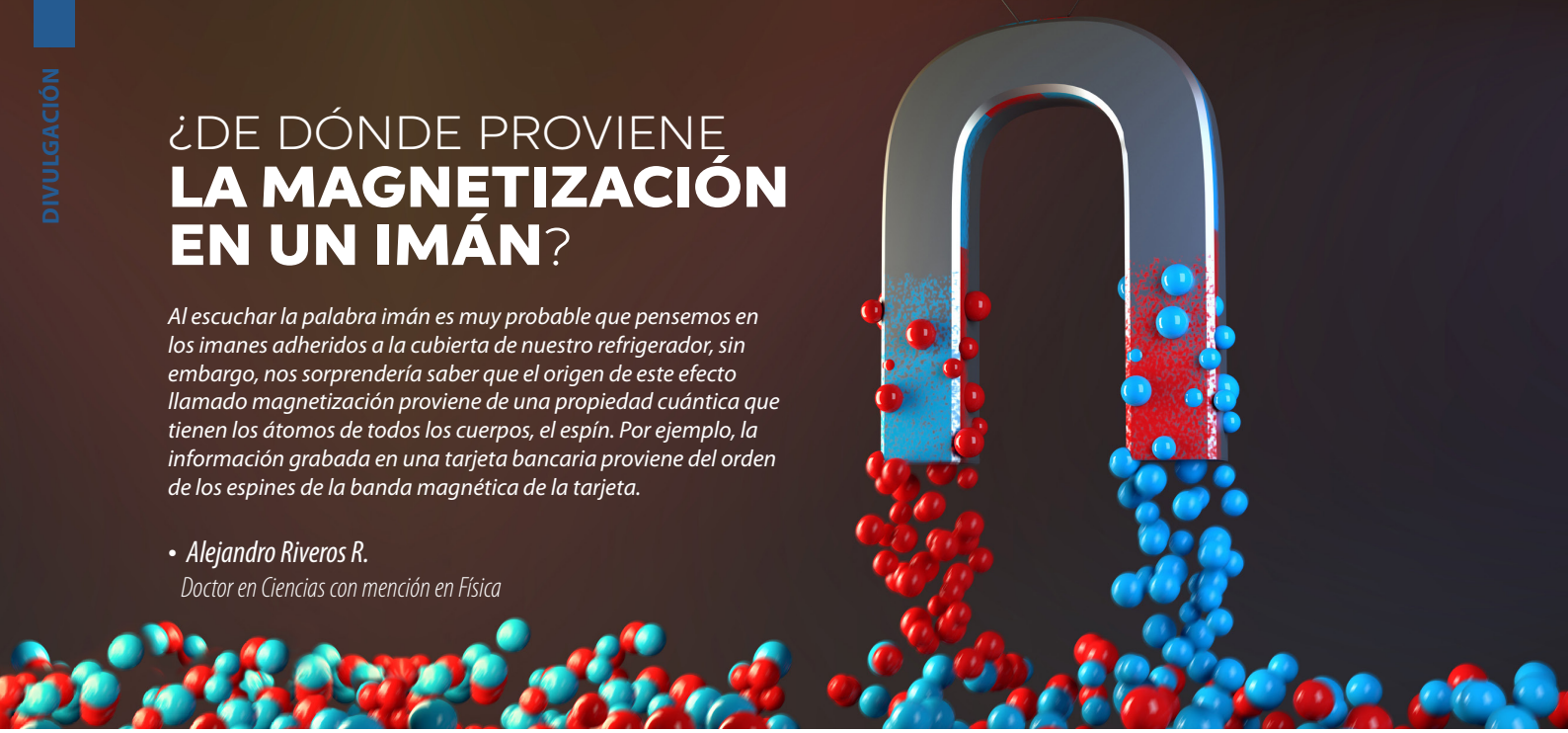
mundo han demostrado que el rendimiento moderado, va de la mano con una fabricación de dispositivos sencilla, versátil y de bajo costo, utilizando técnicas escalables basadas en solventes, como, grabado, rollo a rollo, deposición por pulverización, inyección de tinta, etc. Como tal, el concepto LEC parece ser muy adecuado para aplicaciones de iluminación inteligente de alta gama como etiquetas de iluminación, señalización, sistemas publicitarios, etc. Es aquí donde se podría establecer el futuro de la tecnología LEC, iniciando así el renacimiento de esta tecnología de manera aplicada como ya lo ha hecho la comunidad científica.

www.nanosintesis.cl

Referencias

[1]. Costa, R. D.; Orti, E.; Bolink, H. J.; Monti, F.; Accorsi, G.; Armaroli, N., Luminescent ionic transition-metal complexes for light-emitting electrochemical cells. Angewandte Chemie International Edition **2012**, 51 (33), 8178-8211.
[2]. Kanagaraj, S.; Puthanveedu, A.; Choe, Y., Small Molecules in Light-Emitting Electrochemical Cells: Promising Light-Emitting Materials. Advanced Functional Materials **2019**, 1907126.
[3]. Fresta, E.; Costa, R. D., Beyond traditional light-emitting electrochemical cells–a review of new device designs and emitters. Journal of Materials Chemistry C **2017**, 5 (23), 5643-5675.
[4]. Lindh, E. M.; Sandström, A.; Edman, L., Inkjet Printed Bilayer Light-Emitting Electrochemical Cells for Display and Lighting Applications. Small **2014**, 10 (20), 4148-4153.
[5]. Itoh, N., Electrochemical light-emitting gel. Materials **2010**, 3 (6), 3729-3739.
[6]. Hong, K.; Kwon, Y. K.; Ryu, J.; Lee, J. Y.; Kim, S. H.; Lee, K. H., Self-supporting ion gels for electrochemiluminescent sticker-type optoelectronic devices. Scientific reports **2016**, 6 (1), 1-8.

¿DE DÓNDE PROVIENE **LA MAGNETIZACIÓN EN UN IMÁN**?



Al escuchar la palabra imán es muy probable que pensemos en los imanes adheridos a la cubierta de nuestro refrigerador, sin embargo, nos sorprendería saber que el origen de este efecto llamado magnetización proviene de una propiedad cuántica que tienen los átomos de todos los cuerpos, el espín. Por ejemplo, la información grabada en una tarjeta bancaria proviene del orden de los espines de la banda magnética de la tarjeta.

• *Alejandro Riveros R.*
Doctor en Ciencias con mención en Física

Ya es un hecho que en nuestra vida cotidiana hacemos uso de la grabación magnética. Por ejemplo, cuando utilizamos nuestra tarjeta bancaria para efectuar un pago, cuando usamos nuestra tarjeta bip del Transantiago para validar nuestro pasaje o cuando guardamos un archivo o documento en nuestro computador, estamos haciendo uso de la información magnética mantenida en esas tarjetas y en la tarjeta de memoria del computador. En realidad, todos estos procesos de lectura y codificación magnética son posibles debido a una propiedad que poseen todos los objetos a nivel atómico conocido como el espín. ¿Pero que es un espín? ¿Como podemos entender esta característica propia de todos los cuerpos? Para comenzar debemos realizar un viaje hacia el interior de los cuerpos, para esto, pensemos que poseemos una herramienta capaz de ver lo más pequeño que forma el cuerpo, pensemos en un "súper" microscopio. Al mirar por este "super" microscopio notaríamos que el cuerpo está formado por un número gigantesco, tan grande casi impensable, de átomos o pelotitas, donde cada una de estas pelotitas tiene la capacidad de girar, aún cuando no se esté moviendo de ubicación (como lo hace una bailarina de ballet al girar sobre las puntillas de sus pies sin moverse de su lugar), convirtiéndolo en un diminuto imán (Figura1). Pues bien, dicha propiedad que tienen los átomos de girar sobre su eje es conocido como el espín, llamado de esta manera debido a la palabra en inglés "spin" que significa giro.

Ya nos hemos dado cuenta de que el espín es una propiedad de los cuerpos, que se suman a otras propiedades como la masa y la carga eléctrica, esta última propiedad también proveniente de los átomos de los cuerpos. Pero bueno, para no perder el foco, en vez de entrar en detalles de la carga eléctrica, sigamos describiendo el espín de los átomos de los objetos. El espín al caracterizar el giro de los átomos sobre su eje puede ser representado por una flecha que indica el eje de giro y el sentido del giro (Figura 1). Sin embargo, aunque todos los cuerpos, incluyendo la bailarina de ballet, están formados por átomos, sólo en algunos cuerpos, llamados magnéticos, es posible mantener la orientación de los espines por mucho tiempo, tales como en la banda negra de las tarjetas bancarias.

Aunque podamos describir el espín como una flecha, el espín no tiene una sombra común y corriente como tendría cualquier cuerpo, más aún el tamaño de la sombra no dependería de la inclinación que tendría la flecha, como ocurre en forma cotidiana. Sorprendentemente, la sombra de un espín sólo puede ser discreta, esto es un punto y no una franja continua como realizan los objetos que podemos ver, como, por ejemplo, la sombra de una persona o la sombra de un árbol. Lo que es más interesante, es que no es único punto, sino que son dos puntos (que pueden ser representados por flechas apuntando hacia arriba o hacia abajo) y curiosamente ambas sombras viven simultáneamente hasta que son "observadas", tal como ocurre en la famosa paradoja del "gato de Schrödinger". En palabras simples, esta paradoja consiste en un gato dentro de una caja cerrada. El gato está simultáneamente vivo y muerto mientras no se observe. Por lo tanto, mientras no se abra la caja para ver el estado del gato, existe una probabilidad de que el gato se encuentre vivo o se encuentre muerto (Figura 2). En este ejemplo los dos posibles estados del gato son vivo o muerto mientras que para el espín las dos posibles observaciones son espín hacia arriba (flecha apuntando hacia arriba) o hacia abajo (flecha apuntando hacia abajo). Cada uno de estos estados pueden ser observados o medidos en forma probabilística.

Ya dijimos que el espín es una propiedad propia de los átomos, que puede ser representado por una flecha y que su proyección (sombra) en una dirección es discreta, flecha dirigida hacia arriba o flecha

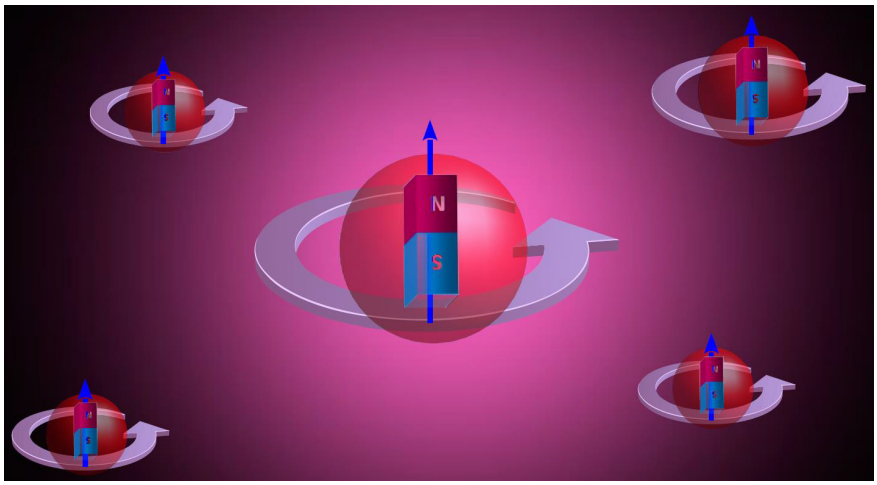


Figura 1
Representación gráfica de los espines dentro de un cuerpo.

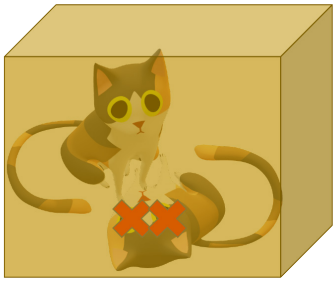


Figura 2

Ilustración de la paradoja del "gato de Schrödinger", mientras no se abra la caja el gato está vivo y muerto

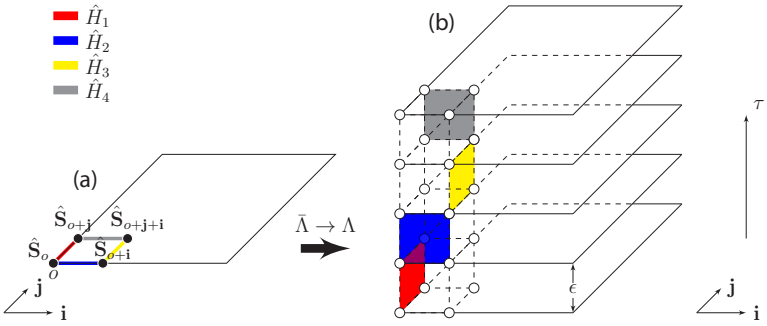


Figura 3

a) Representación gráfica de las interacciones entre espines cuánticos (círculos negros) en una red rectangular, mostradas por segmentos de colores que unen los espines. Estas interacciones se realizan en forma de plaqueta en la nueva dirección en forma de una espiral (b).

dirigida hacia abajo. No obstante, aún falta un último aspecto importante para entender el espín. Curiosamente si proyectamos el espín en otra dirección, distinta a la inicial, si bien podemos intuir, en base a lo analizado, que se podrían obtener dos proyecciones en esa nueva dirección (flecha hacia arriba o hacia abajo), nos sorprendería el hecho que al hacer esta nueva proyección ¡habremos alterado la sombra del espín en la dirección inicial! ¡Todo esto suena un poco loco pero fascinante! ¿nocierto? Esta característica propia de las partículas a nivel atómico llamado el espín, su propiedad no diagonal para sus proyecciones o sombras en las direcciones espaciales y sus mediciones discretas en forma probabilística, las cuales fueron medidas en el famoso experimento de Stern y Gerlach [1], son los ingredientes necesarios para analizar la materia a escala atómica o subatómica, lo que da origen a la física cuántica.

Ahora bien, Los espines no viven aislados en la naturaleza por lo tanto pueden interactuar entre ellos. En el trabajo [2] se estudió la interacción de los espines a nivel atómico en materiales magnéticos en una dimensión y dos dimensiones espaciales y el efecto del ordenamiento de los espines sobre las propiedades magnéticas del material como magnetización y susceptibilidad magnética cuando se le aplica un campo la magnético al material, teniendo en consideración la naturaleza cuántica del espín. A continuación, resumiremos en simples palabras ese estudio; para mayores detalles técnicos ver el artículo [2]. Como el objeto de estudio era analizar el efecto del campo magnético en los espines del material, se modeló la configuración de espines del material como redes lineales y rectangulares de muchos espines en los cuales en cada punto de la red se encuentra un espín. Además, se tomó en consideración la interacción entre los espines más cercanos y un campo magnético aplicado al material. En la (Figura 3a) se muestra en forma gráfica (mostrando explícitamente 4 espines) una representación de los espines en una red rectangular, la cual simula la configuración de espines de un material magnético en dos dimensiones. En esta figura, las interacciones entre los cuatro espines vecinos se muestran por segmentos de colores, mientras que los espines son representados por puntos negros. En el artículo se muestra que es posible simular estos sistemas cuánticos introduciendo una dimensión extra en la cual cada una de las interacciones entre espines vecinos se van realizando en forma de plaquetas [3] que van creciendo en la nueva dirección (hacia arriba) en forma de una espiral (Figura 3b). En esta nueva red se pueden medir las configuraciones de las proyecciones de todos los espines de la red para poder determinar las propiedades magnéticas del material, tales como la magnetización y la susceptibilidad magnética en función de la intensidad de campo magnético aplicado, En la figura 4 se muestran estas propiedades en el caso de un material magnético en una dimensión para una cantidad determinada de espines de la red (acá L representa el número de espines del modelo). Es interesante notar que a medida que aumenta el valor de L (mayor número de espines considerados en la red) el comportamiento de la magnetización y de la susceptibilidad magnética convergen hacia una única curva, lo que permite conjeturar como sería el comportamiento de estas propiedades físicas al seguir aumentando el número de espines. Por ejemplo, la cúspide formada en la susceptibilidad magnética para L = 240 espines muestra la evidencia de una transición de fase cuántica (Figura 4b).

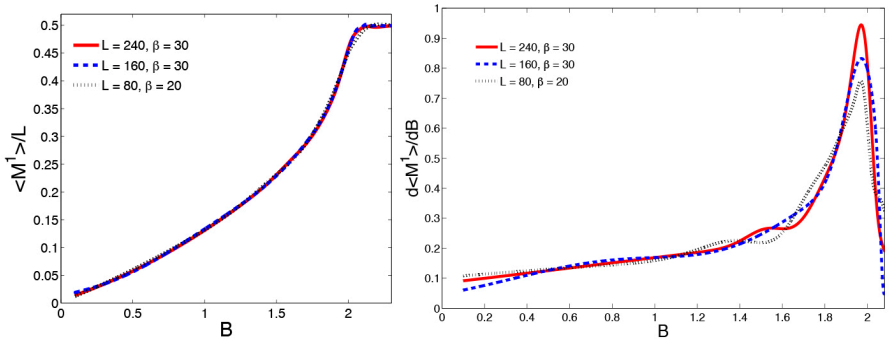


Figura 4

Magnetización y susceptibilidad magnética en función de la intensidad del campo magnético aplicado para una cadena de L espines a temperaturas muy bajas. Se puede ver que al aumentar el número de espines las curvas convergen hacia un comportamiento definido.

En resumen, los espines son características cuánticas de los materiales, cuyas configuraciones en materiales magnéticos permiten almacenar información magnética. En el trabajo se muestra un método para poder simular configuraciones de espines en materiales magnéticos, y sus efectos en las propiedades magnéticas tomando en cuenta la interacción entre los espines y de un campo magnético manteniendo las características cuánticas del espín, estas son: magnitudes no diagonales, discretas y probabilísticas en las mediciones de la orientación de cada uno de los espines del material.

Bibliografía

[1]: Sakurai, J.-J., Modern quantum mechanics. Addison-Wesley (1985)

[2]: Palma, G., Riveros, A., Condensed Matter Physics, Vol. 18, No 2, (2015)

[3]: Chandrasekharan S., Wiese U.-J. Physical Review Letters 83, (1999) 3116 (1999).

Pérdida y Desperdicio de alimentos

• *Loreto Muñoz H.*
Doctora en Ciencias e Ingeniería de los alimentos

Desde hace algunos años, la preocupación por la alimentación a nivel global ha ido aumentando; por una parte, en algunos países aún existe la desnutrición, 1 de cada 6 personas pasa hambre y, por otro lado, en muchos otros países el sobrepeso y la obesidad son tema de todos los días. La razón de la hambruna no es por la falta de alimentos, de hecho, se produce más que lo que necesitamos, el problema es el manejo del sistema global alimentario.

Por otra parte, el cambio climático ha dejado en evidencia el grave problema al cual nos estamos enfrentando, principalmente debido a que la agricultura es extremadamente vulnerable a este cambio. Investigadores del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) prevén que desde ahora al 2050 los terrenos aptos para maíz, papas, arroz y trigo; los cuatro cultivos básicos; se verán alterados de diferentes maneras [1]. En este contexto en el año 2011, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) realizó un estudio pionero que tuvo como objetivo sensibilizar a la población y las empresas a cerca de las pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo y su impacto sobre la pobreza y hambre a nivel mundial, así como en el cambio climático y la utilización de recursos naturales [2].

¿Que son las pérdidas de alimentos?

Las pérdidas de alimentos se definen como "la disminución de la masa de alimentos destinados originalmente al consumo humano, independientemente de la causa y en todas las fases de la cadena alimentaria, desde la cosecha hasta el consumo". Son productos agrícolas o pesqueros destinados a consumo humano que finalmente no se consumen o que han sufrido una disminución de la calidad que se refleja en su valor nutricional, económico o de inocuidad alimentaria [3].

De acuerdo a FAO, se calcula que cada año entre un cuarto y un tercio de los alimentos producidos, el equivalente aproximadamente a 1.300 millones de toneladas termina pudriéndose en los contenedores o se descompone debido a las malas prácticas de almacenamiento, transporte y la cosecha, pero además estas pérdidas de alimentos se relacionan con los consumidores finales, es decir, nosotros. Estos millones de toneladas que se pierden cada año, se estima que serían suficientes para alimentar a 2.000 millones de personas [4].

En términos generales, se desperdician más alimentos per cápita en países desarrollados que en vías de desarrollo. Se estima que en Europa y América del Norte se desperdicia entre 95 a 115 kilos al año, mientras que en África subsahariana y en Asia meridional este desperdicio llega a 6 – 11 kilos al año [2]. Las causas de estas diferencias en el desperdicio y pérdidas de alimentos entre países con mayores y menores ingresos, radica principalmente en el comportamiento de los consumidores y la falta de coordinación entre los diferentes actores de la cadena alimentaria.

Pero, ¿qué alimentos son los que más se desperdician?

En la figura 1, se observan cifras alarmantes de pérdidas de alimentos, cada año el 45% de lo que se produce de frutas y hortalizas se va a la basura, así como el 35% del pescado capturado o producido, entre el 20 y 25% de la carne, legumbres y productos lácteos; el 30% de los cereales y el 45% de raíces y tubérculos [4],[5].

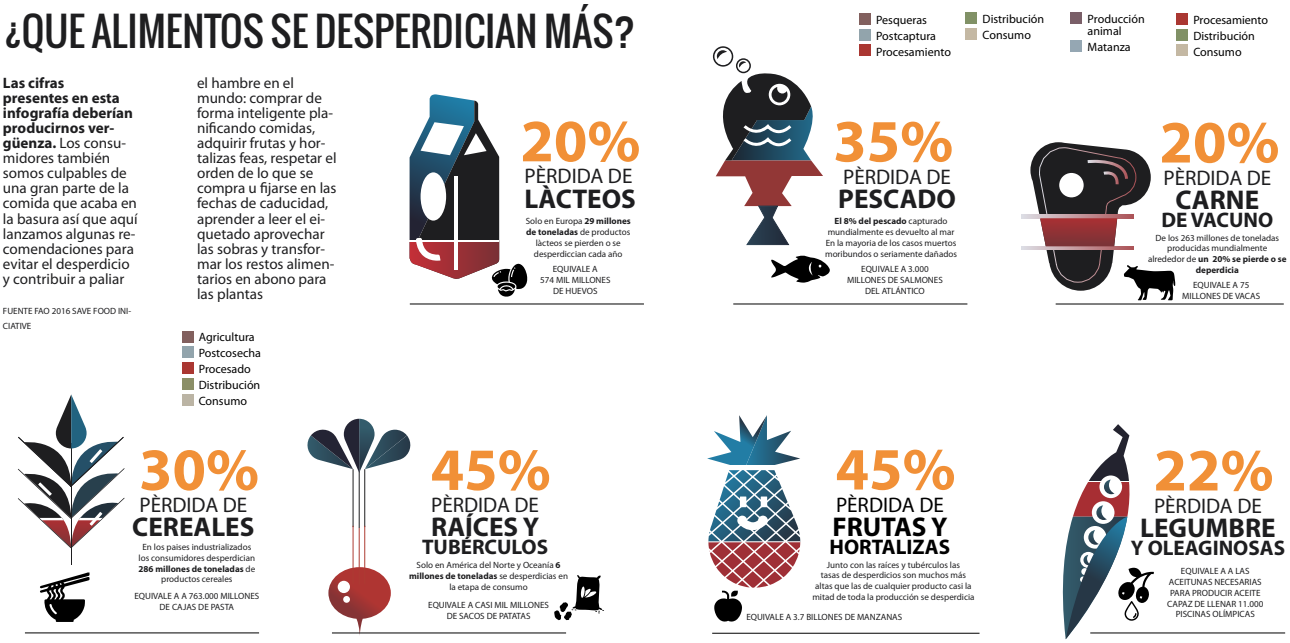


Figura 1

Pérdidas de Alimentos / Fuente: FAO y Diario EL PAIS (2018)

Estas pérdidas tienen un impacto negativo desde muchos puntos de vista. Impactan el medio ambiente, debido a que utilizan agua, tierra, energía y otros recursos naturales que se utilizan para producir estos alimentos que nadie consume. Estas pérdidas cuantitativas de alimentos influyen directamente disminuyendo los alimentos disponibles y crean inseguridad alimentaria para la población; mientras que las pérdidas cualitativas de alimentos pueden reducir su estado nutricional. Pero, además de todo lo anterior, estas pérdidas representan también una pérdida del valor económico para todos los actores que participan en la cadena de producción y suministro.

Algunos datos clave formulados por FAO en el primer estudio del impacto medioambiental de la pérdida de alimentos [6] son:

- La huella de carbono del despilfarro de alimentos se estima en 3.300 millones de toneladas de equivalente de CO2 de gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera por año.
- El volumen total de agua que se utiliza cada año para producir los alimentos que se pierden o desperdician (250km^3) equivale al caudal anual del río Volga en Rusia, o tres veces el volumen del lago de Ginebra.
- Del mismo modo, 1.400 millones de hectáreas, que corresponden al 28% por ciento de la superficie agrícola del mundo se usan anualmente para producir alimentos que se pierden o desperdician.
- La agricultura es responsable de la mayoría de las amenazas a las plantas y especies animales en peligro de extinción controladas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Sólo un bajo porcentaje de los alimentos desperdiciados es compostado: una gran parte termina en los vertederos, y representa un porcentaje elevado de los residuos sólidos urbanos. Las emisiones de metano de los vertederos representan una de las mayores fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero del sector de los residuos.
- El compostaje doméstico puede desviar potencialmente hasta 150 kg de residuos de alimentos por hogar al año y que no terminen en el sistema local de tratamiento de basuras.
- Los países en desarrollo sufren más pérdidas de alimentos durante la etapa de producción agrícola, mientras que, en las regiones de ingresos medios y altos, el desperdicio tiende a ser mayor a nivel del comercio al detalle y el consumo.
- Las consecuencias económicas directas del despilfarro de alimentos (excluyendo el pescado y el marisco) alcanzan los 750 millones de dólares EEUU anuales.

