



# CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica  
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



• La Hora del Código • Radiación solar en Monterrey, Nuevo León

• Cambio climático, efectos en la Cuenca Nazas-Aguanaval • Mapas de potencial electrostático



Año 25,  
Número 113  
mayo - junio 2022

ISSN: 2007-1175



Una publicación bimestral de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López

Rector

Dr. Juan Paura García

Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González

Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Dr. Guillermo Elizondo Riojas

Director Ciencia UANL

Melissa Martínez Torres

Editora

#### Consejo Editorial

Dr. Sergio Estrada Parra, (Instituto Politécnico Nacional, México) /

Dr. Miguel José Yacamán (Universidad de Texas, EUA) / Dr. Juan Manuel Alcocer González (Universidad Autónoma de Nuevo León, México) /

Dr. Bruno A. Escalante Acosta (Instituto Politécnico Nacional, México)

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores

Diseño: Mónica Lozano

Correctora de inglés: Mónica L. Balboa

Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas

Asistente administrativo: Claudia Moreno Alcocer

Portada: Francisco Barragán Codina

Webmaster: Mayra Silva Almanza

Diseño de página web: Rodrigo Soto Moreno

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 25, N° 114, julio-agosto de 2022. Es una publicación bimestral, editada y distribuida por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Editora: Melissa Martínez Torres. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2021-060322550000-102. ISSN: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título y Contenido No. 16547. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 2 de mayo de 2022, tiraje: 1,800 ejemplares.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México  
Todos los derechos reservados  
© Copyright 2022

revista.ciencia@uanl.mx

## Ciencia UANL

### COMITÉ ACADÉMICO

#### CIENCIAS DE LA SALUD

*Dra. Lourdes Garza Ocañas*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS EXACTAS

*Dra. Ma. Aracelia Alcorta García*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS AGROPECUARIAS

*Dra. María Julia Verde Star*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS NATURALES

*Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS SOCIALES

*Dra. Veronika Sieglin Suetterlin*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

*Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS DE LA TIERRA

*Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

### COMITÉ DE DIVULGACIÓN

#### CIENCIAS DE LA SALUD

*Dra. Gloria María González González*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS EXACTAS

*Dra. Nora Elizondo Villarreal*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS AGROPECUARIAS

*Dr. Hugo Bernal Barragán*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS NATURALES

*Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS SOCIALES

*Dra. Blanca Mirthala Taméz Valdés*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

*Dra. Yólanda Peña Méndez*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

#### CIENCIAS DE LA TIERRA

*Dr. Héctor de León Gómez*  
(Universidad Autónoma de Nuevo León, México)

# ÍNDICE



6

EDITORIAL

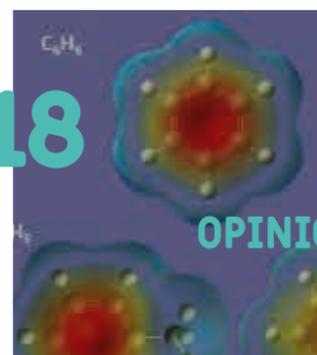


8

CIENCIA Y  
SOCIEDAD

“La Hora del Código”:  
una mirada diferente  
hacia la programación

Ma. del Carmen  
Nolasco Salcedo



18

OPINIÓN

Mapas de potencial  
electrostático para  
la comprensión de la  
relatividad química

Saraí Vega Rodríguez



24

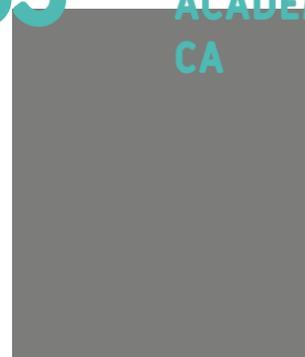
EJES

Análisis del componente  
principal para reducir  
datos de radiación solar,  
caso de estudio Monte-  
rrey, Nuevo León

Jorge Luis Tena García,  
Luis Fabián Fuentes Cortés,  
Luis Miguel García Alcalá

33

SECCIÓN  
ACADÉMI-  
CA



34

Tendencias locales  
de cambio climá-  
tico y sus efectos  
en la Cuenca Na-  
zas-Aguanaval: aná-  
lisis de un periodo  
de 80 años (1940-  
2020)

Omag Cano-Villegas,  
Gisela Muro-Pérez, Joel  
Flores, Gamaliel Cas-  
tañeda Gaytán, Jaime  
Sánchez Salas

39

Síntesis de poliés-  
teres alifáticos vía  
polimerización por  
apertura de anillo  
organocatalítica: es-  
tudio de la influencia  
de los parámetros  
de reacción sobre  
sus propiedades  
térmicas y estructu-  
ra molecular

Marco A. de Jesús-Té-  
llez, Felipe Robles-Gon-  
zález, Ramón Díaz de  
León Gómez, Antonio  
S. Ledezma-Pérez,  
Héctor Ricardo  
López-González

48



IN ME-  
MORIAM

Muere el pionero  
de la Genética, Dr.  
C. Thomas Caskey

Hugo Alberto Ba-  
rreira Saldaña

54



CIENCIA  
DE FRON-  
TERA

Cómo construir  
cadenas de valor  
para el proceso de  
transferencia: en-  
trevista con el doc-  
tor Héctor Benítez  
Pérez

María Josefa Santos  
Corral

62



SUSTEN-  
TABILIDAD  
ECOLÓGICA

Progreso de la  
sustentabilidad  
empresarial

Pedro César Can-  
tú-Martínez

69



CIENCIA  
EN BRE-  
VE

76

COLABO-  
RADORES

## EDITORIAL

# 113

MARÍA ARACELIA  
ALCORTA GARCÍA\*

Hoy en día, el uso de la tecnología se ha visto favorecido desde la niñez, lo que ha despertado el interés y la creatividad, además de desarrollar las habilidades necesarias para la programación desde esta temprana etapa de la vida. De esta manera, la programación se ha convertido en una importante herramienta, ya que las habilidades adquiridas al programar son requeridas en todas las disciplinas, esto favorece el planteamiento y la solución de problemas diversos, sin pasar por alto la integración a un mundo en el cual el manejo de la tecnología se ha convertido en una prioridad.

En este número, en la sección Ciencia y Sociedad, María del Carmen Nolasco Salcedo nos presenta una forma lúdica de aprender a programar, en la cual los niños incrementan su creatividad y adquieren las habilidades lógicas, concentración y abstracción tan necesarias para la programación, y en general para la solución de problemas, en el trabajo titulado “La Hora del Código’: una mirada diferente hacia la programación”.

Asimismo, un recorrido fascinante a través del “corazón” de la Química, es decir, las reacciones químicas, es presentado por Sarai Vega Rodríguez en la sección de Opinión, en la investigación titulada: “Mapas de potencial electrostático para la comprensión de la reactividad química”.

Por otro lado, información importante acerca de la radiación solar y los factores que tienen mayor impacto en el ambiente en nuestra región es analizada mediante la aplicación de algunas técnicas estadísticas y presentada en el trabajo titulado “Análisis de componente principal para reducir datos de radiación solar, caso de estudio Monterrey, Nuevo León”, cuyos autores son Jorge Luis Tena García, Luis Fabián Fuentes Cortés, Luis Miguel García Alcalá, en nuestra sección Ejes.

\* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.  
Contacto: maaracelia@gmail.com

En nuestra sección Académica se presentan las “Tendencias locales de cambio climático y sus efectos en la Cuenca Nazas-Aguanaval: análisis de un periodo de 80 años (1940-2020)”, de Omag Cano-Villegas, Gisela Muro-Pérez, Joel Flores, Gamaliel Castañeda Gaytán y Jaime Sánchez Salas, quienes analizan datos históricos del centro-norte de México durante 1940-2020, de 26 estaciones meteorológicas, ubicadas en 15 municipios, presentando dos escenarios contrastantes de exposición y vulnerabilidad al cambio ambiental en esta región. Si de algo debemos tomar conciencia, y sobre todo tomar acciones para no sufrir las consecuencias catastróficas en un futuro cercano, sin duda alguna es el cambio climático. Algunas acciones a tomar, entre otras, son que los resultados de las investigaciones se den a conocer a instancias del gobierno y a la sociedad en general, y se tomen las medidas necesarias para reducir los efectos del mismo. El uso de fuentes de energía renovables, disminuir el consumismo, desarrollar la conciencia en la sociedad de un verdadero cambio de actitud hacia el cuidado de las zonas verdes, el agua y el aire, entre otras, también podrían ser de utilidad.

Acompáñenos a conocer un poco más sobre éstos y otros temas en el resto de nuestras secciones que hemos preparado con mucho gusto para ustedes, ¡bienvenidos al número 113 de nuestra revista *Ciencia UANL!*

# “La Hora del Código”: una mirada diferente hacia la programación

MA. DEL CARMEN NOLASCO SALCEDO\*

En medio de la globalización, y a medida que nuestro mundo se vuelve más dependiente de la tecnología, la programación se convertirá rápidamente en una habilidad fundamental para la generación actual de niños. De la misma manera que nuestras escuelas enseñan a leer, escribir y aritmética, nuestros nativos digitales deben aprender el lenguaje de esta era, que es la programación de computadoras.

Al aprender a programar, los niños adquieren habilidades que son esenciales para el pensamiento lógico, la resolución de problemas, nivel de abstracción, atención

y concentración, entre otras. Tales habilidades se prestan a cualquier disciplina y se trasladan a los desafíos diarios, ya sea dentro o fuera del aula. La programación también fomenta el pensamiento crítico. El conocimiento de la programación es esencial a nivel mundial. Un sitio web, Code.org, generó una iniciativa: la Hora del Código, que anima a los estudiantes a completar tutoriales breves de programación.

La Hora del Código de Code.org se lleva a cabo anualmente durante la Semana de la Educación en Ciencias de la Computación. La autora informa sobre un estudio realizado en dos escuelas de educación básica, en el estado de Jalisco, en el municipio de Ocotlán. Se pidió a una muestra de los estudiantes de educación básica que participaron en un taller-tutorial donde pudieron programar y diseñar sus propios videojuegos de una forma divertida en la Hora del Código, contestaran un cuestionario electrónico que se implementó para encuestarlos antes y después de completar el tuto-

\* Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.  
Contacto:mcns08@gmail.com

rial en línea sobre sus actitudes hacia la programación y sus habilidades para la codificación.

La Hora del Código es una forma lúdica de aprender. Permite a los niños experimentar, compartir, razonar y entender cómo se hacen las cosas. ¡Los niños pueden hacer sus propias creaciones! Al aprender a programar, pasan de ser meros espectadores a creadores. Para lograr un aprendizaje óptimo, el cerebro necesita estar emocionado de aprender. La programación ayuda en la toma de decisiones y promueve el trabajo en equipo, ya que se basa en un trabajo colaborativo en el que cada niño juega un papel y aporta algo a los demás.

Al aprender a programar se desarrolla la creatividad; uno crea rutinariamente algo de la nada. Permite al estudiante tomar una idea y desarrollarla. La programación le permite al estudiante desarrollar un pensamiento, en su imaginación, y darle vida; conduce a avances en ingeniería, medicina, música, etc. El único límite es el cielo.

## MARCO TEÓRICO

La educación primaria carece de una forma abrumadora de materias tecnológicas (Sanders, 2008). La programación de computadoras no es una tarea fácil de conquistar por un principiante. Además de las calificaciones, la retención, las actitudes y la ansiedad de los estudiantes, los estudios han indicado diferencias de género en los cursos de introducción a la programación (Rubio *et al.*, 2015). Java es uno de los lenguajes más empleados en los cursos de introducción



a la programación; sin embargo, sus peculiaridades dificultan su aprendizaje. Insisto en que uno de los mejores lenguajes de programación, sino es que el mejor, para aprender a programar es el Pascal, una excelente opción para iniciarse en el mundo de la programación, ya que a pesar de que tiene décadas de haber sido creado y que otros lenguajes de programación se han venido desarrollando, sigue siendo utilizado por algunas instituciones educativas para enseñar a programar.

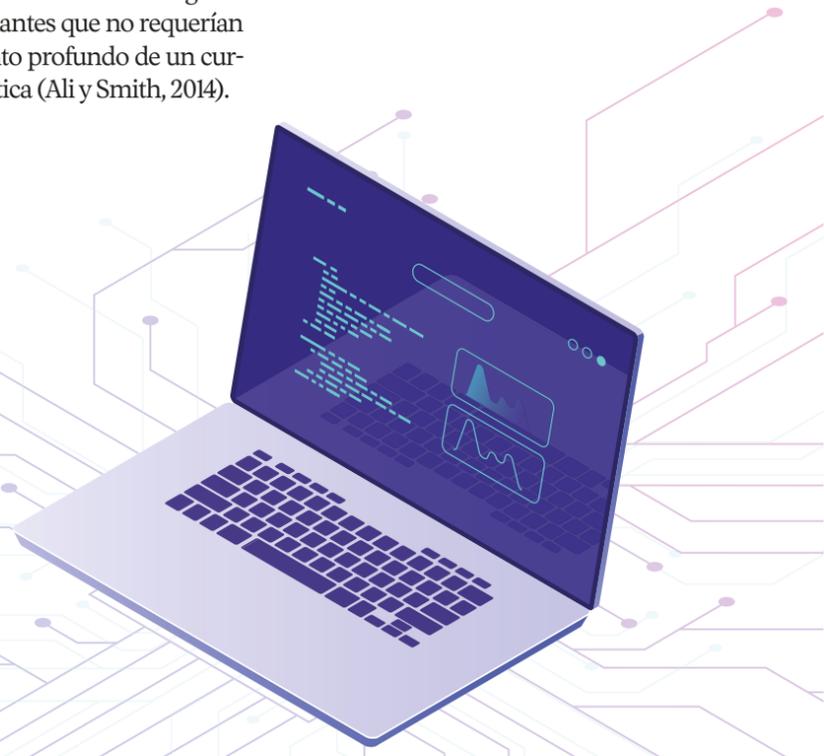
La bibliografía académica está repleta de estudios sobre métodos para facilitar la educación en programación. Nikula *et al.*, (2007) demostraron que los lenguajes con un mayor nivel de abstracción, como Python, mejoraron la retención y comprensión de los estudiantes. Siguiendo la estrategia de programación visual, Lee, Pradhan y Dalgarno (2008) argumentaron que las herramientas visuales facilitan, al programador principiante, desarrollar y manipular modelos y esquemas mentales.

Las estrategias de juego para aprender a programar se consideran más agradables que los entornos de aprendizaje tradicionales. Por ejemplo, muchos videojuegos tienen niveles y una vez que todos éstos se han completado con éxito, el jugador gana el juego. Robocode de IBM es un entorno que mejoró las habilidades de programación de los usuarios al tiempo que se considera una experiencia agradable (Long, 2007).

## ENFOQUES PARA ENSEÑAR PROGRAMACIÓN VISUAL

Se ha demostrado que los enfoques visuales mejoran la comprensión del programa; se han empleado otras herramientas de programación visual en la educación informática. Una de esas herramientas es Alice (Dann, Cooper y Pausch, 2011). Los lenguajes de programación por bloques han sido desarrollados para aprender de una manera fácil e intuitiva. Alice es un entorno virtual donde los estudiantes usan programación visual en forma de piezas de rompecabezas para construir código que hace que los actores en un entorno virtual realicen tareas (es decir, un conejo saltando). Alice fue empleada en un curso de programación de educación general para estudiantes que no requerían el conocimiento profundo de un curso de informática (Ali y Smith, 2014).

Se demostró que Alice es una alternativa eficaz a los lenguajes de programación estándar en la enseñanza de la programación a estudiantes universitarios de informática (Sykes, 2007). Scratch es una herramienta visual para enseñar programación de computadoras, principalmente para las edades de 8 a 16 (Maloney *et al.*, 2010). Scratch involucra tareas como dibujar y animar personajes, crear historias y juegos. Scratch se ha implementado como una herramienta para enseñar programación a los jóvenes (Maloney *et al.*, 2008). Además, las universidades han utilizado Scratch como un primer curso de programación de computadoras para finalmente hacer la transición de los estudiantes a Java u otros lenguajes (Malan y Leitner, 2007).



Similar a Alice y Scratch, MIT App Inventor es una herramienta de programación visual en la que los estudiantes construyen código ensamblando bloques o piezas de un rompecabezas (Wolber *et al.*, 2011). App Inventor crea aplicaciones móviles para dispositivos Android, demuestra su flexibilidad para enseñar conceptos introductorios de programación y se ha implementado en campamentos de verano para estudiantes de secundaria en Georgia con resultados mixtos (Roy, 2012).

## METODOLOGÍA

Se pidió a los estudiantes que realizaran un tutorial como parte de su participación en la Hora del Código. El procedimiento, el procesamiento de datos y el análisis se describen en las próximas secciones.

## Procedimiento

Los estudiantes de educación básica, especialmente los de 5°, 6° y 1°, 2° y 3° de secundaria fueron seleccionados al azar de las secciones requeridas de los cursos básicos en un esfuerzo por capturar un grupo diverso de estudiantes dentro de la muestra. Participaron 137 estudiantes de educación primaria y secundaria en este estudio. Entre ellos, 105 de secundaria y 32 de primaria.

## Recopilación de datos

Los métodos para la recolección de datos implicaron tres pasos: 1. Cuestionario previo, 2. Taller-tutorial en línea y 3. Postcuestionario. Se utilizaron cuestionarios previos y posteriores para conocer el cambio en las actitudes y habilidades de los estudiantes.

Se implementó un cuestionario electrónico previo y posterior al taller de la Hora del Código, para encuestar a los participantes sobre sus actitudes hacia la programación. En primer lugar se recopiló información de antecedentes, como la experiencia de programación de los participantes. Se preguntó a los participantes si habían realizado algún curso de programación.

El siguiente conjunto de preguntas se centró en comprender las actitudes de los participantes hacia la programación (tabla I).

Otro conjunto de preguntas (tabla II) se relacionó con el conocimiento de programación. Se hicieron dos preguntas para probar la comprensión

Tabla I. Las cuatro preguntas con relación a las actitudes hacia la programación.

P1	¿En qué medida estás de acuerdo o en desacuerdo con la siguiente afirmación: todos los estudiantes deberían tener la oportunidad de aprender a programar una computadora porque les enseña a pensar?
P2	¿Qué probabilidades hay de que realices un curso de programación?
P3	¿Disfrutaste el tutorial proporcionado en la Hora del Código?
P4	¿Completar el tutorial cambió tu actitud hacia la programación?, ¿cómo?

## RESULTADOS

De los 137 estudiantes que participaron en este estudio, la mayoría (72%) nunca había realizado ningún curso de programación informática. El promedio de años de experiencia en programación fue de un año. Esta información confirmó la suposición de que el tutorial “para principiantes” era apropiado para usar en este estudio debido a la experiencia de programación muy limitada de los participantes.

de los participantes de tres conceptos básicos de programación: estructuras selectivas (si-entonces) y estructuras iterativas (mientras). Al final del cuestionario se pidió a los participantes que proporcionaran comentarios adicionales sobre la programación.

En resumen, la encuesta previa contenía siete preguntas que cubrían los temas mencionados anteriormente. La encuesta posterior contenía las mismas siete preguntas que aparecieron en la encuesta previa más dos preguntas nuevas (P3 y P4) con el supuesto de que las actitudes de los estudiantes hacia la programación y sus habilidades de programación cambiarían como resultado de tomar el taller en la Hora del Código.

## Conciencia de la importancia de la programación

En la encuesta previa, 29% de los participantes creía que todos los estudiantes deberían tener la oportunidad de aprender a programar una computadora en comparación con 26% que no lo hizo, mientras que 45% permaneció neutral. Por el contrario, en la postencuesta, la mayoría (54%) de los participantes indicó estar de acuerdo con la afirmación, 29% fue neutral y 16% no estuvo de acuerdo. La tabla III

Tabla II. Preguntas con relación al conocimiento de programación.

P5	¿Cuál es tu experiencia con la programación?
P6	¿Has tomado algún curso de programación?
P7	De las siguientes opciones ¿cuál es la expresión equivalente a la siguiente decisión?  Si $X > 10$ entonces  Si $X > Y$  Imprime X  Fin-Si  Fin-Si  Si $x > 10$ o $y > 10$ entonces imprime "x"  Si $x > 10$ y $x > y$ entonces imprime "x"  Si $y > x$ entonces imprime "x"  Si $x > 10$ y $y > 10$ entonces imprime "x"
P8	En el siguiente segmento de código, ¿qué se imprime?  $g = 6$  $h = 4$  mientras $g < h$  $g = g + 1$  fin-mientras  Imprime g, h
P9	En el espacio a continuación, comparte cualquier comentario adicional sobre la programación.

muestra que más estudiantes tienen actitudes positivas hacia la programación después de completar un tutorial de la Hora del Código.

Se puede observar que hubo una diferencia significativa en las actitudes de los estudiantes hacia el aprendizaje de la programación, estos resultados sugieren que el tutorial cambió las actitudes de los participantes hacia éste. Después de tomar el tutorial, los estu-

diantes se mostraron más positivos sobre el aprendizaje de la programación. Cuando se les preguntó si les interesaba tomar un curso de programación, en la encuesta previa, la mayoría (58%) de los participantes consideró poco probable hacerlo, en comparación con 42% que dijo que sí. En la encuesta posterior, la reversión se produjo con 57% indicando que sí tomaría un curso de programación. La diferencia entre las respuestas anteriores y posteriores a

la encuesta se muestra en la tabla IV. Es más probable que los estudiantes tomen un curso de programación después de completar un tutorial de la Hora del Código.

Los resultados sugieren que después de tomar el tutorial, es más probable que los estudiantes tomen un curso de programación. La tercera y cuarta preguntas se formularon sólo en la encuesta posterior. La mayoría de los participantes (79%) disfrutó del tutorial proporcionado por Code.org en comparación con 8% que no lo hizo (tabla V). Cuando se les preguntó acerca de cómo el tutorial cambió su actitud hacia la programación, la mayoría de los participantes (60%) respondió "que ahora tenían más interés en aprender a programar" (tabla VI). Curiosamente, más de un tercio (35%) no se comprometió. Es posible que trabajar en la tutoría durante una hora fuera inadecuado para que los participantes detectaran cambios en sus actitudes hacia la programación. Uno esperaría ver un aumento en la retroalimentación positiva si los participantes completaran una serie de tutoriales. Las tablas V y VI ilustran la distribución de las respuestas después de que los estudiantes completaron el tutorial de la Hora del Código, y muestran que los estudiantes tienen actitudes más positivas hacia la programación después de completar un tutorial de la Hora del Código.

De los 137 participantes, un pequeño porcentaje (14%) externó comentarios adicionales sobre la programación. En la encuesta previa, un comentario común y repetido es: "No tengo ni idea de lo que estoy haciendo", lo que se esperaba, dada la experiencia limitada de programación de los parti-

Tabla III. Respuestas de los estudiantes sobre si todos los estudiantes deberían aprender a programar.

Encuesta previa	¿En qué medida estás de acuerdo o en desacuerdo con la siguiente afirmación: todos los estudiantes deberían tener la oportunidad de aprender a programar una computadora porque le enseña a pensar?	%
	Completamente de acuerdo	29
	No es necesario	26
	No contestaron	45
Postencuesta	En qué medida estás de acuerdo o en desacuerdo con la siguiente afirmación: todos los estudiantes deberían tener la oportunidad de aprender a programar una computadora porque le enseña a pensar.	%
	Completamente de acuerdo	54
	No es necesario	16
	No contestaron	29

Tabla IV. Respuestas de los estudiantes a la probabilidad de que tomen un curso de programación.

Encuesta previa	¿Qué probabilidades hay de que realices un curso de programación?	%
	No tengo interés	58
	Me interesa	42
Postencuesta	¿Qué probabilidades hay de que realices un curso de programación?	%
	No tengo interés	43
	Me interesa	57

cipantes. Por el contrario, los comentarios fueron mucho más positivos en la encuesta posterior. Las citas seleccionadas de los comentarios representan cuatro temas: divertido, interesante, importante y genial, que surgieron e ilustran que a los participantes les gustó participar en los talleres de la Hora del Código.

**Divertido:** "Pensé que sería difícil, pero en realidad fue divertido".  
**Interesante:** "Es un lenguaje de programación muy interesante y, aunque es complejo, prácticamente cualquier persona puede aprenderlo! ¡Sólo tomaría tiempo como cualquier otra cosa!".  
**Importante:** "Me interesó mucho más la programación y me di cuenta de lo importante que es realmente".  
**Genial:** "¡Excelente manera de aprender! Fue una forma divertida e interactiva de aprender a programar".

Tabla V. Respuestas de los estudiantes sobre si disfrutaron del tutorial proporcionado por Code.org.

¿Disfrutaste el tutorial proporcionado en la Hora del Código?	%
Sí	79
No	8
Neutral	13

Tabla VI. Las respuestas de los estudiantes sobre cómo completar el tutorial cambió su actitud hacia la programación.

¿Completar el tutorial cambió tu actitud hacia la programación?, ¿cómo?	%
Sí, me interesa seguir aprendiendo	60
No	5
Neutral	35

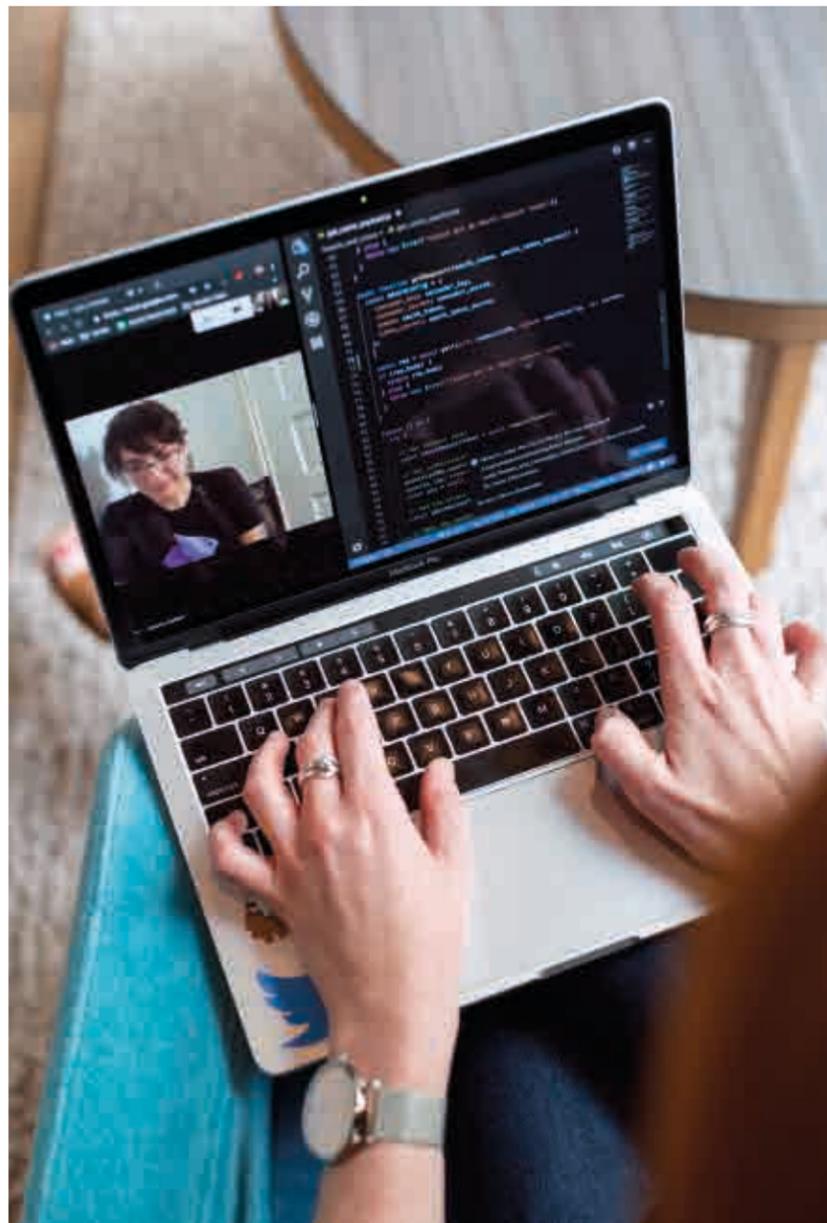
## Habilidades para programar

Se formularon dos preguntas relacionadas con los conceptos de programación, Estructuras iterativas (mientras), Estructuras selectivas (si-entonces), antes y después de que los participantes completaran el tutorial. Los resultados detallados se muestran en la tabla VII. Para la pregunta relacionada a estructuras iterativas no hubo diferencia significativa para los participantes, antes del tutorial 41% acertó en la respuesta y después 47%. Este resultado demostró una mejor comprensión del concepto de estructuras iterativas para los participantes que completaron el tutorial. Para la pregunta respecto a las estructuras selectivas, no se detectó diferencia significativa, antes del tutorial 66% acertó en la respuesta y después del tutorial 68%. Por lo tanto, completar un tutorial de la Hora del Código no mejoró la comprensión de los estudiantes del concepto de estructuras selectivas.

Completar un tutorial de la Hora del Código no marcó una diferencia respecto a las dos preguntas realizadas sobre habilidades de programación. Una posible razón para ello es que el código que se utilizó en las preguntas es más tradicional y no imita de cerca el código de “escribe tu primer programa de computadora” en Code.org. Otra posible razón es que usar la Hora del Código por sí solo no fue efectivo para enseñar a los estudiantes a programar.

Tabla VII. Respuesta de los estudiantes comparando el antes y el después de tomar el tutorial de la Hora del Código.

Preguntas		%
Estructuras iterativas	Antes de tomar el taller	41
	Después de tomar el taller	47
Estructuras selectivas	Antes de tomar el taller	66
	Después de tomar el taller	68



La Hora del Código no fue diseñada para reemplazar las clases de computación tradicionales, pero podría incorporarse en los planes de estudio de ciencias de la computación como otra dimensión de éstas.

En resumen, los hallazgos muestran que los tutoriales de la Hora del Código en las aulas arroja una idea del desarrollo futuro de la educación en ciencias de la computación. Así lo manifiestan comentarios de los estudiantes al respecto: “Fue divertido, en realidad no me imaginaba que programar un juego fuera tan fácil”; “¡Esto es genial, puedo hacer mi propio juego, como yo quiera!”; “Creí que no iba a poder resolverlo, pero además de divertido es fácil y sencillo”. Debido a la naturaleza exploratoria de este estudio, la muestra de conveniencia proporcionó una buena base para explorar el impacto de los tutoriales de la Hora del Código en las actitudes de los estudiantes hacia la programación, así como su habilidad en el pensamiento lógico-matemático.

## CONCLUSIONES

El cambio de actitud de los estudiantes hacia la programación después del tutorial fue significativo y demostró una mayor conciencia de la importancia de la programación. Por lo tanto, los tutoriales de la Hora del Código inspiraron a los estudiantes a aprender las habilidades de la programación de computadoras y a trabajar el pensamiento lógico-matemático.



La Hora del Código está diseñada para aprovechar la tecnología de la información y abordar el desafío de lograr que las personas reconozcan un problema y puedan convertirlo en un algoritmo. También tiene como objetivo que los estudiantes participen en un tutorial que resalte cómo un problema puede tener una solución, expresada como un algoritmo que puede traducirse en código. Este código se puede ejecutar en una computadora para resolver el problema. Por lo tanto, para ayudar a las personas a apreciar la importancia de este proceso, los tutoriales de la Hora del Código se centran en problemas que los estudiantes pueden comprender fácilmente y en tutoriales que son divertidos de realizar. El propósito es la enseñanza y el aprendizaje.

La autora llevó a cabo un estudio pidiendo a un grupo de estudiantes de educación básica que participaran en un tutorial de la Hora del Código y luego preguntándoles sobre sus actitudes hacia la programación y su comprensión del conocimiento de programación. Los resultados indican el impacto positivo de la Hora del Código en las actitudes de los estudiantes hacia la programación. Sin embargo, completar un tutorial de la Hora del Código por sí solo no necesariamente afecta las habilidades de programación de los estudiantes, lo que sugiere que una combinación de tutoriales en línea con una clase tradicional de ciencias de la computación puede ser necesaria para mejorar el conocimiento de programación de los estudiantes.

## REFERENCIAS

- Ali, A., y Smith, D. (2014). Teaching an introductory programming language in a general education course. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*. 13:57-67. Disponible en: <http://www.jite.org/documents/Vol13/JITEv13II-Pp057-067Ali0496.pdf>
- Dann, W. P., Cooper, S., y Pausch, R. (2011). *Learning to program with Alice (w/CD ROM)*, Prentice Hall Press.
- Lee, M., Pradhan, S., y Dalgarno, B. (2008). The effectiveness of screencasts and cognitive tools as scaffolding for novice object-oriented programmers. *Journal of Information Technology Education: Research*. 7(1):61-80. Disponible en: <http://www.jite.org/documents/Vol7/JITEv7p061-080Lee332.pdf>
- Long, J. (2007). Just for fun: Using programming games in software programming training and education. *Journal of Information Technology Education: Research*. 6(1):199-214. Disponible en: <http://www.jite.org/documents/Vol6/JITEv6p199-214Nikula269.pdf>
- Malan, D.J., y Leitner, H. H. (2007). Scratch for budding computer scientists. *ACM SIGCSE Bulletin*. 39(1):223-227.
- Maloney, J.H., Peppler, K., Kafai, Y., et al. (2008). Programming by choice: Urban youth learning programming with scratch. En: *Proceedings of the 39th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, pp. 367-371.
- Maloney, J.H., Resnick, M., Rusk, N., et al. (2010). The scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*. 10(4):16.
- Nikula, U., Sajaniemi, J., Tedre, M., et al. (2007). Python and roles of variables in introductory programming: Experiences from three educational institutions. *Journal of Information Technology Education: Research*. 6(1):199-214. Disponible en: <http://www.jite.org/documents/Vol6/JITEv6p199-214Nikula269.pdf>
- Roy, K. (2012). App inventor for android: Report from a summer camp. En: *Proceedings of the 43rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pp. 283-288.
- Rubio, M.A., Romero-Zaliz, R., Mañoso, C., et al. (2015). Closing the gender gap in an introductory programming course. *Computers & Education*. 82:409-420.
- Sanders, M.E. (2008). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*. 68(4):20-26.
- Sykes, E.R. (2007). Determining the effectiveness of the 3D Alice programming environment at the computer science I level. *Journal of Educational Computing Research*. 36(2):223-244.
- Wolber, D., Abelson, H., Spertus, E., et al. (2011). *App Inventor*. Sebastopol, CA, USA, O'Reilly Media, Inc.



# Mapas de potencial electrostático para la comprensión de la reactividad química

SARAÍ VEGA RODRÍGUEZ\*

El estudio de las reacciones químicas es en gran medida el corazón de la Química. Una reacción química consiste en una transformación en la que inicialmente se tiene un conjunto de especies químicas (átomos, moléculas, compuestos químicos, etc.) que interactúan entre ellas para finalmente formar especies diferentes a las iniciales (Kotz *et al.*, 2014). La facilidad o capacidad para reaccionar se conoce como reactividad. La reactividad depende de varios factores, siendo la naturaleza de la especie química el factor más relevante. Si conocemos o comprendemos la naturaleza de las especies químicas podemos entender o predecir de qué manera reaccionarán; sin embargo, para algunos compuestos no es tan sencillo. Una manera de ayudar a visualizar la reactividad de una molécula es a través de los mapas de potencial electrostático.

Un mapa de potencial electrostático (MPE) muestra la fuerza de atracción o repulsión que experimenta una partícula, cargada positivamente, cuando interactúa con la superficie de una molécula (Hardinger, 2010). El MPE nos indica, mediante una escala de colores, cuáles son las regiones de la molécula que carecen o que tienen un exceso de densidad electrónica. Podemos entender la densidad electrónica como una nube de electrones en la molécula. Esta información es de gran importancia para los químicos, porque a partir de ella se puede conocer la reactividad de una molécula, y esto permite diseñar metodologías para la síntesis de compuestos orgánicos e inorgánicos.

\* Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.  
Contacto: saraivega@uaslp.mx

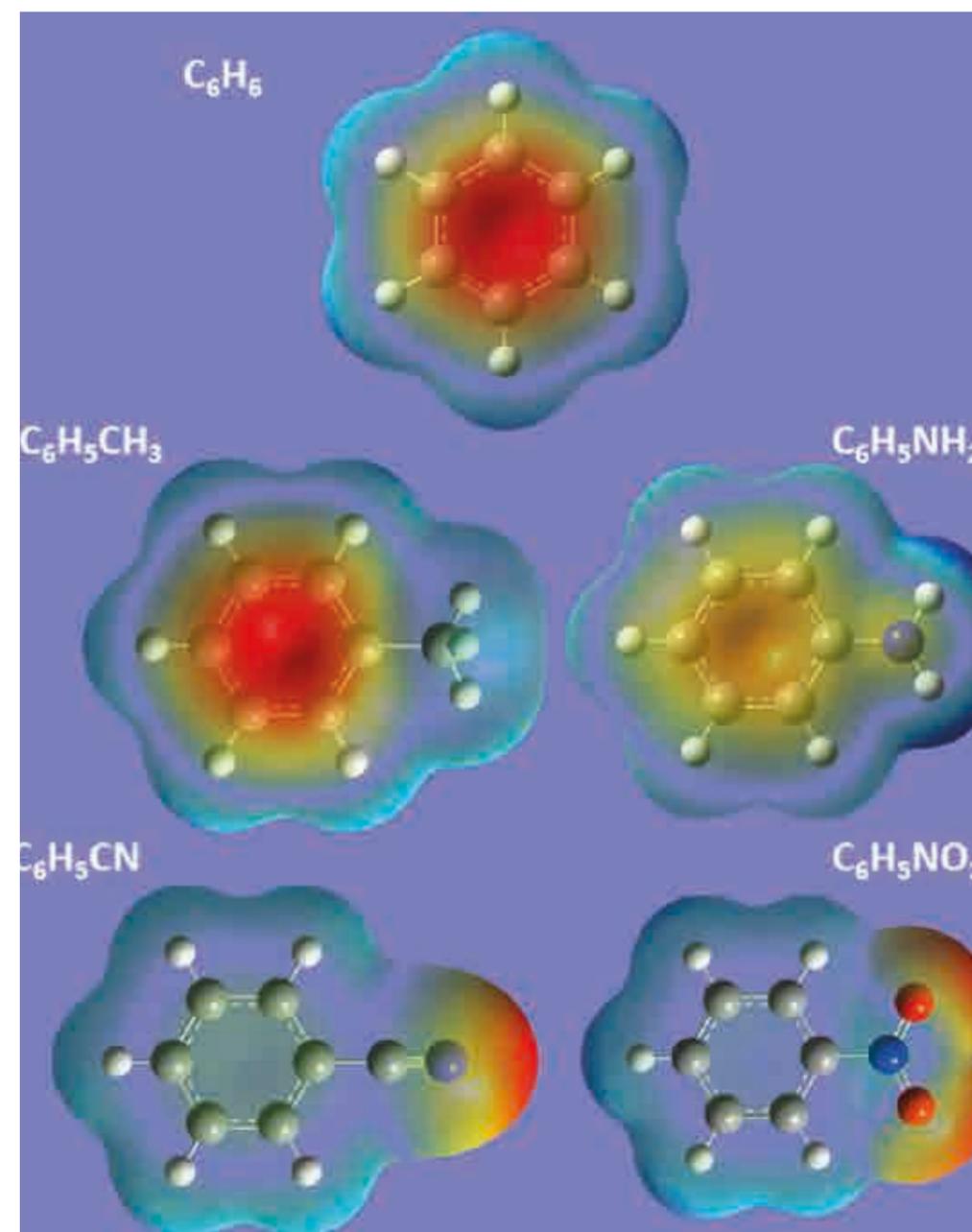


Figura 1. Mapas de potencial electrostático del benceno ( $C_6H_6$ ) y sus derivados: metilbenceno ( $C_6H_5CH_3$ ), aminobenceno ( $C_6H_5NH_2$ ), cianobenceno ( $C_6H_5CN$ ) y nitrobenceno ( $C_6H_5NO_2$ ). El color rojo indica zonas de alta densidad electrónica, el color azul indica zonas de baja densidad electrónica.

## ¿CÓMO SE RELACIONA EL MPE CON LA REACTIVIDAD DE UNA MOLÉCULA?

Las regiones que carecen de densidad electrónica son susceptibles al ataque de especies que contienen electrones; las especies que tienen un exceso de densidad electrónica atacan a las especies que carecen de ella. Estos “ataques” forman enlaces que llevan a la generación de compuestos químicos.

En Química Orgánica se denomina nucleófilo a los reactivos que forman enlace al donar sus electrones a especies carentes de densidad

funcional), podremos observar cómo se modifica la densidad electrónica del benceno. En la figura 1 se presentan los MPE de benceno ( $C_6H_6$ ), metilbenceno ( $C_6H_5CH_3$ ), aminobenceno ( $C_6H_5NH_2$ ), cianobenceno ( $C_6H_5CN$ ) y nitrobenzoceno ( $C_6H_5NO_2$ ). En la escala de colores, el rojo indica zonas de alta densidad electrónica que se va desvaneciendo al pasar por naranja, amarillo y verde, hasta llegar al azul que indica zonas carentes de densidad electrónica.

De acuerdo con el MPE de benceno ( $C_6H_6$ ), la densidad electrónica se agrupa en el centro del benceno porque ahí se encuentran los electrones pi que forman el anillo aromático.

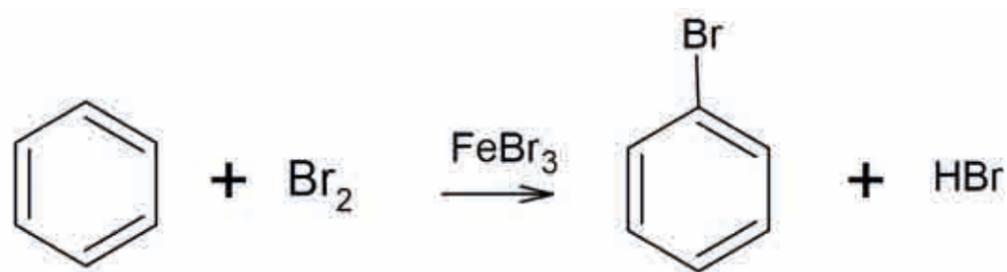


Figura 2. Ejemplo de una reacción de sustitución electrofílica aromática (SEAr) entre benceno y bromo molecular. Los electrones del anillo aromático de benceno atacan a la molécula de bromo, uno de los átomos de hidrógeno de la molécula de benceno es sustituido por un átomo de la molécula de bromo. Esta reacción requiere de un catalizador, en este caso el FeBr<sub>3</sub>.

electrónica o electrófilo (McNaught y Wilkinson, 2019). Entonces, por medio de un MPE es posible saber si una molécula, o una región de esta, se comporta como electrófilo o como nucleófilo. Esto, finalmente, permite predecir cómo reaccionará esa molécula con otras.

Los MPE también permiten visualizar el efecto que tienen diferentes grupos funcionales en una molécula. Si tomamos como ejemplo un anillo de benceno y cambiamos un átomo de hidrógeno por otro sustituyente (grupo

La presencia de los grupos nitro y ciano reduce la densidad electrónica en el anillo aromático, esto se puede observar en el mapa de las moléculas de cianobenceno ( $C_6H_5CN$ ) y nitrobenzoceno ( $C_6H_5NO_2$ ), en las que la densidad electrónica ahora se localiza en el grupo funcional. Esto se debe a que estos grupos son electroattractores (jalan densidad electrónica por medio de resonancia o efecto inductivo) y dejan el anillo susceptible a un ataque nucleofílico.

## APLICACIÓN AL ENTENDIMIENTO DE UNA REACCIÓN QUÍMICA: SUSTITUCIÓN ELECTROFÍLICA AROMÁTICA (SEAr)

Una reacción de sustitución electrofílica aromática (SEAr) es aquella en la que los electrones del anillo aromático atacan a un electrófilo, de manera que esta especie se une a un átomo de carbono del anillo aromático, mientras que el hidrógeno unido a ese carbono sale, de manera que el electrófilo sustituye o reemplaza a un átomo de hidrógeno del anillo aromático (figura 2). De acuerdo con el MPE, el benceno concentra la densidad electrónica en el anillo aromático; por lo tanto, es un nucleófilo o una especie rica en electrones que puede reaccionar con electrófilos o especies carentes de electrones. Cuando el benceno tiene sustituyentes diferentes a los átomos de hidrógeno, la SEAr se ve afectada.

Los sustituyentes electroattractores (ciano, nitro) retiran o disminuyen casi por completo la densidad en el anillo, desactivándolo a la SEAr. Se sabe que el nitrobenzoceno es 100,000 veces menos reactivo que el benceno en lo que se refiere a la SEAr (Wade, 1993). En cambio, los sustituyentes electrodonadores (amina, metilo) aportan a la densidad electrónica del anillo, activándolo para la SEAr. El metilbenceno es 25 veces más rápido que el benceno para la SEAr (Wade, 1993).

## OBTENCIÓN DE LOS MPE

Para obtener el MPE de una molécula se hace uso de herramientas de Química computacional a partir de las cuales se puede modelar una molécula y calcular sus propiedades. Específi-

camente, se utilizan programas especializados que se basan en la resolución aproximada de la ecuación de Schrödinger, de manera que nos permiten conocer la estructura electrónica de una molécula y, por ende, sus propiedades. En el cálculo de los MPE se modela una partícula con carga positiva que recorre la superficie de una molécula. Esta partícula puede experimentar atracción hacia las regiones cargadas negativamente, o repulsión hacia las regiones cargadas positivamente.

La energía de atracción o repulsión de la molécula con esa carga se expresa mediante la ecuación (1), donde  $V(r)$  es el potencial electrostático generado por la interacción de la molécula con una carga situada a una distancia  $r$ ;  $Z$  es el número atómico de cada átomo  $A$  en la molécula;  $\rho(r')$  es la densidad electrónica de la molécula;  $R_{A-r}$  es la distancia entre la carga y los núcleos y  $r'-r$  es la distancia entre la densidad electrónica de la molécula y la carga (Poltzer *et al.*, 2009).

$$V(r) = \sum_A \frac{Z_A}{|R_{A-r}|} - \int \frac{\rho(r')}{|r'-r|} dr' \quad (1)$$

Los MPE mostrados en este artículo fueron calculados al nivel de teoría HF/6-31G, es decir, con el método *ab initio* Hartree-Fock (Roothaan, 1951) y el conjunto de bases 6-31G (Binkley *et al.*, 1980), utilizando el paquete de programas de estructura electrónica Gaussian09W (Frisch *et al.*, 2010).

## CONCLUSIONES

Los MPE son útiles para la comprensión de la reactividad de una molécula, éstos pueden ser utilizados como un complemento para entender los conceptos de electrofilicidad y

nucleofilicidad, incluso son utilizados como parte de la metodología de diseño de fármacos. Cabe mencionar que los MPE son una primera aproximación para visualizar la reactividad, ya que existen metodologías más adecuadas para estudiar la reactividad de una molécula, como el cálculo de índices de reactividad globales: potencial químico, electronegatividad, blandura, dureza; o locales: densidad electrónica y funciones de Fukui (Pearson, 2005). La ventaja de los MPE sobre estas metodologías reside en la simplicidad para obtenerlos.

## REFERENCIAS

Binkley, J.S., Pople, J.A., y Hehre, W.J. (1980). Self-Consistent Molecular Orbital Methods. 21. Small Split-Valence Basis Sets for First-Row Elements. *J. Am. Chem. Soc.* 102:939-47.

Frisch, M. J., Trucks, G. W., Schlegel, H. B., et al. (2010). *Gaussian 09, Revision C.01*. Gaussian, Inc., Wallingford CT.

Hardinger, S.A. (2010). *Illustrated Glossary of Organic Chemistry*. Disponible en: [http://www.chem.ucla.edu/~harding/IGOC/E/electrostatic\\_potential\\_map.html#:~:text=Electrostatic%20potential%20map%3A%20A%20map,electron%20excess%20and%20electron%20deficiency](http://www.chem.ucla.edu/~harding/IGOC/E/electrostatic_potential_map.html#:~:text=Electrostatic%20potential%20map%3A%20A%20map,electron%20excess%20and%20electron%20deficiency)

McNaught, A.D., y Wilkinson, A. (2019). *Compendium of Chemical Terminology (the "Gold Book")*. IUPAC Recommendations. Blackwell Scientific Publications, Oxford. Disponible en <https://doi.org/10.1351/goldbook>

Kotz, J.C., Treichel, P.M., Townsend, J., et al. (2014). *Chemistry & chemical reactivity*. Cengage Learning.

Pearson, R.G., (2005). Chemical hardness and density functional theory. *J. Chem. Sci.* 117(5):369-377.

Politzer, P., y Murray, J.S. (2009). *The Electrostatic Potential as a Guide to Molecular Interactive Behavior Chemical Reactivity Theory-A Density Functional View*, CRC Press.

Roothaan, C.C.J. (1951). New Developments in Molecular Orbital Theory. *Rev. Mod. Phys.* 23:69.

Wade L.G. (1993). *Química Orgánica*. México: Pearson Education.