Un claro ejemplo del impacto que tienen las pérdidas de alimentos, es cuando se determina la producción de gases invernadero. En la figura 2 se muestra una comparación entre los 10 países que más gases efecto invernadero emiten en relación con las pérdidas y desperdicios de alimentos en el año 2016 [7]. Como se puede observar, China y Estados Unidos son los mayores emisores de gases con efecto invernadero, pero en la lista, las emisiones producidas por la pérdida y descomposición en alimentos ocupa el tercer lugar, superando a la Unión Europea (28 países) y otros países.

¿Tiene solución este grave problema?

No todo es negativo, a nivel mundial desde el año 2011 se han ido desarrollando diferentes estrategias e iniciativas para reducir las pérdidas y desperdicios de alimentos. Una iniciativa mundial destacada es la denominada SAVE Food en la que participa FAO y Messe Düsseldorf. El objetivo de SAVE Food es que se "se tiren menos alimentos en los países industrializados y que los consumidores de estos países planifiquen sus compras con atención. Pero todavía más importante, se desea aumentar la sensibilización a nivel industrial sobre pérdidas de alimentos, tema relevante para el futuro" [8]

Esta iniciativa se basa en cuatro pilares principales:

- **Colaboración y coordinación**, estableciendo una alianza global con organizaciones públicas y privadas y compañías activas en la lucha contra las pérdidas y los desperdicios de alimentos.
- **Aumentar la sensibilización** sobre el impacto y las soluciones de las pérdidas y los desperdicios de alimentos a través de campañas de comunicación y publicidad, creando redes con el objetivo de buscar soluciones.
- **Investigación en políticas**, estrategias y programas para reducir las pérdidas y los desperdicios de alimentos.
- Apoyo a **proyectos** para que los sectores público y privado piloten e implementen estrategias de reducción de pérdidas de alimentos.

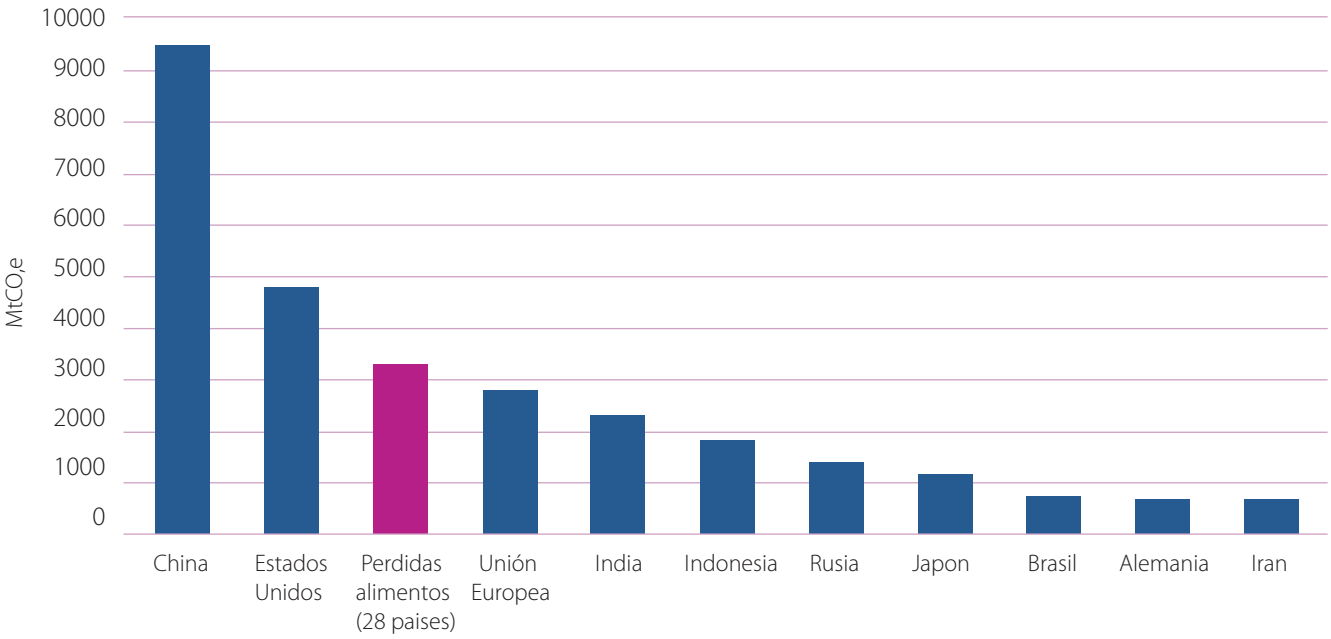


Figura 2

Los 10 países con mayor producción de gases con efecto invernadero / Fuente: CAIT Country Greenhouse Gas Emissions Data (2016)

La importancia de prevenir y reducir la pérdida de alimentos se reforzó el año 2015 con los nuevos objetivos para el desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, donde la meta 12.3 para el 2030 es la reducción del 50% del desperdicio de alimentos a nivel de consumidores, cadenas de producción, distribución y cosecha [9].

¿Qué se hace en Chile?

En nuestro país son varias las organizaciones preocupadas de este tema, pero además se están realizando algunas acciones concretas para reducir la pérdida de alimentos. En el año 2015, en un estudio realizado por la Universidad de Santiago de Chile (USACH) en la zona central de nuestro país, se obtuvo resultados de 20% de perdidas de lechugas y 53% de pérdidas de merluza; la Universidad de Talca por su lado en el año 2011 realizó un estudio denominado "Cuanto alimento desperdician los chilenos" y la Corporación de Fomento a la Producción CORFO), a través de su programa "Cero pérdida de materia prima en la Industria Alimentaria" cuantificó la pérdida de materia prima en la agroindustria, desde su recolección hasta la recepción en planta, con la finalidad de proponer soluciones [10].

En 2017, FAO junto con la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), la Agencia Chilena para la Calidad e Inocuidad Alimentaria (ACHIPIA), la corporación Red de Alimentos, la Universidad de Santiago de Chile y la organización Cadenas de Valor Sustentables, crearon el Comité Nacional para la Prevención y Reducción de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos [11].

Dentro de los objetivos del Comité, se encuentra el de facilitar y coordinar estrategias con los actores públicos y privados con el fin de prevenir y reducir las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA); proporcionar un marco eficaz para la elaboración de leyes, políticas públicas y acciones en relación a las PDA; promover la investigación y la docencia; y realizar campañas de difusión para concientizar a los consumidores y sensibilizar a la población.

Otro aporte significativo a estas iniciativas es el "Manual de Pérdidas y desperdicios de Alimentos" desarrollado por el INTA – Universidad de Chile y el Ministerio Agricultura de nuestro país, donde, por ejemplo, se describe el aporte nutricional de los alimentos que habitualmente se desperdician en el hogar y se explican las acciones para evitar estos desperdicios, entre otros [13].

Figura 3

Las frutas y verduras que se desperdician en el hogar / Fuente: INTA – Universidad de Chile y el Ministerio Agricultura (2018)

Conclusiones

Son muchas las acciones e iniciativas a nivel nacional e internacional que están contribuyendo a reducir estas graves pérdidas y desperdicios en alimentos, pero hasta hoy no son suficientes… se siguen perdiendo millones de toneladas de alimentos que podrían ser utilizados.

Nosotros, como consumidores cumplimos un rol muy importante en esta cadena y para realizar una contribución real, debemos evitar desperdiciar alimentos tomando simples acciones, como, por ejemplo, planificar mejor el menú de la semana antes de ir de compras, no comprar alimentos en exceso, refrigerar la comida preparada, mantener nuestro refrigerador y despensa ordenados y limpios, etc.

Referencias

[1]. Thomas, T. S.; Loboguerrero A.M.; Mason-D´Croz, D.; Martinez, D. (2018) An Overview of Methods Used to Study the Impact of Climate Change on Agriculture in Central America and the Andean Region. IFPRI 1-29.

[2]. FAO (2012), Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma

[3]. FAO (2015), Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y desperdicio de alimentos.

[4]. Pérdidas y desperdicios d alimentos en América Latina y el Caribe, en: http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/

[5]. FAO, EL PAIS (2018), Nutrición, El estado del Planeta, Ediciones EL PAIS, S.L.

[6]. FAO (2018) Food wastage foodprint Impacts on natural resources http://www.fao.org/news/story/es/item/196450/icode/

[7]. CAIT Country Greenhouse Gas Emissions Data (1990-2016), en: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions

[8]. SAVE FOOD, en : http://www.fao.org/save-food/background/es/

[9]. Naciones Unidas (2015) Objetivos de desarrollo sostenible.https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

[10]. Eguillor, P.; Acuña, D. (2019), Pérdidas y desperdicio de alimentos (PDA) en Chile: Avances y Desafíos. ODEPA.

[11]. https://www.odepa.gob.cl/temas-transversales/agricultura-sustentable/perdida-y-desperdicio-de-alimentos

[12]. FAO, ODEPA (2019) Guía para prevenir y reducir la pérdida de frutas y hortalizas

[13]. INTA (2018), "Manual de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos", 5 al día Chile, INTA – Universidad de Chile y Ministerio de Agricultura.

Universidad Central

Admisión 2021

CONOCE NUESTRA OFERTA ACADÉMICA EN:
ucentral.cl/admision

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

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

DIRECCIÓN DE COMUNICACIONES CORPORATIVAS

Universidad Central de Chile @Ucen ucentral_cl Universidad Central Universidad Central (CL) www.ucentral.cl RADIO UCENTRAL 107.1 FM

Comisión Nacional de Acreditación CNA-Chile 4 AÑOS ACREDITADA GESTIÓN INSTITUCIONAL | DOCENCIA DE PREGRADO | VINCULACIÓN CON EL MEDIO DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA DICIEMBRE 2021

ACCESO Educación Superior acceso.mineduc.cl

admision@ucentral.cl
600 582 2222

FORMA GEOMÉTRICA: UN FACTOR DETERMINANTE PARA CONTROLAR NANOESTRUCTURAS MAGNÉTICAS

• *Juan Luis Palma*
Doctor en Ciencias con mención en Física

Para alcanzar las tecnologías que queremos, es necesario entender y controlar los efectos que aparecen en la naturaleza, por ejemplo: un imán a escala nanométrica, entre otras cosas, depende de la forma para poder determinar cuál va a ser su dirección de magnetización.

Cuando nos encontramos con un imán en alguna aplicación, vemos que este tiene una forma particular, diseñada y pensada, para el dispositivo que se está utilizando. Por lo general, se utilizan para inducir un campo magnético o para sujetar algún otro elemento. Sin embargo a escala nanométrica, los Imánes no solo realizan el efecto de inducción, y no se usan de sujeción de algún otro elemento: sino que estos "nanoimanes" representan el bit de información que estamos leyendo. Esto funciona así en varios dispositivos de grabación magnética, tal como en discos compactos, memorias de acceso aleatorio (MRAM), discos duros, tarjetas bancarias, entre otros. Grafiquemos un poco estas aplicaciones, pensemos entonces en una cinta, tal como la de la tarjeta bancaria o una como la de los cassettes que utilizabamos en la década de los 80`s; esta cinta está compuesta por varias regiones de magnetización constante. Estas regiones son las que se les conoce como: dominios magnéticos, y se definen como una región en el material dónde la magnetización es uniforme. Cada una de estas regiones en la cinta, está compuesta por pequeños granos: "piedras magnéticas", estos granos son los que llamamos nanopartículas.

Al 2011, la empresa Hitachi había alcanzado una densidad de información de 110 Gb por pulgada cuadrada con un dispositivo muy similar al descrito, una cinta compuesta por nanopartículas de 8 nanometros. Este último año la empresa Samsumg sobrepasó los 200Gb por pulgada cuadrada. Para poder ver cuánto hemos avanzado, remontémonos a la década de los 50's dónde la empresa IBM, creaba el primer dispositivo de grabación magnética: el RAMAC (Random Access Memory Accounting and Control system), este dispositivo se componía de 50 discos de 24 pulgadas cada uno, más grandes que un disco de vinilo!. Era extremadamente pesado, y tenía una capacidad de alamacenamiento de 4 Mb, es decir, no almacenaba ni una fotografía tomada con un celular actual. El precio era de 180 mil dólares americanos. Los avances en esta área han sido formidables, basta con ver hoy como es posible comprar una memoria de 64 Gb tan pequeña como una llave, por precio de decenas de dólares.

La carrera por alcanzar mayor capacidad de información siempre está activa, pero: que se puede hacer para poder ganarla?

El problema:

Una de las posibilidades es miniaturizar los sistemas, claro: si hacemos todo más chico, más información nos cabrá en un espacio más reducido. Pero, hay un inconveniente llamado: límite superparámagnético. Que palabrota!, pero no es tan complicado. Este límite explica como los sistemas pierden su magnetización debido a la energía térmica y el tiempo. La energía intrínseca de una partícula depende del volumen que esta tenga, es decir, a mayor volumen su energía intena podrá mantener su magnetización fija. Para partículas que contienen solo un dominio magnético (monodominios), que por lo general son menores a 100 nanometros, debido a que para tamaños mayores se forman muchos dominios magnéticos. Esta energía interna, que se le llama anisotropía, es la que mantiene la magnetización fija en la partícula, y hay otra energía que trata de que la magnetización oscile en todas las direcciones: la energía térmica. Resumiendo, si las partículas de un sistema tienen su magnetización estable: puedo grabar información. Pero si por el ecntrario, tienen su magnetización oscilando aleatoriamente, no puedo grabar información. La energía térmica, que trata de desordenar la magnetización del sistema, siempre está compitiendo con la energía de anisotropía, que está relacionada con el volumen de la nanopartícula. **Ya puedes ver el problema?**, si quieres grabar más información, y disminuyes el tamaño de la partícula, entonces la energía térmica será mayor y desordenará a todo el sistema; provocando la pérdida de la información.

Una de las soluciones:

Controlar la anisotropía parece ser una solución. Una anisotropía se define como una dirección preferencial para algún efecto físico. Entonces, parece ser que la solución va por intentar poner una dirección preferencial a la magnetización de esta nanopartícula, de tal manera que podamos disminuir el volumen, pero a su vez la magnetización siga estando fija en el material, sin que esta pudiese oscilar por el efecto de la temperatura. Bueno, hoy en día se trabaja atacando por muchos flancos este tipo de sistemas.

La anisotropía puede deberse a una característica intrínseca del material (desde su ordenamiento atómico, hasta la mezcla de efectos a escala atómica), pero también queda determinada por la forma que poseé la nanopartícula.

Esto viene de las competencias energéticas que se generan dentro de una partícula, o en general dentro de un material. Fue un científico llamado Gibbs, quién postuló una energía libre de los materiales, y como estos intentan naturalmente alcanzar un estado de mínima energía. La energía que tenga un material puede venir dada por las fuerzas elásticas, la entropía y temperatura y otras contribuciones internas, o campos externos. En la mayoría de los casos, si una de estás contribuciones energéticas disminuye, hace crecer a otra contribución, lo importante para el postulado de Gibbs, es que en la cuenta global de energía se alcance un mínimo. Por lo que las energías tratarán de competir entre ellas tratando de minimizarse, siempre respetando que se debe alcanzar un mínimo energético para el sistema completo. Esto ocurre con la energía interna de un ferromagneto, dónde las dos contribuciones principales vienen dadas por la contribución de la energía de intercambio y la contribución de la energía dipolar. La energía de intercambio trata de satisfacer la dirección en la que apunta la dirección de la magnetización de dos átomos adyacentes, o mejor dicho de algunos átomos adyacentes. Esta interacción se conoce como "interacción de corto alcance" porque solo a aplica a átomos que están cercanos, por lo general esta interacción en metariales magnéticos bordea los 5 nanometros de extensión.

Por otra parte la contribución dipolar, es una interacción que intenta reducir el campo magnético que emite un imán, para lograrlo lo que hace es ordenar los momentos magnéticos de los átomos de tal manera que estas direcciones de la magnetización logren una camino cerrado dentro del material. Esta última razón es muy importante para entender porque la forma importa tanto en la escala nanométrica. La interacción dipolar, al intentar cerrar los circuitos de la magnetización dentro del material, hace que estos circuitos tomen la forma del material. Es decir, la magnetización se ordenará adoptando la forma geométrica de la nanopartícula. **Es por esto que al controlar la forma de la nanopartícula se puede inducir una energía, también llamada una anisotropía de forma para la magnetización. Si esta anisotropía aumenta, entonces la energía térmica tiene menos posibilidades de desordenar nuestro sistema, por lo que la información que grabemos en nuestro sistema será estable.**

www.nanosintesis.cl

En el laboratorio de **www.nanosintesis.cl**, nos dedicamos a controlar la geometría de los nano-imánes que generamos por lo que así podemos diseñar sus propiedades magnéticas, sólo algunas de las formas que podemos lograr son las que se pueden ver en la figura1.

Referencias

[1] Nanotechnology 19 (2008) 075713 (6pp) doi:10.1088/0957-4484/19/7/075713
[2] Materials Letters 94 (2013) 121–123 http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2012.12.044
[3] Journal of Magnetism and Magnetic Materials 344 (2013) 8–13 http://dx.doi.org/10.1016/j.jmmm.2013.05.021
[4] J. Phys. D: Appl. Phys. 49 (2016) 175004 (7pp) doi:10.1088/0022-3727/49/17/175004
[5] Journal of Magnetism and Magnetic Materials 426 (2017) 767–770 http://dx.doi.org/10.1016/j.jmmm.2016.10.121
[6] Nanomaterials 2018, 8, 128; doi:10.3390/nano8020128
[7] Journal of Magnetism and Magnetic Materials 490 (2019) 165522 https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.165522
[8] Journal of Solid State Chemistry 290 (2020) 121539 https://doi.org/10.1016/j.jssc.2020.121539

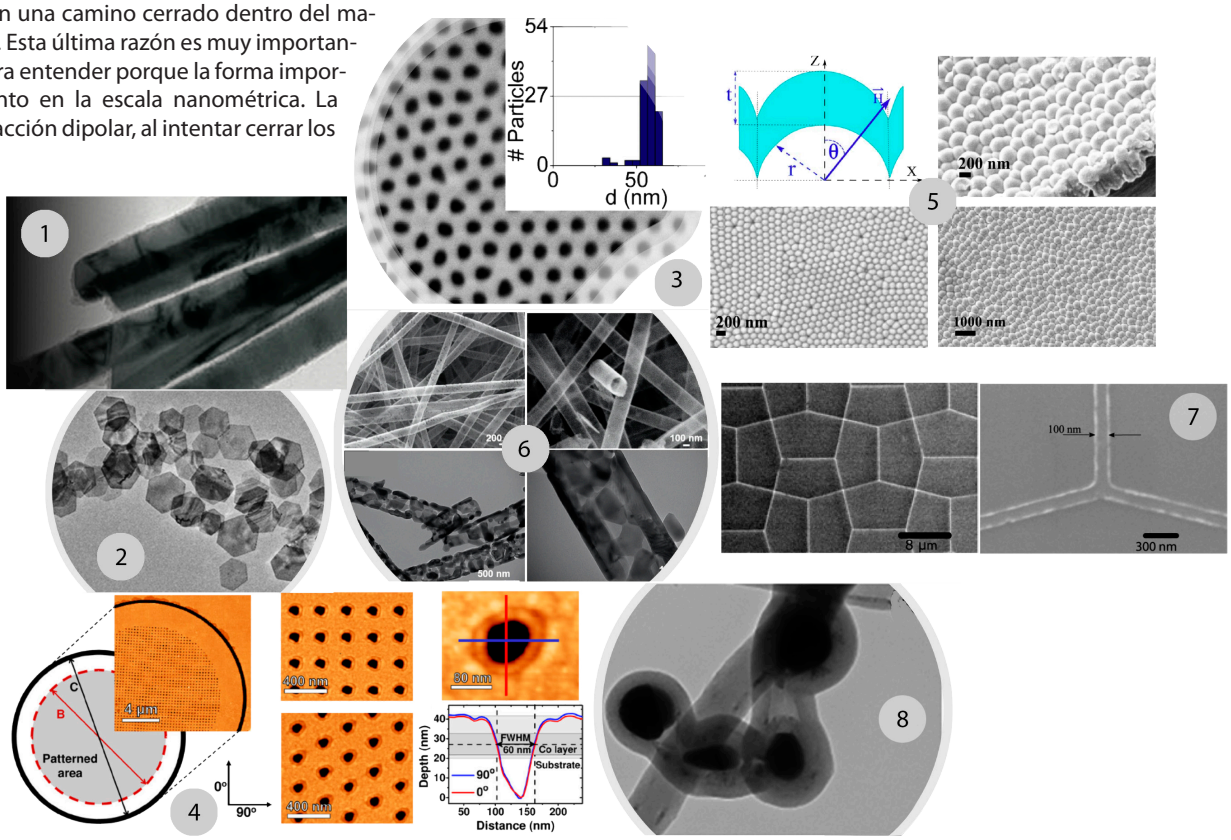


Figura 1

(1) Nanoalambres de Níquel [1], (2) Placas hexagonales de Cobalto [2], (3) placas con agujeros (antidots) sobre membranas de Alúmina [3], (4) placas con agujeros (antidots) complemente ordenados [4], (5) nanodomos [5], (6) nanotubos de Titanio [6], (7) litografía electrónica para teselado de Cairo [7] y (8) partículas de níquel metidas dentro de un nanotubo de grafeno [8].

Entrevista a
DORA ALTBIR DRULLINSKY

PREMIO NACIONAL DE CIENCIAS EXACTAS, 2019

En esta ocasión, hemos entrevistado a Dora Altbir Drullinsky, Doctora en Física de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que actualmente es profesora de la Universidad de Santiago. Ella posee una vasta carrera en la cual ha dirigido varios proyectos de investigación, departamentos de investigación y académicos, y ha liderado diversos grupos de investigación. Dentro de los logros más importantes, se encuentra la creación del Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología (www.cedenna.cl). Ella cuenta con una carrera científica remarcable, con más de 122 publicaciones, y esto ha sido reconocido con el **PREMIO NACIONAL DE CIENCIAS DEL AÑO 2019**.
El Premio Nacional de Ciencias Exactas de Chile fue creado el año 1992, al modificar el Premio Nacional de Ciencias, entregándolo bienalmente en Ciencias Naturales y Ciencias Exactas. El jurado está compuesto por el Ministro de Educación, que lo convoca, el Rector de la Universidad de Chile, el Presidente de la Academia Chilena de Ciencias, un representante del Consejo de Rectores y el último galardonado con este premio. A continuación, recorramos un poco de su historia a través de la siguiente entrevista.

¿Cómo fue su acercamiento a la nanociencia y nanotecnología?

Cuando busqué un tema para mi tesis de licenciatura, me acerqué a Miguel Kiwi, un profesor que había llegado sólo hacía unos meses a la Universidad Católica, y que trabajaba en física de sólidos. Él me propuso estudiar la magnetización de películas ferromagnéticas muy delgadas sobre sustratos no magnéticos. El trabajo que hicimos me pareció muy interesante, y por ello quise hacer mi tesis de doctorado también bajo su dirección. Entonces me propuso indagar un sistema que recién comenzaba a estudiarse en el mundo, un sistema de tricapas que consistía en dos películas ferromagnéticas separadas por una película metálica delgada no magnética. Los espesores de cada película eran del orden de pocas capas atómicas, es decir, de los nanometros. Entonces no se hablaba de nanociencia, pero el fenómeno que estudiamos, la magnetoresistencia gigante, fue el punto de partida de la nanotecnología. El ordenamiento relativo entre las magnetizaciones de ambas peliculas ferromagnéticas parecía simplemente un tema de ciencia básica; sin embargo, en pocos años los avances a nivel mundial en este tema se tradujeron en la creación, por parte de la IBM, del primer disco duro que funcionaba en base a la magnetoresistencia gigante. Durante el periodo en que hice mi tesis de doctorado fui testigo del nacimiento de la nanociencia y la nanotecnología.

Siendo la nanociencia y nanotecnología un área de la ciencia menos reconocida por las masas en comparación con otras ***¿cómo ud. la definiría a ese público que la desconoce?***

La nanociencia estudia materiales o sistemas de materiales en tamaños muy, muy pequeños. Tan pequeños que para ser considerados "nano" alguna de sus dimensiones debe medir menos de 100 nanómetros. Para hacernos una idea: si dividimos un milímetro en un millón de espacios equidistantes, cada una

de esas partes es un nanómetro. Y lo más relevante es que a esos tamaños, los sistemas presentan propiedades diferentes a las que presentan en tamaños mayores. La nanociencia estudia las propiedades magnéticas, ópticas, químicas, etc. de partículas de esos tamaños. Y la nanotecnología, a partir de esas propiedades, diseña aplicaciones.

Hoy en día ***¿en qué sectores/industrias impacta el estudio de la nanociencia y nanotecnología?***

Como parte de la denominada 4ª revolución industrial, la nanotecnología incide sobre áreas industriales tan diversas como la de alimentos, la salud, la minería, y prácticamnete todas las que conocemos. Por ejemplo, en el Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología, Cedenna, trabajamos para mejorar las propiedades del hormigón y asfaltos al incorporar nanopartículas que los hagan más resistentes, flexibles o repelentes a la humedad; en el área de alimentos, buscamos funcionalizar envases a los cuales se les incorporan nanopartículas específicas para alargar la vida útil de los alimentos que protegen, como el pan, las frutas, la carne, y muchos otros; en minería desarrollamos sensores que utilicen nanotecnología para indicar en tiempo real el estado de diversas piezas de la maquinaria. También trabajamos en el desarrollo de filtros domésticos para eliminar arsénico o metales pesados del agua; y en nanopartículas que pueden mejorar la resolucion de diversos exámenes médicos. La nanotecnología puede aportar en muchas áreas y constantemente están surgiendo nuevas ideas y nuevos proyectos.