## ¿Quieres anunciarte con nosotros?, tenemos un espacio para ti

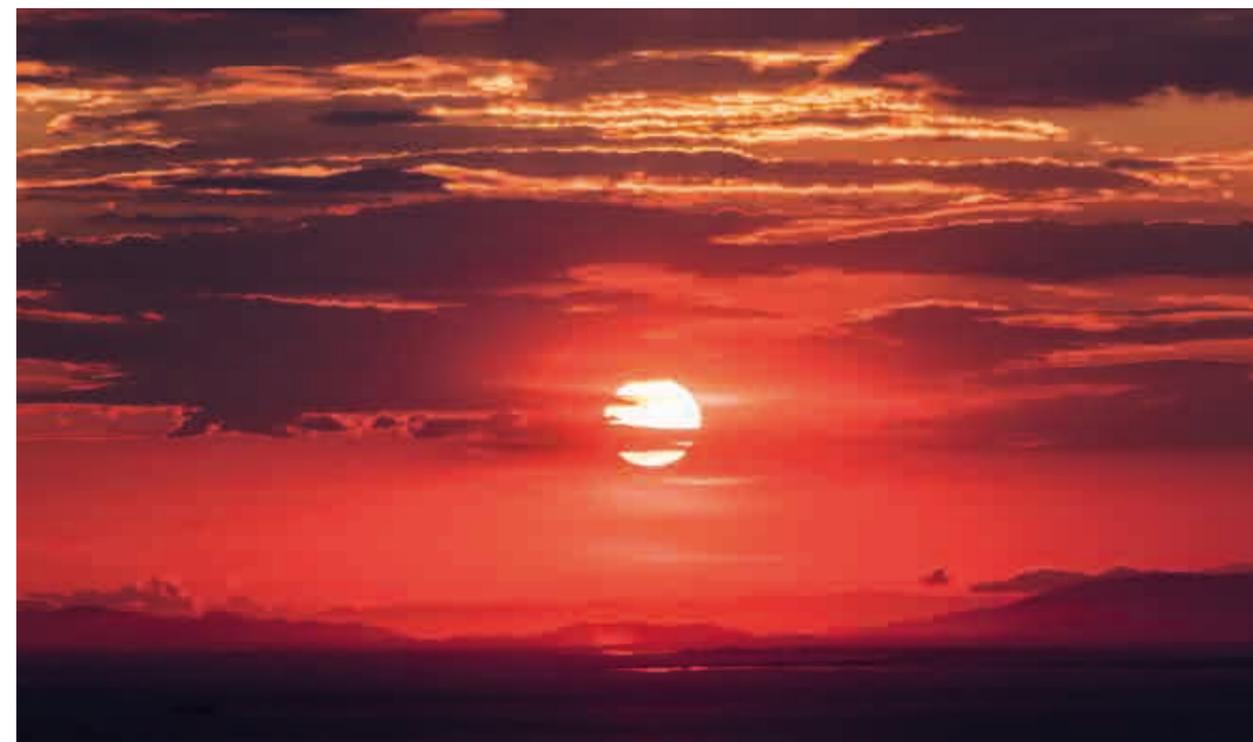
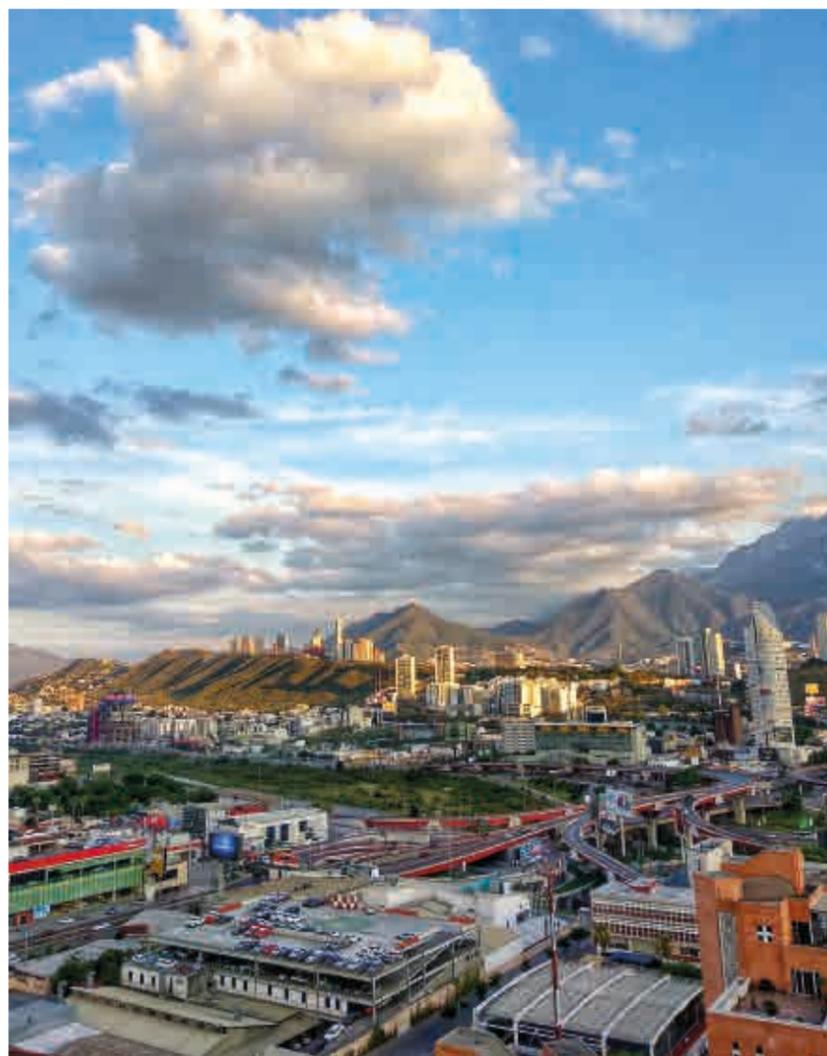
Si deseas promover tu negocio, tu marca o tus servicios, y hacer que investigadores, profesores y alumnos universitarios te tengan presente, te invitamos a formar parte de **CIENCIA UANL**, una publicación de circulación nacional con más de 20 años de historia.

Para mayores informes comunícate con nosotros al tel. (81) 8329-4000 ext. 6560, o bien al correo [jessica.martinezf@uanl.mx](mailto:jessica.martinezf@uanl.mx) o [revista.ciencia@uanl.mx](mailto:revista.ciencia@uanl.mx)

# ANÁLISIS DEL COMPONENTE PRINCIPAL PARA REDUCIR DATOS DE RADIACIÓN SOLAR, CASO DE ESTUDIO MONTERREY, NUEVO LEÓN

JORGE LUIS TENA GARCÍA\*, LUIS FABIÁN FUENTES CORTÉS\*,  
LUIS MIGUEL GARCÍA ALCALÁ\*

El estudio de variables meteorológicas conlleva el manejo de grandes cantidades de mediciones, lo que genera bases de datos densas con características estocásticas, es decir, con débil correlación entre los datos registrados (Kettaneh, Berglund y Wold, 2005). En general, es muy común utilizar la mayor cantidad de datos disponible para garantizar que se está estudiando adecuadamente cada variable implicada (Cadenas y Rivera, 2010). Particularmente la radiación solar (RS), que puede ser explotada para producir energía eléctrica y es muy susceptible a los cambios de las condiciones meteorológicas (Tiwari, Tiwari y Shyam, 2016). Esto implica que, a pesar de tener una noción certera de la energía solar disponible para cada hora de cada día del año para un cierto punto geográfico, existen variaciones que deben ser consideradas en los cálculos asociados al diseño y operación de sistemas que funcionan con energía solar, particularmente sistemas fotovoltaicos y plantas termosolares (Rangel *et al.*, 2020).



En general, se recomienda contar con, por lo menos, un año completo de mediciones de las variables meteorológicas. Esto permite identificar el comportamiento de la variable durante diferentes periodos del año (Cadenas *et al.*, 2019). Además, cada set de datos de cada variable de entrada de un sistema energético (SE) dependiente de parámetros meteorológicos como la RS, con frecuencia del registro de mediciones que varía desde tomas de datos cada hora hasta tomas de datos por fracciones de minuto, lo que produce bases de datos densas (Martínez-Álvarez *et al.*, 2015).

Los modelos de optimización empleados para definir el dimensionamiento o los criterios de operación de un SE son susceptibles a la calidad de datos de entrada suministrados. Un modelo que haya sido validado con datos poco confiables no representará correctamente la realidad. Mientras que un modelo que haya sido validado con bases de datos rea-

les muy densas provocará elevados costos computacionales. Por esto, existe esa búsqueda por encontrar el equilibrio en el que una base de datos sea suficientemente representativa para lograr un correcto desempeño del modelo y simultáneamente sea suficientemente pequeña para que no signifique un alto costo computacional. Por estas características, es un objetivo común en trabajos de investigación reducir el número de datos que se ingresan en modelos matemáticos o numéricos de optimización de los SE, buscando mantener suficiente información de los datos de entrada, de manera que sean representativos de la muestra real (Kettaneh, Berglund y Wold, 2005). Esto beneficia al operador de estos modelos, ya que simplifica y aligera el proceso de cálculo relacionado con los SE, conforme se reduce la información de entrada, favoreciendo un procesamiento más eficiente y con menor costo computacional (Ri, 2012).

En el caso que se revisa en este trabajo, se utiliza un algoritmo que permite la reducción de la información de una base de datos de radiación solar: el análisis de componente principal (ACP). Las mediciones corresponden a una estación meteorológica ubicada en Monterrey, Nuevo León. Las variables que se registran en la estación meteorológica son Temperatura ambiente, Radiación solar global, Velocidad de viento, entre otras. Las características del equipo que mide la radiación solar global empleada en este estudio pueden encontrarse en la ficha técnica del producto (Fluke Corporation, 2020). Para lograr la reducción deseada se aplicaron algunos criterios heurísticamente, logrando disminuir significativamente la densidad de los datos de entrada conservando mucha de la variabilidad de los datos originales.

\* Instituto Tecnológico de Celaya,  
Celaya, México.  
Contacto: jorge.tena@iqcelaya.itc.mx

## GENERALIDADES DEL ANÁLISIS DE COMPONENTE PRINCIPAL (ACP)

El análisis de componente principal (PCA, por su acrónimo en inglés, *Principal Component Analysis*), aquí ACP, es una técnica estadística que permite identificar aquellos valores que representan mejor las características de una cierta base de datos analizada, debido a que se descomponen medidas reales en  $m$  componentes principales (CP), los cuales representan diferentes porcentajes de la varianza de los datos analizados (Wang y Xiao, 2004).

Inicialmente se tiene una matriz  $X$  con  $k$  filas o mediciones y  $n$  columnas o dimensiones. El objetivo de aplicar ACP a un conjunto de datos de  $n$  dimensiones es hacer una reducción del número de datos necesarios para modelar el comportamiento de una determinada variable utilizando menos dimensiones, pero manteniendo cierta representatividad de los datos originales (Islas Arizpe *et al.*, 2007).

En ACP se busca una correlación lineal de las columnas de la matriz  $X$  con la máxima varianza, esta combinación lineal está dada por  $\sum_{j=1}^p a_j x_j = Xa$ , donde  $a$  es un vector de constantes  $a$  uno con  $a_1, a_2, \dots, a_p$ . La varianza de dicha combinación lineal está dada por  $\text{var}(Xa) = a'Sa$ , donde  $S$  es la matriz de covarianzas (Jolliffe y Cadima, 2016).

Posteriormente se calcula la matriz de covarianzas ( $S$ ): encontrando aquellos eigenvectores de la muestra que tengan los  $m$  eigenvalores mayores  $P(P \in \mathbb{R}^{m \times n}, m < n)$  para colocarlos como las columnas de dicha matriz que se forma realizando las operaciones con la matriz de carga  $U (S = U\Lambda U^T)$  también puede expresarse como:

$$S = \frac{X^T X}{k-1} \quad (1)$$

donde  $X$  es la matriz en la que aparecen las  $n$  muestras de las variables originales (cada fila). Las columnas de esta matriz son los eigenvectores de  $S$ , de forma que  $U$  se define como:

$$U = (U \in \mathbb{R}^{n \times n}) \quad (2)$$

Finalmente, los componentes principales y ( $Y \in \mathbb{R}^n$ ) son entonces construidos mediante la operación:

$$Y = XU \quad (3)$$

Para lograr la reducción de dimensionalidad de la muestra analizada deben seleccionarse los  $m$  primeros eigenvectores de ambas matrices, que tendrán la mayor variabilidad.

$$Y_m = XU_m \quad (4)$$

Así, la suma de los  $m$  autovectores conservados indicará la variabilidad de la matriz:

$$VT(Y_m) = \frac{1}{k-1} Y_m' Y_m = \frac{1}{k-1} U_m' X' X U_m = U_m' U \Lambda U' U_m = \sum_{j=1}^m \lambda_j \quad (5)$$

Para mayores detalles de éstas y otras deducciones de PCA refiérase a Jolliffe y Cadima (2016) y Grané y Jach (2014).

En general, PCA reduce la dimensionalidad de una muestra estadística al reconocer las variaciones más relevantes de la muestra analizada. De forma que pueden resolverse modelos de cálculo con suficiente cercanía al comportamiento de los datos a pesar de utilizarse menos entradas.

## METODOLOGÍA Y CASO DE ESTUDIO

En la figura 1 se muestra la ubicación de Monterrey, Nuevo León, sitio de nuestro caso de estudio. Mientras que en la figura 2 aparecen todas las mediciones de RS en el sitio estudiado, se usa un gráfico de superposición de los datos para resaltar que hay fluctuaciones importantes a lo largo del año que se observan en el gráfico. También se presenta el día promedio del año que, evidentemente, no logra captar el comportamiento de esta variable.

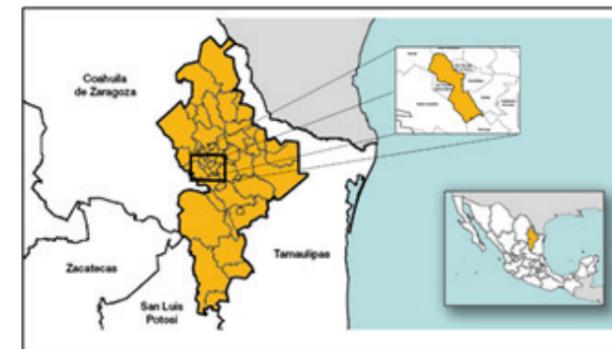


Figura 1. Localización del sitio de estudio: Monterrey, Nuevo León.

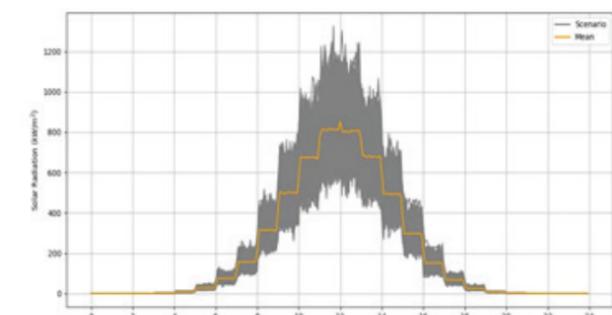


Figura 2. Todas las mediciones superpuestas de RS en Monterrey, Nuevo León. Mediciones cada cinco minutos.

Primero se eliminan algunos valores atípicos que pueden modificar las características de la muestra estadística (*outliers*) mediante truncamiento (Wilks, 1963): simplemente, aquellos valores que exceden el valor

máximo admisible de radiación solar son eliminados y sustituidos por el promedio de los datos de los días circundantes para esa hora del día. Como valor máximo de radiación se decidió utilizar  $1300 \text{ W/m}^2$ . Los datos atípicos pueden deberse a errores de los equipos, mal funcionamiento o mala interpretación de información o de observaciones reales esporádicas (Kettaneh, Berglund y Wold, 2005).

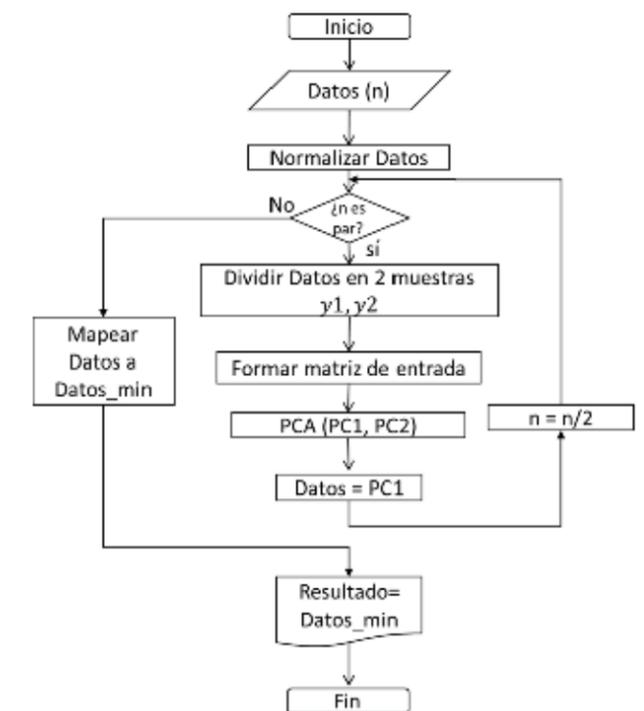


Figura 3. Diagrama de flujo para lograr la reducción de los datos.

En el caso de estudio se usó un normalizador estándar (Jolliffe y Cadima, 2016) cuya fórmula para obtener cada término de la serie es:

$$Z_i = \frac{RS_i - \overline{RS}}{\sigma} \quad (6)$$

donde  $RS_i$  es la observación,  $\overline{RS}$  es la media del conjunto y  $\sigma$  es la desviación estándar de esa muestra.

En este caso de estudio se analiza una serie de tiempo de un año completo de mediciones de irradiación solar. Los datos tienen una frecuencia cada cinco minutos. Los datos totales analizados son 105,120 datos. Tras el preprocesamiento mínimo, se decidió dividir la serie en cuatro periodos, debido a que se desea incluir el comportamiento de cada estación climática del año. El inicio y fin de cada periodo se seleccionó con base en las siguientes condiciones: los cuatro periodos deben contener la misma cantidad de datos  $n$ , los cuales deberán cubrir un periodo correspondiente a una estación climática. El periodo 1 (P1) va del día 1 al 96, el periodo 2 (P2) del 97 al 192, el periodo 3 (P3) del 174 al 269 y el periodo 4 (P4) del día 270 al 365. Como se observa, hay un traslape de 18 días entre los periodos 2 y 3, sin embargo, esto no representa demasiados cambios en las características principales de cada periodo, ni variaciones significativas en el ACP.

Para encontrar un CP de cada periodo se decidió utilizar una distribución tal que se lograra la mayor reducción mediante la siguiente secuencia: inicialmente, se tienen 96 días de observaciones (27,648 datos), se dividen en dos series, para ser consideradas como dos dimensiones, cada una de éstas con 48 días (13,824 observaciones). Tras este paso se normaliza la información y se aplica el ACP, obteniendo dos CP cada uno con 13,824 datos, donde el componente principal 1 (CP1) tiene una representatividad alta (superior a 97% de los datos originales), mientras que CP2 es desestimado. Después, el CP1 de esta iteración es tomado como una nueva serie, por lo que se divide en dos partes, cada una de 24 días, y se repite el proceso del ACP para la información remanente. Esto se repite cuatro veces hasta reducir los datos a tres días representativos. Finalmente, los tres días representativos deben escalarse al rango real. En la figura 3 se observa un diagrama de flujo con este procedimiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ACP para el P1 se muestran en la figura 4, en donde se aprecia cómo el comportamiento de los datos después de cada iteración sigue similar, ya que siguen una tendencia de  $45^\circ$  aproximadamente. Surgen varios grupos de datos a lo largo de esa recta, siendo cada vez más dispersos a valores mayores de los CP respectivos, note que la escala en cada iteración se altera un poco, pero no demasiado. En este caso se observa este comportamiento debido a que, aún analizados sin tratamiento previo, los datos solares tienden al comportamiento Gaussiano. Observe cómo, en la figura 5, los CP de la primera y última iteración son reescalados para formar los días representativos de P1. El proceso de reescalamiento obedece a un mapeo para trasladar los resultados normalizados al rango original.

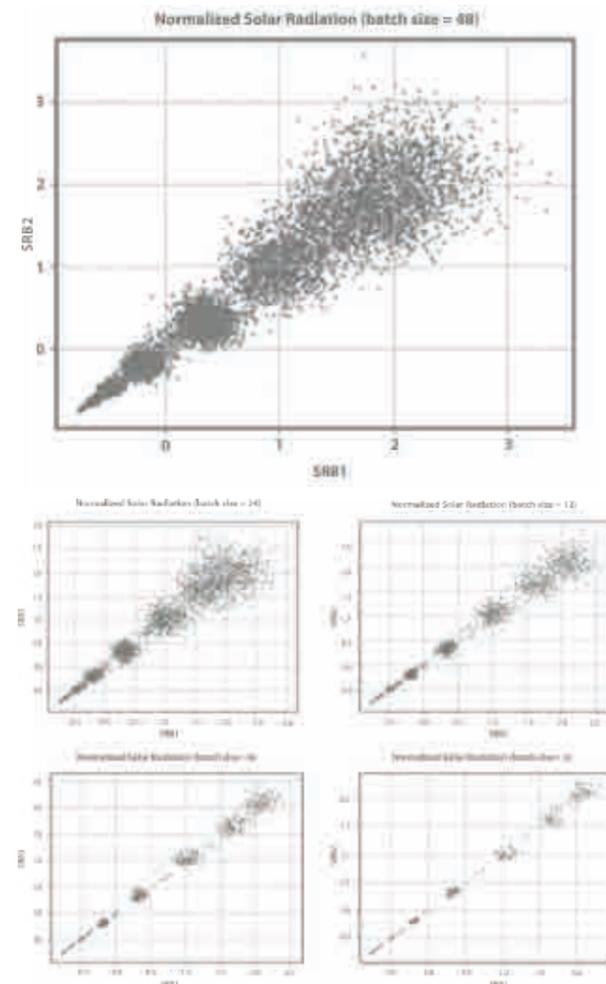
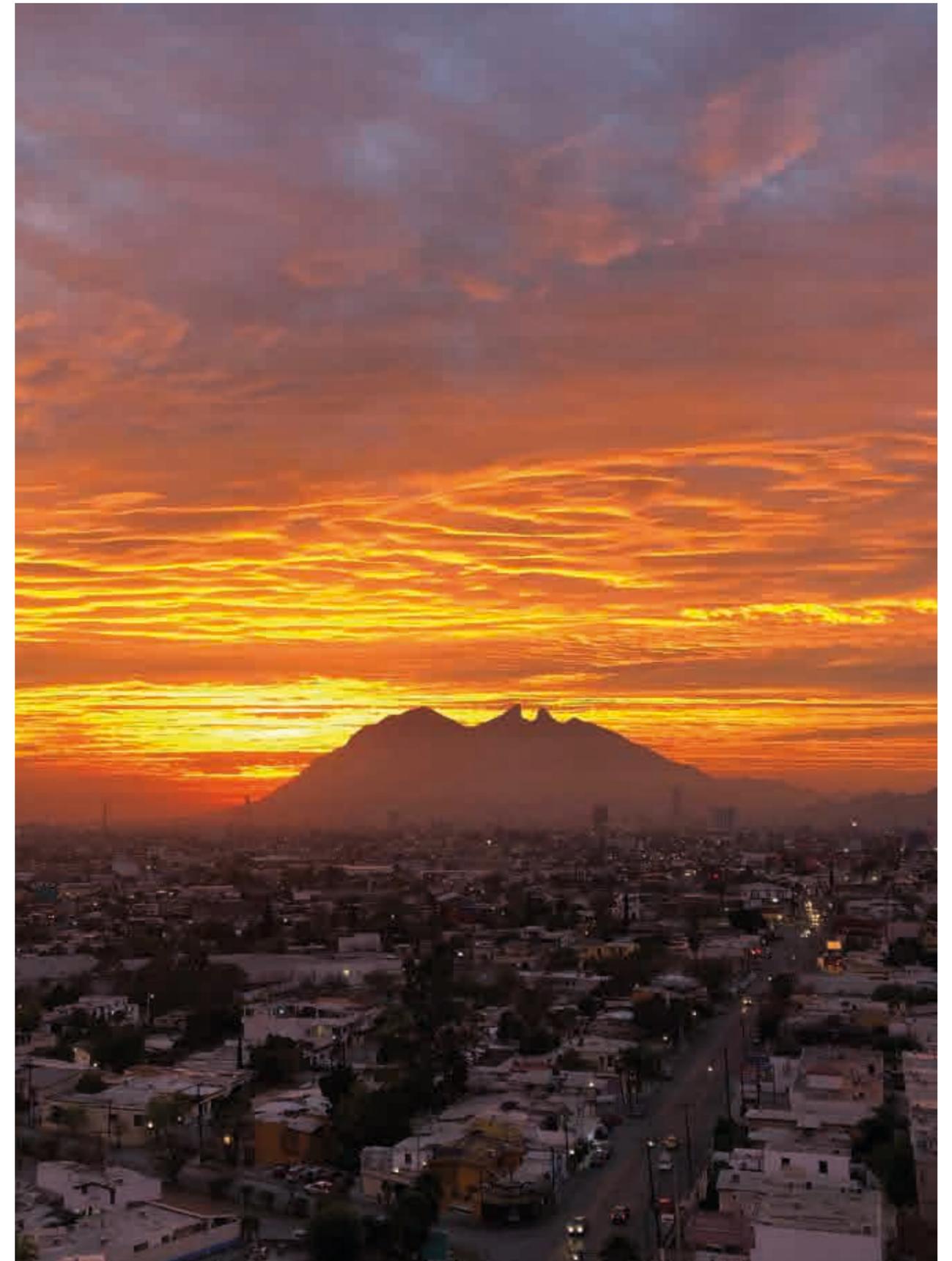


Figura 4. Radiación solar P1, reducción de los datos originales, aplicación de ACP en cinco iteraciones.



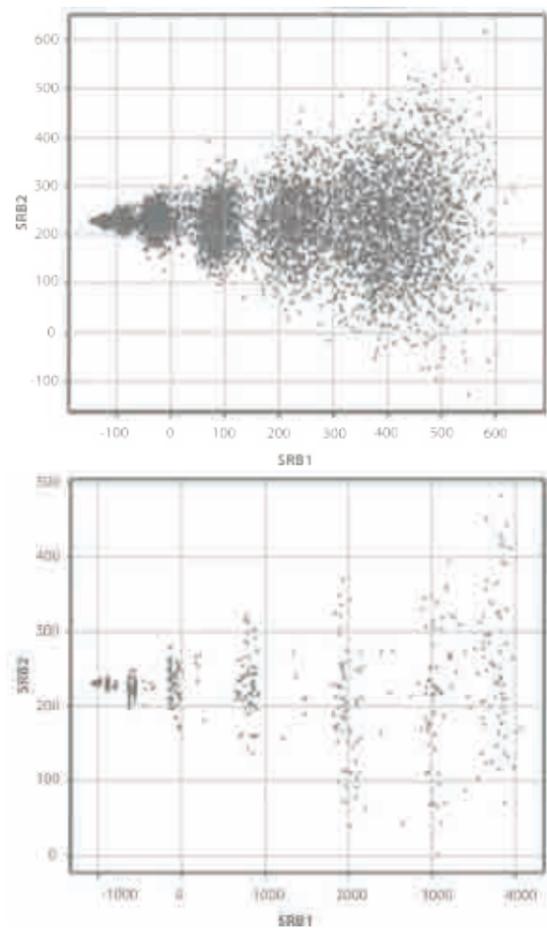


Figura 5. Radiación solar P1. Arriba: datos reales reescalados de la primera iteración. Abajo: datos reducidos reescalados (sólo persiste 3.12%).

Para poder analizar cuantitativamente los resultados, se debe identificar la proporción del eigenvector del CP analizado, siendo un valor entre 0 y 1, el porcentaje de representatividad se obtiene al multiplicarlo por 100%. Estos resultados se observan para los cuatro periodos en la tabla I. Dado que en cada iteración se pierde información, se registra la representatividad del CP1 para cada una de ellas en porcentaje, y se multiplican entre sí, esto es, si se alcanza 90% en la iteración 1 y 95% en la iteración 2, representa realmente 85.5% remanente del total, y así sucesivamente.

Tabla I. Resultados de ACP para los cuatro periodos de la base de datos.

PERIODO 1			
Iteración	Días en cada CP	Representatividad de CP1	Representatividad remanente %
i=1	48	98.72%	98.72%
i=2	24	99.18%	97.91%
i=3	12	99.68%	97.60%
i=4	6	99.86%	97.46%
i=5	3	99.92%	97.38%

PERIODO 2			
Iteración	Días en cada CP	Representatividad de CP1	Representatividad remanente %
i=1	48	98.35%	98.35%
i=2	24	99.28%	97.64%
i=3	12	99.64%	97.29%
i=4	6	99.86%	97.15%
i=5	3	99.92%	97.08%

PERIODO 3			
Iteración	Días en cada CP	Representatividad de CP1	Representatividad remanente %
i=1	48	98.57%	98.57%
i=2	24	99.32%	97.90%
i=3	12	99.70%	97.61%
i=4	6	99.87%	97.48%
i=5	3	99.91%	97.39%

PERIODO 4			
Iteración	Días en cada CP	Representatividad de CP1	Representatividad remanente %
i=1	48	98.76%	98.76%
i=2	24	99.34%	98.11%
i=3	12	99.72%	97.83%
i=4	6	99.83%	97.67%
i=5	3	99.93%	97.60%

En la tabla I se presentan los resultados de cada periodo, observe que los tres días resultantes de cada periodo representan un porcentaje alto de la información pertinente en ese periodo. Se debe recordar que de 27,648 datos se reduce a 864 por periodo, por lo que valores de representatividad por encima de 90% se consideran altos.

En la primera iteración en cada periodo se agrupa la varianza de todo el conjunto con valores superiores a 98%, debido a que el primer paso en esta metodología es el que produce mayor pérdida porcentual de los datos sometidos a ACP, esto indica que en los pasos posteriores la reducción porcentual no será tan elevada. Finalmente, se reduce la información con ACP hasta sólo quedar 3% del número de datos originales, sin embargo, aún permanecen valores superiores a 97% de la varianza de los datos originales, por lo que, estadísticamente, son representativos de la muestra analizada.

En la figura 6 se observan los días representativos para los cuatro periodos, respectivamente. Note que para cada hora del día hay 12 valores (por ser medidas cada cinco minutos) y que éstas aparentan describir una curva tipo campana cada 24 horas, aunque con una especie de escalones, ya que existe una cierta concentración alrededor del promedio en cada hora del día, quizá debido a que se trata de un subconjunto de datos. Esto no es atípico, sobre todo si se considera que estos resultados provienen de temporadas estacionales de un año calendario.

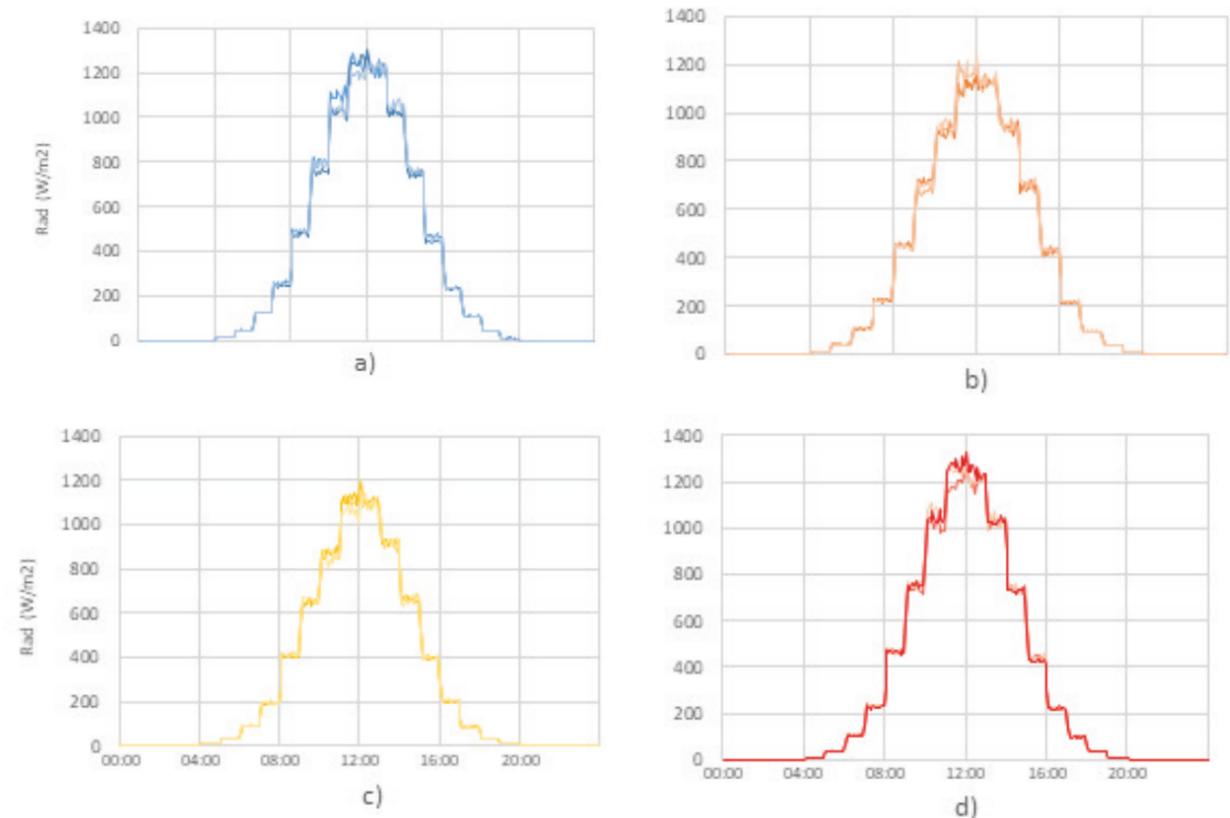


Figura 6. Resultados de los cuatro periodos: a) otoño, b) invierno, c) primavera, d) verano.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se incluye el análisis de una muestra de radiación solar de Monterrey, Nuevo León, a la que se le realizó un ACP con la intención de reducir su dimensionalidad. Se dividió el conjunto en cuatro subconjuntos que coinciden con el inicio de las estaciones del año, aproximadamente, para obtener series representativas de cada estación. Se observa que los resultados fueron similares para cada periodo, y que son el CP final; la RS alcanza valores por encima de 97% de representatividad, mientras que reduce la cantidad de datos hasta aproximadamente 3%. La precisión del análisis se debe a que la RS, por su naturaleza, tiene un comportamiento Gaussiano. El ACP, por su formulación, es más preciso para este tipo de variables. Es posible reducir más los datos para obtener sólo un día representativo de cada periodo, lo cual se analizará en un trabajo a futuro. También se plantea el análisis de otras variables involucradas en el modelado de SE como la velocidad del viento o la demanda energética.

## REFERENCIAS

Cadenas, E. *et al.* (2019). Wind speed variability study based on the Hurst coefficient and fractal dimensional analysis. *Energy Science & Engineering*. 7(2):361-378. Doi: 10.1002/ese3.277

Cadenas, E., y Rivera, W. (2010). Wind speed forecasting in three different regions of Mexico, using a hybrid ARIMA e ANN model. *Renewable Energy*. Elsevier Ltd. 35(12):2732-2738. Doi: 10.1016/j.renene.2010.04.022

Islas Arizpe, J.L. *et al.* (2007). Aplicación de análisis de componente principal en sistemas eléctricos de potencia. *Ingenierías UANL*. X(34):51-58.

Fluke Corporation. (2020). *Medidor de radiación solar Fluke IRR1-SOL*. Medidor de radiación solar Fluke IRR1-SOL. Madrid, Madrid, España. Disponible en: <https://www.redeweb.com/ficheros/catalogo-medidor-irradiancia-solar.pdf>

Grané, A., y Jach, A. (2014). Applications of principal component analysis (PCA) in food science and technology. In Daniel Granato y Gastón Ares (edit.). *Mathematical and statistical methods in food science and technology*, pp. 57-87.

Jolliffe, I., y Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions A. Royal society*. 374(2065):1-16. Doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>

Kettaneh, N., Berglund, A., y Wold, S. (2005). PCA and PLS with very large data sets. *Computational Statistics and Data Analysis*. 48:69-85. Doi: 10.1016/j.csda.2003.11.027

Martínez-Álvarez, F. *et al.* (2015). A Survey on Data Mining Techniques Applied to Electricity-Related Time Series Forecasting. *Energies*. 8(11): 13162-13193. Doi: 10.3390/en81112361

Rangel, E., *et al.* (2020). Enhanced Prediction of Solar Radiation Using NARX Models with Corrected Input Vectors. *Energies*. 13(10):1-22. Doi: 10.3390/en13102576

Luna-Rubio, R, *et al.* (2012). Optimal sizing of renewable hybrids energy systems : A review of methodologies. *Solar Energy*. 86(4):1077-1088. Doi: 10.1016/j.solener.2011.10.016

Tiwari, G.N., Tiwari, A., y Shyam. (2016). *Handbook of Solar Energy*. Springer Science+Business Media Singapore. Doi: 10.1007/978-981-10-0807-8

Wang, S. y Xiao, F. (2004). AHU sensor fault diagnosis using principal component analysis method. *Energy and Buildings*. 36(2):147-160. Doi: 10.1016/j.enbuild.2003.10.00

Wilks, S.S. (1963). Multivariate Statistical Outliers. *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series A (1961-2002)*. 25(4): 407-426. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/25049292>



# SECCIÓN ACADÉMICA

**Tendencias locales de cambio climático y sus efectos en la Cuenca Nazas-Aguanaval: análisis de un periodo de 80 años (1940-2020)**

**Síntesis de poliésteres alifáticos vía polimerización por apertura de anillo organocatalítica: estudio de la influencia de los parámetros de reacción sobre sus propiedades térmicas y estructura molecular**

# Tendencias locales de cambio climático y sus efectos en la Cuenca Nazas-Aguanaval: análisis de un periodo de 80 años (1940-2020)

Omag Cano-Villegas\*, Gisela Muro-Pérez\*, Joel Flores\*\*, Gamaliel Castañeda Gaytán\*, Jaime Sánchez Salas\*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl25.113-1>

## RESUMEN

Se presenta una evaluación integrada de cambio climático para identificar patrones regionales en condiciones meteorológicas para la Cuenca Nazas-Aguanaval en el centro norte de México durante 1940-2020. Datos históricos de 26 estaciones meteorológicas corresponden a 15 municipios. Los datos fueron organizados en cinco grupos demográficos de tres municipios cada uno. El resultado principal fueron dos escenarios contrastantes de exposición y vulnerabilidad al cambio ambiental; calentamiento generalizado en temperatura mínima y condiciones estables relacionadas con la disponibilidad de agua. Esta evaluación pudiera incorporarse a futuro en estrategias de manejo en zonas áridas, particularmente dentro del Desierto Chihuahuense.

Palabras clave: cambio ambiental, distrito de riego, municipios, sector primario, meteorología.

El cambio climático es una realidad a nivel global y local, ya que en la segunda mitad del siglo XX se han presentado las temperaturas más altas cada decena a escala global (Cook *et al.*, 2016) y local (Jáuregui, 2005; Pavia *et al.*, 2009). Sin embargo, dentro del Desierto Chihuahuense se ha presentado una tasa de enfriamiento decenal durante ese mismo lapso (Brito-Castillo *et al.*, 2009; Inzunza-López *et al.*, 2011). Asumiendo que el cambio climático conlleva una mayor frecuencia de eventos extremos, el sector primario se encuentra en riesgo latente económica y socialmente, como ha sucedido durante los eventos

## ABSTRACT

*An integrated evaluation of climate change is presented to identify regional patterns in the meteorological conditions at the Nazas-Aguanaval basin in Central Northern Mexico from 1940 - to 2020. Historical data from 26 meteorological field stations correspond to 15 Municipalities. Data were organized by demography into five groups of three Municipalities each. The main result of the analysis was two main contrasting scenarios of exposure and vulnerability to environmental change; generalized warming in minimum temperature and stable meteorological conditions related to water availability. This evaluation can be further incorporated into management strategies in arid and semi-arid lands, particularly within the Chihuahuan Desert.*

Keywords: Environmental change, irrigation district, municipalities, primary sector, meteorology.

extremos de sequías (década de 1950, 1960, 1990) e inundaciones (1958, 1968, 1991-1992, 2008, 2010, 2016 y 2017) desde la segunda mitad del siglo XX (Stahle *et al.*, 2016; Williams *et al.*, 2020).

Entre las principales consecuencias observadas en el pasado, los periodos de sequía prolongados pueden asociarse con la disminución de superficie agrícola (como en 1963 al reducirse 85%), así como afectaciones en precios y disponibilidad de productos e insumos necesarios para la producción del sector primario debido a

\* Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango.  
\*\* Instituto Potosino de Investigación Ciencia y Tecnología, A.C, San Luis Potosí, México.  
Contacto: [j.sanchez@ujed.mx](mailto:j.sanchez@ujed.mx)

daños en vías de comunicación y suministro de servicios básicos (Villanueva-Díaz *et al.*, 2005). El objetivo del presente estudio fue identificar tendencias de cambio climático en cuestión de temperatura y precipitación a nivel regional y municipal en el Distrito de Riego 017 Comarca Lagunera con relación a la diversidad productiva del sector agropecuario para gestionar estrategias de adaptación local, bajo la hipótesis de que pudieran presentarse diferentes grados de variabilidad meteorológica como evidencias de cambio climático para las distintas comunidades que conforman dicho distrito.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Obtención de datos

Se adquirió información climática de 26 estaciones climatológicas (15 municipios) del Distrito de Riego 017 Comarca Lagunera desde el portal del Sistema Meteorológico Nacional (Conagua, 2020; para ver la localización en México ver figura 1). Los datos fueron calculados para periodos de diez años, cubriendo el periodo 1940-2020 (Jáuregui, 2005; Inzunza-López *et al.*, 2011). Posteriormente se analizaron seis variables climáticas: dos de precipitación (máxima en 24 horas y promedio mensual); dos de temperatura máxima

(extrema y promedio) y dos de temperatura mínima (extrema y promedio) (Pavia *et al.*, 2009). De manera similar, se consultaron los datos municipales en cuanto a número de habitantes para obtener una idea detallada del grado de vulnerabilidad socioeconómica que existe ante el cambio climático, por lo cual se conformaron cinco categorías de tres municipios (Inegi, 2020).

## Vulnerabilidad

Para evaluar la vulnerabilidad se buscaron diferencias significativas en el comportamiento de las variables meteorológicas a nivel municipal; posteriormente se hicieron cinco grupos demográficos para 1) realizar una estimación de vulnerabilidad meteorológica e 2) identificar las principales fuentes de ingreso del sector primario a nivel municipal. Posteriormente se aplicó una ANOVA de una vía para establecer diferencias significativas entre las variables climáticas a través del tiempo, seguido de una comparación de medias *Tukey Test* para obtener posibles grupos estadísticos (Eakin y Luers, 2006). Los datos fueron analizados utilizando el software estadístico JMP-SAS (v.15.2.1).

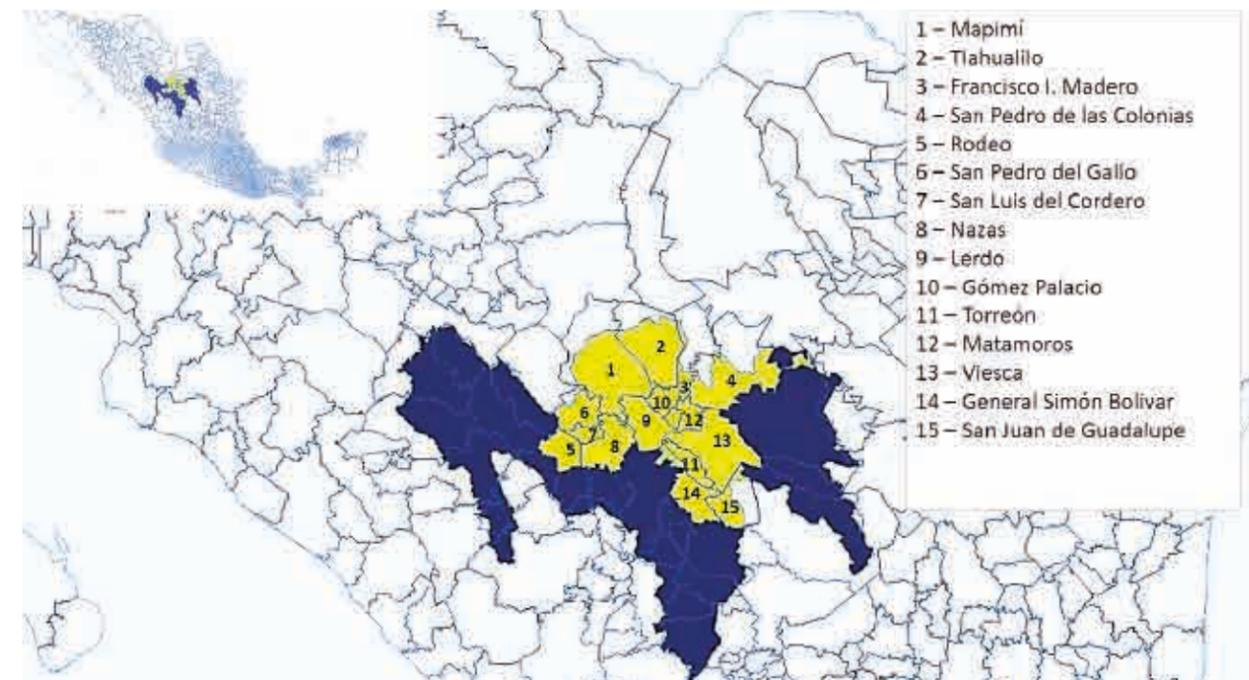


Figura 1. Mapa de localización de los 15 municipios del estudio (color amarillo) dentro de la Cuenca Nazas-Aguanaval (color azul).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como principal evidencia de cambio climático a nivel regional se presentó calentamiento progresivo para temperatura mínima para el periodo de 1940 a 2020 (figura 2); específicamente se presentó en 53% de los municipios (más 17% con variabilidad significativa; figura 3). Para temperatura máxima, únicamente 80% de los municipios presentaron condiciones variabilidad significativa (figura 3), mientras que en precipitaciones sólo 33% (figura 3). Esto es un reflejo de distinto grado de variabilidad climática a escala localizada, lo cual puede extrapolarse a otro tipo de datos (por ejemplo, la cantidad de personas que habitan una comunidad).

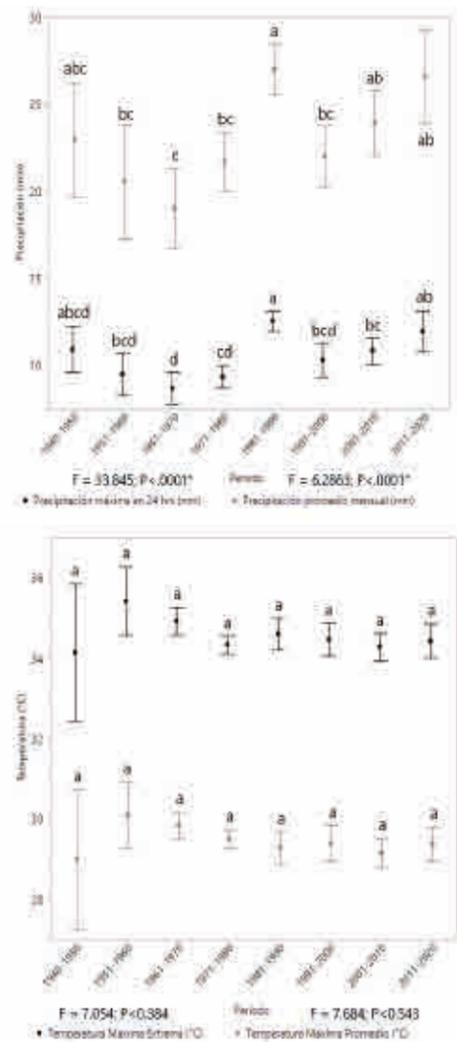


Figura 2. Comportamiento de las seis variables climáticas para la Comarca Lagunera a través del periodo de estudio (1940-2020) en valores decenales; de izquierda a derecha se muestran: 1) precipitación máxima en 24 horas y promedio mensual; 2) temperatura máxima extrema y promedio; 3) temperatura mínima extrema y promedio. Los intervalos de confianza se muestran junto a los valores medios, letras distintas representan diferentes grupos estadísticos para comparación de medias (prueba Tukey).

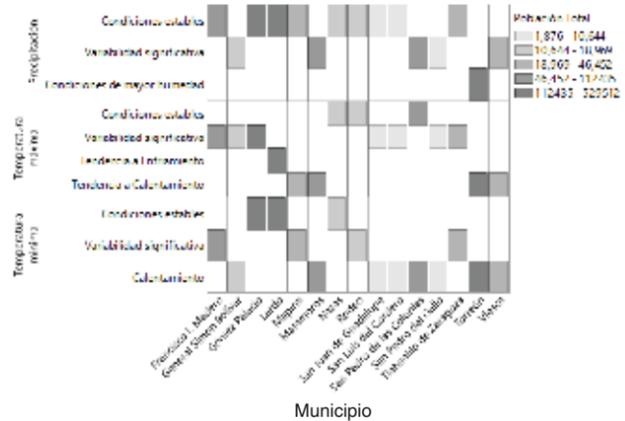


Figura 3. Matriz de vulnerabilidad climática municipal, de acuerdo a la categorización de grupos demográficos representados por colores en la escala de grises que corresponden al número de habitantes. En el eje vertical se indican evidencias de cambio climático durante el periodo 1940-2020 para precipitación, temperatura máxima y mínima.

### Variabilidad por categorías demográficas

De los 15 municipios estudiados, se organizaron cinco grupos de tres cada uno, de acuerdo a la cantidad de habitantes. Para la primera categoría, Torreón fue el municipio más vulnerable debido al calentamiento

generalizado y mayor número de habitantes en la región de estudio. En la segunda categoría se presentó vulnerabilidad meteorológica generalizada. Para la tercera categoría, se presenta la mayor diversidad de cultivos con alto valor económico, así como variabilidad en temperaturas. En la cuarta categoría se presentó estabilidad climática (para el municipio Nazas, con un número limitado de productos y el mayor valor económico). La quinta categoría con menos pobladores presentó la mayor exposición a riesgos meteorológicos.

En contraste con el calentamiento progresivo para México en temperatura máxima (Pavia *et al.* 2009), el calentamiento regional se ha presentado como temperatura mínima de manera general, mientras que para las condiciones generales de humedad y periodos prolongados de sequía (Villanueva-Díaz *et al.*, 2005; Stahle *et al.*, 2016; Williams *et al.*, 2020) han sido similares históricamente en la región norte-centro-oeste. Al respecto, se presentan dos escenarios distintos: donde el calentamiento generalizado (temperatura máxima y mínima) es evidente, como el caso de Torreón, Coahuila (Jáuregui, 2005), y condiciones estables, como en el caso de Lerdo y Nazas.

Lobell y Bonfils (2008) explican el papel de las corrientes de agua superficiales como estabilizadores térmicos, siendo el caso del Área Natural Protegida del Cañón de Fernández (Lerdo), así como el trayecto natural del río (Nazas). Respecto a la segunda categoría demográfica (por encima del promedio), con el mayor valor económico, la exposición a riesgos climáticos es un factor de riesgo latente que prevalece durante el periodo de estudio; algunas actividades, como caprinocultura, producción avícola y de hortalizas, pudieran representar actividades potencialmente redituables en sitios vulnerables, al promover la reducción de consumo de agua para la producción (Navarrete-Molina *et al.*, 2020). Es importante tomar en cuenta qué papel jugará la diversidad de los agroecosistemas a nivel local para alcanzar la resiliencia ante posibles afectaciones por el cambio climático, ya que tanto las condiciones de temperatura como humedad han sido evidenciadas de manera local y regional (Klocker *et al.*, 2018).

## CONCLUSIONES

La obtención de evidencias del cambio climático a escala regional y municipal reflejadas como variabilidad meteorológica a escala decenal y tendencias de calentamiento, principalmente en temperatura mínima, tiene usos potenciales al generar un marco de referencia para la comprensión y manejo de los eventos extremos que representan factores de riesgo, particularmente para el sector primario. En ese sentido, será posible planear e implementar acciones relevantes en el manejo de los recursos naturales ante los efectos del cambio climático a nivel regional. Con el fin de aumentar la resiliencia de las comunidades locales del sector primario a nivel local y regional, la diversificación en los productos de importancia económica (padrón agrícola) permitirá mantener ingresos económicos durante periodos de condiciones meteorológicas adversas; mismos que pueden estabilizar a largo plazo la conservación de ecosistemas dulceacuícolas superficial como los ríos Nazas y Aguanaval. De esta manera, utilizando enfoques de investigación multidisciplinarios, desde el punto de vista climatológico y agroecológico, es posible promover el desarrollo sostenible regional en materia de cambio climático y seguridad alimentaria.

## REFERENCIAS

Brito-Castillo, L., Díaz-Castro, S.C., y Ulloa-Herrera, R.S. (2009). Observed tendencies in maximum and minimum temperatures in Zacatecas, México and possible causes. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 29(2):211-221.

Comisión Nacional del Agua. (2020). *Programa de Prevención contra Contingencias Hidráulicas para el Organismo de Cuencas Centrales del Norte*. Disponible en: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/cuencas-centrales-del-norte>

Cook, J., Oreskes, N., Doran, P.T., *et al.* (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*. 11(4):048002.

Eakin, H., y Luers, A.L. (2006). Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 31:365-394.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2020). *México en cifras*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=10>

Inzunza-López, J.O., López-Ariza, B., Valdez-Cepeda, R.D., et al. (2011). La variación de las temperaturas extremas en la 'Comarca Lagunera' y cercanías. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17(spe):41-61.