Es conocido que ciertos materiales a ciertas escalas son tóxicos, y que a veces las nanoparticulas son muy peligrosas. En base a esto, ***¿Qué resguardo toman para poder implementar la nanotecnología en la industria, o a nivel de consumo?, ¿Existe algún ente fiscalizador en Chile, o en el mundo?***

El Cedenna ha sido pionero en la creación de un labratorio de nanoseguridad, el cual supervisa todo el trabajo del Centro. Existe una gran cantidad de nanopartículas que no generan daños, pero es importante conocer esto previo a un trabajo que apunte al desarrollo de una tecnología. Para poder aprovechar el potencial de los nanomateriales es necesario asegurar que quienes los fabriquen, los manipulen y los desechen no corran ningún riesgo, así como que su impacto sobre el medio ambiente cuando los materiales son desechados sea mínimo. Sin embargo, en nuestro país aun no hay una norma establecida para el uso o manipulación de nanomateriales. Otros países ya han definido o están en proceso de definición de normas. Por ejemplo la OCDE, Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea trabajan en ello desde hace varios años, y nuestro Centro es parte de los grupos internacionales que se reunen para definir estos temas. Esperamos que en el futuro las normativas generadas sean también incorporadas en el país para regular la importación y exportación de nanomateriales

Ud. acuñó una frase de gran relevancia para el momento histórico que transitamos y es "la ciencia no tiene género". En ese sentido, ***¿Qué nos falta hacer como país para aminorar las brechas entre hombres y mujeres dedicados a la ciencia?***

El número de personas dedicadas a la ciencia en Chile es bajo en comparación con otros países; apenas un séptimo del promedio por millón de habitantes que tienen los países de la OCDE. Si nos enfocamos en la participación de las mujeres, y sobre todo en la participación de mujeres en disciplinas STEM, nuestros números son aún más bajos. Creo que este es el resultado de una educación, formal e informal, en que a las niñas se las orienta a ser cuidadoras o protectoras del hogar, mientras que las orientaciones a la construcción, descubrimiento y el pensamiento lógico-matemático se enfoca en los niños. Basta mirar los juguetes dispuestos en las tiendas. Sin embargo creo que en los últimos años hay ya una mayor consciencia de esto, lo que es el primer paso en la solución. Creo que es muy importante mostrar a las niñas que cada una puede hacer lo que se proponga, y que el género no es una limitación, y mostrar a los hombres que existen mujeres interesadas en estas áreas que pueden desarrollar su trabajo con excelentes resultados. Juntos, hombres y mujeres, debemos dejar atrás estos roles culturales asignados al género.

Sin duda su experiencia y trayectoria la han ubicado en un lugar destacado del mundo científico en Chile, siendo la segunda mujer que obtiene el Premio Nacional de Ciencias Exactas lo que la convierte en líder de opinión en su campo y referente para otros. Ahora bien, Para Dora Altbir ***¿quiénes son sus referentes en la ciencia y por qué?***

Más que hablar de referentes en ciencia, preferiría hablar de inspiradores. Porque los referentes cambian en la medida que la ciencia y el conocimiento avanza. Sin embargo los inspiradores son quienes despiertan en las personas sentimientos y emociones que las llevan a tomar decisiones sobre su vida. A mí me inspiró mucho, de niña, la vida de Marie Curie, porque además de ser la primera persona en obtener dos premios Nobel en distintas áreas, su vida tiene complejidades importantes para la cultura de la época que vivió y, sin embargo, ella perseveró en su trabajo alcanzando logros fundamentales: por ejemplo, para el Premio Nóbel, en un principio, se propuso sólo a su marido, y no a ella por ser mujer. Hoy esto sería un escándalo. Luego, me inspiraron mis profesores de ciencias en el colegio, con explicaciones sencillas que me permitían entender fenómenos que me parecían casi mágicos. Y en la Universidad, me inspiraron algunos de mis profesores, quienes además de ser científicos generosos con su conocimiento, me acogieron en sus grupos sin ningún tipo de discriminación. Con los años he vuelto a trabajar con ellos, y siguen estando muy motivados, disfrutando de lo que hacen y compartiendo su conocimiento. A título personal, mis padres, aunque no eran científicos, incentivaron, en mi hermana y en mí, la búsqueda del conocimiento y de alcanzar lo que quisiéramos, con total libertad y apoyo incondicional. Esto me inspira cada día.

¿Qué es lo que más le motiva o inspira para seguir haciendo ciencia?

Cuando uno se enamora, no se enamora sólo de un aspecto, sino de varios. La ciencia me apasiona y me entretiene cuando busco una respuesta. Cuando la encuentro, aunque sé que muchas veces sólo es algo parcial y que pronto más preguntas se abrirán, siento una gran satisfacción. También me gusta que, en general, estas respuestas son una construcción colaborativa de muchas personas, lo que nos permite llegar a un mejor análisis de cada problema. Y disfruto mucho trabajando con estudiantes, que me sorprenden con nuevas miradas, nuevas técnicas y, por supuesto, nuevos problemas para pensar y analizar.

¿Cuál ha sido el "momento eureka" que marcó un antes y un después en su carrera dentro del ámbito de investigación?

Creo que hasta ahora no he tenido un momento eureka. Llegué al tema de mi tesis de doctorado por una casualidad, y esto definió mi trabajo científico hasta hoy, de una manera muy pausada y natural. El construir nuestro Centro de nanociencia y nanotecnología, ha sido muy especial para mi, pero no podría hablar de un momento particular, sino del resultado del trabajo de muchos científicos durante muchos años. No se si tendré un "momento eureka", pero hasta ahora la ciencia me ha mostrado un camino muy satisfactorio en el que cada paso ha perfilado los siguientes.

¿CÓMO ESCUCHAR AL UNIVERSO?

Nos hemos habituado a utilizar solo la vista para aprender de nuestro cielo, ¿te imaginas usar el sonido para comprender su diversidad?

• *Paulina Troncoso Iribarren*
Doctora en Astrofísica

Históricamente, la Astronomía ha sido desarrollada y considerada una ciencia visual, la cual nos ha maravillado con esas hermosas imágenes astronómicas de nebulosas, galaxias, exoplanetas, entre otras cosas. Esta diversidad de sistemas astrofísicos está ubicada a distancias tan lejanas, que pensar en turistear por ellos es aún un sueño. Es incluso complejo escalar esas distancias a las medidas que percibimos en el día a día.

Un desafío actual es la metodología con la que estamos avanzando en el desarrollo de la Astrofísica, el actual tratamiento de datos astronómicos involucra el procesamiento informático de varios terabytes al día. En este contexto se pierde el concepto visual que la humanidad le había otorgado desde la época de los antiguos griegos.

Eclipse: *es un fenómeno de ocultación de la luz de un astro. En nuestro sistema Tierra, Luna y Sol, existe una increíble sincronía de las medidas aparentes de la Luna y el Sol vistas desde la Tierra, ya que ambos objetos cubren casi la misma área en el cielo. Esto ocurre porque la proporción de la distancia Luna y el Sol, es idéntica a la proporción de sus diámetros. Un eclipse de Sol ocurre cuando la Luna se interpone al Sol, privandonos de su luz por unos pocos minutos. El Eclipse puede ser total o parcial dependiendo desde donde lo observamos en la Tierra. El tercer tipo de eclipse, es el anular y ocurre cuando la Luna se encuentra en su punto más alejado de la Tierra, dentro de su órbita elíptica, por lo que su tamaño aparente en el cielo, es menor al del Sol, produciendo un efecto de "anillo".*

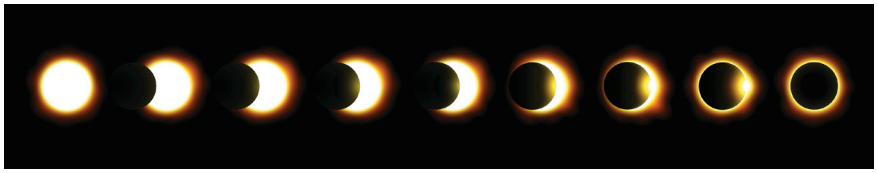
investigaciones de grandes bases de datos [5], basan su metodología en la inspección visual de un 1% de los datos para entrenar algoritmos informáticos, que una vez entrenados, logran clasificar el otro 99% sin inspeccionarlos visualmente. Pero PARE!, nos dimos cuenta que estábamos utilizando un único sentido para inspeccionar esos datos y qué ocurre si incluimos otros?

Resulta que nuestro oído también permite una inspección auditiva, e incluso puede ser más precisa que la visual.

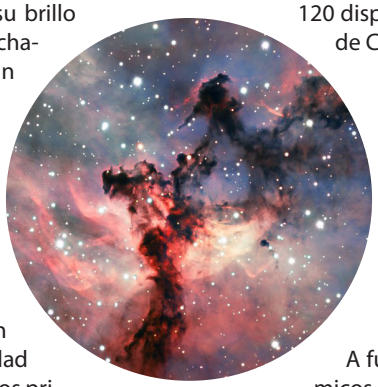
Ambos sentidos, la vista y la audición, funcionan recibiendo ondas. La vista recibe ondas electromagnéticas y el oído recibe ondas sonoras. ¿Ondas electromagnéticas?, pues sí. Un científico llamado James Clerck Maxwell en 1865, unificó toda la teoría de electricidad y magnetismo, tomó los cuatro principios básicos y relacionó los campos eléctricos y magnéticos obteniendo la teoría clásica de la radiación electromagnética. En palabras simples: dijo que la luz es una onda formada por campos eléctricos y magnéticos que debían cumplir ciertas relaciones entre sí. Por otra parte, el sonido es una onda, pero esta onda se propaga por un medio material, como si tirásemos una piedra al agua: en el agua se forman ondas que se propagan por el medio material, en este caso líquido. Luego podemos entender que la

Exoplanetas: *es un planeta que se encuentra orbitando una estrella distinta a nuestro Sol. Según el reporte de la NASA[1], se han descubierto más de tres mil estrellas con al menos un planeta, sumando un total de más de cuatro mil de ellos. Además, hay más de cinco mil candidatos posibles, a la espera de más datos que permitan su confirmación. La misión TESS[3-2], con su diseño e instrumentación nos acerca al sueño de encontrar la Tierra 2.0, es decir, un planeta rocoso ubicado en la zona habitable de su estrella. Uno de los métodos para descubrir exoplanetas se basa en el eclipse del planeta sobre su estrella anfitriona. En el momento que el planeta pasa sobre la estrella, nuestro telescopio percibe menos luz, esa disminución es muy leve por ello es necesario contar con grandes telescopios e instrumentos precisos para detectarlas.*

luz se puede propagar por el vacío, pero el sonido no, necesita un medio material para propagarse (y claro que lo que está pensando es cierto; en Star Wars las explosiones del espacio no debieran sonar, es decepcionante….). Entonces ambos sentidos, la vista y la audición, funcionan recibiendo ondas. De aquí nace la idea de "escuchar" al espacio exterior, generando una relación entre estas ondas.



La escala visual y auditiva del ser humano son logarítmicas, los antiguos griegos clasificaron las estrellas por su brillo aparente en magnitudes, mientras que lo escuchado por el oído lo registramos en decibeles. Sin embargo, el oído puede reconocer ciertos armónicos, como una misma nota en distintos instrumentos.

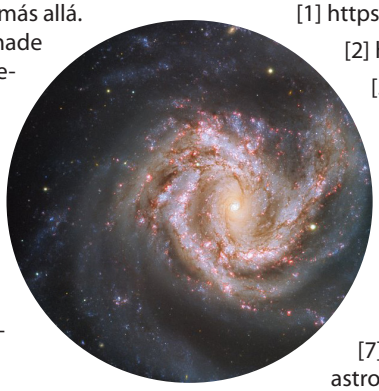


Wanda Diaz [6], astrónoma, se basó en este principio para diseñar dos dispositivos. El primero convierte la intensidad/brillo de la luz en distintos tonos, mientras que el segundo convierte la frecuencia de la luz (colores) en distintos tonos. Junto al equipo de accesibilidad de la Universidad de Harvard [2], construyeron los primeros prototipos, basados en un sistema de arduinos, al primero lo llamaron Lightsound, mientras que al segundo Orchestar. Por supuesto esto con intenciones de escuchar los astros en tiempo real. Actualmente el mismo equipo trabaja en adaptar estos dispositivos a telescopios, lo cual es complejo porque requiere de precisión en el acoplamiento y un buen sensor para captar la luz.

Nebulosas: son zonas difusas en el medio interestelar, regiones entre estrellas, que presentan una mayor concentración de gas y polvo. Debido a la gravedad generada por este mismo gas y polvo, en las zonas más densas se puede producir formación estelar. Por esto estas zonas han sido llamadas maternidades estelares.

Para el eclipse del 2019, ese mismo equipo se contactó con nuestra asociación de Astronomía Inclusiva chilena [7] y nos enviaron 12 de ellos a Chile y otros 12 a los colegas en Argentina. Nuestra asociación se coordinó de inmediato para distribuir los equipos entre las regiones que lograrían disfrutar del eclipse.

Quedamos cortos… en dos sentidos, nos faltaron equipos y la curiosidad por entender su funcionamiento fue más allá. Por esto mismo iniciamos la construcción, "made in chile", de los dispositivos. Como buen chileno, a última hora, pocos días antes del Eclipse logramos reproducir el Lightsound con componentes que podíamos encontrar en Chile. Esto solo funcionó uniendo los esfuerzos de tres grupos que trabajaron de forma independiente, hasta que decidimos compartir los progresos y esfuerzos de tres Universidades chilenas (Universidad Diego Portales, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad Autónoma).



Pasado el Eclipse, seguimos con gusto a poco, el haber sufrido por conseguir componentes en Chile nos había llevado a realizar una búsqueda exhaustiva de las posibilidades, lo cual nos permitió mejorar el Lightsound en términos de la calidad del audio y su alimentación energética. También construimos el Orchestar con las mismas mejoras. Además logramos bajar el costo de los dispositivos desde 70 a 25 dólares, lo cual lo hace más inclusivo y tres veces más simple de masificar el concepto en la comunidad.

Galaxias: son un conjunto de estrellas, gas, polvo y materia oscura. Dependiendo de su morfología y cantidad de gas que tienen sse pueden clasificar en cuatro tipos[4], elíptica, espiral, barrada, e irregular.

Este año estamos masificando la construcción, con una meta de 120 dispositivos, los cuales serán distribuidos a lo largo de Chile.

Esto gracias al financiamiento de dos Observatorios instalados en Chile otorgado a través de fondos concursables (ESO- Comité Mixto[8] y el fondo GEMINI [9], ambos liderados por Paulina Troncoso) y el trabajo continuo, durante la pandemia, de Javiera Diaz, Carlos Santander, Henry Lopez, Ignacio Schatz, Holger Drass, Carlos Morales y Angie Barr.

A futuro proyectamos el análisis de datos astronómicos utilizando la sonificación, con el software SonoUno [10], nuestra hipótesis es la siguiente:

Al sonificar los datos de fuentes débiles, podemos aumentar la señal a ruido de esos datos, lo cual nos llevaría a mejorar la calidad de nuestras investigaciones y aumentar el número de descubrimientos. Actualmente hay grupos dedicados al descubrimiento de exoplanetas, detección de ondas gravitacionales y galaxias primordiales sonificando sus datos para aumentar la señal en el ruido, o también, señal a ruido. Un esfuerzo australiano [11],[12] ha mostrado que al inspeccionar visual y auditivamente los datos aumenta la percepción de algunas características que no fueron observadas sólo visualmente.

Referencias

[1] https://exoplanets.nasa.gov/

[2] http://astrolab.fas.harvard.edu/

[3]https://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_Sondeo_de_Exoplanetas_en_Tr%C3%A1nsito

[4]https://en.wikipedia.org/wiki/Hubble_sequence

[5] http://www.galaxyzoo.org.

[6] https://es.wikipedia.org/wiki/Wanda_D%C3%ADaz-Merced

[7] https://sochias.cl/comunicado-historias-de-astronomia-inclusiva/

[8] https://sochias.cl/resultados-concurso-comite-mixto-eso-chile-2019/

[9]https://s3.amazonaws.com/documentos.anid.cl/Astronomia/2019/GEMINI/fallo/Adjudicados_Fondo_GEMINI_2019.pdf

[10] http://sion.frm.utn.edu.ar/sonoUno/

[11] https://doi.org/10.1017/S1743921318002703

[12] https://fm4.orf.at/stories/2987076/

Lightsound interpreta los sonidos

Colores que se transforman en notas musicales

Video "Mapa de sonido de eclipse" cortesía del canal de YouTube de Soley Hyman

ALUVIONES EN EL NORTE DE CHILE

*Su relación con el fenómeno de **El Niño** y su proyección hacia fines del siglo XXI*

• *Cristina Ortega*
Doctora en Ciencias Mención Geología

Los eventos de lluvias intensas, así como también los extensos periodos de sequía, están entre los impactos más críticos asociados a El Niño - Oscilación del Sur y al cambio climático global, especialmente en las regiones donde el agua es un recurso escaso.

¿Qué es El Niño - Oscilación del Sur?

El Niño - Oscilación del Sur (ENOS), como bien dice en su nombre, es una oscilación océano-climática que controla la variabilidad interanual de las precipitaciones en las regiones tropicales y subtropicales del borde occidental de Sudamérica. El fenómeno de El Niño corresponde a la fase cálida de ENOS, el cual se caracteriza por el aumento de la temperatura superficial promedio de la región oriental del océano Pacífico Ecuatorial producto del debilitamiento de los vientos Alisios, los que a su vez se debilitan producto del aumento de la temperatura superficial del océano. Producto de esta retroalimentación positiva, el aumento de la temperatura de la superficie del océano alcanza la costa de Ecuador y el norte de Perú, generando condiciones atmosféricas que favorecen el aumento de las lluvias en esa zona durante el verano del hemisferio sur [1] (Figura 1)

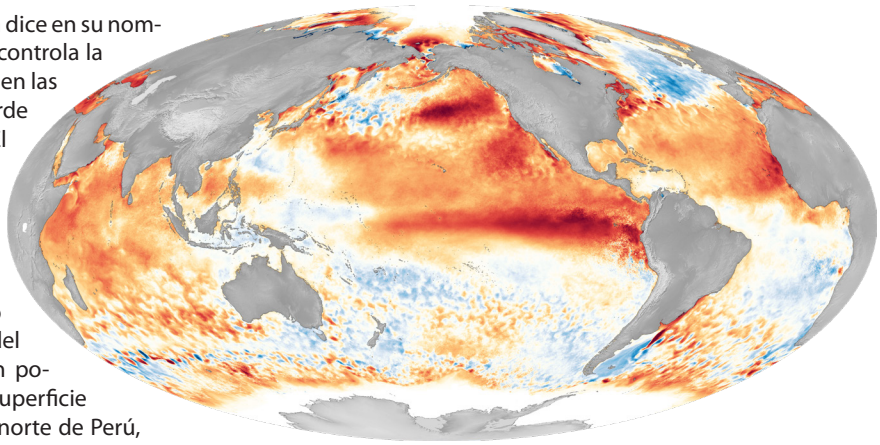


Figura 1

Mapa que muestra las temperaturas superficiales anómalas en el océano Pacífico durante El Niño 2015/2016, el más fuerte registrado hasta hoy en día. En rojo, temperaturas más cálidas que el promedio, y en azul, temperaturas más frías que el promedio. Se observa como la influencia directa del calentamiento en parte de la costa Sudamericana. (Fuente NOAA).

Pero ¿Cómo se conecta el fenómeno de El Niño con la ocurrencia de lluvias extremas en el norte de Chile?

Las lluvias en el norte de Chile dependen fuertemente del arribo de tormentas que viajan desde las latitudes medias durante invierno y primavera. Mientras más al norte es menos frecuente que las lluvias alcancen esas latitudes, lo que se traduce en el gradiente de precipitaciones caracterizado por un promedio de agua caída de 110 mm en La Serena y 1 mm entre Antofagasta y Arica (Figura 2).

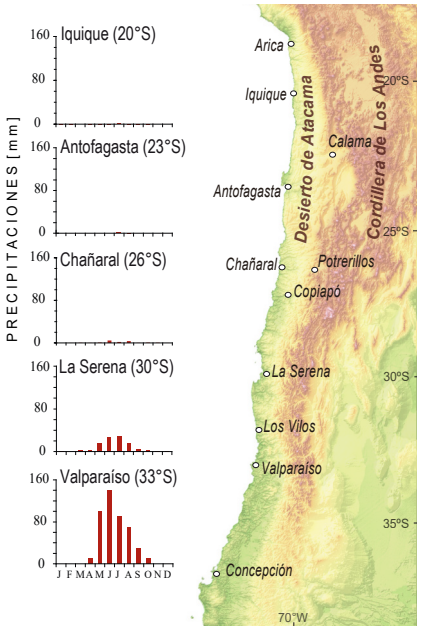


Figura 2

Gradiente latitudinal y estacionalidad de las precipitaciones entre Valparaíso e Iquique.

Durante el fenómeno de El Niño, **los eventos extremos de lluvia ocurren asociados a una mayor frecuencia y persistencia de un centro de altas presiones que se localiza en el oeste de la Península Antártica**. Este centro de altas presiones se comporta como una verdadera muralla que desvía la trayectoria de las tormentas hacia el centro y norte de Chile, y es una característica distintiva de un patrón atmosférico que conecta el trópico con el extratrópico llamado Teleconexión Pacífico - América del Sur (patrón PSA) [2,3,4].

Esta teleconexión es una respuesta de la tropósfera al calentamiento del área ecuatorial del Pacífico central debido a El Niño y a la convección atmosférica que allí se produce [5] (Figura 3).

Este patrón de teleconexión estuvo presente varios días antes y durante el aluvión del 25 de marzo de 2015, considerado uno de los eventos extremos de lluvia más destructivos del último tiempo. Esta tormenta afectó más de 80.000 km² de la región de Atacama,

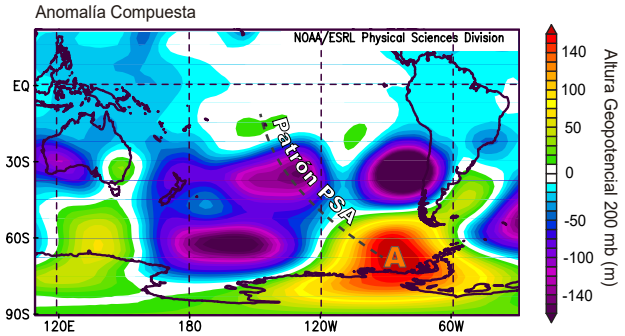


Figura 3

Patrón de teleconexión tropical-extratropical PSA presente en la mayoría de los eventos extremos de lluvia del norte de Chile.

causando violentos flujos de detrito y barro que devastaron ciudades, tales como Chañaral y Copiapó, dejando 31 muertos, 16 desaparecidos y más de 16.000 personas afectadas [6,5,8,9] (Figura 4).

Al este del Desierto de Atacama, la Cordillera de los Andes también es afectada por eventos de lluvia intensa estival durante el llamado Invierno Altiplánico, cuando un centro de altas presiones llamado Alta Boliviana, se localiza sobre Bolivia o inusualmente más al sur favoreciendo el transporte de aire húmedo y tibio desde la Amazonía. Este flujo cargado de agua al encontrarse con la Cordillera de Los Andes, por convección genera lluvias que suelen intensificarse durante el fenómeno de La Niña, la fase fría de ENOS [10].

El estudio de crónicas y el análisis de datos meteorológicos del pasado han permitido identificar que **desde el año 1900 han ocurrido 54 eventos de lluvia intensa que generaron inundaciones y/o flujos de detrito y barro que afectaron a diversas localidades entre Chañaral y La Serena**. La mayoría de estos eventos ocurrieron durante los meses de otoño e invierno. Mientras que solo cuatro eventos se habrían originado en la alta cordillera durante el periodo estival asociados al Invierno Altiplánico y al derretimiento de nieve en la alta cordillera, generando consecuencias en las ciudades. Esto no significa que los aluviones durante el verano sean tan infrecuentes o menos peligrosos, sino que no han impactado reiteradamente a la sociedad producto de su lejanía con la población [5] (Figura 5)

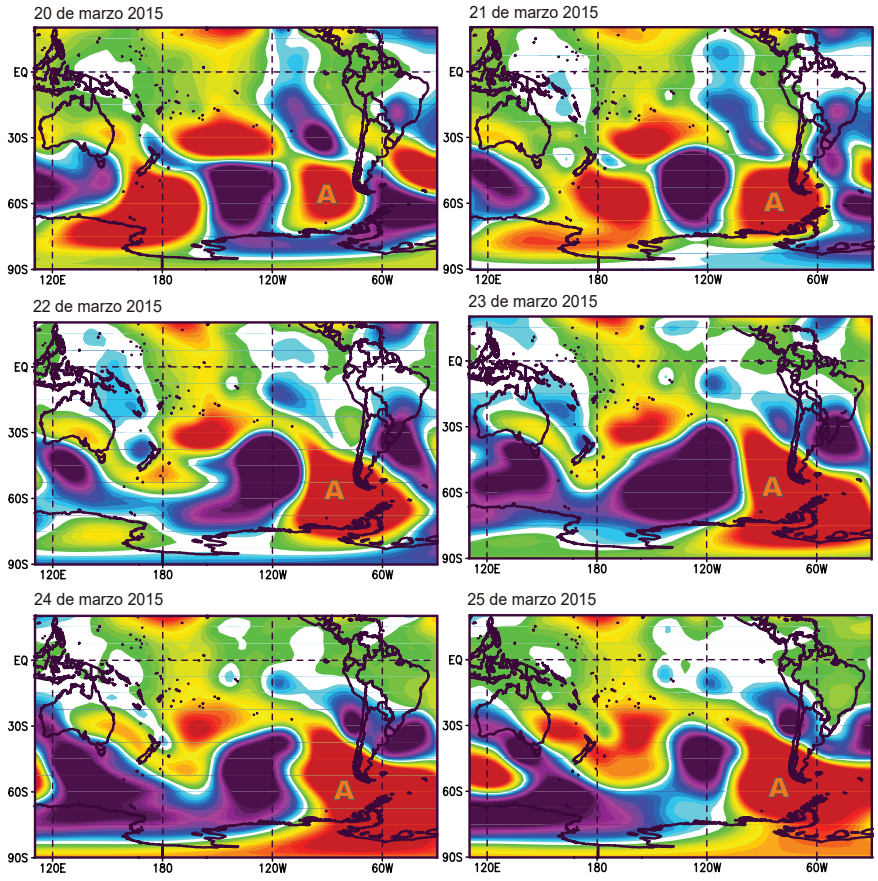


Figura 4

Patrón de teleconexión tropical-extratropical PSA antes y durante el evento de lluvia extrema ocurrida en Atacama en marzo del 2015.