Jáuregui, E. (2005). Possible impact of urbanization on the thermal climate of some large cities in México. *Atmósfera*. 18(4):249-252.

Klocker, N., Head, L., Dun, O., et al. (2018). Experimenting with agricultural diversity: Migrant knowledge as a resource for climate change adaptation. *Journal of Rural Studies*. 57:13-24.

Lobell, D.B., y Bonfils, C. (2008). The effect of irrigation on regional temperatures: A spatial and temporal analysis of trends in California, 1934–2002. *Journal of Climate*. 21(10):2063-2071.

Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C.A., Herrera-Machuca, M.A., et al. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*. 255:120237.

Pavia, E.G., Graef, F., y Reyes, J. (2009). Annual and seasonal surface air temperature trends in México. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 29(9):1324-1329.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). *Publicaciones SIAP*. Disponible en: [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap)

Stahle, D.W., Cook, E.R., Burnette, D.J., et al. (2016). The Mexican Drought Atlas: Tree-ring reconstructions of the soil moisture balance during the late pre-Hispanic, colonial, and modern eras. *Quaternary Science Reviews*. 149:34-60.

Villanueva-Díaz, J., Luckman, B.H., Stahle, D.W., et al. (2005). Hydroclimatic variability of the upper Nazas basin: Water management implications for the irrigated area of the Comarca Lagunera, México. *Dendrochronologia*. 22(3):215-223.

Williams, A.P., Cook, E.R., Smerdon, J.E., et al. (2020). Large contribution from anthropogenic warming to an emerging North American megadrought. *Science*. 368(6488):314-318.

## Síntesis de poliésteres alifáticos vía polimerización por apertura de anillo organocatalítica: estudio de la influencia de los parámetros de reacción sobre sus propiedades térmicas y estructura molecular

Marco A. de Jesús-Téllez\*, Felipe Robles-González\*, Ramón Díaz de León Gómez\*, Antonio S. Ledezma-Pérez\*, Héctor Ricardo López-González\*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl25.113-2>

### RESUMEN

Se reporta la síntesis de poli(L-lactida) (PLLA), poli(brasilato de etilo) (PEB), poli( $\epsilon$ -caprolactona) (PCL) y poli( $\epsilon$ -decalactona) (PDL), mediante polimerización por apertura de anillo (ROP) organocatalítica. Variaciones en parámetros de reacción, como el catalizador 1,8-diazabicyclo[5.4.0]undec-7-eno (DBU) o 1,4,7-triazabicyclodeceno (TBD), relación molar catalizador: iniciador, adición de donador de protón, y tiempo de reacción fueron evaluadas para alcanzar las más altas conversiones, también se determinaron las propiedades químicas y físicas de los poliésteres obtenidos. A través de las condiciones empleadas para estas reacciones de ROP se lograron conversiones mayores a 90%, pesos moleculares promedio en número ( $\overline{M}_n$ ) de ~20 kDa, y valores de dispersidad ( $\mathcal{D}$ ) de 1.45–1.90. Igualmente, estos poliésteres alifáticos desarrollaron alta estabilidad térmica (>200°C) y sus transiciones térmicas fueron observadas a temperaturas cercanas a las transiciones reportadas en la bibliografía para estos poliésteres (PLLA, PEB, PCL).

Palabras clave: poliésteres, ROP, catálisis orgánica, TBD, DBU.

En la actualidad, una de las demandas más persistentes y prioritarias que existen en los sectores médico, agrícola, medioambiental, entre otros, es la elaboración de materiales sustentables y versátiles, con propiedades adecuadas dependiendo el tipo de aplicación a la que se destinen. Dentro de los materiales de mayor interés para dichas aplicaciones se encuentran los poliésteres, polímeros caracterizados por poseer grupos éster en su cadena principal. La síntesis de esta clase de materiales puede realizarse por reacciones de policondensación o

### ABSTRACT

*Synthesis of poly(L-lactide) (PLLA), poly(ethylene brassylate) (PEB), poly( $\epsilon$ -caprolactone) (PCL) and poly( $\epsilon$ -decalactone) (PDL) via organocatalytic ring-opening polymerization (ROP) is reported. Variations in reaction parameters such as 1,8-diazabicyclo[5.4.0]undec-7-ene (DBU) or 1,4,7-triazabicyclo[4.4.0]dec-5-ene (TBD) as catalysts, molar ratio of catalyst: initiator, addition of proton donor, and reaction time were evaluated in order to achieve the highest conversions, as well as the determination of chemical and physical properties of obtained polyesters. Through performed conditions of these ROP reactions, conversions above 90%, number average molecular weights ( $\overline{M}_n$ ) of ~20 kDa and dispersity values ( $\mathcal{D}$ ) at 1.45 – 1.90 were achieved. Likewise, these aliphatic polyesters developed high thermal stability (>200 °C) and their thermal transitions were observed at temperatures close to polyesters (PLLA, PEB, PCL) transitions reported in literature.*

Keywords: polyesters, ROP, organic catalysis, TBD, DBU.

ROP (por sus siglas en inglés, *Ring Opening Polymerization*) y sus aplicaciones comprenden un amplio espectro que abarca desde la agroindustria hasta la biomedicina. De acuerdo con su estructura molecular, la presencia de grupos fenilo en sus cadenas principales los cataloga como poliésteres aromáticos y, en el caso de contener grupos de tipo alquilo o alquénil, pueden clasificarse como poliésteres alifáticos. Las diferencias más notables entre ambos tipos de poliésteres residen en

\* Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, México.  
Contacto: [ricardo.lopez@ciqa.edu.mx](mailto:ricardo.lopez@ciqa.edu.mx)

sus propiedades mecánicas, de modo que los aromáticos presentan mayor resistencia mecánica a expensas de menores tasas de biodegradabilidad. Debido a esto, los poliésteres alifáticos se posicionan como una alternativa atractiva para la elaboración de productos biodegradables (Chen *et al.*, 2008).

Un punto importante para considerar al sintetizar poliésteres a través de reacciones de condensación es la dificultad para alcanzar altos pesos moleculares, además de obtener altos valores de dispersidad. En tanto que la metodología de ROP representa una alternativa conveniente para esto, al permitir la síntesis de poliésteres alifáticos con altos valores de peso molecular y bajos valores de dispersidad, esto último está relacionado con un buen control en la reacción de polimerización, lo que resulta en una mayor homogeneidad de tamaño de las cadenas poliméricas, en condiciones de reacción menos drásticas a las requeridas para la policondensación (Lecomte y Jérôme, 2012). Dependiendo de las condiciones de reacción y del catalizador implementado, los poliésteres obtenidos vía ROP pueden seguir un mecanismo de tipo aniónico, catiónico, de coordinación, enzimático u organocatalítico. Para este último se ha reportado el uso de diversos catalizadores, entre los cuales se encuentran las bases de tipo guanidina, como el 1,5,7-triazabicyclo-[4.4.0]-5-deceno (TBD), y de tipo amidina, como el diazabicyclo-[5.4.0]-7-undeceno (DBU), con actividad catalítica adecuada para la síntesis de poli(L-lactida) (PLLA), poli( $\epsilon$ -caprolactona) (PCL), poli(brasilato de etilo) (PEB), poli(valerolactona) (PVL) y poli( $\epsilon$ -decalactona) (PDL) (Kamber *et al.*, 2007; Olsén *et al.*, 2013; Pascual *et al.*, 2014a).

Cabe mencionar que se tiene conocimiento de diversos estudios que comparan la efectividad de estos catalizadores a base de compuestos orgánicos de carácter alcalino, donde se hace notar la influencia de los parámetros de reacción sobre las propiedades de los productos resultantes, sin embargo, no existe un estudio sistematizado que compare la efectividad de estas variaciones en parámetros de reacción como el tipo de catalizador, presencia o ausencia de cocatalizador, relación molar iniciador (alcohol bencílico):catalizador y tiempo de reacción; a fin de obtener un conjunto de

poliésteres, así como la determinación de las propiedades de éstos. Igualmente, el objeto de estudio de este trabajo consiste en el establecimiento de condiciones de reacción específicas para la obtención de poliésteres que presenten propiedades de biodegradabilidad para su posterior aplicación en la elaboración de dispositivos médicos flexibles, particularmente en el desarrollo de sistemas de regeneración de tejido cutáneo.

La selección de PLLA, PEB, PCL y PDL como poliésteres a sintetizar se sustenta en que sus monómeros provienen de fuentes renovables, al igual que en la relevancia que tienen dentro del campo de la medicina. Particularmente, la PLLA es empleada para la elaboración de implantes óseos y suturas (Farah, Anderson y Langer, 2016). Por otro lado, PEB y PCL son poliésteres de interés para la ingeniería tisular mientras que, para el desarrollo de sistemas de liberación controlada de fármacos, la PDL es un polímero recurrente (Güney *et al.*, 2018; Krukiewicz *et al.*, 2019; Chiriac *et al.*, 2021). La implementación de ROP organocatalítica posibilita la síntesis de estos biomateriales mediante una metodología robusta y económica comparada con métodos de polimerización que requieren condiciones de reacción demandantes, como la policondensación y la ROP catalizada por precursores que poseen elementos metálicos.

## METODOLOGÍA

### Síntesis de poliésteres alifáticos

Se estudiaron variaciones de cuatro parámetros de reacción para efectuar la síntesis de PLLA, PEB, PCL y PDL vía ROP organocatalítica, dichas variantes son: catalizador (TBD o DBU), presencia o ausencia de donador de protón o activador (fenol), relación molar iniciador:catalizador (1:3 o 1:5) y tiempo de reacción (24 o 48 h). Las reacciones de polimerización se realizaron en matraces Schlenk (50 mL) previamente secos y provistos de un agitador magnético. Se introdujeron los monómeros y precursores en las relaciones establecidas (tabla I). Se utilizó tolueno como solvente, en una relación molar monómero:solvente 1:1, y trioxano como estándar interno usado en la determinación de la

conversión vía resonancia magnética nuclear de protón ( $^1\text{H NMR}$ ), después se efectuó la extracción de oxígeno y humedad a través de tres ciclos de vacío y nitrógeno. Las reacciones se llevaron a cabo a  $90^\circ\text{C}$  manteniendo la agitación constante en 400 rpm empleando una parrilla de calentamiento y agitación controlados por el tiempo establecido. En lo referente a la purificación de los productos, se llevó a cabo la evaporación del solvente seguido por dos lavados del producto en metanol usando un baño frío ( $\sim 0^\circ\text{C}$ ) para la eliminación de trazas de monómeros y precursores residuales, posterior filtración, secado a vacío a una temperatura de  $45^\circ\text{C}$  durante 24 horas.

### Caracterización de productos

La confirmación de las estructuras químicas de los poliésteres fue mediante resonancia magnética nuclear de protón ( $^1\text{H NMR}$ ), así como de la determinación de la conversión alcanzada en cada reacción utilizando un espectrómetro Bruker Advance III de 400 MHz y cloroformo deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ) como solvente. Los valores de  $\overline{M}_n$  y  $\overline{M}_w$  de los poliésteres fueron determinados por cromatografía de permeación en gel (GPC) usando un cromatógrafo Agilent PL-GPC50 calibrado con estándares de poliestireno, usando THF (grado HPLC) como eluyente, detector de índice de refracción, columna tipo C de  $5\ \mu\text{m}$  y presión de operación de 2.34 MPa. Las transiciones térmicas se obtuvieron por calorimetría de barrido diferencial (DSC) usando un calorímetro DSC-2500 de TA Instruments empleando ciclos de calentamiento-enfriamiento de  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  bajo atmósfera de nitrógeno. La estabilidad térmica de los materiales se estudió por análisis termogravimétrico (TGA), a una velocidad de calentamiento de  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  bajo atmósfera de nitrógeno de 30 a  $600^\circ\text{C}$  usando un analizador termogravimétrico Q500 de TA Instruments.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las variaciones en los parámetros de reacción mencionados, se observaron diferencias notables en las conversiones resultantes para cada sistema, así como en las propiedades térmicas de los poliésteres alifáticos obtenidos, en comparación con las reportadas en la

bibliografía. Los resultados recopilados en la caracterización química permitieron implementar ajustes en las condiciones de reacción de sistemas subsecuentes, a fin de obtener un balance entre altos valores de conversión y peso molecular en conjunto con las correspondientes dispersidades en las reacciones de polimerización vía ROP organocatalítica de los ésteres cíclicos estudiados.

En lo referente a la estructura química de los poliésteres, los análisis de  $^1\text{H NMR}$  permitieron corroborar la obtención de los distintos productos. Por ejemplo, la formación de PDL se confirma a partir del cambio en el valor del desplazamiento químico en la señal  $a$  ( $\delta_a = 4.25\ \text{ppm}$ ) correspondiente al protón  $\alpha$  O-C=O de la  $\epsilon$ -DL (figura 1-I) y al efectuarse la reacción de ROP, esta nueva señal  $a'$  alcanza un valor de  $\delta_{a'} = 4.87\ \text{ppm}$  (figura 1-II) (Olsén *et al.*, 2013). Del mismo modo se corroboró la obtención de PEB a través del desplazamiento químico manifestado en las señales  $c$  y  $d$ , antes y después de la polimerización; para los protones  $\alpha$  O-C=O,  $\delta_c$  de  $4.31\ \text{ppm}$  en el monómero (figura 1-III) hasta un valor de  $\delta_{c'} = 4.25\ \text{ppm}$  (figura 1-IV) en el PEB, concordando con desplazamientos químicos reportados en la bibliografía (Pascual *et al.*, 2014a). Para el caso de la síntesis de PLLA, se identificó el desplazamiento químico en la señal  $e$  ( $\alpha$  O-C=O) del L-LA en  $\delta_e = 4.97\ \text{ppm}$  (figura 1-V) y  $e'$  (polímero) en un  $\delta_{e'} = 5.19\ \text{ppm}$  (figura 1-VI). Igualmente, la obtención de PCL se confirmó mediante la señal  $g$  con desplazamiento químico en  $\delta_g = 4.18\ \text{ppm}$  (figura 1-VII) y  $g'$  en  $\delta_{g'} = 4.07\ \text{ppm}$  para PCL (figura 1-VIII) (Mohite *et al.*, 2016; Wu, Tian y Wang, 2017).

Es importante mencionar que el análisis de los valores de desplazamiento químico de las señales de los protones  $\alpha$  O-C=O se hace considerando que son aquéllos contiguos a donde se efectúa la ruptura del enlace C-O (reacción de ROP), en el que se evidencia el cambio en el ambiente químico de dichos protones. Adicionalmente, se debe mencionar que la ausencia de señales propias de monómeros, en los espectros de los poliésteres resultantes, sugiere que se tuvo un proceso de purificación adecuado para cada material.

Tabla I. Sistemas de reacción ROP para la obtención de poliésteres usando monómeros de L-lactida (L-LA), brasilato de etilo (EB), ε-caprolactona (ε-CL) y ε-decalactona (ε-DL).

Sistema	Relaciones molares					Tiempo de reacción (h)	Conversión (%)	
	Monómero	Catalizador	Activador	Iniciador				
A1-1	L-LA	250	DBU	3	5	1	24	0
A1-2	EB	125	DBU	3	5	1	24	0
A1-3	ε-CL	250	DBU	3	5	1	24	0
A1-4	ε-DL	250	DBU	3	5	1	24	0
A2-1	L-LA	250	TBD	3	5	1	24	90
A2-2	EB	125	TBD	3	5	1	24	97
A2-3	ε-CL	250	TBD	3	5	1	24	91
A2-4	ε-DL	250	TBD	3	5	1	24	77
B1-1	L-LA	250	TBD	3	5	1	24	90
B1-2	EB	125	TBD	3	5	1	24	97
B1-3	ε-CL	250	TBD	3	5	1	24	91
B1-4	ε-DL	250	TBD	3	5	1	24	77
B2-1	L-LA	250	TBD	3	0	1	24	90
B2-2	EB	125	TBD	3	0	1	24	99
B2-3	ε-CL	250	TBD	3	0	1	24	92
B2-4	ε-DL	250	TBD	3	0	1	24	95
C1-1	L-LA	250	TBD	3	0	1	24	90
C1-2	EB	125	TBD	3	0	1	24	99
C1-3	ε-CL	250	TBD	3	0	1	24	92
C1-4	ε-DL	250	TBD	3	0	1	24	95
C2-1	L-LA	250	TBD	5	0	1	24	92
C2-2	EB	125	TBD	5	0	1	24	99
C2-3	ε-CL	250	TBD	5	0	1	24	92
C2-4	ε-DL	250	TBD	5	0	1	24	95
D1-1	L-LA	250	TBD	5	0	1	24	92
D1-2	EB	125	TBD	5	0	1	24	99
D1-3	ε-CL	250	TBD	5	0	1	24	92
D1-4	ε-DL	250	TBD	5	0	1	24	95
D2-1	L-LA	250	TBD	5	0	1	48	95
D2-2	EB	125	TBD	5	0	1	48	99
D2-3	ε-CL	250	TBD	5	0	1	48	96
D2-4	ε-DL	250	TBD	5	0	1	48	96

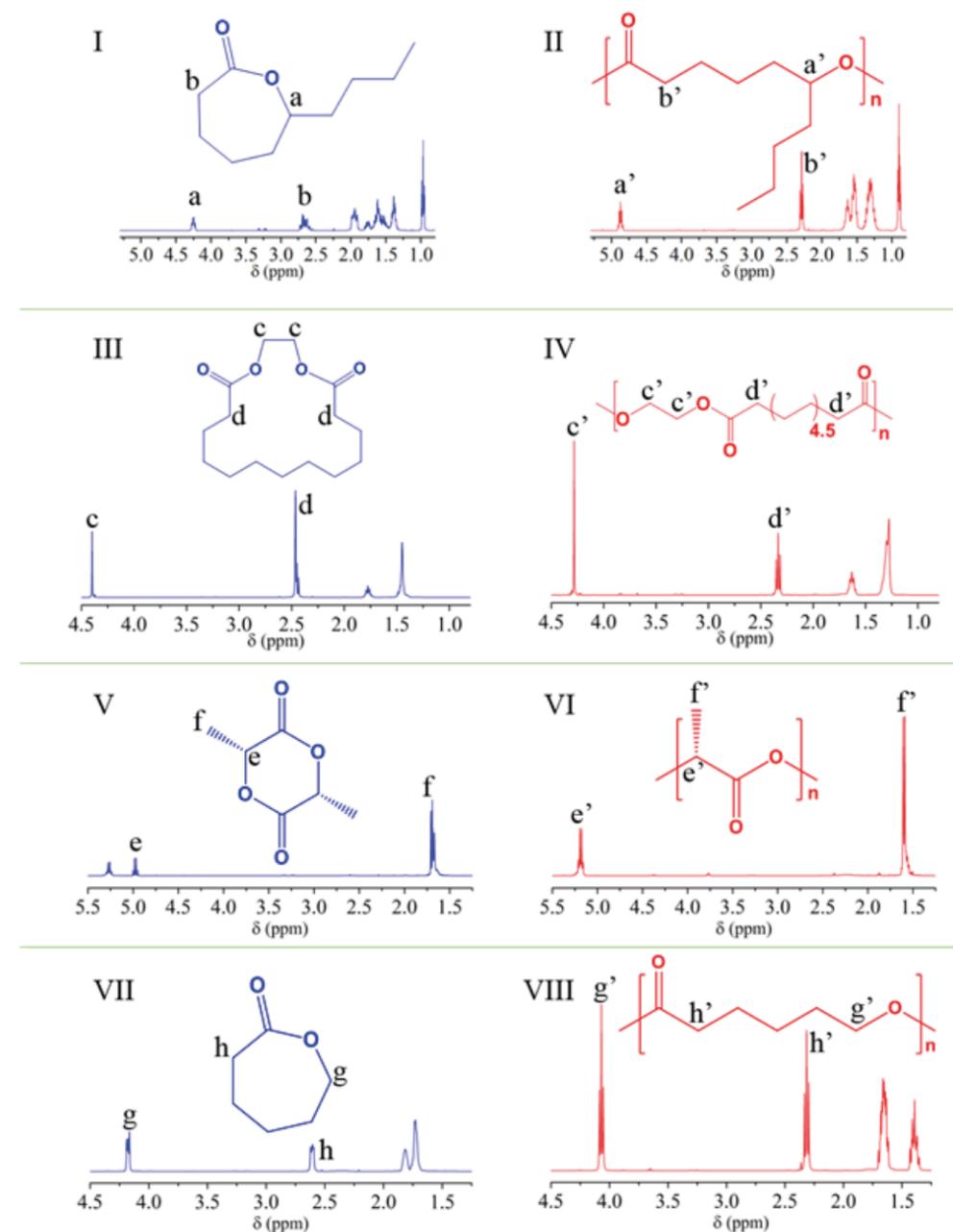


Figura 1. Espectros <sup>1</sup>H NMR correspondientes a ésteres cíclicos y poliésteres alifáticos polymerizados a través del sistema D2; (I) ε-DL y (II) PDL, (III) EB y (IV) PEB, (V) L-LA y (VI) PLLA, y (VII) ε-CL y (VIII) PCL.

Aunado a la identificación de productos por  $^1\text{H}$  NMR se cuantificaron, por esta técnica, las conversiones alcanzadas en cada sistema de reacción. Los parámetros correspondientes al sistema D2 generaron los valores más altos de conversión en comparación con el resto de los sistemas; conversiones con valores  $\geq 95\%$  para los cuatro monómeros (tabla I) permitieron designar dichas condiciones como las óptimas en la síntesis de homopolímeros de PLLA, PEB, PCL y PDL. El parámetro de reacción con mayor influencia sobre la conversión fue el catalizador TBD, ya que el DBU presentó nula actividad catalítica, que se puede atribuir a la monofuncionalidad del átomo de nitrógeno en su estructura química, imposibilitándole reaccionar con el monómero y el iniciador de manera simultánea. A diferencia del DBU, el TBD posee un átomo de nitrógeno secundario y uno terciario, característica que le proporciona bifuncionalidad, volviéndolo capaz de activar tanto al monómero como al iniciador en la misma etapa, facilitando el mecanismo de apertura de anillo y, consecuentemente, permitiendo una mayor conversión del éster cíclico a polimerizar (Dzienia *et al.*, 2019).

Del mismo modo, la presencia de fenol en los medios de reacción indujo un efecto negativo sobre la conversión de estos monómeros, particularmente de la  $\epsilon$ -decalactona, debido a una posible protonación del catalizador inducida por parte del fenol, impidiendo la iniciación del mecanismo de apertura de anillo, en lugar de facilitar la activación del monómero (Lohmeijer *et al.*, 2006). El incremento de la concentración molar de catalizador, así como el tiempo de reacción, de 24 a 48 horas, tuvo un efecto positivo sobre dichas conversiones a expensas de un aumento en los valores de la dispersidad ( $\mathcal{D}$ ). Cabe señalar que no se cuenta con estudios del impacto de la  $\mathcal{D}$  sobre la degradabilidad de los poliésteres sintetizados bajo condiciones de hidrólisis. Aunque existen reportes sobre el incremento de la tasa de degradación hidrolítica, de poliésteres alifáticos, a mayores valores de  $\mathcal{D}$  (Fuoco *et al.*, 2021), lo cual resulta benéfico para implantes médicos, como injertos y andamios tisulares, en los cuales se requiere una tasa de degradación ajustada para su eliminación a tiempos determinados, por parte de la actividad fisiológica del hospedador (Bu *et al.*, 2019).

En el caso de los resultados de  $\overline{M}_n$  de los polímeros formados por ésteres cíclicos de seis (L-lactida) y siete miembros ( $\epsilon$ -caprolactona y  $\epsilon$ -decalactona), resultaron mayores que en el PEB que es generado de la apertura de un anillo de 17 miembros (tabla II). Debido a que los monómeros cíclicos muestran una mayor estabilidad estructural a mayor número de miembros en su anillo, a consecuencia de tensiones anulares reducidas, su velocidad de propagación se ve desfavorecida termodinámicamente (Su, 2013).

Aunado a lo anterior, la conformación *s-trans* de los grupos alcoxi, del brasilato de etilo, le confieren a éste una mayor estabilidad que la conformación *s-cis* del resto de las lactonas estudiadas (Nifant'ev e Ivchenko, 2019), lo que representa una apertura de anillo con un requerimiento energético mayor. Partiendo de esto, resulta evidente la obtención de PEB con un bajo peso molecular empleando las mismas condiciones de síntesis para los otros poliésteres sintetizados, cabe mencionar que en la síntesis de PEB se utilizó una relación de monómero/iniciador  $M/I=125$ , pues el EB (270 g/mol) tiene un peso molecular de más del doble que algunos monómeros aquí estudiados y se buscó tener valores de  $M_n$  similares para todos ellos.

Tabla II. Conversiones de L-lactida, brasilato de etilo,  $\epsilon$ -caprolactona y  $\epsilon$ -decalactona, y  $\mathcal{D}$  de poliésteres alifáticos resultantes a través de sistema de reacción D2.

Polímero	Conversión (%)	$M_n$ (g/mol)	$\mathcal{D}$
PLLA	95	19200	1.54
PEB	99	12900	1.82
PCL	96	19400	1.90
PDL	96	38700	1.45

De acuerdo a estudios de degradación térmica de los materiales obtenidos (figura 2), la PCL presentó la mayor estabilidad térmica, en contraste con la PLLA, la cual mostró una temperatura de degradación  $125^\circ\text{C}$  menor, lo cual se correlaciona con su nulo grado de cristalinidad (Khuenkeao, Petchwattana y Covavisaruch, 2016). Cabe mencionar que, a pesar de que la PDL es un poliéster amorfo, posee una termorresiliencia elevada debido a la estabilidad térmica propia de los ésteres

cíclicos de seis y siete miembros, lo que incluye a la  $\epsilon$ -caprolactona (Olsén *et al.*, 2013). La determinación de la estabilidad térmica de estos poliésteres permitió establecer el rango de temperatura para la caracterización por DSC.

A través de la caracterización térmica por DSC (figura 3) se identificaron las temperaturas de transición vítrea ( $T_g$ ), cristalización ( $T_c$ ) y fusión ( $T_m$ ), de los poliésteres D2-1 a D2-4. La  $T_g$  de la PLLA ( $43^\circ\text{C}$ ) se detectó alrededor de  $15^\circ\text{C}$  por debajo del valor reportado (Khuenkeao, Petchwattana y Covavisaruch, 2016). Posibles causas de esto, así como de la ausencia de una endoterma de fusión y exoterma de cristalización, son una elevada velocidad de calentamiento y enfriamiento, y la presencia del enantiómero D-lactida, entre los monómeros polimerizados, presencia de impedimento estérico y, por ende, dificultad del empaquetamiento de las cadenas poliméricas para formar estructuras cristalinas (Müller *et al.*, 2014). El PEB manifestó una exoterma de cristalización (figura 3a) y tres endotermas de fusión (figura 3b), producto de polimorfismo cristalino generado por diferencias entre el empaquetamiento de

los segmentos alquilo y el de los segmentos que poseen grupos éster (Song *et al.*, 2019).

Los valores de  $T_c$  ( $50^\circ\text{C}$ ) y  $T_m$  ( $70^\circ\text{C}$ ) de este material semicristalino concuerdan con los reportados en estudios previos (Wei *et al.*, 2019). La detección de su  $T_g$  se vio dificultada por la presencia de estructuras cristalinas en regiones amorfas (Pascual *et al.*, 2014b), caso similar para la PCL, la cual presentó  $T_c$  ( $30^\circ\text{C}$ ) y  $T_m$  ( $50^\circ\text{C}$ ) acordes a valores establecidos por otros autores (Speranza *et al.*, 2014), en conjunto con una exoterma de cristalización (figura 3a) y endoterma de fusión (figura 3b) amplias, atribuyéndose a altos valores de dispersidad en los pesos moleculares de los poliésteres. Finalmente, la PDL mostró una única transición térmica, una  $T_g$  de  $-54^\circ\text{C}$  (figura 3b), característica propia de un material amorfo. La cristalinidad nula de este poliéster es resultado del efecto estérico que impide el ordenamiento de las cadenas, generado por la ramificación alquílica en cada unidad repetitiva, inicialmente correspondiente al grupo sustituyente n-butilo en la posición  $\epsilon$  del éster cíclico (Jasinska-Walc *et al.*, 2014).

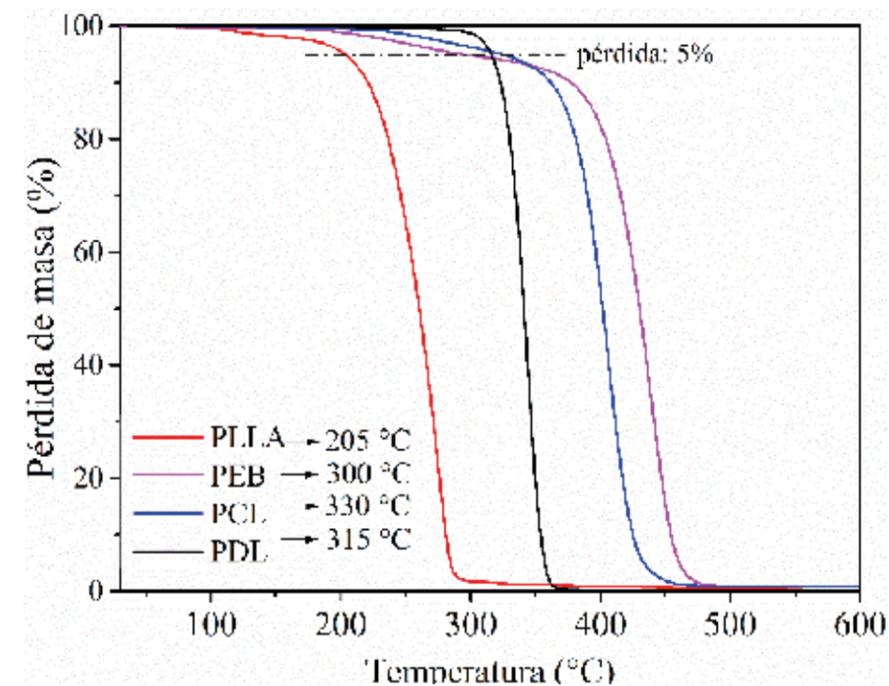


Figura 2. Descomposición de PLLA, PEB, PCL y PDL por análisis termogravimétrico.

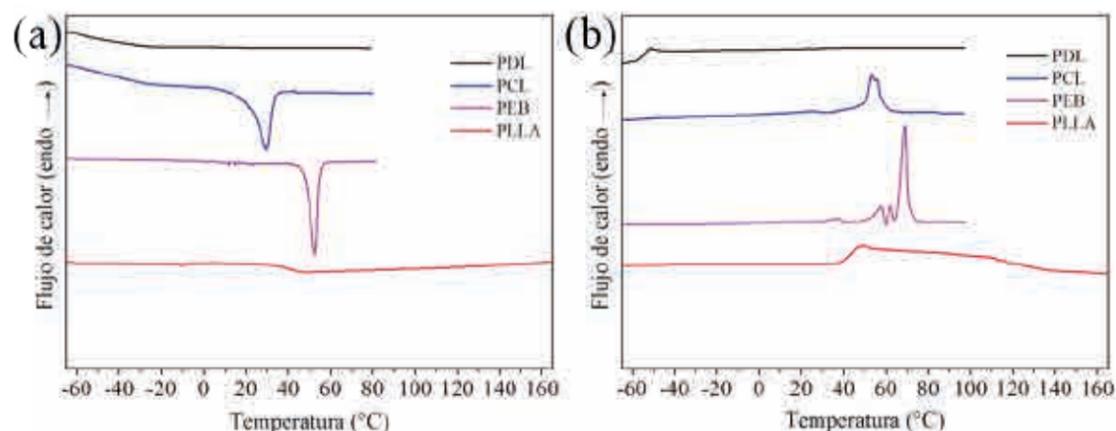


Figura 3. Termogramas de DSC de (a) enfriamiento y (b) calentamiento, de PLLA, PEB, PCL y PDL.

## CONCLUSIONES

Partiendo de los sistemas ROP estudiados, para la obtención de poliésteres alifáticos, fue posible la síntesis de PLLA, PEB, PCL y PDL con pesos moleculares promedio en número de 12.9-38.7 kDa y  $\bar{D}$  de 1.45-1.90. Se determinó la efectividad catalítica del TBD, sobre la del DBU, así como el efecto negativo del fenol sobre la conversión de los ésteres cíclicos estudiados, a las condiciones de reacción establecidas. De acuerdo con las transiciones térmicas, los materiales que mostraron carácter semicristalino fueron PEB y PCL, a diferencia del carácter amorfo mostrado por la PLLA y PDL. La versatilidad de las propiedades estructurales y térmicas, de estos poliésteres, así como la implementación de sistemas de síntesis libres de catalizadores que en su estructura contienen elementos metálicos, convierten la ROP organocatalítica en una propuesta atractiva para el diseño y preparación de materiales biobasados aplicables al campo de la biomedicina y agroindustria.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Judith N. Cabello, Myrna Salinas H., Guadalupe Méndez P. y Maricela García Z. por la asistencia técnica para la caracterización de los productos obtenidos en el presente estudio. MAJT (Id. Project: 76219) agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el soporte financiero a

través de la beca de estancia posdoctoral del programa “Estancias posdoctorales por México”. HRLG agradece al Conacyt el soporte financiero otorgado a través del proyecto de Ciencia Básica A1-S-34241.

## REFERENCIAS

- Bu, Y., *et al.* (2019). Surface Modification of Aliphatic Polyester to Enhance Biocompatibility. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 7:1-10. Doi: 10.3389/fbioe.2019.00098
- Chen, Y., *et al.* (2008). Study on biodegradable aromatic/aliphatic copolyesters. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 25(2):321-335. Doi: 10.1590/S0104-66322008000200011
- Chiriac, A. P., *et al.* (2021). Synthesis of poly(Ethylene brassylate-co-squaric acid) as potential essential oil carrier. *Pharmaceutics*. 13(4):1-24. Doi: 10.3390/pharmaceutics13040477
- Dzienia, A., *et al.* (2019). Studying the catalytic activity of DBU and TBD upon water-initiated ROP of  $\epsilon$ -caprolactone under different thermodynamic conditions. *Polymer Chemistry*. 10(44):6047-6061. Doi: 10.1039/c9py01134j
- Farah, S., Anderson, D.G., y Langer, R. (2016). Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications-A comprehensive review. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 107:367-392. Doi: 10.1016/j.addr.2016.06.012

- Fuoco, T., *et al.* (2021). Capturing the Real-Time Hydrolytic Degradation of a Library of Biomedical Polymers by Combining Traditional Assessment and Electrochemical Sensors. *Biomacromolecules*. 22(2):949-960. Doi: 10.1021/acs.biomac.0c01621
- Güney, A., *et al.* (2018). Thermoplastic PCL-b-PEG-b-PCL and HDI polyurethanes for extrusion-based 3D-printing of tough hydrogels. *Bioengineering*. 5(4). Doi: 10.3390/BIOENGINEERING5040099.
- Jasinska-Walc, L., *et al.* (2014). Topological behavior mimicking ethylene-hexene copolymers using branched lactones and macrolactones. *Polymer Chemistry*. 5(10):3306-3310. Doi: 10.1039/c3py01754k
- Kamber, N.E., *et al.* (2007). Organocatalytic ring-opening polymerization. *Chemical Reviews*. 107(12):5813-5840. Doi: 10.1021/cr068415b
- Khuenkeao, T., Petchwattana, N., y Covavisaruch, S. (2016). Thermal and mechanical properties of bioplastic poly(lactic acid) compounded with silicone rubber and talc. *AIP Conference Proceedings*, 1713:1-6. Doi: 10.1063/1.4942294
- Krukiewicz, K., *et al.* (2019). Analysis of a poly( $\epsilon$ -decalactone)/silver nanowire composite as an electrically conducting neural interface biomaterial. *BMC Biomedical Engineering*. 1(1):1-12. Doi: 10.1186/s42490-019-0010-3
- Lecomte, P., y Jérôme, C. (2012). Recent developments in ring-opening polymerization of lactones. *Advances in Polymer Science*. 245:173-218. Doi: 10.1007/12\_2011\_144
- Lohmeijer, B.G.G., *et al.* (2006). Guanidine and amidine organocatalysts for ring-opening polymerization of cyclic esters. *Macromolecules*. 39(25):8574-8583. Doi: 10.1021/ma0619381
- Mohite, K.K., *et al.* (2016). Cloisite Modified Tin as a Catalyst for the Ring Opening Polymerization of  $\epsilon$ -Caprolactone. *International Journal of Chemistry*. 30(2):2051-2732. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/305401929>
- Müller, A.J., *et al.* (2014). Crystallization of PLA-based Materials. En Alfonso Jiménez, Mercedes Peltzer, Roxana Ruseckaite (edit). *Poly(lactic acid) Science and Technology: Processing, Properties, Additives and Applications*. Pp. 66-98. Doi: 10.1039/9781782624806-00066

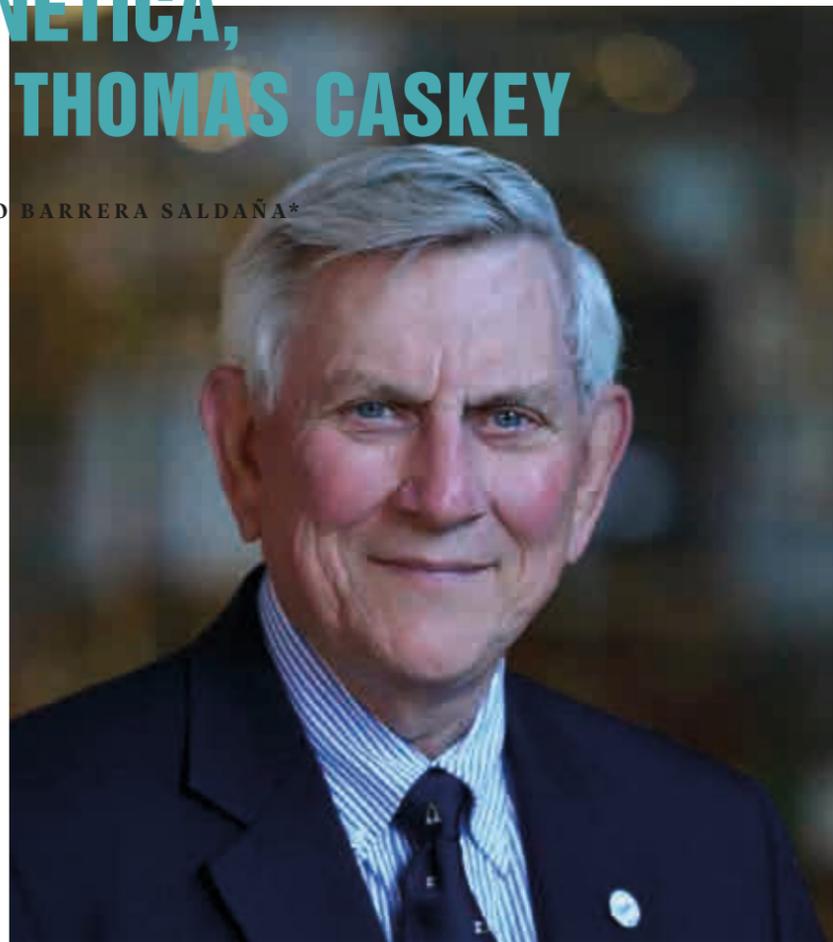
- Nifantev, I., e Ivchenko, P. (2019). DFT Modeling of Organocatalytic Ring-Opening Polymerization of Cyclic Esters: A Crucial Role of Proton Exchange and Hydrogen Bonding. *Polymers*: 11(12):2078. Doi: 10.3390/polym11122078
- Olsén, P., *et al.* (2013).  $\epsilon$ -Decalactone: A thermoresilient and toughening comonomer to poly(l-lactide). *Biomacromolecules*. 14(8):2883-2890. Doi: 10.1021/bm400733e
- Pascual, A., Sardón, H., *et al.* (2014a). Experimental and computational studies of ring-opening polymerization of ethylene brassylate macrolactone and copolymerization with  $\epsilon$ -caprolactone and TBD-guanidine organic catalyst. *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*. 53(4):552-561. Doi: 10.1002/pola.27473
- Pascual, A., Sardon, H., *et al.* (2014b). Organocatalyzed synthesis of aliphatic polyesters from ethylene brassylate: A cheap and renewable macrolactone. *ACS Macro Letters*. 3(9):849-853. Doi: 10.1021/mz500401u
- Song, D., *et al.* (2019). Morphology and crystallization kinetics of poly(ethylene brassylate). En *APS March Meeting Abstracts*, p. L70.071. Disponible en: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019APS..MARL70071S>
- Speranza, V., *et al.* (2014). Characterization of the poly-caprolactone melt crystallization: Complementary optical microscopy, DSC, and AFM studies. *The Scientific World Journal*. 2014. Doi: 10.1155/2014/720157
- Su, W.-F. (2013). Ring-Opening Polymerization. *Stereo Rubbers*. Pp. 267-299. Doi: 10.1007/978-3-642-38730-2\_11
- Wei, Z., *et al.* (2019). Synthesis, microstructure and mechanical properties of partially biobased biodegradable poly(ethylene brassylate-co- $\epsilon$ -caprolactone) copolyesters. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 91:255-265. Doi: 10.1016/j.jmbbm.2018.12.019
- Wu, B.B., Tian, L.L., y Wang, Z.X. (2017). Ring-opening polymerization of rac-lactide catalyzed by crown ether complexes of sodium and potassium iminophenoxides. *RSC Advances*. 7(39):24055-24063. Doi: 10.1039/c7ra03394j



In Memoriam

# MUERE EL PIONERO DE LA GENÉTICA, DR. C. THOMAS CASKEY

HUGO ALBERTO BARRERA SALDAÑA\*



## UN PUENTE ENTRE LA ULIEG Y EL COLEGIO BAYLOR DE MEDICINA

Tuve la fortuna de conocerle y cultivar su amistad. Todo empezó allá por 1988 cuando ayudé a mis amigos Luis E. Todd, Guillermo Elizondo y Luis Cañedo a realizar el histórico evento internacional *Cell Function and Disease*, auspiciado por la UNESCO. Desde entonces fragué un plan para persuadirle a abrir las puertas de su institución, el prestigioso Departamento de Genética Humana y Molecular del Colegio Baylor de Medicina, a mis alumnos de posgrado. A éstos, en el Programa de Posgrado en Ingeniería Genética y Biología Molecular del Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina (surgido a través de la Unidad de Laboratorios de Ingeniería y Expresión Genéticas -ULIEG-), les había impuesto como condición, para graduarse del doctorado, realizar una estancia de investigación en el extranjero; mientras que a los de la maestría, que intentarían irse al doctorado al extranjero.

\* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México, Imbiogem, S.C. y Vitagénesis, S.A. Contacto: habarrera@gmail.com



Resulta que cuando cursé el doctorado en el Departamento de Bioquímica del Hospital MD Anderson del Centro Médico de Houston, tomé cursos extracurriculares y acudí a realizar experimentos al referido Colegio. A diferencia del laboratorio donde yo me preparé como doctor en Ciencias Biomédicas, que era pionero y único en dicho hospital desarrollando investigaciones en Biología Molecular, en el citado Colegio se había generado entonces un grupo extraordinario de biólogos moleculares. Así que cuando le tuvimos de invitado en nuestro Congreso, le abordé y presenté a uno de mis mejores alumnos de la maestría para que le considerara para su programa doctoral. Sin embargo, en este primer intento no le convencimos, pues nos

argumentó que ya tenían solicitudes de sobra de candidatos excepcionales de naciones de Asia. Mas no me di por vencido.

La siguiente oportunidad se presentó al año siguiente, cuando fui aceptado en el Curso de Verano sobre Biología Molecular y Celular que tuvo lugar en la isla griega de Spetses y que fue organizado por el *Human Genome Organization* o *HUGO*, organismo que él presidía ese año. Así que retomé el plan y una de las tardes libres que le vi salir de la sede del curso y dirigirse solo al centro del pueblo en la isla, le seguí y, fingiendo que era una coincidencia, le volví a abordar para insistir que le diera la oportunidad a mi alumno.

Finalmente me ofreció considerarlo y tras que éste cumplió los requisitos, ingresó al tan ansiado doctorado. Cuando años más tarde lo reencontré y pregunté sobre el desempeño de mi exalumno, me confesó que había resultado uno de los mejores estudiantes del doctorado que en años recientes habían tenido. Acto seguido, varios de mis exalumnos de la maestría y alumnos del doctorado usaron esa puerta para acudir al mismo doctorado y a realizar estancias en los laboratorios adscritos al mismo, con tan buenos desempeños que luego me llamaban profesores de éste para solicitar que les enviara más estudiantes de nuestro programa. Estas mujeres y hombres de ciencia destacan hoy con luz

propia y perpetúan nuestra misión de sembrar, cultivar y cosechar la Biología y la Genética moleculares humanas desde la UANL y para México, Latinoamérica y el mundo. Ellos son, entre otros: Rocío Ortiz López, Ramiro Ramírez Solís, Augusto Rojas Martínez, Roberto Montes de Oca, Manuel González Garay, Diego Rincón Limas, Felipe Amaya Manzanares y Andrés Hernández García.

En años subsecuentes, cuando de nueva cuenta apoyé a Luis Todd en la organización del programa académico de la serie de congresos que titulamos BioMonterrey, propuse y tuvimos la dicha de que el Dr. Caskey participara como conferencista magistral en varias de las ediciones de este magnífico encuentro académico. No por nada, en la edición correspondiente a 2014, el rector en turno le reconoció con el Premio BioUANL 2014.

Esa fue la historia de mi relación profesional con este extraordinario personaje que honramos *in memoriam*. ¿Pero quién fue él y cuáles sus aportaciones al campo de la Genética Molecular y Humana? He aquí cómo es recordado por la comunidad del Departamento al que le dio fama mundial.

## DE LA QUÍMICA A LA MEDICINA

C. Thomas Caskey, considerado un pionero de la Genética y Genómica, y que fuera profesor de Genética Molecular y Humana en el Colegio Baylor de Medicina, murió a la edad de 83 años.



Nació en Lancaster, Carolina del Sur, en 1938. Asistió a la Universidad de Carolina del Sur, donde quedó fascinado por la Química, en su ruta hacia la escuela de Medicina. Más tarde recibiría un título honorario en Química por la Universidad en 1992. Obtuvo su título de médico de la Universidad de Duke y allí comenzó su investigación, estudiando la regulación alostérica de purina de *novo* con el famoso Dr. James B. Wyngaarden. En los Institutos Nacionales de Salud (NIH), bajo el Premio Nobel Dr. Marshall Nirenberg, definió la "universalidad" del código genético y descubrió los factores de la terminación de la traducción. En 1971 se mudó al Colegio Baylor de Medicina y fundó el Instituto de Genética Molecular, ahora llamado Departamento de Genética Molecular y Humana, que ha ocupado el puesto número uno en la financiación de los NIH en los Estados Unidos durante la última década.

El Dr. Caskey construyó el programa de Genética en Baylor desde

cero, fundando lo que hoy se conoce como el Departamento de Genética Molecular y Humana y haciéndolo crecer hasta convertirse en un líder nacional en Genética. Es recordado por sus contribuciones a la investigación genética y su dedicación a la tutoría y el desarrollo de la próxima generación de científicos y médicos.

"El Dr. Caskey fue un visionario que vio lo que era posible y entendió la importancia que la Genética jugaría en la Medicina", dijo el Dr. Paul Klotman, presidente, CEO y decano ejecutivo de Baylor. "Muchos científicos a los que asesoró ahora están haciendo un trabajo sobresaliente en todo el mundo, amén de en el propio Colegio. Era un tremendo líder y un buen amigo".

## CONSTRUYENDO EL PROGRAMA DE GENÉTICA MOLECULAR Y HUMANA

"El Dr. Caskey fue un genetista humano visionario que hizo descubrimientos históricos que ayudaron a acelerar el campo de la medicina genómica", dijo el Dr. Brendan Lee, Robert y Janice McNair de la Cátedra en Genética Molecular y Humana y profesor y presidente del Departamento de Genética Molecular y Humana en Baylor. "Como fundador de las actividades genéticas en Baylor, sentó las bases para lo que se ha convertido en el Departamento de Genética líder y más integrado del mundo".

Durante su permanencia en Baylor, Caskey amplió la experiencia en investigación del departamento, reuniendo a genetistas que estudian una variedad de especies, desde humanos hasta ratones y moscas de la fruta. También amplió el tamaño del departamento, priorizando el reclutamiento de los mejores científicos de todo el mundo.

El Dr. Richard Gibbs, presidente de Wofford Cain y profesor de Genética Molecular y Humana y director del Centro de Secuenciación del Genoma Humano, se describió a sí mismo como "en el mejor de los casos, un diamante en bruto", cuando Caskey lo conoció en 1985, en Melbourne, Australia, y lo invitó a convertirse en investigador posdoctoral en su laboratorio en Baylor. Él le da crédito a Caskey por proporcionar una "oportunidad sin precedentes" y crear un entorno que fomentó la innovación y el éxito.



Huda Zoghbi, profesora de Pediatría, Genética Molecular y Humana, Neurología y Neurociencias en Baylor y directora del Instituto de Investigación Neurológica Jan y Dan Duncan en el Hospital Infantil de Texas, dijo que el liderazgo de Caskey fue parte integral del éxito del departamento.

"La salsa secreta, la visión de lo que somos hoy, fue realmente la visión de Tom Caskey", dijo Zoghbi. "Realmente cambió a Baylor y nos puso en el mapa como una potencia de investigación".

Caskey fue un líder nacional en investigación genética. Fue influyente en las primeras reuniones sobre el Proyecto Genoma Humano, un esfuerzo masivo y mundial para secuenciar el genoma humano. Su investigación genética identificó la base genética de 25 enfermedades hereditarias principales y aclaró la comprensión de la "anticipación" en las enfermedades de repetición de tripletes como el Síndrome de X frágil y la distrofia muscular miotónica. Su patente de identificación personal es la base de la aplicación mundial para la ciencia forense, y también fue consultor del FBI en ciencias forenses.

En 1994, Caskey se convirtió en vicepresidente senior de Genética Humana y Descubrimiento de Vacunas en Merck Research Laboratories, supervisando su sitio de West Point. Más tarde regresó a Houston y se convirtió en el CEO del Instituto de Medicina Molecular de la Fundación Brown en el Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Texas en Houston. En 2011 regresó a Baylor como profesor para continuar el trabajo en el Departamento que ayudó a construir.

Sus publicaciones recientes abordan la utilidad de la secuenciación de todo el genoma para prevenir enfermedades de inicio en adultos, y su investigación se centró en la aplicación de la secuenciación del genoma completo y la metabolómica de los individuos para comprender el riesgo de enfermedad y su prevención.

Además de su trabajo en el laboratorio, también tuvo un impacto en la clínica. Caskey fue certificado por la Junta en Medicina Interna, Genética Médica y Genética Molecular, con 25 años de experiencia en atención al paciente.

"Muy pocas personas pueden afirmar estar sólidamente arraigadas tanto en las actividades clínicas como en la investigación, pero la capacidad de Tom para hacer ambas cosas y unir las fue una verdadera fortaleza", dijo Gibbs.

Además de sus muchos logros científicos, Caskey es recordado con cariño por su impacto en la próxima generación de científicos. Quienes trabajaron con él lo describen como un mentor generoso y una inspiración para las personas que lo rodean.

"Una filosofía central fue su inversión en los científicos y médicos más



brillantes al principio de sus carreras y permitirles liderar y florecer en una comunidad intelectualmente generosa", dijo Lee. "Tenía una capacidad increíble para detectar este talento emergente y muchos de sus aprendices y profesores se han convertido en líderes en el mundo de la Genética y la Genómica en la actualidad".