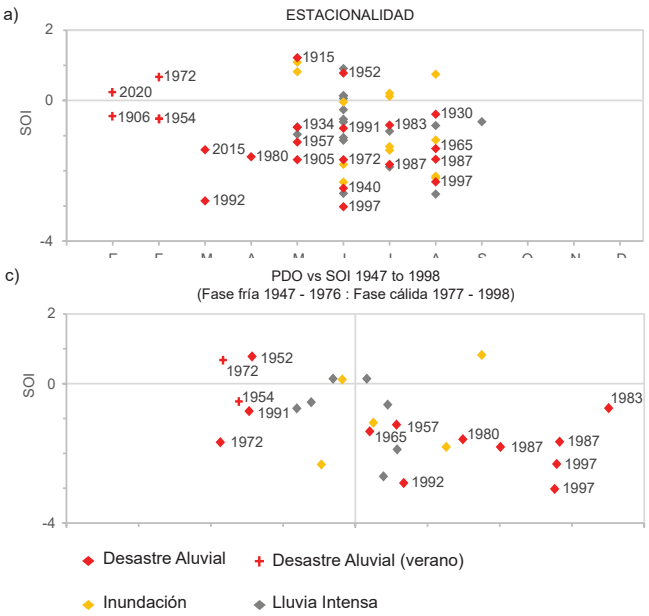


Figura 5

Estacionalidad de los eventos extremos de lluvia, su relación con El Niño – Oscilación del Sur y la Oscilación Decadal del Pacífico Sur. SOI: Índice de Oscilación del Sur (números negativos indican condiciones El Niño, número positivos, condiciones La Niña). PDO: Oscilación Decadal del Pacífico (números positivos indican fase cálida, números negativos indican fase fría). Tomado de [5]

Los datos, además de mostrar que la mayoría (76,5%) de los eventos ocurrieron bajo condiciones El Niño, también indican que la frecuencia de estos eventos es mayor durante la fase cálida de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), la cual corresponde a una oscilación océano-atmosférica similar a ENOS, pero que posee periodos de 15 a 25 años y de 50 a 70 años. Esto permite proponer que la ocurrencia de lluvias intensas en el Norte de Chile está fuertemente modulada por la interacción entre al menos estas dos oscilaciones océano-climáticas [5].

La ocurrencia de lluvias intensas en el Desierto de Atacama está fuertemente modulada por interacción entre al menos dos oscilaciones océano-climáticas.

¿Qué nos espera al terminar el siglo XXI?

Si revisamos las precipitaciones de la ciudad de La Serena, la cual dispone de información desde el año 1869, podemos ver claramente la tendencia a la desertificación que está viviendo la región de Coquimbo. Si, además comparamos esta tendencia con la ocurrencia de lluvias extremas, podemos ver que los aluviones han ocurrido y siguen ocurriendo independientemente de esta tendencia (Figura 6)[5].

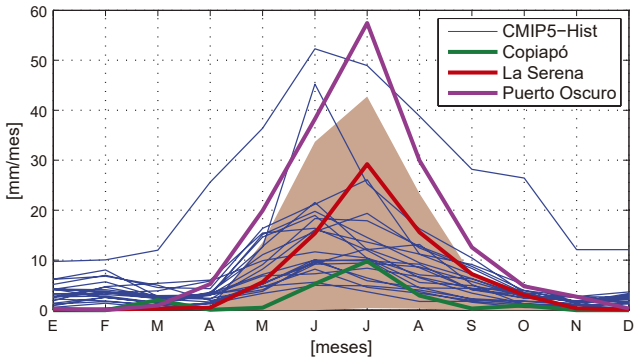


Figura 6

Modelos CMIP5 y su representatividad de la estacionalidad de las precipitaciones en la región de Coquimbo. Tomado de [5]

El análisis para el largo plazo de las precipitaciones en esta región se realizó basado en los datos de la estación meteorológica de La Serena y su comparación con modelos de simulación climática CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) [11]. La simulación contempla el periodo desde el año 1850 hasta el 2005, forzado por las concentraciones de gases invernadero, erupciones volcánicas y actividad solar, mientras que las proyecciones futuras siguen el escenario climático RCP8.5 (Representative Concentration Pathway 8.5). Este escenario corresponde a un escenario de emisiones como el actual, que termina con concentraciones atmosféricas de CO2 por sobre los 900 ppm en el año 2100 lo que equivale a un forzamiento radiativo de 8.5 W/m2. Además, se utilizaron 24 modelos climáticos, de los 40 disponibles en CMIP5, que reprodujeron la estacionalidad de las precipitaciones (Figura 6).

Las proyecciones hacia fines del siglo XXI (Fig. 7) muestran que la tendencia de la desertificación es un fenómeno que continuará. Se estima que durante cada década del siglo XIX habrá en promedio un 3% menos de agua caída, y hacia el año 2100 se espera un 15 a 30% menos de agua caída en la región de Coquimbo [5].

Para poder interpretar qué pasará con los eventos extremos de lluvia, es necesario recurrir a las estadísticas históricas y a las proporcionadas por los modelos climáticos de proyección. A escala diaria, los días lluviosos en la esta región semiárida representan solo el 4% de los días del año y este valor se proyecta que disminuya a un 2% al finalizar el siglo XXI. Sin embargo, para los días lluviosos, el percentil 99 durante el periodo entre los años 1961 y 1990 corresponde a 60 mm de agua caída diaria, mientras que se proyecta que el percentil 99 durante el periodo entre los años 2070 y 2099 aumentara a 69 mm de agua caída diaria (Figura 8). Es decir, la región se volverá cada vez más seca, pero los eventos de lluvia extrema serán más intensos [5]

Este escenario climático es consistente con el ensanchamiento de la Celda de Hadley y la expansión hacia los polos de las zonas subtropicales semiáridas, producto del calentamiento global. A este escenario se superponen los eventos de lluvias extremas que seguirán impactando el norte de Chile, fuertemente modulados por al menos dos oscilaciones océano-climáticas: ENOS a escala interanual y la PDO a escala inter y multidecenal. Por lo tanto, es imperativo tomar medidas de ordenamiento territorial y de mitigación que funcionen a largo plazo para evitar o disminuir los desastres socio-naturales como el ocurrido en marzo del 2015 en Atacama [5].

Referencias

[1] Cane, XXX et.al., Revista de mentira, Vol. 1, 0293744 (2005) p216-234.
[1] Curtis, S. et al., Journal of Geophysical Research, Vol. 108 (D4) (2003), p4153.
[2] Rutllant, J. et al., International Journal of Climatology Vol. 11 (1991), p67-76.
[3] Mo, K. C., et al., Monthly Weather Review, Vol. 126 (1998), p1581-1596.
[4] Ortega, C. et al., Quaternary Research, Vol.78 (2012), p513-527.
[5] Ortega, C. et al., Global and Planetary Change, Vol. 175 (2019), p226-237.
[6] Barret, B.S. et al., Journal of Geophysical Research Atmospheres, Vol.121 (2016), p4563-4580.
[7] Bozkurt, D. et al., Monthly Weather Review, Vol.144 (2016), p4441-4460.
[8] Wilcox, A.C. et al., Geophysical Research Letters, Vol.43 (2016), p8035–8043
[9] Vargas, G. et al, Editorial Social Ediciones (2018)
[10] Garreaud, R. et al., Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology, Vol.194 (2003), p5-22.
[11] Taylor, K.E. et al., Bulletin of American Meteorological Society, Vol.93 (2012), p485–498

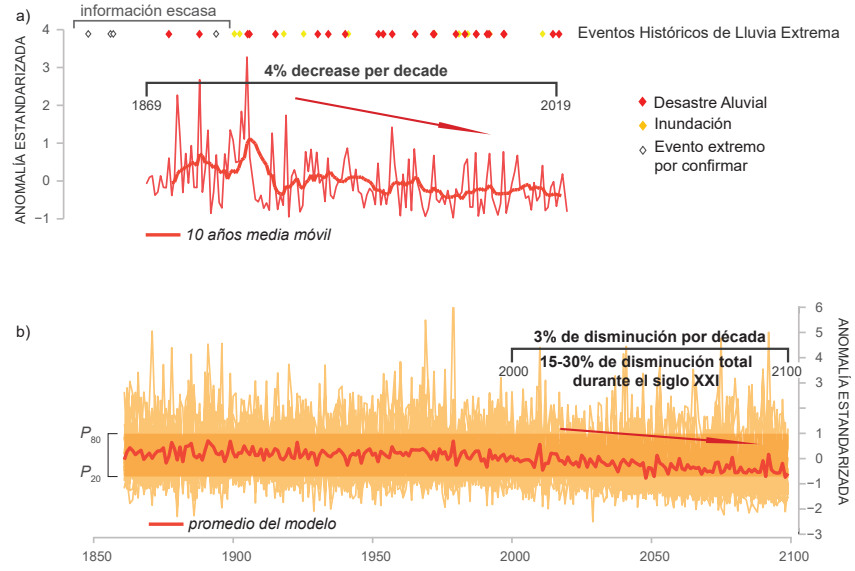


Figura 7

a) Tendencia de las precipitaciones anuales históricas en La Serena y su relación con la ocurrencia de eventos históricos de lluvia extrema. b) Tendencia de las precipitaciones anuales en la región de Coquimbo hacia finales del siglo XXI. Tomado de [5]

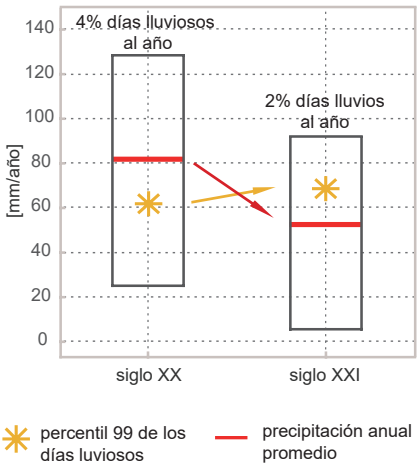
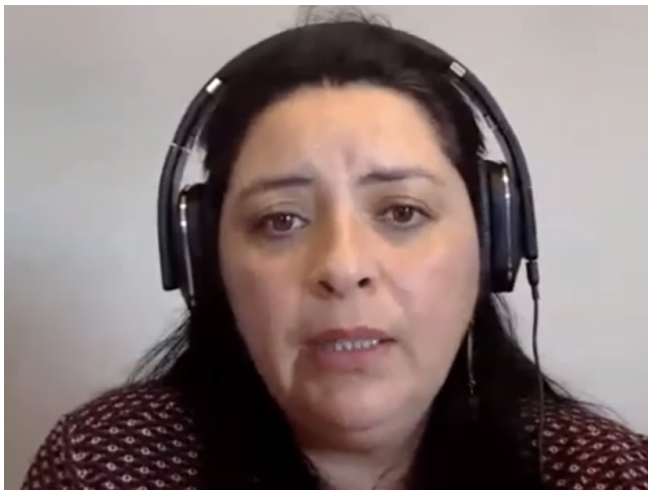


Figura 8

Estadísticas de las precipitaciones proyectadas por CMIP5. Tomado de [5].

Charla sobre estudio geológico de meteoritos unió a las carreras de Geología y Licenciatura en Astronomía de FINARQ



Millarca Valenzuela

La charla inaugural estuvo a cargo de Millarca Valenzuela, quien es doctora en Ciencias mención en Geología, de la Universidad de Chile y además es la única geóloga chilena que ha estudiado meteoritos desde hace más de una década.

Durante una transmisión en streaming vía YouTube con más de 700 reproducciones en vivo, el seminario 'Geología, una herramienta para el desarrollo de la astrofísica y carrera espacial' inauguró el pasado lunes con la charla 'Conectando los meteoritos a los cuerpos del Sistema Solar en los que se formaron' impartida por Millarca Valenzuela, Dra. en Ciencias mención en Geología, cuya expertise radica en el estudio geológico de meteoritos.

La actividad fue conducida por Cristina Ortega, académica de la carrera de Geología de la Universidad Central, quien contextualizó el encuentro como una instancia orientada a dar a conocer el vínculo que existe entre la geología y la astrofísica. Felipe Guevara, subdirector de Investigación y Paulina Troncoso, directora de la licenciatura en Astronomía de esta casa de estudios, ofrecieron saludos de bienvenida para dar inicio a este ciclo de encuentros virtuales.

Antes de iniciar la temática de la charla, Valenzuela agradeció la invitación y felicitó al equipo organizador por ser "primera vez que se genera una iniciativa de este estilo que tiende un puente entre la ciencia geológica y la astrofísica, lo que ha sido uno de mis más profundos sueños".

La agenda de contenido abarcó en primera instancia el contexto que definió como "astro-geo visiones" para luego adentrarse en los meteoritos en Atacama, de dónde vienen, qué son, dónde se encuentran, las formas de estudiarlos, para finalizar explicando sobre el Proyecto Chacana, que es un sistema de observación y seguimiento de meteoritos.

Después de la exposición, se dio lugar a una ronda de preguntas, entre las cuales destacó "¿de qué depende que un meteoro se converse al estar bajo la fricción de la atmósfera: es el tamaño, la dureza, la composición, la porosidad?" a lo que la relatora respondió que "todas las anteriores y un montón de diferentes efectos. Si es una masa mayor, va a ser más resistente, pero hay un límite, que, si sigues bajando a las masas que son los micrometeoritos, resultan ser más estables, pues generan una capa de fundido superficial de menos de una micra y esa partícula puede llegar íntegra al suelo, a diferencia de rocas más grandes".

Millarca Valenzuela es geóloga y doctorada en ciencias con mención en geología, de la Universidad de Chile. Es la única geóloga chilena que ha estudiado meteoritos desde hace más de una década, quien en su trayectoria ha tenido un rol determinante para motivar a estudiantes chilenos ha seguir ese camino. El número de meteoritos que ha encontrado, asciende a más de 500 y cuenta con unade las más grandes colecciones de Sudamérica. Asimismo, participó en la creación del Primer Sistema Nacional de Seguimiento y Observación de Meteoritos (Proyecto Chacana), que detecta los meteoritos que caen en el desierto de Atacama.

VOLVER AL FUTURO

¿Cómo se genera 1,21 GW de potencia para viajar en el tiempo?

• *Sergio Cárdenas*
Doctor en Bioquímica

Una de las trilogías mas populares en ciencia ficción y que ha trascendido generaciones es volver al futuro o "Back to the Future" en su título original. El concepto de viajar en el tiempo, conocer el pasado o el futuro vivenciándolo, siempre ha estado en la mente de los fanáticos de la ciencia ficción. Mas aún, modificar el pasado para cambiar el presente es un deseo de muchos de nosotros. El viaje en el tiempo en esta película y las muchas que han aparecido desde entonces, da para armar todo un congreso de fans de la ciencia ficción. En este artículo, en realidad solo queremos plantear un pequeño aspecto, muy importante en esta película para analizarlo científicamente. ¿Cómo se logra obtener la potencia de 1,21 Gigawatts (GW) en el DeLorean, para energizar el condensador de flujos inventado por el Doctor Brown el 5 de noviembre de 1955? Esta pregunta no es nueva y se ha discutido arduamente en varias páginas de la web, incluso un fanático de la película construyó un trailer de una posible precuela de la trilogía, sobre como el Dr. Brown consigue el polonio para el viaje en el tiempo [1]. Ante todo, debemos aclarar es que significa 1,21 GW y como podríamos ejemplificar esa potencia. Buceando en la red, se encontró en la página oficial del Ministerio de Energía de Estados Unidos de América, en la oficina de eficiencia energética y energías renovables, un análisis del tamaño de ciertas plantas generadoras para lograr dicha potencia [2]. En esta página se plantea que se requiere una planta de 3,125 millones de paneles fotovoltaicos ó un parque eólico con 412 turbinas, y que es la potencia que requieren 2000 automoviles corvette Z06s, todo lo que demuestra que es una energía enorme por unidad de tiempo.

Es muy importante entender la diferencia entre energía y potencia. La energía es la capacidad que tiene la materia para realizar un trabajo y en el Sistema Internacional, la unidad es el joule. Por otro lado, la potencia es la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo, es decir, la energía ocupada o generada por cada segundo y la unidad en el sistema internacional es el Vatio (W) que equivale a 1 Joule/segundo. Cuando se plantea el requerimiento de 1,21 GW, no se dice que se necesita 1.210.000.000 de joule de energía necesaria por el sistema, sino que esa cantidad de joules se debe producir en un solo segundo y eso es ¡¡monstruoso!!, lo que claramente justifica la cara que puso el Doctor Brown joven del año 1955 cuando recién conoce a Marty McFly.

En la primera película, Doctor Brown utilizó plutonio para generar esa potencia.

¿Entonces el automovil es nuclear? La respuesta de Emmett Brown es NO, el sistema es eléctrico, por lo que se asume que el DeLorean tiene una central termoeléctrica nuclear en la parte trasera, es decir, con la energía nuclear produce vapor y es este el que genera electricidad moviendo una turbina. Esto aclara, por lo menos en un comienzo, como en la película 3 solo utiliza un sistema a vapor energizado por biomasa seca.

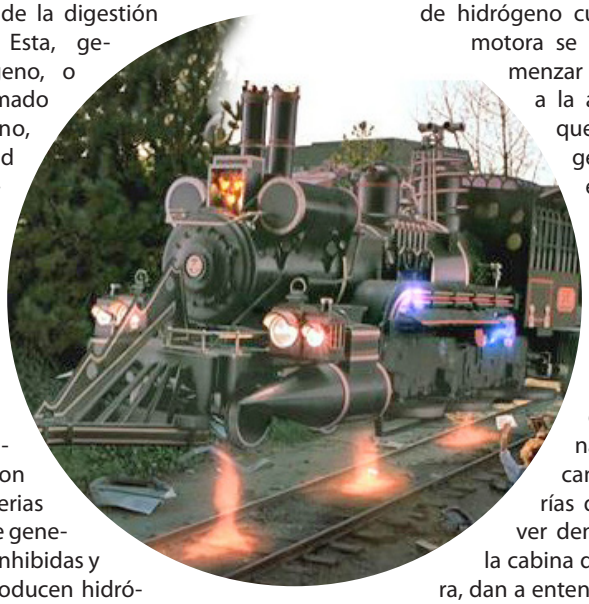
Torres de enfriamiento de una central termoeléctrica nuclear

Torres de enfriamiento de la mini central termoeléctrica nuclear del DeLorean

La minicentral termoeléctrica nuclear del automovil, queda en mayor evidencia al salir gran cantidad de vapor de las torres de enfriamiento que se observan en la imagen de la parte trasera del DeLorean.
En la parte 2 de la trilogía, nos sorprendió cuando el Doctor Brown volvió del futuro y muestra un cambio en el sistema de energización del sistema de desplazamiento temporal. Ya no necesitaba plutonio, sino que bastaba con cascaras de fruta, cerveza y latas de bebida. ¿Como se pudo energizar con basura?. Evaluando el tipo de desecho que se ocupa por este sistema, lo primero que se vino a la mente fue la biodigestión anaeróbica. Este proceso de generación de energía, es muy antiguo y se basa en la transformación microbiológica de materia orgánica a diferentes productos, donde el principal es el biogás. Este es un gas combustible de alto contenido de gas metano, el cual puede entregar energía directamente en la combustión, por celdas electroquímicas o en una central termoeléctrica a base de combustibles gaseosos, que es muy probable que haya sido usado por este automóvil que ya estaba diseñado con una minicentral termoeléctrica y solo se debió convertir el sistema de generación de calor. La idea de generar energía a traves de la basura en las películas de los años 80 no es nuevo. Ya había aparecido la película Mad Max 3, donde toda una ciudad, "Negociudad" estaba energizada por biogás generado por los purines (excremento) de cerdo producido en corrales subterraneos bajo la ciudad. Por otro lado, el uso de biogás en vehículos tampoco es nuevo. En la primera y segunda guerra mundial, por los problemas de escases de combustibles, aparecieron varias alternativas a biogás, tal como se observa en las figuras de vehículos con grandes globos de biogás en el techo.

Fotos de manual de biogás de región de los Lagos [3].

Sin embargo, ciertos puntos en la película nos hicieron mucho ruido. ¿Por qué Emmett incluyó latas de bebida de aluminio en un sistema que solo requiere materia orgánica? La respuesta estaba en la misma escena. El sistema generador de energía planteado, no correspondía a digestión anaeróbica, sino a un sistema de fusión nuclear tal como decía en la tapa. Esta es la energía que se genera en el Sol y claramente podría entregar la energía necesaria en corto tiempo. Para que exista fusión nuclear se requiere de átomos pequeños, en el Sol la fusión se produce con hidrógeno y helio. Los desechos usados por el Doctor, permiten generación de gas hidrógeno. Todo residuo orgánico como por ejemplo la cerveza y las cascaras de plátano puede generar hidrógeno a través de la digestión anaeróbica. Esta, genera hidrógeno, o también llamado Bio-hidrógeno, en la mitad del proceso. Es decir, el sistema de fusión de la máquina del tiempo, incluye un biodigestor anaeróbico, pero con ciertas bacterias como las que generan metano inhibidas y otras que producen hidrógeno muy potenciadas. El hecho de que además de los desechos orgánicos se incluyen latas de cerveza, implica que en paralelo a la producción de hidrógeno por digestión anaeróbica, hay un segundo sistema de generación de hidrógeno por oxidación de aluminio en ambiente ácido.



La tercera película tiene un giro muy interesante, el sistema de fusión nuclear a base de residuos orgánicos y aluminio aún existe, y cualquier material orgánico, tanto del futuro como del pasado puede generar el hidrógeno necesario para activar el viaje en el tiempo. El gran problema acá, es que el motor del DeLorean quedó sin combustible y no puede llegar a las 88 mph necesarias. Se usa una locomotora a vapor, pero el avance es que no se usan troncos de árbol, sino madera seca, molida y comprimida, es decir, briquetas lo cual es la forma mas avanzada en nuestra época para combustión de la madera, incluso mejores que los pellets, realmente avanzados para su época. En esta película, esta máquina del tiempo es completamente destruida, pero Emmett Brown construye una nueva versión. El sistema de generación de energía de esta máquina del tiempo con forma de locomotora es mucho mas grande y lo más impresionante, es que es impulsada por agua. No se profundiza en esta máquina, pero al parecer el agua no solo sirve para el viaje en el tiempo, sino que también para mover la locomotora por los rieles e incluso para volar. ¿Cómo podría el agua energizar todos estos procesos? La respuesta está en el hidrógeno de nuevo. El agua, que es el combustible de esta locomotora, es hidrolizada por celdas electrolíticas a hidrógeno y probablemente oxígeno. Este hidrógeno al volver a reaccionar con oxígeno, libera calor para mover el motor a combustión de la locomotora y para ayudarla a volar. Se ve claramente como sale fuego proveniente de la combustión de hidrógeno cuando la locomotora se impulsa al comenzar a volar. Debido a la alta tecnología que aplican en la generación de energía de estas máquinas, lo más seguro es que el motor de la locomotora funcione con un sistema tipo ciclo combinado, ya que la cantidad de tuberías que se pueden ver dentro y fuera de la cabina de la locomotora, dan a entender que el motor no solo funciona con combustión sino que hay un ciclo termodinámico mas complejo operando. Y finalmente, para dar energía al viaje en el tiempo el mismo hidrógeno generado por electro hidrólisis, se ocupa para la misma fusión nuclear con que terminó el DeLorean, ya que este proceso entrega mucha energía, pero no entrega residuos radioactivos como la fisión y por lo tanto, es ambientalmente amigable.

[1] Tyler Hopkins (16 febrero 2016). **Back to the future prequel trailer: 1.21 GigaWatts**. Vimeo. https://vimeo.com/155616916

[2]. Mike Mueller y Mikayla Rumph (12 Agosto 2019). ***How much power is 1.21 Gigawatt?***. Office of energy efficiency & renewable energy. https://www.energy.gov/eere/articles/how-much-power-1-gigawatt

[3] Ávila M., Erlwein A., Sotomayor E. y Cerda F.(2016) Biogás de residuos agropecuariosen la región de los rios: aspectos generales, experiencias y potencial de producción. Valdivia, INDAP y Gobierno regional de los lagos.

GALAXIAS Y LA INFLUENCIA DE SUS REDES SOCIALES

"Texto original del artículo en: Monthly notices of the royal astronomical society. Vol. 497 Nº 4. Año 2020. HTTP://doi.org/10.1093/mnras/staa274"

¿Te has puesto a pensar cómo habitan las galaxias nuestro Universo? ¿Afecta al desarrollo de su vida el vivir en comunidad?

• *Paulina Troncoso Iribarren*
Doctora en Astrofísica

A medida que la astronomía avanza en términos del manejo de grandes bases de datos, hemos logrado identificar accidentalmente o como es llamado en revista científicas en inglés, "serendipitously", ciertos objetos que son genialmente complejos. Así lo definió una estudiante de Astronomía de nuestra Licenciatura.

Al tomar cientos y cientos de imágenes de nuestro cielo encontramos una deslumbrante diversidad de galaxias de distintos tipos, esto expande la clasificación de galaxias determinada por Edwin Hubble, ya que distingue entre estados de su proceso evolutivo.