Zoghbi describió a Caskey como fundamental para su éxito. Cuando Caskey dejó Baylor, la postuló para asumir su puesto como investigadora del Instituto Médico Howard Hughes, un momento que, según ella, transformó su carrera. También dijo que su tutoría ayudó a dar forma a la manera en que dirige su propio laboratorio.

"Cuando comencé mi laboratorio, le pregunté si tenía algún consejo para mí", dijo Zoghbi. "Él dijo: 'Vas a tener que decidir si eres una persona que usa a las personas o hace personas'. Eso sonaba tan cierto en mi cabeza. Tom hizo gente. Su hermoso legado son todas las personas cuyas carreras ha impactado".



## TODA UNA VIDA DE LOGROS

A lo largo de su carrera, Caskey recibió numerosos honores académicos y de la industria, incluidos el Premio William Allan de la Sociedad Americana de Genética Humana, en 2021, y el Premio William G. Anlyan, MD, a la Trayectoria de la Asociación de Exalumnos Médicos de la Universidad de Duke, en 2015. Fue miembro de la Academia Nacional de Ciencias, la Academia Nacional de Medicina (sirviendo como presidente de la Junta de Política de Ciencias de la Salud) y la Royal Society of Canada. Fue presidente de la Sociedad Americana de Genética Humana, de HUGO y de la Academia de Medicina, Ingeniería y Ciencia de Texas.

"El Dr. Caskey fue un verdadero pionero en Genética Médica", dijo la Dra. Mary Dickinson, vicepresidenta senior y decana de investigación de Baylor. "Trazó un camino para que muchos siguieran a través de su investigación y educación, y estableció los estándares para aquéllos que vinieron después de él. Hay tantos que lo recordarán con cariño y llevarán su legado a través de su propio trabajo y acciones. Hemos perdido a un verdadero pilar de nuestra comunidad académica y se le echará de menos".

## Cómo construir cadenas de valor para el proceso de transferencia: entrevista con el doctor Héctor Benítez Pérez

MARÍA JOSEFA SANTOS CORRAL\*



**H**éctor Benítez Pérez estudió Ingeniería Mecánica en la UNAM y tiene un doctorado en Control Automático y Sistemas de Ingeniería por la Universidad de Sheffield, Inglaterra. Es investigador titular del Departamento de Ingeniería de Sistemas Computacionales y Automatización del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la UNAM, donde fue director de 2012 a 2020. Sus líneas de investigación se relacionan con el modelado de sistemas complejos de cómputo y su incorporación a la ley de control; detección y clasificación de fallas y cómputo de alto rendimiento sobre las que ha publicado libros, capítulos de libro y artículos en revistas indexadas. Ha participado, junto con otros investigadores, en desarrollos tecnológicos vinculados a análisis gráficos y sistemas de gestión del conocimiento de los cuales tiene varios registros de obra como derechos de autor. Ha sido, además, responsable y corresponsable de proyectos financiados que tienen como propósito resolver problemas técnicos relacionados con sus temas de investigación. Actualmente es director general de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación de la UNAM.

\*Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.  
Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx

**¿Cómo descubre su vocación, primero por la ingeniería y después por la investigación en Matemáticas aplicadas?**

Mi decisión por la ingeniería fue muy curiosa, voy a decir la verdad, fue en un volado. Quería estudiar Física, pero estaba indeciso entre estudiar ésta o electrónica. Llenando mi solicitud para ingresar a la UNAM, tenía pase automático, al final decidí ingresar a ingeniería. Siempre me quedó la idea de hacer Matemáticas, por esta inclinación hacia la Física, así que fue algo que fui desarrollando a lo largo de mi preparación personal, concretamente en el doctorado. Quiero agregar que en mi elección también influyó el dicho de mi hermana cuando le comenté que quería estudiar Física, a lo que contestó: “No estudies Física porque vas a terminar como investigador en un cubículo de la UNAM”, y sí, justo así terminé.

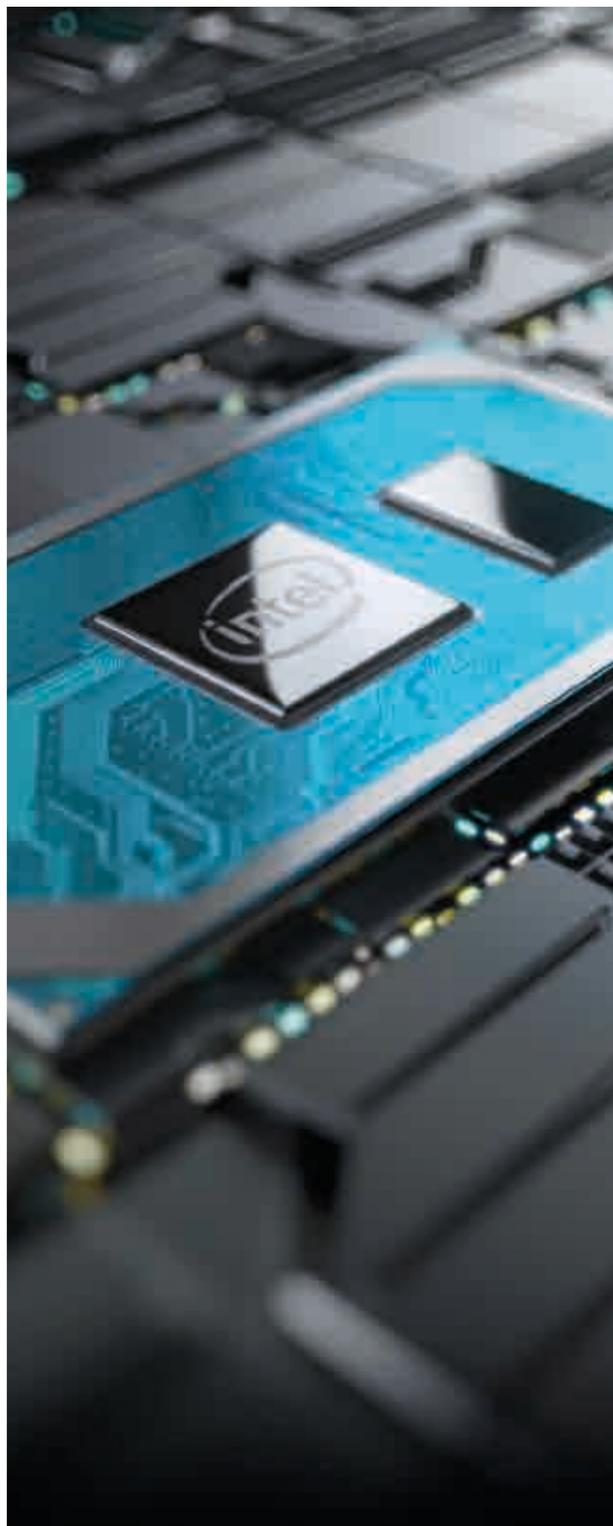
**¿Cómo llega a las Matemáticas aplicadas y qué desafíos encuentra en ello?**

Más que matemático aplicado yo me considero un científico de cómputo, aunque trabajo con Matemáticas aplicadas. Pero el fenómeno físico que yo he estudiado es el cómputo. El desafío que encuentro en el gran espectro en los temas fisicomatemáticos es el trabajo sobre incertidumbres. Sobre el tema existe toda una teoría construida bajo distintos enfoques, como el de Estadística, el de teoría de juegos, el de cómputo y Física cuántica, el de teoría matemática, pero sigue siendo un gran desafío poder analizar los problemas no lineales como problemas modelados bajo un esquema de representación computacional. Es ahí donde hay mucho por hacer, donde se pueden plantear problemas desde la teoría matemática, muy interesantes que suponen muchos retos.

**¿Qué desafíos encuentra en la transferencia de conocimientos, software y tecnología?**

Veo la transferencia de conocimientos y tecnología desde varias aristas. En principio, en mi trabajo como docente, que para mí es apasionante, aprovecho para anotar aquí que, en los casi dos años de pandemia, he extrañado el trabajo presencial con mis alumnos. Desde hace más de 20 años imparto un seminario con alumnos de docto-

“No estudies Física porque vas a terminar como investigador en un cubículo de la UNAM”



rado y con mis tesis de maestría donde, al análisis de ciertos textos, se suma un taller de experimentación que está medio suspendido por la pandemia, aunque cuando las condiciones sanitarias lo han permitido, he tenido algunas escapadas para hacer pruebas de laboratorio. Es muy importante trabajar con los alumnos para entender el fenómeno físico, estudiarlo, reproducirlo, que lo vean, que lo puedan medir y se sensibilicen en éste. A partir de ello viene un razonamiento de lo que pasa con estos fenómenos y su representación. Éste es uno de los procesos de transferencia de conocimientos, posiblemente el primero, construido desde la perspectiva de la investigación-didáctica.

Ahora, a transferir conocimiento desde el punto de vista de generar un producto terminado lo aprendí hace muchos años, 30 quizá, cuando tuve la oportunidad de hacer mi doctorado en una universidad prestigiosa cercana a la empresa Rolls Royce, donde trabajamos con el Research University Technology Centre, bajo un esquema en el que la empresa pagaba una parte de la beca para ciertos estudiantes o apoyaba al grupo de investigación y, a cambio, nos planteaba problemas de cierta calidad, pero, sobre todo, que no fueran con una alta confidencialidad, o se pedía que se firmaran acuerdos de confidencialidad, con el fin de buscar soluciones, un tanto para saber qué se podía construir.

Ellos tenían, por supuesto, un grupo de investigadores, de ingenieros que estaban resolviendo los problemas técnicos que se presentaban día a día, pero también había algunos de más largo plazo, para los que buscaban otros acercamientos. Siempre se nos presentaban problemas de cierto interés, pero uno de los que, para mí, en ese entonces, fue muy apasionante, fue el reto de cómo utilizar un sistema de control distribuido en una turbina de gas. Lo que entendí allí fue el fenómeno de la transferencia de conocimientos. Rolls Royce no llegaba a solicitar la gran investigación, sino que su equipo de gente muy preparada (físicos y matemáticos) planteaba el problema, la manera en que lo modelaban, las cosas que habían desarrollado, y lo que no podían resolver. A partir de estos planteamientos nosotros comenzábamos a buscar alternativas. Ese mecanismo lo entendí muy bien; comenzaba con escuchar al cliente, sentarte con él a conversar sobre cuál era el problema específico.

No mostrarles tus grandes capacidades, porque eso no sirve, de verdad no sirve. Solamente es ego. Lo importante es tener la capacidad de entender la perspectiva, tiempos y necesidades del otro. Fue así como entendí la dinámica de la transferencia. Años después me topé con muchos tecnólogos que transferían su conocimiento en la Universidad de Berkeley, en California, y me gustó muchísimo cómo lo veían. Cosas como, por ejemplo, que 90% de todas las conversaciones que tenemos con los empresarios no sirven, no conducen a un proyecto viable, sólo puedes tener una muy buena plática intelectual, pero a lo que sí te ayuda es a entender a ese gremio. En ese mismo año tuve la oportunidad de estar en Intel Technologies y conversar con los tecnólogos de la empresa y ver la otra perspectiva; encontré algunas coincidencias, por ejemplo, que al igual que en Rolls Royce, hay gente muy capacitada, muy bien formada, en la misma situación, con los problemas y retos muy claros, pero sin tiempo para dedicarse a ellos porque tienen la demanda de resolver asuntos más apremiantes para el desarrollo de productos vinculados, en el caso de Intel, a cómputo.

Así, aunque tenían idea de qué podría resolver tal o cual tecnología, no tenían posibilidades de desarrollarlo y se lo planteaban a las empresas de tecnología de Silicon Valley. En México entendí que no contábamos con esta cadena de suministros intelectuales y, por tanto, debíamos construir mecanismos para amortiguar los tiempos. Teníamos que saber con qué tipo de productor queríamos trabajar y qué tan dispuesto estabas a amortiguar los tiempos. Te das cuenta de que hay personas que tienen muy claros los problemas, que saben cómo innovar, pero no tienen una estructura para resolver sus necesidades. Es una cuestión de estar preparado para amortiguar el proceso de aprendizaje. Eso lo vi en distintos lugares como en Pemex, el IMP, con alguna empresa de noticias donde aprendí a entender el nivel de madurez con respecto a la transferencia tecnológica, sin preguntárselo.

Lo que tienes que hacer es escucharlos para entender su nivel de madurez, aunque, en la actualidad, hay muchos mecanismos y metodologías como el TRL que te permiten detectar éste; tú, como investigador, tienes que comprenderlo, aunque el proceso sea muy desgastante. En otros lugares hay una cadena de valor donde un eslabón es la gente preparada para hacer este diagnóstico,

**No mostrarles tus grandes capacidades, porque eso no sirve, de verdad no sirve. Solamente es ego.**



Set experimental para pruebas de control sobre redes.

pero en México ha sido muy difícil construir este perfil, que no es ni un académico ni termina siendo un enlace de vinculación. Es una persona que tiene la capacidad de detectar el nivel de madurez empresarial a partir de conversaciones y análisis de la situación.

Antes pensaba que la universidad tenía que hacerlo todo, ahora me parece que debe construirse una cadena de valor en la que participen varios actores, como consultores, empresas, circuitos comerciales, ONG, etc., que, en conjunto, posibiliten la transferencia. Por ejemplo, hay una iniciativa en Estados Unidos de clubes entre empresarios y universidades financiada por la National Science Foundation, la cual facilita que empresas y universitarios de muy alto nivel se reúnan y hablen de los problemas de los primeros, previa firma de un acuerdo de confidencialidad que implica, bajo pena de cárcel, que nadie desarrolle una idea o resuelva algún problema de los planteados en la reunión, sin un convenio previo.

Es difícil pertenecer al círculo, pero cuando lo haces escuchas y hablas de problemas físicos y químicos vinculados con la industria. En estas reuniones impulsadas por la NSF se podían proponer soluciones a los posibles

clientes. Esto ha funcionado muy bien para resolver, por ejemplo, problemas de logística o estándares de comunicación, entre tantos otros.

Con todo lo anterior quiero decir que, mi idea de cómo hacer transferencia se ha ido modificando a lo largo de mi vida, enriqueciéndose con las distintas aproximaciones que he visto y de las que he tenido noticia. Me queda claro que no es un asunto de una persona, sino de toda una organización que esté dispuesta a transferir tecnología. El proceso de transferencia es como sembrar un árbol que crecerá lento, pero que dará frutos, no es inmediato, ni aún en países desarrollados.

**M** ¿Hasta dónde la aplicación de los conocimientos nutre la investigación científica?

La transferencia es una cuestión de amortiguamiento y manejo de tiempo. Es escuchar, se vincula a la imaginación y a la creatividad de la investigación científica. Donde un problema derivará en muchas otras preguntas que puedes ir explorando y pensando cómo desarrollar. La

transferencia sí te nutre, pero tienes que evaluar qué tanto estás dispuesto a absorber este tiempo. Nunca va a llegar alguien a decirte “este es mi problema” y que tú tengas ya la solución y, que con eso, además, puedas escribir un artículo. Eso nunca va a pasar.

El trabajo de transferencia es uno de filigrana, que implica ir y venir, conversar intelectualmente, construyendo el conocimiento, y es donde se pueden proponer soluciones evaluadas por las empresas y que muchas veces implican ajustes que debes investigar de nuevo, generando otra solución que será nuevamente explorada y madurada. Nunca es una sola idea, son muchas que se van ramificando y creciendo. Además, se requiere de algo muy complejo: la confianza, que en países como el nuestro es muy difícil de lograr; la transferencia es un trabajo de confianza.

Por otro lado, si la o el investigador quiere llegar de buenas a primeras y obtener un recurso económico de una relación con la industria, tiene que pensar en un esquema más de consultoría que puede ser cobrado y no en uno de transferencia de tecnología o conocimientos.

**M** ¿Cómo crea el doctor Benítez la o las redes para su trabajo científico y aplicado?, y ¿quiénes son los actores más relevantes de éstas?

Desde mi posición como académico, mi red empieza con mis estudiantes. He titulado más de 60 y con todos llevo una buena relación. Después con mis colegas, no soy una persona fácil, pero trato de no pelearme. Mantener relaciones estables que se conserven por años; siempre buscar el caminito. Cualquier pregunta que se formule puede ser interesante, el problema es cómo la planteas, la contextualizas y la construyes. Las preguntas, cuánto más interesantes son, te llevan a buscar gente más especializada, a los expertos.

Esa es otra parte importante para la construcción de redes: reconocer la experiencia de las personas, sin demeritar tu propio conocimiento. Acercarte a los que saben de otras cosas, buscando, a partir del respeto a la experiencia del otro, llegar a respuestas más amplias. Se trata de reconocer capacidades para construir relaciones duraderas. Trato de establecer buenas relaciones incluso

La transferencia es una cuestión de amortiguamiento y manejo de tiempo

con aquellos colegas que pertenecen a distintas escuelas de conocimiento, pues sus debates, a veces, incluso te enriquecen más.

**¿Cómo combinar las tareas académico-administrativas con el trabajo científico y la transferencia de conocimiento?**

Con muchísima disciplina. Te tienes que organizar para dedicarle tiempo a todo, a la familia, a los amigos, a los colegas a los que suelo invitar a trabajar conmigo. También mucho respeto a mi trabajo, saber separar los tiempos. No me gusta que la gente trabaje jornadas muy largas, a todos los que trabajan conmigo ahora, por ejemplo, la gente de DGTIC o mis alumnos, busco que trabajen ocho horas, aunque en el servicio no siempre es posible.

Es cuestión de sacar el trabajo un día a la vez, pero bien. También me gusta planear todo para no verme sometido a los bombarazos. Debemos tener claro hacia dónde vamos y cómo afrontar posibles problemas para poder enfrentarlos. Analizar dónde están los problemas e ir pensando en la solución. Tener las cosas claras. No mentirte a ti mismo, conocer, en principio, tu realidad y vivir con ella.

**¿Qué le ha dado el doctor Benítez a la UNAM y ésta qué le ha dado al doctor Benítez?**

De no haber estado en la UNAM tendría unos diez puestos ambulantes. Estoy seguro de que no me iría mal. Sin embargo, la UNAM me dio la posibilidad de estudiar, de sorprenderme, de educarme, la posibilidad de ser una mejor persona siempre. Me dio oportunidades, por lo que estaré siempre agradecido a la institución. Yo para la UNAM he generado muchas cosas, pero lo que le he dado por sobre todo es mi compromiso, cuando sé que voy a trabajar por la UNAM me comprometo en cada acción que emprendo.



# IMAGINARIA

La revista *CIENCIA UANL* te invita a publicar tus cuentos de ciencia ficción, dibujos, poemas, cómics o fotografías en la sección imaginaria, un espacio dedicado a las muestras artísticas.

Si estás interesado, manda un correo a esta dirección [revista.ciencia@uanl.mx](mailto:revista.ciencia@uanl.mx) para mayor información





# Progreso de la sustentabilidad empresarial

PEDRO CÉSAR CANTÚ MARTÍNEZ\*

**E**n las últimas tres décadas hemos sido testigos de cambios en la línea de pensamiento ambiental, social, económico y paulatinamente en el ámbito político, que de manera continua o no han afectado el comportamiento social y empresarial. Con la internacionalización de las actividades económicas, las crisis puntuales tienen ahora un mayor eco en distintos entornos nacionales, lo cual genera una mayor incertidumbre. Esto coloca a las actividades productivas en el eje central de las cuestiones relacionadas con el desarrollo sustentable, ya que de hacerse bajo el contexto de los preceptos de la sustentabilidad favorece enormemente el impulso de emprendimientos empresariales sostenibles, acorde a las orientaciones internacionales emanadas de convenios y acuerdos de orden mundial.

En este tenor, resulta relevante el curso de las actividades socioeconómicas en este siglo XXI, para seguir fortaleciendo el precepto de desarrollo sustentable que fue promulgado en el Informe Brundtland (Cantú-Martínez, 2020:50), donde se erigió en derredor de la siguiente argumentación: “es el desarrollo que conlleva a satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”. La información generada a nivel mundial da cuenta de que el modelo social y económico sigue siendo insostenible, situación que se

evidenció en 1987 con el Informe Brundtland, que ya vaticinaba los escenarios actuales que hoy poseemos. De esta forma nos hallamos en un momento histórico en el que es crucial cambiar el rumbo socioeconómico y en el que las empresas juegan un papel crucial.

Por lo tanto, la relevancia de estar más conscientes de mantener un ambiente más saludable acompañado con actividades que fortalezcan el bienestar social hoy en día se ha constituido en un verdadero desafío para todas las naciones en el mundo. El motivo, que el desarrollo sustentable se ha coligado a una simple acción de buena voluntad en las sociedades, cuando en realidad se yergue como un requerimiento que exige un desempeño ético, que además incluye aspectos económicos, sociales y ambientales, que se deben sumar a otros tópicos de orden comunitario, de trabajo y de carácter administrativo como legal; en otros términos, la sustentabilidad es un asunto de todos (Cantú-Martínez, 2022).

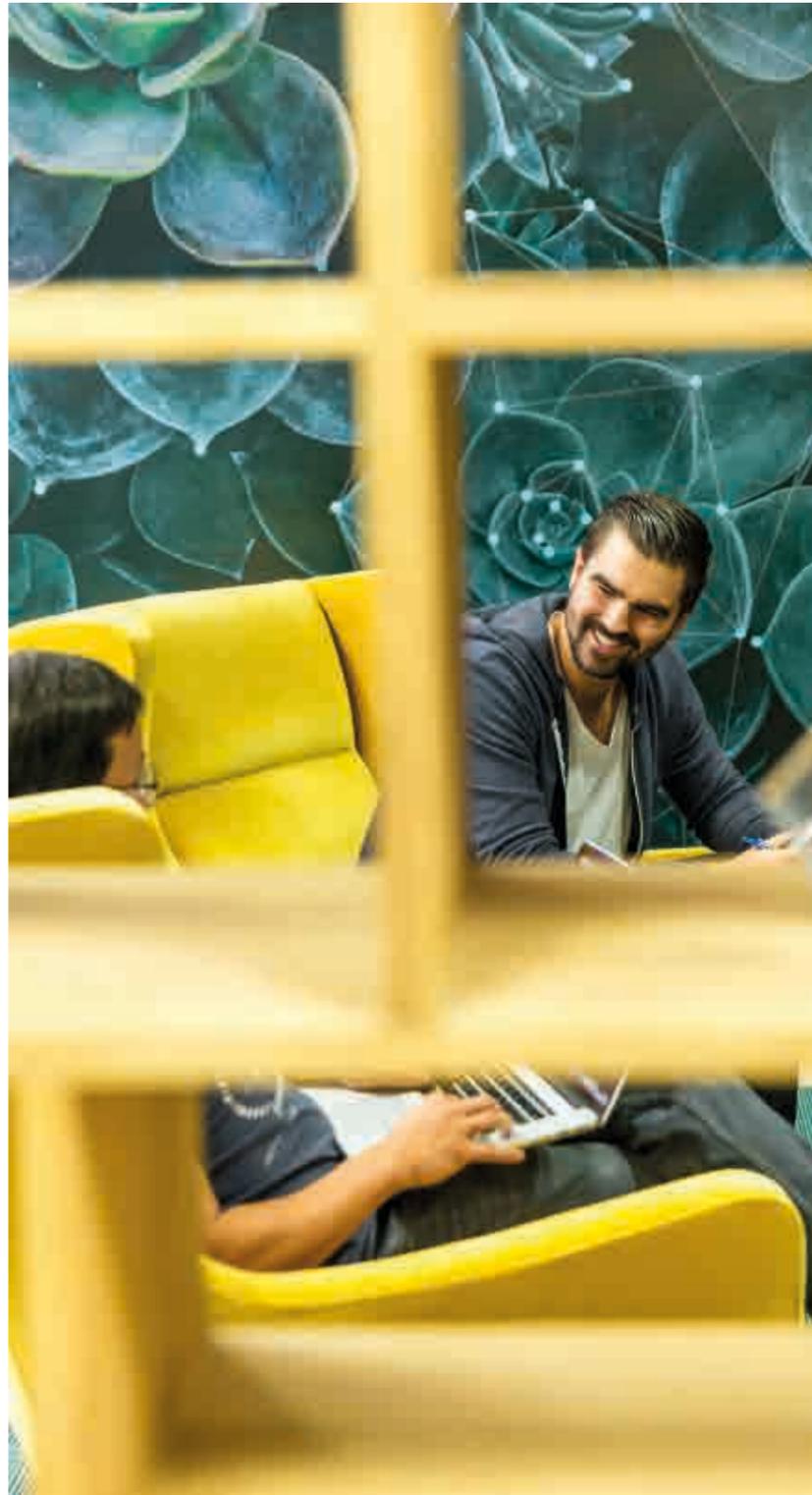
De esta manera, la sustentabilidad se erige como una oportunidad de cambio social que nos llevará a una transición de una nueva forma de hacer y percibir las actividades e intromisiones que llevamos a cabo en la naturaleza. Por lo cual, en el presente manuscrito abordaremos qué es la sustentabilidad empresarial, su papel en el desarrollo sustentable, la tendencia actual y concluiremos con algunas consideraciones finales.

\* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.  
Contacto: cantup@hotmail.com

## ¿QUÉ ES LA SUSTENTABILIDAD EMPRESARIAL?

Como ya se ha mencionado, la sustentabilidad es un término que ha trascendido en los últimos 30 años, y ha retomado suma importancia en el contexto internacional, principalmente debido a las diferentes crisis que no han tenido precedente –en particular en la etapa de la modernidad y posmodernidad–: financiera, industrial, ambiental, social y ahora la sanitaria con la COVID-19. El desarrollo sustentable se conceptualiza como “la capacidad que tiene un sistema para perdurar y mantenerse en un ambiente de cambio constante. Es decir, la sustentabilidad implica crecimiento, atendiendo a las necesidades inmediatas con los recursos disponibles y sin depender de fuentes externas” (Bonilla y González, 2011:62).