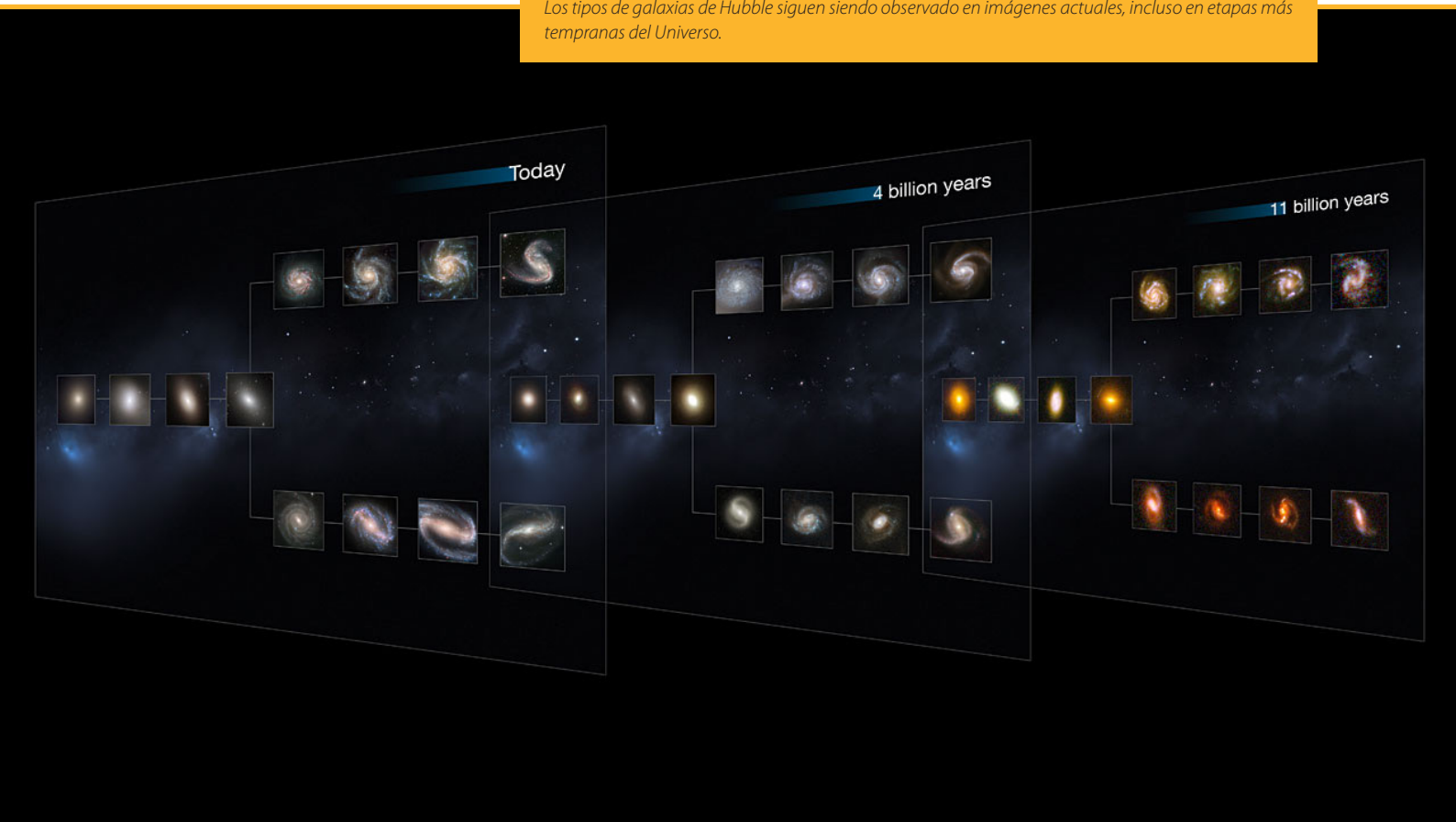
Uno de los tipos de galaxias más exóticos son las "jellyfish" o galaxias con forma de ameba. Por su particular morfología, estas galaxias han sido buscadas en imágenes astronómicas y simulaciones por varios investigadores desde la década de los ochenta[1]. Usando la clásica técnica de la inspección visual, se han construido catálogos de galaxias[2] de este tipo, que sucesivamente han sido observadas con varios instrumentos. Esto nos ha permitido determinar cómo han llegado a tener esa particular apariencia. La respuesta es su convivencia con su ecosistema, el ambiente en el que viven ha catalizado su evolución. Para experimentar con esas observaciones, presiona visita el acuario GASP[3].

Estos objetos viven en aglomeraciones de galaxias, o en un ambiente denso de galaxias vecinas, llamadas cúmulos de galaxias. El medio entre las galaxias es llamado intra cúmulo o ICM, este medio es el que afecta a la evolución ya que cuando las galaxias "transitan" entre sus compañeras, el ICM choca contra ella produciendo las hermosas colas que vemos. Es un efecto similar al que ocurre al pasear un perro en un auto, cuando el perro saca su lengua y el chofer acelera, la lengua del perro tiende a quedarse en la parte posterior de su cabeza. En esta analogía, el aire es el ICM, el perro la galaxia, a continuación veremos que el gas de la galaxia corresponde a la lengua, ya que el resto no sufre el mismo efecto.

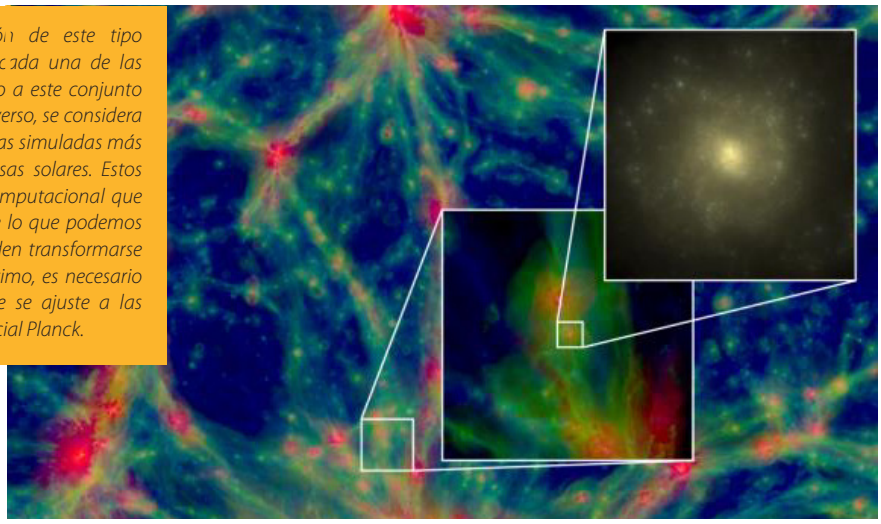
Este efecto físico es llamado "presión de frenado" o ram pressure en inglés. En 1972, Gun & Gott[4], postularon que esa presión es una función de la densidad del medio y la velocidad con que lo atravesamos. Usando esta teoría y observaciones determinamos que la presión de frenado solo afecta al gas, debido a la masa mayor de las estrellas respecto al gas, ellas están más ligadas gravitacionalmente. El combustible de una galaxia es el gas, porque este determina la cantidad de estrellas que se formaran. Entonces, una galaxia se mantiene viva o activa cuando es capaz de convertir su gas en estrellas. Si este gas es esparcido o calentado por presión, entonces la formación estelar se frena y la galaxia envejece.

Pensando en la inercia inherente del astrónomo y la gran cantidad de datos que generan los muestreos completos del cielo, decidimos diseñar un método[5] que nos permita encontrar esas galaxias sin

Clasificación de Edwin Hubble: *Edwin clasificó las galaxias, de acuerdo a su morfología, en tres tipos principales, por esto su clasificación y diagrama es conocido como el tenedor de Hubble. Estos tipos son elípticas, espirales, y lenticulares. Además, identificó un cuarto tipo como irregulares. Los tipos de galaxias de Hubble siguen siendo observado en imágenes actuales, incluso en etapas más tempranas del Universo.*



Simulación hidrodinámica: *una simulación de este tipo considera la evolución temporal y dinámica de cada una de las partículas que componen el sistema, considerando a este conjunto como un fluido. En el caso de simulaciones del Universo, se considera un cubo de cien megaparsecs de lado y las partículas simuladas más pequeñas tienen una masa de un millón de masas solares. Estos números están determinados por la capacidad computacional que contamos actualmente, lo cual limita el detalle de lo que podemos simular. Se consideran partículas de gas, que pueden transformarse a tipo estrella, polvo y materia oscura. Por esto último, es necesario contextualizarlas en un modelo cosmológico que se ajuste a las observaciones recientes, como las de la misión espacial Planck.*

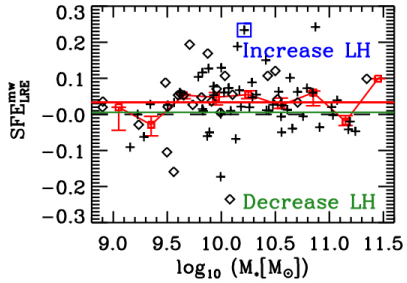


tener que inspeccionar visualmente cada una de las imágenes. De esta forma podemos realizar un estudio estadísticamente completo, porque considera todas las galaxias afectadas y no solo las que son visualmente reconocibles.

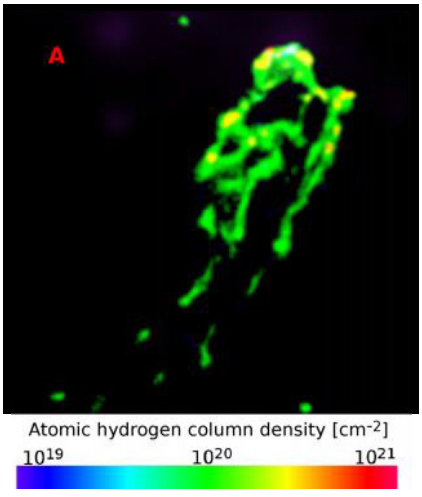
Centramos el estudio en la cosmológica e hidrodinámica del Universo, EAGLE[6], escogiendo la caja más grande simulada, de cien megaparsecs. Identificamos todos los cúmulos de galaxias en ese cubo, y su galaxia central más brillante (BCG). Con esa información estudiamos la asimetría, en términos de la formación estelar del gas, de cada una de las galaxias del cúmulo. La forma más simple de estudiar la asimetría de un objeto es dividiéndolo en dos, y midiendo las diferencias entre ambas mitades. Nuestra única pregunta era, ¿Qué plano utilizamos para dividir la galaxia?. Intentamos dos métodos determinados por la geometría del sistema, i) el primero perpendicular a la posición de la galaxia, respecto a la BCG y ii) el segundo perpendicular a la velocidad de la galaxia respecto a la BCG. Con esto aprendimos que al usar el segundo plano, el lado de la galaxia que se mueve en la dirección de la BCG convierte más estrellas que la parte opuesta. Dicho de otra forma, la parte "opuesta" que corresponde a las bellas colas de esas galaxias, es la menos eficiente en términos de la formación estelar Al realizar el mismo experimento con las estrellas de la galaxia, no encontramos diferencias entre ambas mitades, por lo cual este fenómeno sólo se observa en el gas de la galaxia.

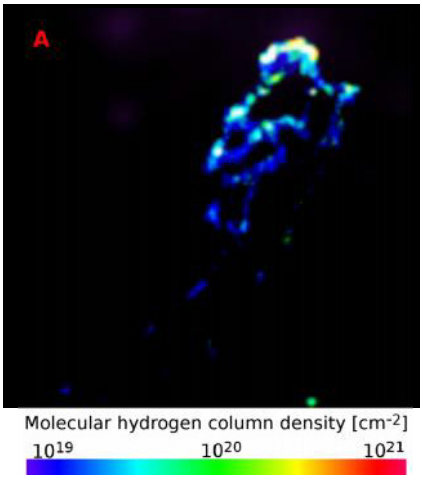
Nos dimos cuenta que podíamos aprender más de un tercer plano, iii) el que maximiza la diferencia en la formación estelar del gas entre ambas mitades. Entonces ejecutamos esa búsqueda, para cada galaxia, buscamos el plano que maximiza la diferencia entre ambas mitades. El resultado fue increíble! encontramos una correlación entre el plano que maximiza la asimetría y el perpendicular a la velocidad. Para determinar esa velocidad es necesario invertir bastante tiempo de telescopio, pero con esta técnica podemos tener una indicación. Esto nos permite estudiar la asimetría de galaxias, en muestras estadísticamente completas, utilizando solo imágenes de las mismas.

Muestreos completos del cielo*: actualmente existen telescopios dedicados a muestrear el cielo de forma homogénea, sin enfocarse en objetos particulares. Hace pocas décadas, se denominaba a esto como la Astronomía del futuro. Hoy contamos con un muestreo completo del hemisferio norte realizado por la comunidad del Sloan Digital Sky Survey (SDSS), mientras que el hemisferio sur ha sido muestreado en menor profundidad por el survey ATLAS y su contraparte UVAS. El telescopio usado en el hemisferio norte mide 2.5 metros, mientras que el del sur mide 4 metros. En el 2022, el Observatorio Vera Rubin nos maravillará con su muestreo completo del cielo, usando su telescopio de ocho metros. https://www.lsst.org/science*



Con este método ya probado en las simulaciones, nos movimos a analizar los datos observacionales del SDSS[7], aplicando la técnica creada y encontrando la máxima asimetría, pudimos identificar cientos de jellyfish sin inspeccionar visualmente las imágenes[8]



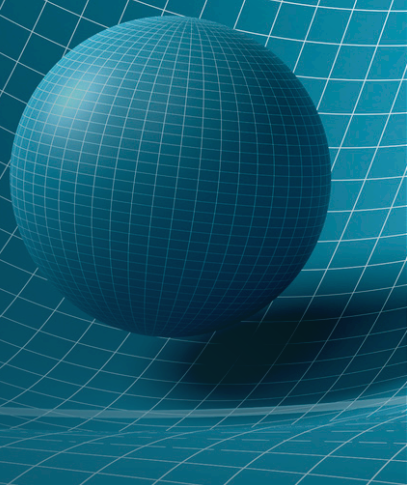


Referencias

1]https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1985ApJ...294L..89G/abstract
[2] https://web.oapd.inaf.it/gasp/project.html
[3] https://web.oapd.inaf.it/gasp/jw100.html
[4] http://articles.adsabs.harvard.edu//full/1972ApJ...176....1G/0000001.000.html
[5] https://doi.org/10.1093/mnras/staa274
[6] http://icc.dur.ac.uk/Eagle/
[7] https://www.sdss.org/
[8]https://doi.org/10.1093/mnras/stz3456

COSMOLOGÍA EN UNA TEORÍA DE GRAVEDAD CÚBICA Y SU EXTENSIÓN *f(P)*

La teoría de la relatividad general de Einstein es modificada con la adición de términos geométricos para generar modelos cosmológicos que sean consistentes con las observaciones actuales.



- *Cristián Erices*
  Doctor en Ciencias Físicas
- *Eleftherios Papantonopoulos*
  Doctor en Ciencias Físicas
- *Emmanuel N. Saridakis*
  Doctor en Ciencias Físicas

En este artículo se presenta una teoría de gravedad modificada y sus aplicaciones cosmológicas. Su principal característica radica en la modificación de la teoría de gravedad de Einstein a través de la adición de términos geométricos en su acción. Esta cantidad es una cantidad física que determina la evolución temporal de cualquier sistema físico. Es razonable considerar que, si tales modificaciones son posibles, estas preservan las propiedades más nobles de la Relatividad General. En consecuencia, construir esta teoría requiere que esta posea los mismos grados de libertad propagantes. Igualmente, que sus ecuaciones de movimiento sean de segundo orden en sus derivadas temporales. Finalmente, se extiende la teoría donde la modificación es una función arbitraria de estos términos cúbicos. Se muestra que ambas teorías reproducen un periodo inflacionario y la historia termal del Universo en consistencia con las observaciones astronómicas.

Introducción

La Relatividad General (RG) en cuatro dimensiones, como fue originalmente concebida, es indudablemente una teoría basada en bases matemáticas y físicas muy sólidas. La reciente detección simultánea de ondas gravitacionales y rayos gamma [1,2,3], provenientes del colapso de un sistema binario de estrellas de neutrones que confirmó su propagación lumínica, junto con la primera imagen de la "sombra" de un agujero negro supermasivo en la galaxia M87 presentada por la colaboración internacional del Telescopio Event Horizon [4,5], han reafirmado a la RG como la teoría más exitosa que describe a la interacción gravitacional, sustentada además por observaciones en escalas de longitud a nivel del sistema solar [6,7] por alrededor de cien años.

Sin embargo, a pesar del gran éxito de esta teoría, aún existen ciertas interrogantes que la RG no puede responder adecuadamente. Observaciones astronómicas recientes, han llevado a físicos y astrónomos ha aceptar con resignación que alrededor del 95% del contenido del Universo lo constituye algo muy distinto de lo que observamos normalmente. Componente que solo interactúa gravitacionalmente y de manera muy débil con la materia de la que estamos hechos y por tanto no podemos ver ni medir en forma directa.

Todo lo que vemos, los átomos que componen desde las estrellas hasta nuestros cuerpos, la luz, toda radiación electromagnética, incluso las partículas detectadas en sofisticados laboratorios y aceleradores de partículas, todo esto representa solo el 5% del contenido energético del Universo. El resto está constituido aproximadamente por un 26% de "materia oscura" y un 69% de "energía oscura" [8].

Los primeros indicios de materia oscura se remontan a comienzos de la década de 1930, cuando se descubrió un movimiento anómalo de las galaxias y estrellas dentro de ellas, las que se desplazan bajo la fuerza de una gravedad producida por una cantidad mucho mayor de materia que la que observamos.

En 1998 observaciones astronómicas de supernovas tipo 1 a en diversas galaxias mostraron que el universo se está expandiendo aceleradamente [9,10]. Una extraña forma de energía es responsable de este fenómeno. En alusión a este carácter de mano invisible que empuja a las galaxias en dirección contraria a la esperada, se la llama energía oscura.

La denominada constante cosmológica introducida por Einstein en sus ecuaciones y considerada por él mismo uno de sus más grandes errores, es la cantidad que resultó ser fenomenológicamente adecuada para la descripción de la energía oscura. Sin embargo, no estuvo exenta de contratiempos. Por otro lado, observaciones recientes dan cuenta de un valor muy pequeño para esta constante en conflicto con las estimadas teóricamente. Estas últimas consideraciones pueden ser la indicación de una nueva teoría de gravedad más allá de RG.

Por estas razones existen teorías que modifican a la RG [11]. Poco después de la formulación de RG se desarrollaron las primeras teorías modificadas y aún se siguen elaborando teorías con el fin de resolver estos problemas. Sin embargo, hay una clase de teorías de particular y reciente interés.

Las teorías de gravedad de orden mayor han sido introducidas en el marco general de las teorías de gravedad modificadas, con el objetivo de describir de manera uniforme la historia del Universo, buscando describir el periodo inflacionario ("el inicio del Universo"),

su aceleración tardía, la presencia de materia oscura y a su vez ser consistente con las observaciones astronómicas [11,12]. Una motivación más teórica en el estudio de correcciones de orden mayor a los términos de Einstein-Hilbert es que estas teorías emergen naturalmente en la acción gravitacional efectiva de una Teoría de Cuerdas completa [13] dando paso a una teoría renormalizable y por tanto cuantizable de gravedad [14] . Adicionalmente, bajo tales consideraciones uno puede construir teorías que poseen a RG como un límite particular [15].

Gravedad cúbica y *f(P)*

Una clase de teoría modificada basada en invariantes de curvatura de alto orden ha sido recientemente construida en [16] considerando contracciones cúbicas del tensor de Riemann. Esta teoría, llamada Gravedad de Einstein Cúbica (GEC), posee condiciones básicas saludables (no patológicas) provenientes de términos no topológicos (no triviales) en su acción. Concretamente, la teoría GEC está basada en tres condiciones físicas saludables para cualquier teoría de gravedad: (i) la teoría posee un espectro idéntico al de RG, es decir, las ecuaciones de movimiento linealizadas sobre un espacio maximalmente simétrico, son las de un gravitón sin masa con dos grados de libertad, tal como ocurre en RG; (ii) no es topológica ni trivial en cuatro dimensiones, por tanto las ecuaciones de campo difieren de las de RG por términos provenientes de los cúbicos introducidos en la acción; y (iii) es definida independiente de las dimensiones. Como resultado, los modelos cosmológicos en esta teoría describen un periodo inflacionario netamente geométrico [17]. Sin embargo, las ecuaciones de movimiento para un modelo cosmológico podrían presentar algunas desventajas. Por ejemplo, los términos de alto orden pueden conducir a la aparición de derivadas temporales mayores a dos en las ecuaciones de campo, lo cual podría eventualmente conducir a un sistema inestable o físicamente patológico. Aunque esto no significa necesariamente que la teoría presenta inestabilidades y patologías, puesto que estas derivadas pueden ser solamente una manifestación de grados de libertad adicionales no patológicos (esto puede ser mostrado a través de un análisis Hamiltoniano), mantener las ecuaciones de segundo orden es una característica deseable puesto que con esto se evita ese problema. Para esto nos inspiramos en GEC para obtener una clase especial de teoría cúbica.

Inspirados en la teoría GEC, obtenemos una teoría modificada que comparte todas las buenas propiedades de la gravedad cúbica en cuatro dimensiones. Los términos adicionales están contenidos en un invariante al cual denominamos P, y al igual que en la teoría GEC, estos están construidos por contracciones cúbicas del tensor de Riemann. Posteriormente, consideramos una acción con correcciones a la de Einstein-Hilbert, constituido por una función arbitraria f(P). Esto significa una ventaja notable sobre los modelos cosmológicos estudiados en GEC, puesto que admite soluciones inflacionarias, tipo de Sitter, durante el periodo temprano del Universo y reproduce el comienzo de la aceleración tardía y evolución de las densidades en consistencia con las observaciones, incluso cuando la constante cosmológica es nula.

Como mencionamos, el punto de partida de esta clase de gravedad cúbica es la teoría GEC. Sin embargo, debido a que consideraremos un espacio-tiempo cuadridimensional, la condición (iii) de GEC descrita en la sección anterior es prescindible. Esta libertad puede ser utilizada a favor para obtener ecuaciones de segundo orden en las derivadas. Por lo tanto, las propiedades de la teoría resultante son tales que: (I) posee un espectro idéntico al de RG, es decir, la perturbación de la métrica sobre un espacio maximalmente simétrico de fondo, propaga un gravitón sin masa; (II) no es topológica ni trivial en cuatro dimensiones y (III) la teoría conduce a ecuaciones de campo de segundo orden en sus derivadas.

Tal como se mencionó, concentrémonos en un espacio-tiempo en cuatro dimensiones. En tal caso, un término cúbico no topológico, al cual llamaremos P, sería:

$$P = \beta_1 R_{\mu}{}^{\rho}{}_{\nu}{}^{\sigma} R_{\rho}{}^{\gamma}{}_{\sigma}{}^{\delta} R_{\gamma}{}^{\mu}{}_{\delta}{}^{\nu} + \beta_2 R^{\rho\sigma}_{\mu\nu} R^{\gamma\delta}_{\rho\sigma} R^{\mu\nu}_{\gamma\delta} + \beta_3 R^{\sigma\gamma} R_{\mu\nu\rho\sigma} R^{\mu\nu\rho}{}_{\gamma} + \beta_4 R R_{\mu\nu\rho\sigma} R^{\mu\nu\rho\sigma} + \beta_5 R_{\mu\nu\rho\sigma} R^{\mu\rho} R^{\nu\sigma} + \beta_6 R^{\nu}_{\mu} R^{\rho}_{\nu} R^{\mu}_{\rho} + \beta_7 R_{\mu\nu} R^{\mu\nu} R + \beta_8 R^3, \quad (1)$$

donde las constantes β_i corresponden a parámetros de acoplamiento. Es posible mostrar que la condición (i) es satisfecha si se imponen relaciones entre los parámetros [16] de la forma

$$\beta_7 = \frac{1}{12}(3\beta_1 - 24\beta_2 - 16\beta_3 - 48\beta_4 - 5\beta_5 - 9\beta_6),$$

$$\beta_8 = \frac{1}{72}(-6\beta_1 + 36\beta_2 + 22\beta_3 + 64\beta_4 + 3\beta_5 + 9\beta_6).$$

Ahora, uno puede usar *P* como una corrección a la acción de Einstein-Hilbert, y construir la acción para gravedad cúbica como

$$S = \int \sqrt{-g} d^4x \left[\frac{1}{2\kappa}(R - 2\Lambda) + \alpha P\right], \quad (2)$$

con α como parámetro de acoplamiento, $k = 8\pi G$ la constante de Newton, y donde también hemos permitido una constante cosmológica Λ por completitud. En principio, uno debiera considerar también correcciones cuadráticas, como el término de Gauss-Bonnet $\mathcal{G} = R^2 - R_{\mu\nu}R^{\mu\nu} + R_{\mu\nu\rho\sigma}R^{\mu\nu\rho\sigma}$ que cumple con todas las condiciones mencionadas para cualquier dimensión. Sin embargo, este término es irrelevante, puesto que es un término topológico en cuatro dimensiones y no contribuye a las ecuaciones de movimiento. En consecuencia, puede ser excluido. Es por esta razón que la primera corrección de mayor grado en las curvaturas a la RG es de orden cúbico.

Para comprender las implicancias cosmológicas de la teoría, consideramos un Universo homogéneo e isotrópico descrito por una métrica (geometría) Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW) dada por

$$ds^2 = -dt^2 + a^2(t)\delta_{ij}dx^i dx^j,$$

donde el factor de escala es *a(t)*. Este factor es una función del tiempo, y por tanto si es creciente quiere decir que el Universo se está inflando. Si decrece, entonces se encoge. La cantidad ds^2, es denominada elemento de línea y es la cantidad que describe la geometría del espacio-tiempo. Es algo como la relación que establece el teorema de Pitágoras entre los lados de un triángulo rectángulo, pero ahora considerando el espacio y el tiempo curvados. Adicionalmente, como es usual en los modelos cosmológicos, consideramos que la materia visible del Universo es descrita por un fluido de densidad de energía ρ_m y presión p_m. Las ecuaciones de movimiento entonces, son ecuaciones que determinan la evolución del factor de escala y por tanto la evolución de la geometría del espacio-tiempo que describe al Universo. Estas ecuaciones fueron halladas por primera vez en 1922, siete años después del desarrollo de la RG, por el físico ruso Alexander Friedmann. En honor a él, las ecuaciones para la métrica FLRW en RG llevan su nombre, y en general, las de cualquier modelo cosmológico. En nuestro caso, las ecuaciones

de Friedmann obtienen una forma ligeramente distinta a la RG, debido a la introducción de los términos cúbicos en la acción. En este contexto, hemos probado que estas ecuaciones siguen siendo de segundo orden para el factor de escala si se satisface la siguiente relación entre los parámetros de acoplamiento

$$\beta_6 = 4\beta_2 + 2\beta_3 + 8\beta_4 + \beta_5.$$

No es necesario que el lector entienda las ecuaciones de movimiento, pero por completitud las exhibimos aquí para mostrar cómo nuestras ecuaciones de Friedmann de esta teoría contienen términos no triviales, que provienen de la modificación a la acción a través del término P presentado inicialmente. Estas son

$$3H^2 = \kappa(\rho_m + 6\alpha\tilde{\beta}H^6) + \Lambda, \tag{3}$$

$$3H^2 + 2\dot{H} = -\kappa[p_m - 6\alpha\beta H^4(H^2 + 2\dot{H})] + \Lambda, \tag{4}$$

donde Λ es la denominada constante cosmológica y $H=\dot{a}/a$ el parámetro de Hubble. El punto sobre cada cantidad denota una derivada con respecto al tiempo y además utilizamos la redefinición

$$\tilde{\beta} \equiv -\beta_1 + 4\beta_2 + 2\beta_3 + 8\beta_4.$$

Si se considera que este parámetro es nulo, se obtienen las ecuaciones de Friedmann en RG. En otras palabras, el término que tiene $\tilde{\beta}$ corresponde a una corrección o modificación de las ecuaciones de Friedmann en RG. Finalmente, notamos que en una geometría de FLRW, y bajo las relaciones entre los parámetros mencionadas, el invariante cúbico P adquiere la simple forma

$$P = 6\tilde{\beta}H^4(2H^2 + 3\dot{H}),$$

la cual incluye solamente derivadas de primer orden. Esto, consecuentemente significa que las ecuaciones de movimiento serán de segundo orden como era de esperarse.

Estas ecuaciones ahora pueden ser reescritas de manera más compacta como

$$3H^2 = \kappa(\rho_m + \rho_{\text{cub}}), \tag{5}$$

$$3H^2 + 2\dot{H} = -\kappa(p_m + p_{\text{cub}}), \tag{6}$$

donde

$$\rho_{\text{cub}} \equiv 6\beta H^6 + \frac{\Lambda}{\kappa}, \tag{7}$$

$$p_{\text{cub}} \equiv -6\beta H^4(H^2 + 2\dot{H}) - \frac{\Lambda}{\kappa}, \tag{8}$$

con un parámetro β redefinido como $\beta \equiv \alpha\tilde{\beta}$. De esta manera, observamos que, en esta clase de teoría cúbica, obtenemos un sector efectivo que incorpora los efectos de las modificaciones cúbicas de la acción. Es correcto señalar que tanto el sector efectivo como el de materia satisfacen una ley de conservación

$$\dot{\rho}_{\text{cub}} + 3H(\rho_{\text{cub}} + p_{\text{cub}}) = 0,$$
$$\dot{\rho}_m + 3H(\rho_m + p_m) = 0.$$

Es posible incluso extender la teoría construyendo lo que podría denominarse gravedad *f(P)*. En este escenario, la acción ahora está escrita como

$$S = \int \sqrt{-g}d^4x\left[\frac{R}{2\kappa} + f(P)\right], \tag{9}$$

donde *f(P)* es una función arbitraria del invariante *P*. En este caso las ecuaciones de Friedmann toman la siguiente forma para una geometría FLRW

$$3H^2 = \kappa(\rho_m + \rho_{f_P}), \tag{10}$$

$$3H^2 + 2\dot{H} = -\kappa(p_m + p_{f_P}), \tag{11}$$

donde

$$\rho_{f_P} \equiv -f(P) - 18\tilde{\beta}H^4(H\partial_t - H^2 - \dot{H})f'(P), \tag{12}$$

$$p_{f_P} \equiv f(P) + 6\tilde{\beta}H^3[H\partial_t^2 + 2(H^2 + 2\dot{H})\partial_t - 3H^3 - 5H\dot{H}]f'(P), \tag{13}$$

con ∂t y ∂_t^2 denotando derivadas temporales de primer y segundo orden respectivamente. Estas cantidades ρ_{fP}) y p_{fP} ahora representan el sector efectivo de la teoría en términos de densidad y presión para las ecuaciones de campo. Tanto el de materia como el efectivo también satisface una ley de conservación

$$\dot{\rho}_m + 3H(\rho_m + p_m) = 0,$$

$$\dot{\rho}_{f_P} + 3H(\rho_{f_P} + p_{f_P}) = 0.$$

Notemos que en el caso particular donde $f(P)=\alpha P-\Lambda/\kappa$, la gravedad *f(P)* recupera el simple caso de gravedad cúbica.

Aplicaciones cosmológicas

Investigamos las aplicaciones cosmológicas de la gravedad cúbica y *f(P)* durante el periodo temprano y tardío del Universo. Durante el periodo temprano del Universo, como es usual, podemos despreciar el sector de materia. Estamos interesados en obtener una solución de Sitter, la cual es la base de la realización del periodo inflacionario. Consideremos primero la gravedad cúbica simple, en particular su primera ecuación de Friedmann (5) sin el término de materia. En este caso uno puede obtener fácilmente una solución de Sitter

$$H^2 = \frac{6^{1/3}\kappa\beta + \zeta^{2/3}}{-6^{\frac{2}{3}}\kappa\beta\zeta^{1/3}} = \text{const.},$$

donde $\zeta = 3k^2\beta^2\Lambda + \sqrt{3}\sqrt{k^3\beta^3(3\kappa\beta\Lambda^2 - 2)}$, siempre cuando $\beta<0$. Cuando la constante cosmológica está ausente, obtenemos $H^2 = (2\kappa\beta)^{-1/2}$ para $\beta > 0$. De manera similar, en el caso de la gravedad *f(P)*, es decir, en la ecuación de Friedmann (10) sin el sector de materia, podemos ver que también se obtiene una solución de Sitter

$$H^2 = \frac{\kappa}{3}[18\tilde{\beta}H^6 f'(P) - f(P)] = \text{const.}$$

donde $\dot{H}= 0$. Como observamos, en ambas teorías la solución de Sitter es conducida por una constante cosmológica efectiva que es construida puramente a partir de los términos cúbicos, incluso cuando la constante cosmológica está ausente. Esto quiere decir que los términos geométricos que modifican a la RG, pueden ju-

gar el rol de la constante cosmológica que usualmente se interpreta como energía oscura. Es por esta razón que se habla de una constante cosmológica efectiva.

Es igualmente importante estudiar la evolución durante el tiempo tardío del Universo. Primero examinamos la gravedad cúbica básica, concretamente la ecuación (2), donde la corrección en la acción de RG es solamente el término P. En este caso la corrección cúbica sustituye al sector de energía oscura efectivo, donde la densidad de energía y presión son

$$\rho_{\rm DE} \equiv \rho_{\rm cub}$$
$$p_{\rm DE} \equiv p_{\rm cub},$$

con $\rho_{\rm cub}$ y $p_{\rm cub}$, dados respectivamente por (7) y (8), donde el parámetro efectivo de la ecuación de estado es

$$w_{\rm DE} \equiv \frac{p_{\rm DE}}{\rho_{\rm DE}}. \qquad (14)$$

Para continuar, definimos los parámetros de densidades $\Omega_i \equiv \kappa\rho_i/(3H^2)$, con i denotando la materia y la energía oscura (subíndice m y subíndice DE respectivamente). Finalmente, es conveniente introducir el parámetro de desaceleración q, el cual tiene la forma

$$q \equiv -1 - \frac{\dot{H}}{H^2} = \frac{1}{2} + \frac{3}{2}\left(w_m\Omega_m + w_{\rm DE}\Omega_{\rm DE}\right). \qquad (15)$$

Debido a su complejidad, una buena estrategia para resolver las ecuaciones de Friedmann (5) y (6) es a través de métodos numéricos, usando el corrimiento al rojo z ("redshift") como variable independiente, definida como $1+z=a_0/a$ con el valor del factor de escala en el presente $a_0=1$. Respecto a las condiciones iniciales, consideramos $\Omega_{DE}(z=0) \equiv \Omega_{DE0} \approx 0.69$ y luego $\Omega_m(z=0) \equiv \Omega_{m0} \approx 0.31$ como indican las observaciones recientes [8] .

Adicionalmente, consideramos que el sector de materia es polvo, por lo cual $w_m=0$. En el gráfico superior de la Fig. 1 describimos $\Omega_{DE}(z)$ y $\Omega_m(z) = 1 - \Omega_{DE}(z)$. En el gráfico intermedio presentamos el comportamiento de $w_{DE}(z)$ dado por (14). Finalmente, en el gráfico inferior mostramos el parámetro de desaceleración que surge de la ecuación (15).

Del gráfico superior de Figura 1 observamos que podemos obtener la historia termal usual del Universo, que es la secuencia de dos eras de materia y energía oscura consecutivas, donde el Universo asintóticamente termina en una fase de Sitter en el futuro $(z\to -1)$ completamente dominado por energía oscura. Además, de la tercera curva de Figura 1 podemos ver que la transición de desaceleración a aceleración del Universo se realiza en $z\approx 0.5$ en acuerdo con el comportamiento observado. Adicionalmente, la curva intermedia en la Figura 1 muestra que el parámetro de la ecuación de estado efectiva de energía oscura w_{DE} adquiere rápidamente el valor -1.

Sin embargo, debemos mencionar que en la gravedad cúbica (2) la aceleración tardía del Universo es gatillada principalmente por el término explícito de la constante cosmológica Λ, donde el término cúbico, cuantificado por el parámetro β en (7) y (8), juega un rol secundario (un resultado similar fue encontrado en un contexto diferente en [17]). La razón es que debido a que la corrección cúbica en la ecuación (7) es proporcional a H^6, si este término va a jugar un papel significativo durante la aceleración tardía, luego durante el periodo temprano sería suficientemente grande como para estropear la deseada historia termal del Universo y conduciría a un comportamiento "temprano de energía

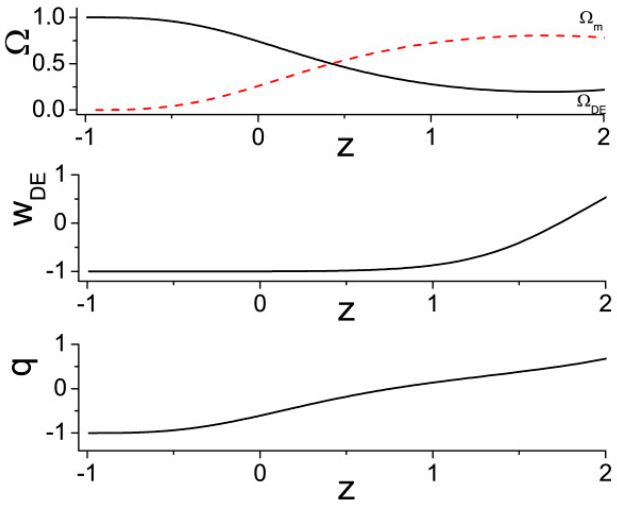


Figura 1

Gráfico superior: La evolución del parámetro de densidad efectivo de energía oscura Ω_{DE} (curva continua negra) y del parámetro de densidad de materia Ω_m (curva segmentada roja), como una función del corrimiento al rojo z, en el caso de gravedad cúbica, para β=0.005 y Λ=1, en unidades donde κ=1. Hemos impuesto las condiciones iniciales Ω_{DE} (z=0) $\Omega_{DE0}\approx 0.69$ en consistencia con las observaciones. Gráfico intermedio: La evolución del parámetro de ecuación de estado efectivo para energía oscura w_{DE}. Gráfico inferior: La evolución del correspondiente parámetro de desaceleración q.

oscura" [18]. Sin embargo, incluso en el caso donde el término cúbico juega un rol secundario en la aceleración tardía del Universo, su efecto puede ser aún significativo a tiempos intermedios (vea la segunda curva en la Figura 1 donde la desviación del modelo ΛCDM es clara).

Ahora, investigamos la gravedad cúbica extendida $f(P)$ dada en (9). En este caso, usando (12) y (13), la densidad y presión efectiva de energía oscura están dadas por

$$\rho_{\rm DE} \equiv \rho_{f_P}$$
$$p_{\rm DE} \equiv p_{f_P},$$

donde el parámetro de la ecuación de estado efectiva para la energía oscura es $w_{DE} \equiv p_{DE}/\rho_{DE}$. Como primer ejemplo consideramos el caso donde

$$f(P) = \alpha\sqrt{P},$$

sin considerar una constante cosmológica explícita. Adicionalmente, redefinimos $\beta \equiv \alpha\tilde{\beta}$.

Al igual como se hizo en el caso de gravedad cúbica, presentamos los resultados en curvas respecto al corrimiento al rojo o *redshift z* como variable independiente para los parámetros de densidades, la ecuación de estado para el sector de energía oscura, y el parámetro de desaceleración. Como se observa en la Figura 2, obtenemos una secuencia de eras de materia y energía oscura, así como también el inicio de la aceleración tardía del Universo. Sin embargo, la ventaja significativa comparada con la simple gravedad cúbica de Figura 1 radica en que ahora el mismo comportamiento es obtenido sin considerar una constante cosmológica explícita; en otras palabras, esto surge solamente de la modificación $f(P)$. Esto también puede verse en la evolución w_{DE}, la cual exhibe un comportamiento dinámico diferente al del modelo ΛCDM durante toda su historia termal, con un valor asintótico que entra levemente en un régimen fantasma.

Para examinar los efectos de las formas que $f(P)$ puede tener sobre la ecuación de estado w_{DE}, en Figura 3 presentamos la evolución de este parámetro para distintas elecciones de la función $f(P)$. Además del caso de gravedad cúbica en Figura 1, el

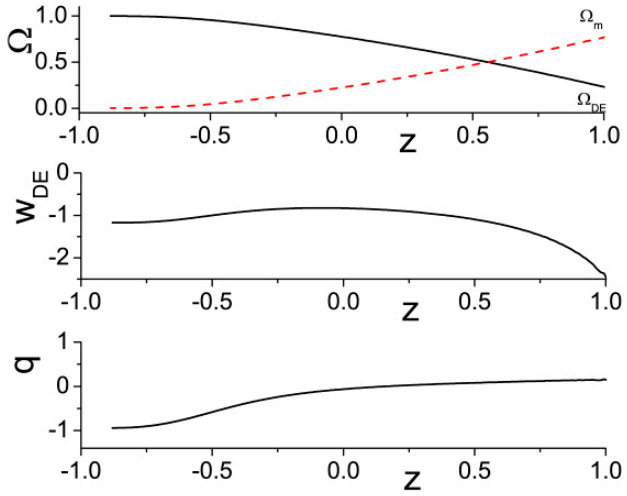


Figura 2

Gráfico superior: La evolución del parámetro de densidad efectivo de energía oscura Ω_{DE} (curva continua negra) y del parámetro de densidad de materia Ω_m (curva segmentada roja), como una función del corrimiento al rojo z, en el caso de gravedad $f(P)=\alpha\sqrt{P}$, para $\beta=5$, en unidades donde $\kappa=1$. Hemos impuesto las condiciones iniciales $\Omega_{DE}\ (z=0) \equiv \Omega_{DE0}\approx 0.69$ en consistencia con las observaciones. Gráfico intermedio: La evolución del parámetro de ecuación de estado efectivo para energía oscura w_{DE}. Gráfico inferior: La evolución del correspondiente parámetro de desaceleración q.

cual se obtiene cuando $f(P)=\beta P-\Lambda/\kappa$, y para la gravedad descrita en Fig. 2 con $f(P)=\alpha\sqrt{P}$, consideramos el caso de la raíz cúbica $f(P)=\alpha P^{1/3}$, así como también los casos combinados $f(P)=\alpha\sqrt{P}+\gamma P$ y $f(P)=\alpha P^{1/3}+\gamma P$.

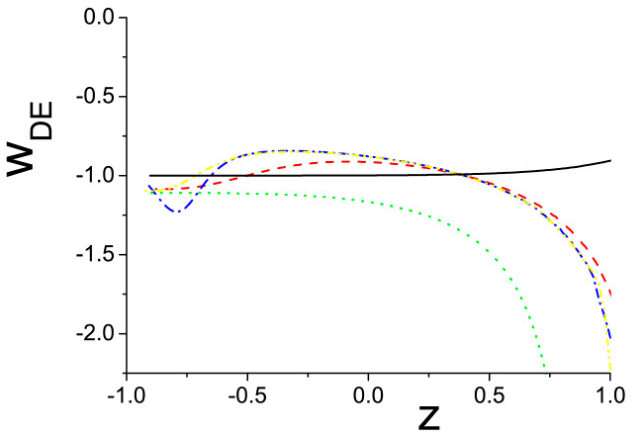


Figura 3

La evolución del parámetro de ecuación de estado para el sector efectivo de energía w_DE, para varias formas de f(P): $f(P)=\beta P-\Lambda/\kappa$ con $\beta\equiv\alpha\tilde{\beta}=0.005$ y $\Lambda=1$ (curva continua negra), $f(P)=\alpha\sqrt{P}$ con $\beta\equiv\alpha\tilde{\beta}=5$ (curva segmentada roja), $f(P)=\alpha P^{1/3}$ con $\beta\equiv\alpha\tilde{\beta}=-10$ (curva segmentada verde), $f(P)=\alpha\sqrt{P}+\gamma P$ con $\beta\equiv\alpha\tilde{\beta}=1$ y $\zeta\equiv\gamma\tilde{\beta}=0.1$(curva segmentada-punteada azul), y $f(P)=\alpha P^{1/3}+\gamma P$ con $\beta\equiv\alpha\tilde{\beta}=5$ y $\zeta\equiv\gamma\tilde{\beta}=0.05$ (curva segmentada-punteada amarilla). Hemos impuesto las condiciones iniciales $\Omega_{DE}\ (z=0)\equiv\Omega_{DE0}\approx 0.69$ y unidades donde $\kappa=1$.

Como observamos, uno puede fijar los parámetros del modelo para obtener un valor de la ecuación de estado en el presente $w_{DE}\ (z=0)$ cercano al valor de la constante cosmológica, en acuerdo con las observaciones, mientras que el pasado y futuro pueden ser diferentes en distintos escenarios. Como se mencionó previamente, notamos que aparte del caso lineal, tal comportamiento es logrado sin la necesidad de una constante cosmológica explícita, lo cual es una ventaja importante. Aún más, notemos que w_{DE} puede tomar valores en el régimen de quinta esencia, fantasma o incluso transitar con cierta frecuencia en este último durante la evolución cosmológica, lo cual revela las capacidades de la teoría extendida, puesto que es bien conocido que el régimen fantasma no puede ser obtenido fácilmente [19].

Conclusiones

En este artículo construimos una gravedad cúbica y su extensión *f(P)* para investigar sus aplicaciones en cosmología durante el Universo temprano y tardío. La teoría cúbica es construida tal que (I) posee los mismos grados de libertad que RG; (II) no es ni topológica ni trivial; y (III) admite ecuaciones de segundo orden para un *ansatz* cosmológico en cuatro dimensiones. Mostramos que el Universo temprano es descrito por soluciones de Sitter inflacionarias, las cuales son conducidas por una constante cosmológica efectiva construida solamente a partir de los términos cúbicos de la teoría cúbica o su extensión *f(P)*.

Respecto a la evolución tardía, los nuevos términos constituyen un sector efectivo de energía oscura que reproduce la historia termal usual del Universo, así como la aceleración tardía. En el caso de la gravedad *f(P)*, dependiendo de la elección de los parámetros, encontramos que el parámetro de la ecuación de estado de energía oscura puede ser tipo quintaesencia, fantasma o incluso experimentar tránsitos por este último durante la evolución del Universo, incluso si una constante cosmológica explícita está ausente.

Referencias

[1] B. P. Abbott et al. (Virgo, LIGO Scientific), Phys. Rev. Lett. 116, 061102 (2016).

[2] B. P. Abbott et al. (Virgo, LIGO Scientific), Phys. Rev. Lett. 119, 161101 (2017).

[3] B. P. Abbott et al. (Virgo, Fermi-GBM, INTEGRAL, LIGO Scientific), Astrophys. J. 848, L13 (2017).

[4] K. Akiyama et al. (Event Horizon Telescope), Astrophys. J. 875, L1 (2019).

[5] K. Akiyama et al. (Event Horizon Telescope), Astrophys. J. 875, L6 (2019).

[6] C. M. Will, Living Rev. Rel. 9, 3 (2006).

[7] A. Hees et al., Phys. Rev. Lett. 118, 211101 (2017).

[8] P. A. R. Ade et al. (Planck Collaboration), Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters, Astron. Astrophys. 594, A13 (2016).

[9] Riess A G et al, Astron. J. 116, 1009 (1998).

[10] Perlmutter S et al, Astrophys. J. 517, 565 (1999).

[11] Clifton et al, Phys. Rep. 513, 1 (2012).

[12] Y. F. Cai et al, Rept. Prog. Phys. 79, 106901 (2016).

[13] D. J. Gross et al, Nucl. Phys. B 291, 41 (1987).

[14] K. S. Stelle, Phys. Rev. D 16, 953 (1977).

[15] T. Biswas et al, Phys. Rev. Lett. 108, 031101 (2012).

[16] P. Bueno et al, Phys. Rev. D 94, 104005 (2016)

[17] G. Arciniega et al, arXiv:1810.08166 [gr-qc] (2018).

[18] M. Bartelmann et al, Astron. Astrophys. 454, 27 (2006).

[19] S. Nojiri et al, Astrophys. Space Sci. 347, 221 (2013).

¿Cómo es trabajar en empresas de High Tech en Estados Unidos? Egresada centralina cuenta su historia

Profesional de la Ingeniería Civil en Computación e Informática relató su trayectoria de 6 años viviendo en Estados Unidos y cómo ingresó al mundo de las empresas norteamericanas de primera línea en el campo tecnológico.

De izquierda a derecha: Alejandro Torres y Carolina González

Consejos, experiencias, tips personales e incluso recomendaciones en temas migratorios, fueron parte de los distintos tópicos que abordó Carolina González Zapata, egresada de Ingeniería Civil en Computación e Informática de la UCEN, en la charla online sobre su experiencia trabajando en empresas High Tech en Estados Unidos, impartida el martes 16 de junio.

Su relato partió con una oportunidad de trabajo en Estados Unidos conseguida por su pareja, lo que la impulsó a buscar alternativas para conocer el campo laboral en el área de tecnología de ese país, antes de tener los permisos y visados correspondientes para poder trabajar. En ese interín contó que "primero que nada, empecé haciendo voluntariados para practicar mi inglés" opción que valoró como herramienta ideal y gratuita para mejorar en el idioma cuando el estatus legal y migratorio impide trabajar y estudiar.

Por otra parte, contó que en sus experiencias previas "creamos una aplicación que en ese entonces ayudaba a ubicar información sobre personas, autos y empresas en un solo lugar, lo que funcionó como mi caballito de batalla para presentarme a postular a Amazon". En ese contexto, destacó que a este tipo de empresas valoran las iniciativas y soluciones innovadoras desarrolladas por profesionales involucrados activamente en dichos proyectos.

"Los chilenos tenemos una visa especial para trabajar en Estados Unidos y siempre he dicho que es muy importante que la aprovechemos: se trata de la visa H1B1, el proceso es bastante simple de obtener ante la embajada con la oferta de trabajo" recalcó González.

En su experiencia personal, comentó que el research o investigación previa fue fundamental a la hora de conocer los procesos de selección de personal de las grandes empresas de tecnología. Señaló que la claves es la preparación para las entrevistas, leer libros y material online disponible sobre como presentarse, qué no decir, como conducirse en la conversación con el panel de entrevistadores, aspectos que la ayudaron a entender el modelo y paradigma cultural que envuelve a este tipo de empresas.

Al final del encuentro, la egresada centralina dejó abierta la oportunidad de asesorar a los estudiantes y egresados interesados en postular a empresas como Microsoft o Amazon, ofreciendo recomendaciones sobre las mejores formas de presentar sus curriculum vitae y cómo enfrentar las entrevistas técnicas y actitudinales que este tipo de empresas realizan.

Presentación
Youtube

Facultad de Ingeniería y Arquitectura anfitriona del I Encuentro Nacional Virtual de Enseñanza de la Física

Inauguración y clausura fueron transmitidos en streaming con participación en vivo de más de 250 usuarios de diferentes países de Latinoamérica.

De izquierda a derecha: Roberto Nardi y Agustín Adúriz-Bravo

Desde el viernes 19 al martes 23 de junio del 2020 se llevó a cabo el I Encuentro Nacional Virtual de Enseñanza de la Física, a propósito de la convocatoria del VI Encuentro Nacional de Didáctica de la Física, a cargo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central con el apoyo de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

Desde el año 2013, esta actividad se ha llevado a cabo en distintas universidades en Chile, donde se reúne a profesores de Física, estudiantes de pre y postgrado, académicos e investigadores de los distintos niveles que contempla la enseñanza de la física. La versión destinada para el 2019, sufrió varios reveses en su calendarización y ante la llegada del Covid-19, la solución del equipo organizador fue llevarla a plataformas digitales y por ende ampliar su alcance.

La inauguración contó con la participación del decano de FINARQ, Christian Nicolai, quien en su saludo de bienvenida agradeció la masiva concurrencia al encuentro virtual y señaló que “para la Universidad y la Facultad de Ingeniería y Arquitectura es motivo de orgullo acoger de manera virtual este encuentro en especial agradecer a los organizadores por su esfuerzo y a los participantes por el entusiasmo”.

Nelson Sepúlveda, académico de Ciencias Básicas de la Escuela de Ingeniería, quien encabezó el comité organizador por parte de la UCEN comentó que la finalidad del evento es "debatir ideas, propuestas educativas y el devenir de la educación en Ciencias Físicas presencial y virtual, en plena etapa de un curriculum cambiante" considerando el contexto de crisis sanitaria dentro del debate y que “bajo este nuevo formato virtual se ha hecho más global con ponentes y expositores a través de América Latina con una llegada más amplia”.

El programa de actividades se realizó desde la plataforma Microsoft Teams, apoyado por la plataforma Zoom, entre el viernes 19, hasta el martes 23 de junio, reuniendo a 250 asistentes de 16 países y pudiendo llegar a todo Chile, con asistentes y expositores de casi todas las regiones del país, lo que representó alrededor del 56% de participantes del total.

En tanto, cerca de un 45% de participación del evento fue internacional, mayoritariamente de países de la región latinoamericana, como Argentina, Brasil y Perú. También se conectaron usuarios desde otras latitudes como Australia y Reino Unido.

La charla inaugural, titulada ‘Enseñanza de la física, investigación en enseñanza de la física y post-grado en enseñanza de la física en Brasil’ fue impartida en directo desde el país carioca por Roberto Nardi, doctor en Educación y presidente de la Comisión Internacional de Educación en Física de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada. Ver contenido de la charla inaugural escaneando el código QR1.

Durante las jornadas de trabajo siguientes, las conferencias, talleres y ponencias fueron moderados por parte del equipo centralino y miembros de la SOCHEF. Sepúlveda contó que con esta versión del evento "se sienta el precedente de ser el Primer Encuentro Virtual de Enseñanza de la Física, en donde se realizaron dos sesiones de tres talleres en salas paralelas”, donde los asistentes se distribuyeron de la siguiente manera: 25% en la charla sobre ‘Metodologías de Aprendizaje Activo para Enseñar Física en Clases Virtuales’ (Dra. Carla Hernández); 19% en la sesión sobre 'Ciencias para la Ciudadanía' (Mg. Paula Urrutia); 17% en el Taller de Astronomía ‘Un eclipse en tus manos’ (Mg. Elizabeth Villanueva); 14% en la ponencia ‘Experimentar en casa: Lab4U y los smartphones al servicio de la indagación’ (Mg. Javier Baeza); 13% en ‘Aprendizaje Significativo en Física’ (Dr. Iván Sánchez); 12% en la charla sobre ‘Proyectos Experimentales con Arduinos Virtuales’ (Dr. Nelson Sepúlveda).

En lo que respecta al cierre de este evento, Agustín Adúriz Bravo, Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales fue quien desde Argentina dio una clase magistral titulada ‘¿Qué sabemos sobre "modelos científicos" en la enseñanza de las ciencias? Arqueología y epistemología del concepto de modelo desde una perspectiva didáctica’. Ver contenido de la charla de clausura escaneando el código QR2.

Primera Parte
I Encuentro Nacional Virtual de enseñanza de la Fisica

Segunda Parte y Cierre
I Encuentro Nacional Virtual de enseñanza de la Fisica

Investigadora postdoctoral de la Universidad de Tubinga en Alemania imparte charla online organizada por Geología y Licenciatura en Astronomía UCEN

María Isabel Varas-Reus, es una geóloga chilena titulada en la Universidad de Chile, doctora en Ciencias de la Tierra de la Universidad de Granada, quien actualmente se desempeña como investigadora postdoctoral en la Universidad de Tubinga en Alemania, donde trabaja en el grupo de Geoquímica Isotópica.

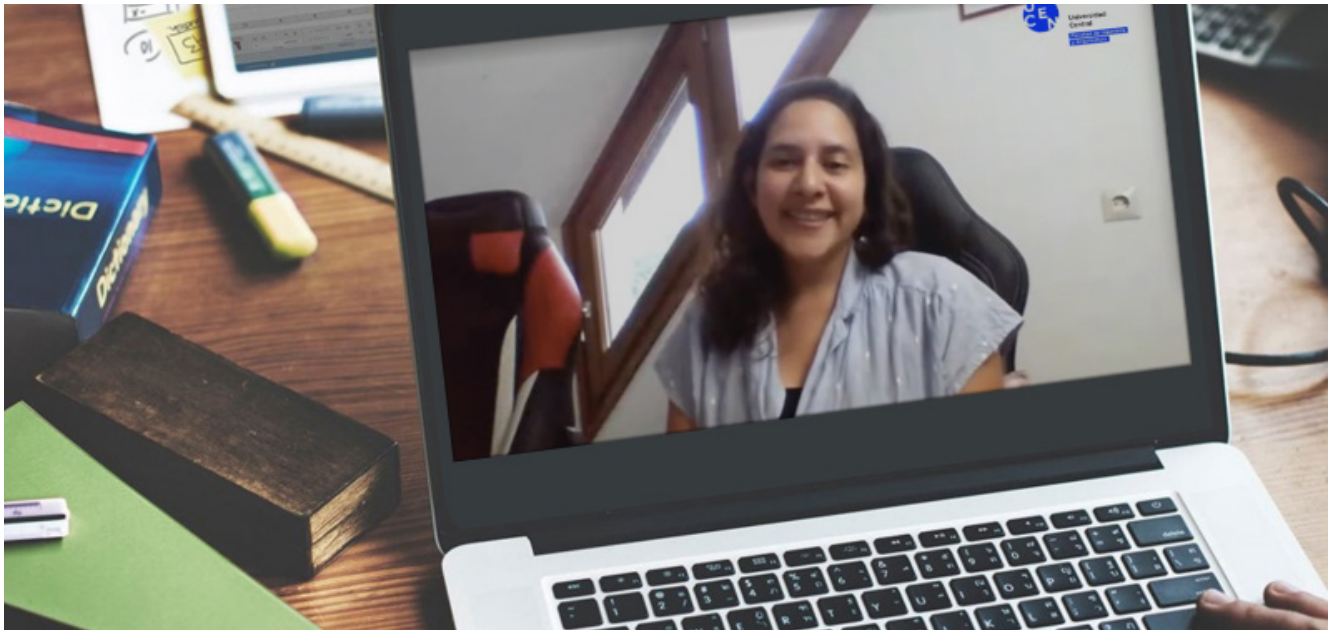
El pasado lunes 3 de agosto se realizó la charla online titulada **'La relación entre los volátiles del manto terrestre y los meteoritos'** impartida por María Isabel Varas-Reus, doctora en Ciencias de la Tierra e investigadora postdoctoral de la Universidad de Tubinga en Alemania. La instancia, representa el segundo encuentro del '**Seminario: Geología, una herramienta para el desarrollo de la Astrofísica y carrera espacial'** inaugurado un mes atrás y organizado por la carrera de Geología y la Licenciatura en Astronomía de la UCEN.

La presentación y moderación del espacio fue llevado a cabo por Cristina Ortega, doctora en Ciencias con mención en Geología y docente centralina de la carrera de Geología. A modo de contexto, Varas-Reus comentó que su presentación está basada en el trabajo publicado en 2019 en la revista científica Nature Geoscience, donde contribuyó junto al equipo de investigación al cual pertenece en Alemania (Stephen König, Airken Yierpan, Jean-Pierre Lorand y Ronny Schoenberg). El estudio titulado 'Selenium isotopes as tracers of late volatile contribution to Earth from the outer Solar System' explica como "a través del uso de isotopos de selenio, se pudo evidenciar una contribución volátil tardía a la Tierra desde el sistema solar exterior" afirmó la expositora invitada.

En su introducción, Varas-Reus partió con un repaso de algunos conceptos necesarios, para entender el impacto del trabajo que presentó el año pasado. En primer lugar, definió lo que es manto terrestre: "capa de la tierra, entre la corteza y el núcleo terrestre que ocupa un volumen de la tierra del 80% con un grosor aproximado de 2900 kilómetros, es decir, un reservorio sumamente importante. En los últimos años, mi investigación se ha visto centrada en la capa exterior del manto".

Luego de hacer mención a las principales rocas y minerales expuestos en la superficie del manto, la importancia de las peridotitas "rocas dominantes en el manto superior que dan mucha información sobre los procesos que ocurren en el manto como erupciones volcánicas" también aseguró que arroja información sobre la formación del manto primitivo o 'bulk silicate Earth'.

En lo que respecta a la relación entre los volátiles del manto terrestre y los meteoritos, relató que "la abundancia de elementos altamente siderófilos, incluidos los elementos volátiles (azufre, selenio y teluro) en el manto primitivo, son mucho más altas de lo que se espera. Además, se ha descubierto que las razones de estos elementos del manto primitivo, son muy similares a las de las condritas (meteoritos) y nadie se explicaba cómo sucedía esto y se propuso el modelo de 'Late Veneer' o de revestimiento tardío: una adición tardía de materiales de tipo condrita después de la diferenciación núcleo-manto".



María Isabel Varas-Reus

NUEVO MODELO DE BIODIGESTOR ANAERÓBICO para tratamiento eficiente de residuos agropecuarios de pequeña escala

Fase 1: resultados experimentales del prototipo de laboratorio

- *Francisco Stegmaier*
  Ingeniero en Biotecnología
- *Juan Merchan*
  Doctor en Química
- *Juan Carlos Cuchácovich*
  Mágister en Gobernanza de Riesgos y Recursos
- *Hernan Olmi*
  Doctor en Ciencias de la Ingeniería
- *Jadille Mussa*
  Mágister en Políticas Internacionales del Trabajo y Derecho Ambiental
- *Bruno Montedónico*
  Mágister en Educación Mención en Investigación
- *Sergio Cárdenas*
  Doctor en Bioquímica

Los residuos agropecuarios, son excelente sustrato para tratar con digestión anaeróbica y obtener en este tratamiento, productos valorizables como biogás y digestato que tiene excelentes características fertilizantes. El gran problema de este tratamiento es el alto costo de instalación y operación de los biodigestores eficientes. Por otro lado, hay biodigestores artesanales de bajo costo, pero que no controlan parámetros claves como temperatura y no tienen agitación, por lo que no han demostrado un funcionamiento adecuado con las condiciones climáticas del país, sobre todo en invierno. Todo lo anterior implica que la mediana y gran empresa ganadera puede permitirse la digestion anaeróbica eficiente, logrando productos con valor agregado desde los purines y excrementos de los animales, pero la micro y pequeña industria ganadera, no pueden gozar de estos beneficios. Debido a lo anterior, se propuso diseñar y construir un nuevo modelo de biodigestor que funcione de forma óptima todo el año, pero que se construya de materiales económicos para que esté al alcance de la micro y pequeña ganadería.

Este proyecto se está financiando por el Gobierno Regional Metropolitano con un Fondo de Innovación a la Competitividad regional (FIC-R). El proyecto consiste en la construcción de tres biodigestores multicámara modular con biofiltros en la comuna de María Pinto de esta región y evaluar el funcionamiento de forma técnica y económica. En este trabajo se muestran los resultados de la primera etapa, es decir, el análisis del funcionamiento de un biodigestor a escala de laboratorio con este nuevo diseño, pero cargado diariamente con purín de una de las granjas de la comuna de María Pinto. Después de operación por 6 meses y algunos cambios en el diseño original, se observa que este biodigestor puede separar el purín en una fase líquida, logrando una disminución del 86% de la DBO con un tiempo de retención hídrica de 12 días. También logró separar una fase sólida que luego de un tratamiento por 35 días, logró una disminución de la DQO de 68%. Finalmente, se logra en este biodigestor una producción del 90% del biogás máximo esperado. Esto nos impulsa a continuar con la segunda parte del proyecto FIC-R

Palabras clave: Digestión anaeróbica, residuos agropecuarios, nuevo prototipo, económico, eficiente

Introducción

Como cualquier proceso humano, la actividad agropecuaria genera grandes volúmenes de residuos orgánicos que si no son tratados adecuadamente, pueden liberar gases con efecto de invernadero, producir contaminación de suelos, de aguas superficiales y subterraneas, atracción de vectores infecciosos, malos olores y problemas con el entorno social, entre otros.

Un aspecto muy interesante de estos residuos, es que pueden ser transformados a productos de valor, que pueden ser reutilizados en los mismos procesos agropecuarios y agroindustriales o incluso comercializados. Uno de los métodos más utilizados para transformar residuos agropecuarios [1] en productos de valor es la digestión anaeróbica.

Esta, consiste en una descomposición y transformación biológica de los residuos orgánicos, pero manteniendo medioambientes controlados y en ausencia de oxígeno. La materia orgánica, sufre una serie de transformaciones en secuencia: Hidrólisis o desintegración de macromoléculas, fermentación y acidogénesis donde las moléculas desintegradas fermentan y se transforman en ácidos grasos volátiles (AGV), acetogénesis donde los AGV son principalmente transformados en acetato, y finalmente, la metanogénesis donde el acetato es transformado en metano, y este se libera junto a otros gases en un combustible gaseoso llamado biogás. En esta transformación de los residuos, no solo se genera biogás, sino que se libera nitrógeno y fósforo inorgánico que puede ser aplicado a los suelos como fertilizante, y otras sustancias de uso agricola como potasio [1-2].

A pesar de los beneficios del tratamiento de residuos con esta tecnología, las debilidades son importantes. Es un método muy lento y la transformación de residuos sólidos y semisólidos puede tomar hasta 40 días, esto significa que si la generación de residuos es diaria, se debe contruir un planta de tratamiento cuya capacidad, sea igual al volumen diario del residuo generado multiplicado por los 40 días. Una planta de gran volumen, implica mayores costos de construcción, implementación y operación del sistema.

Adicionalmente, la digestión anaeróbica es muy delicada en su funcionamiento, debido a que depende de las actividades de comunidades de microorganismos que conviven dentro de los reactores que forman parte de esta planta de tratamiento. La acción de las bacterias y archeas que forman parte del proceso, dependen del control de factores como temperatura, pH, balance de nutrientes, entre otros. Esto implica que la operación de estas plantas, deben ser realizadas por personal altamente capacitado y un control de parámetros que encarecen este proceso.

Todo lo anterior, ha hecho dirigir los esfuerzos al tratamiento de residuos agropecuarios de grandes empresas del área. La tecnología existente hace factible este proceso solo a grandes volúmenes de residuos, ya que a pequeña escala el proceso no es rentable y tampoco existe la posibilidad de inversión para el desarrollo de esta tecnología.

Hay mucho esfuerzo para implementar la digestión anaeróbica en sistemas de bajo costo, con un funcionamiento simple y sin control de factores para optimizar la actividad de las bacterias. Estos sistemas que en muchos casos son a nivel artesanal, han demostrado una baja eficiencia del proceso, lo que se observa en la generación de bajos volúmenes de gases combustibles y bajo porcentaje de transformación de residuos. A lo anterior, se suma que estos sistemas más artesanales, son estacionales y solo operan cuando las temperaturas del medio ambiente son elevadas. A bajas temperaturas diarias, el sistema se apaga y la digestión se detiene completamente, y por lo tanto, se deja de producir biogás lo que decepciona a los propietarios de estos sistemas artesanales y crea un mal prestigio al método de digestion anaeróbico de residuos agropecuarios.

Existe entonces, la oportunidad de desarrollar un sistema de tratamiento anaeróbico para residuos agropecuarios de pequeña escala, pero que opere con parámetros de control y optimización de procesos microbiológicos. Además, de bajo costo de insalación y que requiera operación por parte de personal con baja capacitación en el tema. Es decir, un sistema de bajo costo pero de operación eficiente, y que adicionalmente, no dependa de las estaciones del año.

En el laboratorio de Energía y Aguas de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile, se ha estado trabajando en un nuevo modelo de biodigesor anaeróbico para residuos líquidos y semi-sólidos de alta concentración orgánica [3,4]. Este biodigestor anaeróbico incluye: a) Un sistema multicámara, donde se logra separar diferentes etapas de la digestión anaeróbica en cámaras independientes, y por lo tanto, permite que cada una funcione con condiciones como pH, temperatura y concentraciones internas completamente diferentes. b) Sistema de biofiltros, donde en cada cámara se incluyen diferentes partículas con gran superficie para adhesión de las distintas bacterias del proceso. Estos biofiltros permiten mayor interacción bacteria con el residuo y se elimina el proceso de agitación. c) Sistema modular, lo que implica que cada cámara puede intercambiarse en caso de falla, o incluirse una nueva que refuerce cada etapa si es necesario, y además, permite construcción de cada cámara en un taller especialista y luego solo instalar el biodigestor en el lugar requerido

Estas modificaciones permiten: i. Separación del residuo en una fase líquida y una fase sólida y de esta forma darle un tiempo de tratamiento diferente a cada fase, disminuyendo el tamaño del biodigestor debido a que la fase líquida solo requiere entre 10-15 días para su estabilización. ii. Menor requerimiento de energía ya que no requiere agitación. iii. Evita la pérdida de gran cantidad bacterias metanogénicas desde la última etapa, debido a que estas se encuentran adheridas a los biofiltros, y de esta manera aumenta la eficiencia del proceso

En este artículo, se presentan los avances del estudio en laboratorio de un proyecto de innovación de fase 2, "Transformación de residuos agropecuarios a productos de mayor valor agregado mediante biodigestor de alta eficiencia" . Este proyecto está financiado por el Gobierno Regional Metropolitano de Chile a través de un Fondo de Innovación a la Productividad (FIC-R). Este consiste en la instalación de tres prototipos a escala comercial para tratar residuos pecuarios de productores de animales de micro y pequeña escala y analizar eficiencia del proceso y una evaluación económica para probar factibilidad a esta escala de producción.

Materiales y métodos

El diseño de este biodigestor, esta basado en el biodigestor multicámara modular con biofiltros desarrollado por nuestro grupo, y que ya fue presentado en el XXII congreso de la Asociación Internacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental capítulo chileno (AIDIS Chile) [3]. Este biodigestor a escala de laboratorio, consistió en cuatro cámaras independientes de polietileno, la primera de 1,6 litros y las demás de 0,9 litros. El volumen real de carga, fue de 1,4 litros para la primera cámara y 0,75 litros para las otras 3 cámaras. Todas las cámaras fueron conectadas en serie con mangueras de silicona de 1 cm de diámetro. Cada cámara incluyó una entrada del afluente en la parte inferior y la salida del efluente por la parte superior (Figura 1). Las primeras dos cámaras, donde ocurrió decantación de sólidos sedimentables, ocuparon como soporte bacteriano, tubos de PVC sanitarios de entre 5 y 10 cm de largo cortados y lijados. Las últimas cámaras utilizaron

como soporte de bacterias, gravilla o piedras de entre 0,6-0,8 cm de diámetro en la parte inferior hasta una altura de 5 cm, y luego piedras de entre 0,2-0,4 cm de diámetro desde los 5 cm de altura hasta los 15 cm de altura correspondiente al 80% del volumen de las cámaras. Cada una de las cuatro cámaras, mantuvo dos conexiones a través de un tapon de goma. La primera permitió colección del biogás en los gasómetros, los que se construyeron manteniendo un recipiente de 2 litros invertido y sumergido en agua. Esto permitió medir volúmen de biogás generado por desplazamiento de agua. La segunda conexión sirvió para toma de muestras para análisis y toma de temperatura diaria al interior de cada cámara.

El biodigestor, fue cargado diariamente de lunes a viernes con 30 g de excremento mezclado con 15 ml de agua del lavado de recipientes de recepción de leche, que incluyó detergente y cloro gel diluidos, 15 ml de agua de enjuague de recipientes con leche, y finalmente, agua potable hasta un volumen de 250 ml totales diarios (purín) y se mantuvo con temperatura constante entre 35-36ºC. Luego de cada carga, se tomo el eluido (o efluente desde cámara 4) de 250 ml para análisis cuantitativo.

Diariamente, se evaluó pH, olor y color del contenido de cada cámara, y volumen de gas generado por estas. Tanto el purín de entrada, el eluido y el lodo tratado (fase sólida tratada por 35 días y extraida desde cámara 1), fueron analizados con respecto al sólido seco total (SST), solido volatil (SV), demanda química de oxígeno (DQO) y concentración de potasio tal como se describe en el manual de análisis estandarizados de aguas y desechos de aguas de la APHA [5]. La demanda química de oxígeno (DBO) fue analizada tal como se describe en el manual del equipo de análisis DBO Velp scientific. Las mediciones de nitrógeno total fueron realizaron por el método kjendahl con el equipo semiautomático de digestion DK6 y equipo de destilación, ambos de Vepl scientific.

Figura 1

Biodigestor multicámara modular con biofiltros diseñada a escala de laboratorio

Resultados y discusión

Para definir el contenido, concentración y volumen de la carga diaria de purín en el biodigestor de laboratorio, se analizó el purín diario generado en una de las granjas que se usarán en el proyecto. En la tabla 1, se muestran los análisis de la producción diaria de purín en corral de ordeña y zona de espera. En el análisis se tomó el volumen de estiercol que se generó durante la noche y en la espera a la ordeña, observándose que este correspondió a 50-60 kg para 15 vacas. Adicionalmente, se midió el volumen de agua gastado en limpieza del suelo y piezas del equipo de ordeña y contenedores de leche que en promedio correspondieron a 200 litros. Adicionalmente, se observó que en se incluyó cierta cantidad de detergente y cloro gel que debió incluirse en el purín que se utilizó en el laboratorio. Luego de este análisis, se escaló para un biodigestor de laboratorio, determinando que las cargas diarias serían de 30 g de estiercol, 15 ml de agua para lavado de piezas de ordeña que incluyó cloro gel y detergente lavalozas, y 15 ml de agua de enjuage de recipientes. A esto se agrega agua hasta completar 250 ml y se mezcla completamente con una máquina de cocina mini-pimer.

Granja de las mercedes, en María Pinto	Cantidad de animales	Densidad del excremento bovino	Excremento total de bovino por proceso ordeña	Agua total utilizada en limpieza de corral de ordeña	Agua total utilizada en limpieza de corral espera
	15 vacas en ordeña	0,9 kg/litro	56-60 litros/ jornada	100 litros	100 litros

Tabla 1

Análisis de volúmenes de residuos generados en una granja en la zona de las mercedes de la comuna de María Pinto. En esta granja la crianza de vacas es por pastoreo y se midió el volumen de los líquidos y sólidos que se generan diariamente luego del proceso de ordeña.

Para calcular el contenido orgánico y mineral de la carga diaria, se analizó los sólidos secos totales (SST) en estufa por 24 horas a 105ºC, las cenizas (o contenido inorgánico) se obtuvieron manteniendo el SST por 2 horas a 550ºC. Los Sólidos volátiles (SV) se calcularon restando la masa de cenizas a los SST.

Tal como se observa en la tabla 2, el 17,21 % de la masa del estiercol es sólido seco, por lo que en 30 g diarios, tenemos 5,16 g de SST en los 250 ml totales. Con respecto a los SV se calculó que diariamente se cargó 4,14 g en 250 ml y llevándolo a un volumen de litro, dió una carga de 16,56 g de SV* litro-1 día-1 lo que corresponde a una carga 10 veces mayor a lo recomendado en la literatura [5,6]. En las publicaciones se analiza el comportamiento de biodigestores tradicionales, como los de mezcla completa, que es el modelo mas utilizado a nivel industrial, y en algunos casos los digestores de doble cámara. En ambos casos, han mostrado un buen comportamiento con cargas de hasta 1,5 g de SV/Lt*día y se observa una caida en la actividad al aumentar a 2,5 g SV /Lt*día. No hay en literatura, biodigestores que traten cargas de 16 g de SV/Lt*día como lo que se requiere para estos residuos, y la única posibilidad es diluir la muestra con mucha agua. Al encontrarnos con graves problemas de sequia a nivel nacional se dificulta el uso de mucha agua, ya que los productores tratan de ahorrar este recursos al máximo.

El primer análisis realizado, fue la disminución de materia sólida en la primera cámara. Se tomaron 3 muestras diferentes de purines de días de carga diferentes y al mismo tiempo se tomaron tres muestras del lodo tratado que se esta extrayendo desde la primera cámara luego de los 35 días de tratamiento. De todas las muestras, nos aseguramos de tomar la misma cantidad en masa inicial (tabla de Figura 2, primera columna de datos numéricos). A todas las muestras se las deshidrató y evaluó el peso seco total. Los datos obtenidos, fueron transformados a porcentaje con respecto a la masa inicial, y además, la tabla incluye la materia orgánica como sólidos volátiles (SV). Tal como se observa en la tabla y en el gráfico de la Figura 2, el lodo disminuyó en un 46,7% con respecto al purín que se incorpora al biodigestor luego de 35 días de tratamiento. También se observa una disminución de un 41,9% de SV lo que es coherente con la disminución del SST. Esta disminución podría ocurrir solo por el paso de macromoléculas en la fase sólida a la fase líquida, es decir, solo mostrando alta hidrólisis, pero como es en esta primera cámara donde se observó la mayor generación de biogás, lo que implica que parte importante de la disminución de SV ocurre por transformación en biogás. En este sólido se observa una disminución de ceniza en un 22,2%. La materia inorgánica no se transforma en biogas, pero si puede pasar a la fase líquida por disolución y esto indicaría que por hidrólisis, hay un 22% de los SV que están disminuyendo desde el lodo solo para pasar a la fase líquida, pero el 20% adicional es la cantidad de contenido orgánico que está siendo transformado en biogás en la cámara 1.

	Sólido total (g)	Sólido seco total (g)	Sólido Seco total (% con respecto al sólido total)	Ceniza (g) (Contenido de materia inorgánica)	Ceniza (% con respecto al sólido total)	Sólido Volatil (g) (Contenido de materia Orgánica)	Sólido Volatil (% con respecto al sólido total)
	53,22	9,141	17,18	1,762	3,311	7,379	13,87
	51,096	8,674	16,98	1,7998	3,522	6,874	13,45
	62,006	10,835	17,47	2,129	3,434	8,706	14,04
Promedio			**17,21**		**3,422**		**13,787**
Desv. Std			**0,2464**		**0,106**		**0,304**

Tabla 2

Análisis de sólido seco total (SST), sólidos volátiles (SV) y cenizas obtenidas de excremento de vaca criada por pastoreo. También se entregan los valores del porcentaje con respecto al sólido total, que corresponde a la masa del excremento recién tomado sin haberla secado.

	% SST		% SV		% ceniza	
	Promedio	Desv. Std.	Promedio	Desv. Std.	Promedio	Desv. Std.
Lodo desde 1° cámara	1,133	0,032	1,522	0,042	0,386	0,012
Purin	2,126	0,32	2,621	0,32	0,496	0,015

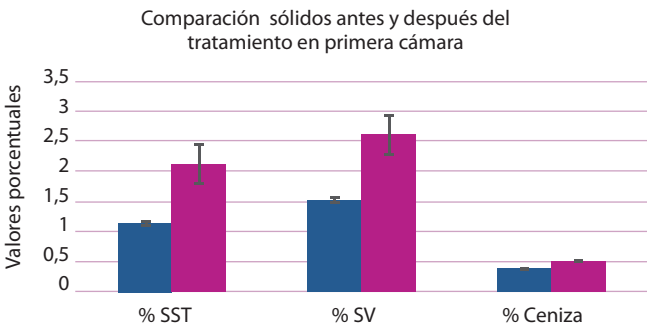


Figura 2

La tabla de arriba, muestra los mismos datos mostrados en el grafico inmediatamente debajo de la tabla. Los primeros datos comparan con media y desviación estandar, las poblaciones de datos del porcentaje de sólidos secos totales de la muestra de purín, con respecto a los lodos luego de la digestion anaeróbica por 35 días. Los valores del medio, muestran la comparación de los sólidos volátiles de las muestras de purines y los lodos tomados luego de la digestión. Finalmente se comparan los valores de ceniza entre los dos grupos. Barra celeste corresponde a purin y barra naranja corresponde a lodo.

Adicionalmente, se analizó la disminución de la materia orgánica de la fase sólida por la técnica de DQO. Esta técnica mide el contenido de la materia orgánica por una reacción química de oxidación. Para el análisis de DQO, se tomaron muestras del lodo de 4 semanas diferentes del funcionamieto del biodigestor y se observó una disminución de entre el 47- 67 % lo que varió según la semana. Esto indicó no se ha logrado un funcionamiento completamente homogéneo.

El tercer análisis realizado fue para determinar la capacidad que tiene nuestro modelo de biodigestor de laboratorio, de bajar la carga orgánica de la fase líquida de los purines con solo 12 días de retención (eluido). La técnica mas usada para esto, es la DQO. Esta técnica busca medir la cantidad total de materia organica de forma indirecta, midiendo la cantidad de oxígeno que se ocupa en oxidar químicamente la materia orgánica.

Tal como se aprecia en la Figura 3, la carga orgánica total del purín por técnica de DQO es de 26000 mg de oxígeno por litro de muestra y la carga orgánica del eluido es solo 3000 mg de O2/l muestra, logrando una disminución del 88,5%. Debido a que

	Purín	Sobrenad	Eluido
Promedio	**25885,757**	**12725,1025**	**3282,1748**
Desviación estandar	2329,04943	616,343516	1303,09103

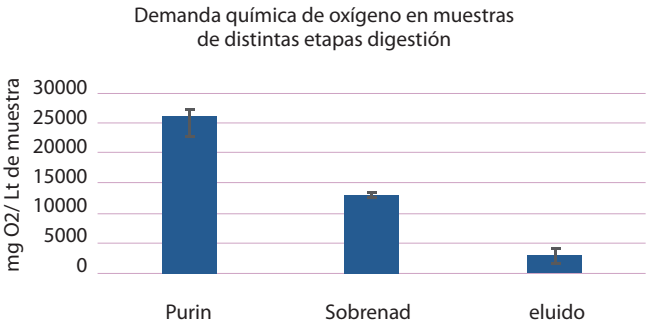


Figura 3

Datos que comparan la cantidad de materia orgánica determinada con técnica DQO. La medición se determina como miligramos de oxígeno ocupado por cada litro de muestra para muestras purin completo, del sobrenadante que queda luego de la decantación del sólido en la primera cámara y del eluido.

este purín incluye la fase sólida y la líquida, se tomó una muestra del sobrenadante de la cámara 1, lo que contiene la fase líquida luego de la decantación de la fase sólida. Este sobrenadante mostró una DQO de 12000-13000 mg de oxígeno /l muestra, que corresponde al 50% de la carga orgánica del purin completo. De esta fase líquida, el examen de DQO muestra una disminución del 77% de la materia orgánica en la fase líquida con solo 12 días de tratamiento.

La DQO es una muy buena técnica, pero no entrega los resulados reales de disminución de contenido orgánico degradable por bacterias. Por lo anterior, se realizó un ensayo de DBO ó demanda biológica de oxígeno, la cual mide el contenido orgánico biodegradable, es decir, la carga orgánica que realmente puede ser transformada por la digestión anaeróbica. El gráfico de la Figura 4 muestra los valores de DBO para el purin completo (PUR), el sobrenadante (SOB) y el eluido. Este ensayo fue realizado a 35 días y no DBO a 5 días que es lo tradicional, esto debido a que lo observado en resultados previos.

El ensayo de DBO, muestra el mismo comportamiento observado con la DQO, salvo que las concentraciones de materia orgánica son diferentes. Una gran diferencia de los ensayos de DQO con DBO, es el tipo de materia orgánica que pueden medir. La DQO, mide el total de la materia orgánica que tiene la muestra, incluso la NO biodegradable. Dentro de estas moléculas orgánicas, tenemos azúcares celulósicos y derivados de plantas lignificadas.

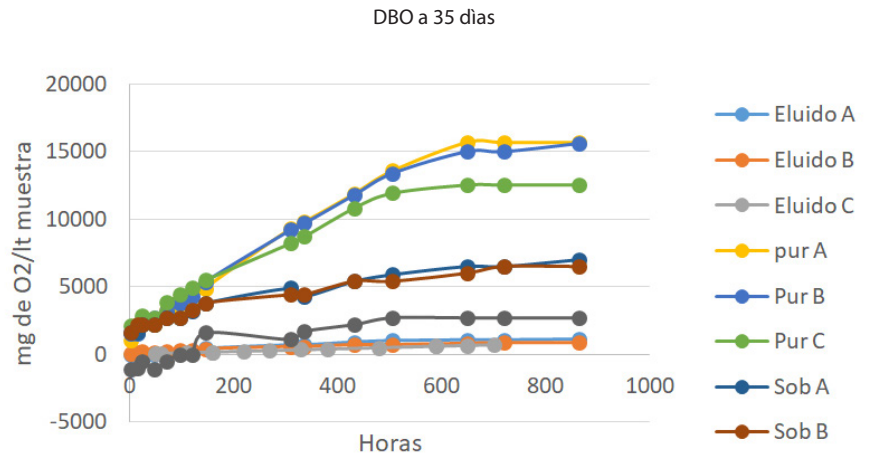


Figura 4

Ensayo de DBO35 para purín completo, sobrenadante de cámara 1 y eluido.

Debido a que los excrementos de las vacas tienen altas cantidades de residuos derivados de plantas que no podrían ser degradados en el biodigestor anaeróbico, se espera encontrar una gran diferencia entre los análisis de DBO y DQO.

El ensayo de DBO cuyos resultados se aprecian en la Figura 4, muestran que los purines totales tienen una cantidad de 15000 mg de oxígeno por litro de muestra (cantidad bastante menor que la DQO de 26000 mg O2 / l). Luego de la decantación de los sólidos del purín y liberación de materia orgánica a la fase líquida por hidrólisis se obtiene el sobrenadante, la que presenta una DBO de 7000 mg de oxígeno por litro de muestra. Al igual que con el ensayo de DQO, este sobrenadante contiene el 50% de la materia orgánica del purin completo. Los datos del eluido, que corresponden a la fase líquida que ha sido tratado por 12 días en el biodigestor anaeróbico, muestra valores de DBO de 900 mg de oxígeno por litro de muestra, esto indica una disminución del 86% en la materia orgánica digerible por bacterias en el biodigestor en la fase líquida. Es decir, por la técnica de DBO, se observa que luego de 12 días de tratamiento, se logro un 86% de disminución de la materia orgánica degradable, en cambio con la técnica DQO, se obseva solo un 77% de la materia orgánica que incluye materia degradable como no degradable, como material lignocelulósico.

Finalmente, se evaluó la generación de biogás del biodigestor. Tal como se observa en la Figura 5, a la segunda semana hay una generación mayor de biogás que las semanas subsiguientes y este volumen comenzó a disminuir de forma regular hasta la semana hasta la semana 7. Esto ocurrió, debido a que al comenzar la operación del biodigestor de laboratorio y lograr un crecimiento microbiológico adecuado, se inóculo con bacterias provenientes de estiercol fresco de vaca, y se debió incluir una alta concentración de carga orgánica inicial. Las primeras semanas muestran la estabilización del biodigestor. Solo dos meses después del inicio de operación, este logró estabilización. A la semana nueve y por dos semanas mostró una generación de 700 ml semanales de biogás, pero desde la semana del 22 de mayo el biodigestor comenzó a bajar la producción de biogás de forma constante hasta que esta se detuvo completamente. Este fenómeno, mostró un colapso del prototipo de laboratorio y se trabajo en su mejora. Luego del análisis en el laboratorio, nos dimos cuenta que el diseño de la primera cámara permitió el colapso por acumulación del sólido decantado. Fue necesario rediseñar un sistema diferente para extracción del lodo ya estabilidado por 35 días. En la Figura 5 se observa como esta mejora logró la recuperación de la producción de biogás en 700 ml semanales.

Tal como se observa en el gráfico de la Figura 5, se logró generación de 700 ml de biogas por 16 g de SV, lo que es bastante menor a lo observado por otros investigadores [6-8]. En estas publicaciones se ensayan con cargas diarias 10 veces mas diluidas y usan un modelo de biodigestor anaeróbico completamente diferente. Debido al bajo volumen semanal de biogás producido con respecto a lo esperado, se decidió realizar un último ensayo. En dos digestores tipo Batch, se cargó 190 g de excremento fresco y 500 ml de agua muy bien mezclados en el primer biodigestor Batch y 190 g de excremento viejo ó almacenado en refrigerados por más de una semana en el segundo digestor batch. En cada biodigestor, se eliminó el oxígeno llenando el biodigestor con agua y luego desplazando el agua con biogás almacenado previamente. Se cargó cada uno con la mezcla a incubar y se cerró, para mantenerlo por 60 días a 35ºC y agitación diaria de 30 segundos cada vez. Cada biodigestor batch se conectó en un gasometro que midió volumen por desplazamiento de agua. Tal como se observa en la figura 6, se pudo observar el volumen máximo de biogás generado por una cantidad fija de excremento de vaca. El excremento fresco, a los 5 días comenzo a producir biogás y se logró el volumen máximo a los 25 días. Con la misma cantidad de excremento viejo y almacenado en el refrigerador, comenzó a generar biogás desde el día 27 y llegó al volumen máximo al día 50. Ambos excrementos fueron tomados de la misma granja, es decir, vacas con la misma alimentación. A pesar de que ambos excrementos comenzaron generación de gas y terminaron en momentos diferentes, el volumen máximo de biogás generado es el mismo y ambos demoraron el mismo tiempo entre el comienzo de la generación y término de esta. La diferencia en el comienzo de la producción claramente se dió por las concentraciones de bacterias del proceso

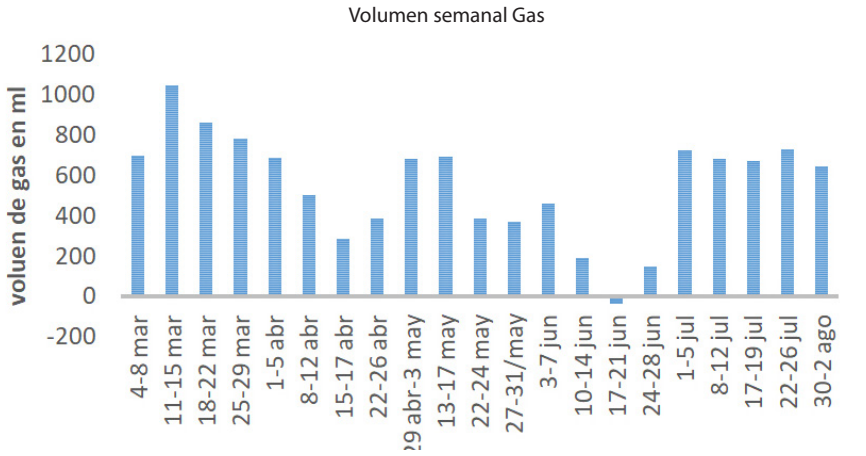


Figura 5

Volumenes semanales de biogás generado por el biodigestor carga. Al inicio el alto nivel de gas que comienza a bajar es por alta carga organica inicial del biodigestor, que muestra estabilización durante los primeros días de mayo. Posteriormente hay fallas de operación, que se resuelven y vuelve a operar establemente desde los primeros días de julio

anaeróbico. En el excremento fresco las bacterias estaban muy activas, pero en el excremento almacenado en refrigerador, las bacterias no solo estaban apagadas, sino que por el tiempo que demoró se deduce que la concentración microbiológica era baja, y en todo ese tiempo las bacterias tuvieron que multiplicarse para comenzar el proceso. Al analizar el volumen máximo de biogás, ambos ensayos produjeron 1000 ml totales a partir de 190 g húmedos de excremento. Esto implica 5,26 ml de gas por cada gramo de excremento húmedo. Si en el biodigestor multicámara modular con biofiltros, la carga diaria fue de 30 g de excremento húmedo y esto se realizó por 5 días a la semana, se debería esperar una generación máxima de biogas de 790 ml por semana, basados en los resultados de los digestores tipo batch mostrados en la figura 6. La Figura 5, muestra volumenes de 700 ml semanales en un funcionamiento bastante regular por a lo menos 5 semanas. Esto implica casi un 90% de eficiencia en la generación de biogás de lo máximo esperado.

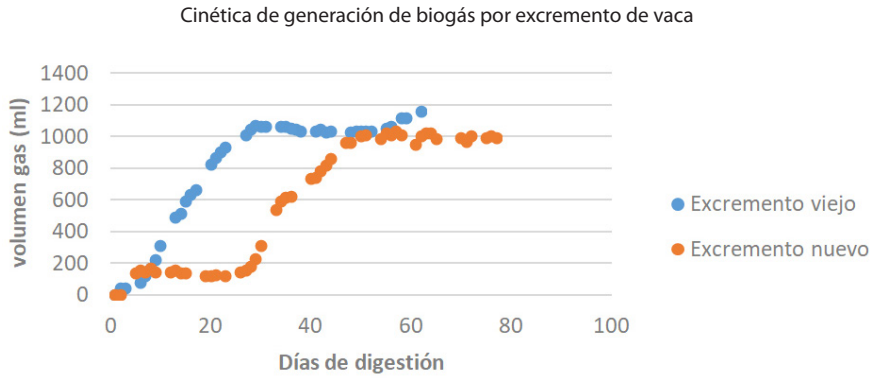


Figura 6

Generación total de gas a partir de 190 g de estiércol de vaca disuelto en 500 ml de agua. En dos muestras diferentes de estiércol, una muestra nueva con menos de 20 horas de antigüedad y otra muestra antigua de una semana de antigüedad guardada en refrigerador.

Todos los resultados anteriores, demuestran que este biodigestor logró digerir la materia orgánica generando biogás. Este proceso pudo hacerse sobre concentraciones mucho mas elevadas que lo que se observa en otros modelos de biodigestores observados en la literatura. Esto tiene el potencial de poder tratar residuos muy concentrado sin necesidad de diluir, y por lo tanto, logra generación de biogás con menor contenido de agua, lo que es un gran avance en los tiempos de sequía que tenemos en el mundo.

Por otro lado, el hecho de separar una fase sólida de la fase líquida, permite en un mismo biodigestor tener tiempos de retención completamente diferentes para ambas fases. En este trabajo se observa como se logró tratar la fase sólida con 35 días y la fase líquida con solo 12 días. Este hecho, permite disminuir considerablemente el volumen del biodigestor para residuos semisólidos. Residuos como los purines o residuos agropecuarios, a veces tienen altos volúmenes de agua que al no tener materia orgánica, normalmente baja considerablemente la generación de biogás desde biodigestores tradicionales. Debido a que los sólidos vienen completamente mezclados con agua en todo el proceso, el agua disminuye la concentración del contenido orgánico y, por lo tanto, el biogás generado disminuye por día. Adicionalmente, en pequeñas granjas los volúmenes de agua diarios pueden cambiar, lo que puede generar grandes variaciones diarias en la generación de biogás. Este biodigestor, muestra que la digestión del excremento no depende del volumen de agua. Es decir, a una carga diaria regular de excremento, se lograrían generaciones regulares de biogás.

Lo otro interesante, es el bajo tiempo de retención que se logra en el tratamiento de la fase líquida. A pesar de tener concentraciones muy altas, con DBO de 7000 mg de O2/lt, con solo 12 días se observó una disminución del 86% en esta. En ensayos anteriores con este modelo de biodigestor [3], se lograron mejores eficiencias en generación de biogás y en la disminución de materia orgánica desde un residuo de alta concentración de materia orgánica, pero los ensayos se realizaron sin contenido lignocelulósico. Los resultados observados en este trabajo, mostraron una baja generación de biogás con respecto a la masa de sólidos volátiles cargados en el biodigestor. Sin embargo, cuando se ensayó en un biodigestor tipo batch se encontró que el biogás generado estaba muy cercano al máximo pisible. Esto quiere decir que la baja generación no es por problemas de eficiencia del biodigestor, sino que probablemente la cantidad de sólidos volátiles considerados en la carga estan sobreestimados. Se realizó un nuevo ensayo cuantificando SST, SV y ceniza por triplicado del excremento que se estaba usando como carga de los biodigestores. Pero en esta ocasión, se separó el material lignocelulósico del resto del residuo sólido y luego de eso, se determinó SST, SV y ceniza para cada fracción. Los resultados dieron un 45% de material lignocelulósico en el excremento y 40% de cenizas en la fracción que no tenía material lignocelulósico y solo entre 15% de material orgánico degradable. Esto explicaría los bajos volúmenes de biogás generados en el biodigestor, ya que significaría que los 700 ml no se generan por 16 g de SV, sino que solo a partir de 2-3 g de SV que son volúmenes similares a lo publicado.

Referencias

[1] Varnero, M. T. (2011) Manual del Biogás. Santiago, Ministerio de Energía y FAO.

[2] Ávila M., Erlwein A., Sotomayor E. y Cerda F.(2016) Biogás de residuos agropecuariosen la región de los rios: aspectos generales, experiencias y potencial de producción. Valdivia, INDAP y gobierno regional de los lagos.

[3] Cárdenas S.P. (Octubre, 2017). Diseño y confección de un nuevo biodigestor anaeróbico multicámara modular, para tratamiento de residuos líquidos y semisólidos agropecuarios. Presentado en el XXII congreso Chileno de ingeniería sanitaria y ambiental AIDIS Chile. Iquique, Chile.

[4] Muñoz K., Kanzua K., Montedónico B., Diaz B y Cárdenas S.P. (2016). Eliminando lo orgánico de tu basura. Ingeniería al día. 1-2, 40-45

[5] APHA, (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed. American Public Health Assoc., Washington DC.

[6] Regueiro L., Lema J.M. y Carballa M. (2015) Key microbial communities steering the functioning of anaerobic digesters during hydraulic and organic overloading shocks. Bioresource technology 197, 208-216

[7] Guo X., Wang C., Sun F., Zhu W. y Wu W. (2014). A comparison of microbial characteristics between the thermophilic and mesophilic anaerobic digesters exposed to elevated food waste loadings. Bioresource technology 152, 420-428

[8] Misale G., Neelgund S.E., Singh V. y PatilS.V. (2019) Anaerobic Digestion Process for the Treatment of High Brix Distillery Spent Wash. International journal of fermented food. 8, 79-83.

Catherine Huerta

Estudiante de Geología de la UCEN es elegida directora de Eje Social del Grupo de Volcanología de la Sociedad Geológica de Chile

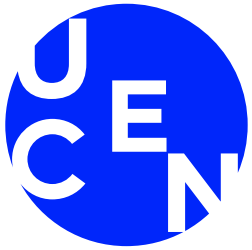
Esta recién creada agrupación que se origina dentro de la Sociedad Geológica de Chile escogió a la estudiante centralina como representante del eje social, quien cuenta con la validación de todos los volcanólogos, geólogos y estudiantes de Chile insertos en esta instancia.

Catherine Huerta, estudiante de Geología, quien este año ingresó a la UCEN por la vía de admisión especial, por lo que cursa asignaturas de cuarto y quinto año, fue elegida directora del Eje Social del Grupo de Volcanología de la Sociedad Geológica de Chile, esto durante una sesión de videoconferencia entre los integrantes de esta corporación llevada a cabo el pasado 23 de junio.

Como contexto, Francisco Fuentes, director de las carreras Ingeniería Civil en Minas y Geología, quien es parte de esta sociedad, contó que "el año pasado, un grupo de destacados geólogos relacionados con volcanología, decidieron crear el Grupo de Volcanología de la Sociedad Geológica de Chile. La Sociedad aceptó la propuesta de creación y el grupo ya está en la etapa de elección de sus autoridades"; asimismo complementó que este organismo chileno es adherente a la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) y es la que realiza los principales esfuerzos de divulgación científica de Geología en Chile.

Por otra parte, Fuentes explicó que entre los principales objetivos de la nueva agrupación de volcanología donde la estudiante centralina ocupa uno de los cargos directivos, están difundir temáticas relacionadas a la volcanología; entregar una versión fidedigna y objetiva con respecto a los episodios volcánicos ocurridos o que puedan ocurrir; gestionar y promover la colaboración entre organizaciones e instituciones ligadas a la volcanología. En ese sentido, el director de carreras afirmó que "la elección de nuestra estudiante Catherine Huerta como directora es un tremendo orgullo para nuestra universidad, siendo que fue una de las más férreas impulsoras para la creación de este Grupo, y que ha ideado y realizado sesiones científicas en importantes congresos geocientíficos, como en el Congreso de la Asociación Latinoamericana de Volcanología (ALVO)".

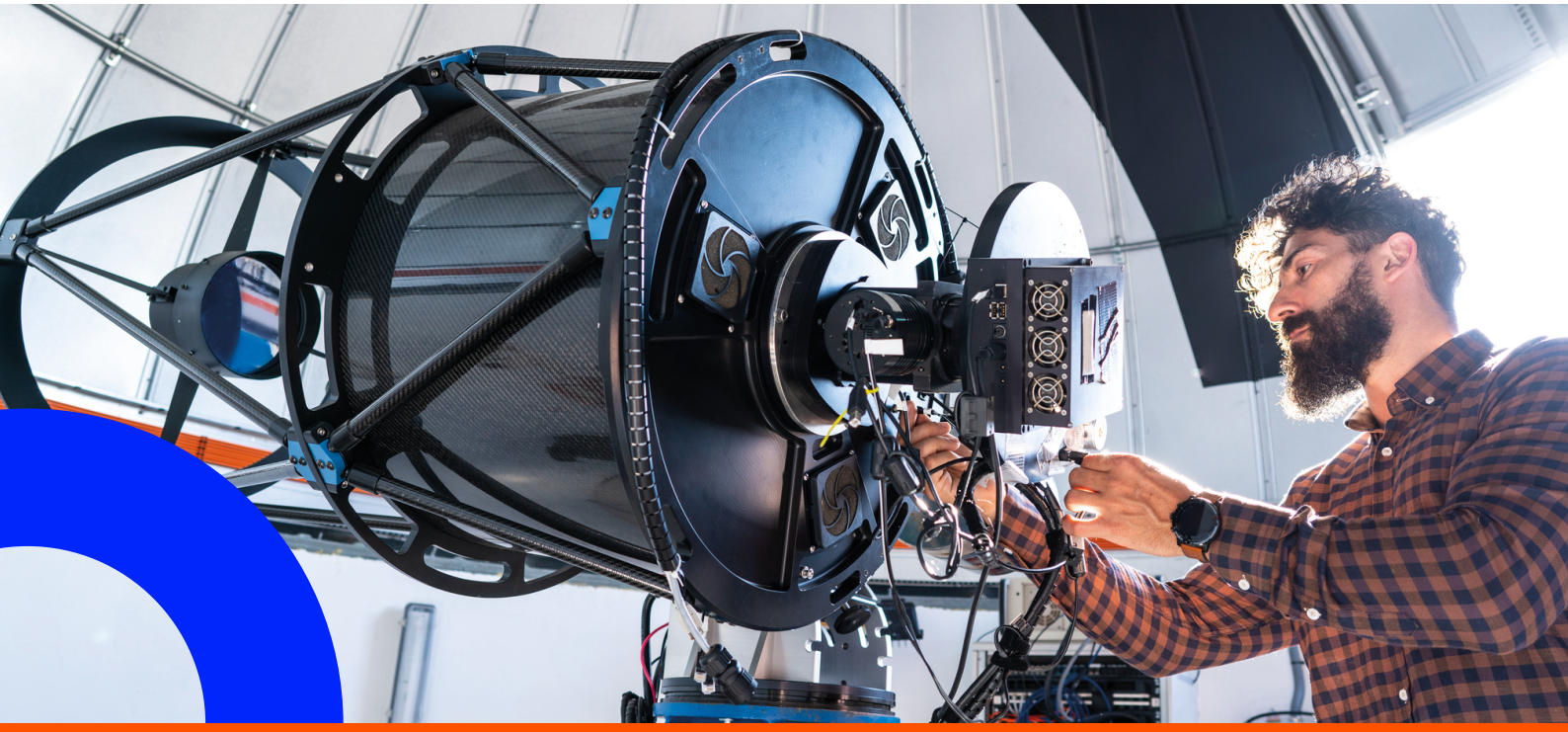
En tanto, Huerta expresó que tras su nominación se sintió "muy orgullosa", además calificó como "gratificante saber que tus colegas valoran el trabajo que llevas haciendo por tanto tiempo. Un trabajo que muchas veces no es remunerado, pero que es absolutamente necesario para tener una sociedad más consciente en cuanto a peligros volcánicos. Luego de asumir el cargo, me siento feliz y entusiasmada, puesto que siempre he sentido la necesidad de abrir la academia a la comunidad, lo que me ha llevado a estar constantemente participando en actividades de divulgación, principalmente enfocadas en la comunidad escolar. Por esta razón es que asumir el cargo es una inyección de energía para continuar con esta hermosa labor" finalizó la estudiante de Geología.



Universidad
Central

Estamos
comprometidos con la
Región de Coquimbo

Admisión 2021



Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Licenciatura en Astronomía

En la Región de Coquimbo

- Licenciatura en Astronomía con enfoque inclusivo
- Con formación y uso de data science en astronomía
- Conectada con la Región, a través de los Observatorios Astronómicos

Postula Aquí

www.ucentral.cl admision@ucentral.cl 600 582 2222

DIRECCIÓN DE COMUNICACIONES CORPORATIVAS