Por tal motivo, la sustentabilidad empresarial puede ser contextualizada como una línea estratégica que se orienta hacia la búsqueda de efectos positivos en su entorno social y ambiental, mediante la optimización de los procesos productivos, así como el incremento de sus capacidades de orden socioambiental, alejado totalmente de la orientación economicista, como lo plantea Arambula (2020). Esto es, la sustentabilidad empresarial es una manera de gestionar los insumos, materias primas y recursos de forma más eficiente, tanto para los procesos productivos que son inherentes a las propias actividades empresariales, como para el entorno social y ambiental que le rodea.



Con la llegada del siglo XXI y el empuje del desarrollo sustentable, las empresas se han constituido en actores trascendentales para el desarrollo económico y el cuidado del entorno natural. Esencialmente en la reducción de sus procesos contaminantes y, por otra parte, en el impulso de la producción de artículos más durables, biodegradables y que se fabriquen con la menor energía posible (Garzón e Ibarra, 2014). Hay evidencias que, incorporando la sustentabilidad empresarial, todas las compañías que lo han realizado, también han mejorado su condición competitiva, como lo plantearon en su momento Porter y Van der Linde (1995).

Por tanto, la sustentabilidad empresarial también comprende actividades como el reciclaje de residuos, reutilización de subproductos, el reemplazo de insumos tóxicos y peligrosos, esto es, acceder a una mayor eficiencia productiva con una alta responsabilidad social y ambiental (Marcus y Anderson, 2009). Así pues, una empresa en el marco de la sustentabilidad requiere ser competitiva y aprovechar tanto las capacidades internas como aquellas otras externas, que son inherentes a ella.

De modo que la sustentabilidad empresarial se yergue como un proyecto, el cual demanda un esfuerzo continuo con un objetivo particular, que además requerirá un conjunto de acciones entrelazadas en las que el empleo de los recursos –humanos, materiales y financieros– se utilicen de una forma eficiente, donde el mayor impulso se ha hecho notar desde la década de los noventa del siglo pasado al expedirse las normas

de ISO 14000, que han trascendido en todas las empresas en la creación de los sistemas de gestión ambiental. (Uribe-Macías, Vargas-Moreno y Merchán-Paredes, 2018).

## PAPEL DE LA SUSTENTABILIDAD EMPRESARIAL

De acuerdo a lo anterior –bajo los preceptos de la sustentabilidad empresarial–, las compañías que acogen este proyecto generan un valor mayor de orden económico, social y ambiental, en un lapso de mediano y largo plazo. Por lo cual, la sustentabilidad empresarial se erige como una oportunidad para llevar a cabo una nueva manera de hacer actividades comerciales y productivas, donde se concibe la competitividad empresarial como la transición, incentivación e innovación en los procesos, tomando de forma importante el contexto de los sistemas económicos, sociales y el marco de referencia ambiental en las cuales las compañías subsisten (Pérez, Acosta y Acurero, 2020).

Por consiguiente, las empresas son un componente relevante en la consecución de los objetivos del desarrollo sustentable (ODS), ya que éstos recogen las iniciativas y preocupaciones de distintas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, sociedad civil y del contexto académico. Ya que estos ODS se yerguen como la agenda que las organizaciones de carácter productivo deben seguir para contribuir con la sociedad

en general a la mejora socioeconómica y socioambiental, de las personas y de seguridad planetaria (Remacha, 2017).

Para ello, es imprescindible que los ODS estén vinculados operativamente en los planes y estrategias de negocio de las empresas como Remacha (2017) lo comenta. En lo que atañe al ODS 1, denominado “Fin de la Pobreza”, las empresas sustentables serían un envión del desarrollo económico por el cual muchas comunidades podrían salir de la miseria, fundamentalmente a partir de mejorar las condiciones económicas generando empleos e infraestructura social. Por otra parte, con el ODS 2, “Hambre Cero”, la industria alimentaria produciría insumos de la canasta básica a precios sumamente competitivos y accesibles a todas las personas. En lo relativo al ODS 3, “Salud y Bienestar”, las empresas ayudarían a generar insumos farmacológicos para la salud, para contribuir a disminuir las tasas de morbilidad y mortalidad, por causa de no contar con los medios para acceder a productos farmacéuticos y servicios de carácter terapéutico.

En lo relacionado con el ODS 4, “Educación de Calidad”, las empresas se constituyen en punto nodal para el desarrollo de sus empleados, proporcionándoles capacitación e instrucción técnica que les permita desempeñarse mejor en sus tareas laborales. En tanto, con el ODS 5, “Igualdad de Género”, las empresas se coligan ofreciendo las mismas oportunidades de trabajo a mujeres y hombres, contribuyendo, además, a cerrar las brechas existentes en materia salarial. Mientras en lo concerniente al ODS 6,

“Agua Limpia y Saneamiento”, las empresas pueden contribuir mediante el tratamiento de las aguas que intervienen en los procesos productivos, y adicionalmente emplearlas para su reutilización o bien desecharlas de acuerdo a los criterios establecidos en los marcos legales vigentes.

En materia del ODS 7, “Energía Asequible y No Contaminante”, las empresas contribuirían remplazando las energías provenientes de hidrocarburos por aquéllas de carácter renovable, e integrarlas a sus procesos manufactureros. Mientras en lo relativo al ODS 8, “Trabajo Decente y Crecimiento Económico”, los emprendimientos empresariales favorecerían con la creación de empleo, respetando los derechos humanos de sus trabajadores, aportando entornos y trabajo seguros y con el menor riesgo posible para ellos, además, impulsarían la mejora de las condiciones económicas de muchos colectivos sociales. En lo tocante al ODS 9, “Industria, Innovación e Infraestructura”, estimularían la mejora de la calidad de vida de grandes núcleos poblacionales, con un principio de inclusión, además de crear nuevos procesos productivos que no comprometan a la naturaleza.

En lo que corresponde al ODS 10, “Reducción de las Desigualdades”, los desarrollos empresariales promoverían la integración laboral de mujeres, con los mismos derechos de desarrollo personal, capacitación e igualdad salarial, y así reducir la desconfianza y el enfado social. Por lo que atañe al ODS 11, “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, las empresas comenzarían a intervenir en la adecuada planificación del uso de suelo, como en



la proyección de aprovisionamiento de servicios colectivos, que son claves para la función orgánica de las ciudades. En el marco del ODS 12, “Producción y Consumo Responsable”, las empresas deberán emigrar a la economía circular, dejando atrás las prácticas de la economía lineal, la cual ha desencadenado los problemas socioambientales que hoy son parte del cambio climático.

En lo que incumbe al ODS 13, “Acción por el Clima”, las empresas apoyarían siguiendo las pretensiones que las Conferencias de las Partes (COP) señalan dentro del marco de las reuniones sobre cambio climático que se realizan de manera mundial, para abatir las emisiones de gases de invernadero. En tanto el ODS 14, “Vida Submarina”, las empresas contribuirían reduciendo la producción de materiales plásticos, resarcando muchos de los daños provocados por el vertido de aguas residuales, compuestos químicos y la alteración de las temperaturas de los cuerpos de agua de mar. Por lo que respecta al ODS 15, “Vida de los Ecosistemas Terrestres”, los emprendimientos empresariales colaborarían con este objetivo al cambiar sus infraestructuras grises por aquéllas que son catalogadas como verdes, como pueden ser áreas arboladas, infraestructura vial interna que permita la filtración de agua de lluvia, entre otros aspectos.

Por otra parte, el ODS 16, “Paz, Justicia e Instituciones Sólidas”, las empresas coadyuvarían fortaleciendo los procesos de transparencia en el propio marco de las funciones operativas de producción y también mediante el cumplimiento de los marcos de refe-

rencia técnicos y legales propuestos por los contextos gubernamentales para regir sus procesos productivos. Finalmente, el ODS 17, “Alianzas para lograr los Objetivos”, las empresas, mediante la vinculación con otros organismos, pueden contribuir a compartir conocimientos, movilización de recursos financieros, intercambio de tecnología y recursos humanos para colaborar con el sector público y la sociedad civil para el logro de los ODS.

De esta manera, las empresas pueden asumir la sustentabilidad empresarial y contribuir y sumar al logro de los ODS, cuya participación, sin duda, es sumamente relevante para las aspiraciones universales que existen en derredor del desarrollo sustentable.

## TENDENCIA ACTUAL DE LA SUSTENTABILIDAD EMPRESARIAL

En la actualidad, la tendencia a la incorporación de la sustentabilidad empresarial se ha podido observar mediante distintas acciones. Entre ellas encontramos la relacionada con los productos que inciden en el comportamiento de los consumidores en temas como alimentación, estilos de vida, etiquetar los productos para educar a los mismos consumidores en materia ambiental (Verdes, 2014). En segundo término, está el rubro de las inversiones en infraestructura verde y aquéllas socialmente responsables, para aligerar las tensiones provenientes de los componentes y pro-

cesos productivos, que por lo general producen impactos ambientales, en los entornos natural y humano (Quiroz, 2018).

Como tercera tendencia encontramos la utilización –cada vez más– de las fuentes de energía renovable, dejando el uso de los combustibles fósiles que han contribuido grandemente a incrementar los efectos del cambio climático, mediante los gases de invernadero. Al utilizar los insumos energéticos renovables se favorecerá al desarrollo económico, bienestar y salud de las personas, y se atenuarán las consecuencias del cambio climático (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2011). Y finalmente, la cuarta tendencia es la de contar con procesos productivos que no generen emisiones de carbono y contribuyan al cambio climático; para ello un grupo de empresas y las Naciones Unidas impulsan la iniciativa de emisiones netas cero (Naciones Unidas, 2022).

## CONSIDERACIONES FINALES

La sustentabilidad empresarial es uno de los grandes desafíos del siglo XXI y contamos aún con la oportunidad de evitar los graves efectos negativos, si las empresas en el mundo transitan a estos sistemas de sustentabilidad y se empeñan en seguirlos y apoyarlos. Consideramos que las empresas se constituyen en un nodo de carácter medular con gran potencial para impulsar y asegurar el desarrollo económico y social, para con ello dar acceso también a entornos naturales seguros. En adición a lo anterior, la susten-

tabilidad empresarial hará o facilitará cada día más el poder conseguir el desarrollo sustentable, principalmente por la forma que incide en el entorno económico y en la población mundial. Donde la tendencia natural será que cada vez más empresas se sumen y con ello vayan al alza los preceptos de la sustentabilidad empresarial.

## REFERENCIAS

- Arambula, M. (2020). Impacto de la gestión de sustentabilidad empresarial en la cultura organizacional. *Novas Revista Universitaria de Administración*. 12(20):45-56.
- Bonilla, N., y González, O. (2011). El enfoque de la sustentabilidad en México y los *stakeholders* como instrumentos de creación de organizaciones eficientes. *Ciencia Administrativa*. 1:62-70.
- Cantú-Martínez, P.C. (2020). *Ética, sustentabilidad y responsabilidad social*. México: TD&IS.
- Cantú-Martínez, P.C. (2022). Sustentabilidad y responsabilidad social. *Ciencia UANL*. 25(III):64-70.
- Garzón, M.A., e Ibarra, A. (2014). Revisión sobre la sostenibilidad empresarial. *Revista de Estudios Avanzados de Liderazgo*. 1(3):52-77.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2011). *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Marcus, A.A., y Fremeth, A.R. (2009). Green management matters regardless. *Academy of Management Perspectives*. 23(3):17-26.
- Naciones Unidas. (2022). *Acción por el clima*. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition>
- Pérez, M., Acosta, I., y Acurero, M. (2020). Categorías de análisis sobre la sustentabilidad una propuesta teórica y contextualizada para el sector empresarial. *Económicas CUC*. 41(2):115-136.
- Porter, M., y Van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*. 9(4):97-118.
- Quiroz, D.E. (2018). *Implementación de infraestructura verde como estrategia para la mitigación y adaptación al cambio climático en ciudades mexicanas, hoja de ruta*. México: Sedatu/Semarnat/GIZ.
- Remacha, M. (2017). Empresa y objetivos de desarrollo sostenible. *Cuadernos de la Cátedra CaixaBank de Responsabilidad Social Corporativa*. 34:1-28.
- Uribe-Macías, M.E., Vargas-Moreno, O.A., y Merchán-Paredes, L. (2018). La responsabilidad social empresarial y la sostenibilidad, ciertos habilitantes en la gerencia de proyectos. *Entramado*. 14(1):52-63.
- Verdes, Y. (2014). *Las etiquetas ambientales. Régimen jurídico del etiquetado ecológico*. (Tesis de Maestría). Universidad de La Coruña. Coruña, España.



A muchas personas les apasiona la historia, y más cuando se descubren cosas sobre los gobernantes de épocas antiquísimas u objetos emblemáticos de las primeras sociedades que emergieron. Éste es el caso de las mujeres de la clase dominante que probablemente desempeñaron un papel muy relevante en el gobierno de “El Argar”, una sociedad que floreció en el sudeste de la península Ibérica, entre los años 2200 y 1550 a. C., y donde se estableció, ya en los dos últimos siglos de su existencia, la primera organización estatal del Mediterráneo occidental.

Así lo indican investigadoras de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), quienes han liderado un estudio en el que se ha analizado el contenido de una tumba principesca (la número 38), con dos individuos y un rico ajuar funerario en su interior, descubierta en 2014 en La Almoloya (Pliego, Murcia), en el subsuelo de lo que identificaron como la sala de gobierno de un recinto palaciego.

La investigación, titulada “Emblems and spaces of power during the Argaric Bronze Age at La Almoloya, Murcia”, publicada en *Antiquity*, ha permitido captar el poder político y económico que tuvieron los sujetos de la élite de El Argar.

En la tumba, una urna de cerámica, fueron enterrados dos individuos:

un hombre, de entre 35 y 40 años y, encima, una mujer de entre 25 y 30 años. Junto a ellos se introdujo un rico ajuar funerario, compuesto por piezas mayoritariamente de plata o chapadas en este material y casi todas pertenecientes a la mujer: brazaletes, dilatadores de orejas, anillos, cuentas de collares, espirales y recipientes con ofrendas. Y, destacando entre todos ellos, una diadema colocada sobre la cabeza de la mujer.

Otras cuatro diademas fueron halladas en el siglo XIX en ricas tumbas de mujeres del asentamiento de El Argar, del que toman el nombre la sociedad y cultura argáricas, lo que apunta a que todas ellas, aunque idénticas en hechuras, fueron piezas muy exclusivas.

“La singularidad de estas diademas es extraordinaria. Fueron objetos simbólicos hechos para estas mujeres, transformándolas así en sujetos emblemáticos del poder de la clase dominante”, explica Cristina Rihuete.

La opulencia de los ajuares funerarios hallados en las tumbas de mujeres de la élite de El Argar, en los que destacan las diademas, es, según apuntan en el estudio, un indicio del papel destacado que dichas mujeres pudieron desempeñar en el gobierno de algunos de los asentamientos, como el de La Almoloya (fuente: UAB).



Es bien sabida la fortaleza de las mujeres, pues muchas son ejemplo de tesón y resistencia al salir adelante a pesar de haber atravesado circunstancias adversas. Al respecto, el grupo “Vulnerabilidad al dolor crónico: implicaciones para la intervención psicológica”, de la Universidad de Málaga (UMA), ha realizado un estudio en torno al bienestar físico y psicológico en mujeres expuestas a traumas: “The relevance of psychological strength for physical and psychological well-being in trauma-exposed women”, publicado en la revista académica *Scandinavian Journal of Psychology*.

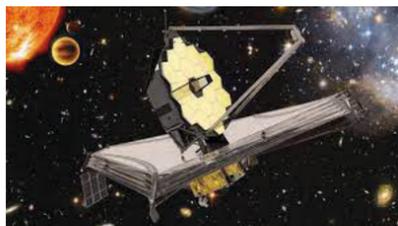
En concreto, este grupo ha analizado el trastorno de estrés post-traumático, un trastorno capaz de canalizar el trauma de tal modo que repercute perjudicialmente en la salud y promueve la desregularización emocional. “El trauma se considera una variable psicológica clave en la patogenia del trastorno de estrés post-traumático, aunque no todas las mujeres que han sufrido un trauma manifiesten efectos adversos”, afirman las investigadoras.

El estudio reveló que 87% de las participantes experimentaron, al menos, un evento traumático a lo largo de la vida. Los eventos traumáticos más comunes recogidos en la investigación fueron los siguientes: vivir un evento potencialmente mortal de una persona muy cercana (63.8%); la muerte de una persona muy cercana, como consecuencia de un accidente, homicidio o suicidio (42.6%); ser

\* Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.  
Contacto: [luis.gomezv@uanl.mx](mailto:luis.gomezv@uanl.mx)

testigo de violencia (25.1%); o sufrir maltrato físico (23.8%) o abuso sexual (17.3%).

Gema T. Ruiz Párraga, investigadora del Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico de la UMA, incide en que, de manera posterior al trauma, la resiliencia señaló dos trayectorias significativas para asociarse –directa o indirectamente– con el bienestar físico y psicológico: de manera directa, “los niveles más altos de resiliencia fueron asociados con niveles más altos de bienestar físico y psicológico, a pesar del trauma o de los traumas vividos”. Por otro lado, de manera indirecta, la clave se sitúa en la desregulación emocional. “Las mujeres que mostraron mayores niveles de resiliencia también reflejaron niveles más bajos de desregulación emocional tras el trauma o los traumas experimentados”, señala la investigadora (fuente: UMA).



Y es que debe ser muy difícil sobreponerse a un trauma, cualquiera que éste sea, cada organismo responde de manera distinta. Así como distinta es la manera en que cada quién celebra sus logros, como Begoña Vila, la astrofísica gallega de la NASA que ha pasado quince años con el James Webb, el mayor telescopio enviado jamás al espacio.

Vila es una ingeniera de sistemas que ha desarrollado uno de sus instrumentos y participado en las complicadas pruebas frías realizadas en Canadá y EE UU. Este aporte está constituido por un sensor de guía (FGS, *Fine Guidance Sensor*) que se encarga de apuntar y mantener al observatorio estable para que otros instrumentos puedan tomar imágenes y espectros correctamente, y de una cámara-espectrógrafo (NIRISS, Near Infrared Imager and Slitless Spectrograph) con la que se analizarán exoplanetas y las primeras galaxias y estrellas que se formaron después del Big Bang.

Al principio, la astrofísica realizaba análisis sobre cómo iban a funcionar estos instrumentos en órbita, pero pronto ascendió a ingeniera de sistemas, confirmando que los dispositivos cumplían los requerimientos exigidos y demostrarlo al cliente: la CSA y la propia NASA, que lidera la construcción del enorme observatorio. Los datos del sensor resultan cruciales para controlar su orientación o actitud.

“La primera vez que conseguimos guiar el sensor apuntando hacia una estrella simulada, y lo confirmamos a través de la telemetría, estaba superemocionada”, recuerda Vila, “de hecho mis compañeros me dijeron que no debía de salir mucho para que me alegrara tanto por eso”.

Después de muchas jornadas de trabajo, eran momentos de felicidad, pero no escondían otros más complicados: “Cuando llegas a un nuevo país, aunque te guste lo que haces, se necesita un periodo de adaptación. He tenido etapas duras: al principio

tuve muchas llamadas a mi madre, a mi casa en Galicia, y personalmente también, sobre todo si tienes tres hijos pequeños”.

“Cuando tienes niños o niñas pequeños, tú para ellos eres su madre, no entienden de nada más. Entonces es complicado, aunque lo intentes compaginar –reconoce–. La ventaja que veo es que una vez que se hacen mayores ya te valoran como profesional, y ahí la situación se hace un poco más fácil” (fuente: SINC).



Vaya, quince años no es poca cosa, pero pueden parecerlo cuando se estudian cosas tan interesantes como el espacio. Así sucede con la zona del cráter Gale en Marte, que hace más de tres mil millones de años probablemente era bastante parecida al paisaje natural volcánico de la actual Islandia, según las conclusiones a las que se ha llegado en una investigación reciente.

Kirsten Siebach y un equipo de las universidades Rice y Estatal de Nueva York en Stony Brook, ambas en Estados Unidos, analizaron datos recolectados por el robot Curiosity en la zona del cráter marciano Gale y los compararon con las características de lugares de la Tierra donde formaciones geológicas similares han experimentado la meteorización o erosión en climas diferentes.

El terreno basáltico y el clima frío que son tan comunes en Islandia, ha-

cen de éste el análogo terrestre más similar a cómo era esa zona marciana hace más de tres mil millones de años.

El estudio ha determinado que la temperatura tuvo la mayor influencia en la forma en que las rocas formadas a partir de los sedimentos depositados por los antiguos arroyos marcianos fueron erosionadas por el clima.

El cráter Gale contenía un lago, pero el clima que permitió que el agua lo llenara es objeto de un largo debate. Algunos expertos sostienen que el Marte primitivo era cálido y húmedo, y que era habitual la presencia de ríos y lagos. Otros creen que era frío y seco y que los glaciares y la nieve eran más comunes.

En cambio, las rocas sedimentarias del cráter Gale denotan un clima que probablemente estuviera entre estos dos escenarios. Es probable que el clima marciano antiguo fuera gélido, pero también parece que mantuvo agua líquida en los lagos durante largos periodos de tiempo (fuente: NCYT de Amazings)



Pero no sólo en el espacio hay cosas que lo hacen interesante y de importancia, también en la Tierra, tal es el caso de tres ingenieras africanas que participan en el proyecto Wagrinova, que impulsa la innovación de las técnicas de regadío, fundamentales para el desarrollo de la agricultura

en la región de África Occidental, muy castigada por el cambio climático.

Cuando Elizabeth Apuseyine le dijo a su padre que quería estudiar Ingeniería Agronómica, éste se enfadó: “¡Nadie va a la universidad para estudiar la tierra!”, le espetó. Ella se había criado entre animales y plantas en la explotación familiar y tenía la conciencia despierta. “La agricultura forma parte de las vidas de todas las personas todos los días: es vital que nos dediquemos a mejorarla”, argumentó. La misma determinación movió a Aminata Sarr y a Roseline Sadya Nacro a embarcarse académicamente en un sector con grandes retos como la agricultura de regadío en el Sahel.

Educadas en sus países de origen, las tres jóvenes fueron seleccionadas para participar en una de las formaciones más punteras sobre el tema: el máster en gestión sostenible de los recursos de tierra y agua en agricultura del CIHEAM, el Instituto Mediterraneo Agronómico de Bari (Italia), en el marco del proyecto Wagrinova.

En esta región africana, el regadío podría traer los mismos beneficios que trajo al Mediterráneo y a otras zonas del mundo. “Aumento de la intensidad, diversidad y productividad de los cultivos, desarrollo de mercados alimentarios y de la agroindustria, y generación de empleo, entre otros”, enumera Helena Gómez-Macpherson, investigadora del IAS-CSIC de Córdoba y coordinadora de Wagrinova. Para lograrlo, la científica española incide en una de las líneas más importantes del proyecto, a su juicio: el refuerzo de capacidades. Desde 2019, cuatro doctorandos y casi una veintena de estudiantes del máster han dedicado sus tesis en el marco

del proyecto, apoyando así la investigación de los tres países africanos. Un 40% de estos estudiantes son mujeres. Además de Elizabeth, Aminata y Roselyne.

Concluido el primer año de formación en el CIHEAM de Bari, las tres africanas terminan ahora su segundo curso del máster desarrollando las prácticas en sus países de origen, desde donde analizan los retos técnicos, sociales y también de género de la agricultura saheliana (fuente: SINC).



Y es que es bien sabido que, en pleno siglo XXI, los estereotipos y el acoso sexual siguen obstaculizando la carrera de las jóvenes investigadoras, al respecto, el Ministerio de Ciencia e Innovación de España ha presentado un estudio sobre la situación de las jóvenes investigadoras en ese país. Entre las conclusiones destacan que los clichés de género en ciencia continúan influyendo en la elección de los estudios y que durante la carrera investigadora, 8.6% de las encuestadas había sufrido acoso sexual.

El estudio aprecia que algunos de los sesgos de género detrás de las desigualdades entre mujeres y hombres en el sondeo se producen en la valoración, la financiación y la contratación. El “Estudio sobre la situación de las jóvenes investigadoras en España”, elaborado por el Observatorio Mujeres, Ciencia e Innovación (OMCI) del Ministerio de Ciencia e Innovación ha

analizado la situación de las investigadoras jóvenes. Para ello han tomado como referencia personas de hasta 40 años, además de aquellos grupos que están realizando su tesis doctoral en la actualidad o que ya tienen el doctorado y se encuentran en puestos de investigación, pero todavía no son titulares.

En total, participaron 5,606 personas en la encuesta lanzada para este proyecto, en la cual las mujeres representan 61% de la muestra, con 3,415 respuestas registradas. Los hombres fueron 39%, con 2,191 respuestas. La información recopilada en los cuestionarios se complementó con un análisis de carácter cualitativo. De esta forma, se conformaron seis grupos focales que profundizaron en los temas detectados como relevantes: atracción y retención del talento; desarrollo de la carrera investigadora; criterios de evaluación; conciliación de la vida personal, familiar y laboral; acoso sexual y acoso por razón de sexo, e impacto de la COVID-19 en la ciencia y en la actividad científica.

Según los resultados recabados, los estereotipos de género en ciencia influyen todavía en la elección de estudios de niñas y jóvenes en los ámbitos STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas, por sus siglas en inglés), sobre todo la ingeniería y la tecnología.

Las respuestas al cuestionario realizado señalaron que las investigadoras tienen niveles menores de satisfacción que sus compañeros con respecto a la carrera investigadora, sin que influyan las variables de edad o del número de menores a cargo.

En relación con el hecho de que mujeres y hombres no tengan las mismas expectativas de crecimiento en la carrera científica, los datos de la encuesta muestran que las mujeres respondieron con mayor frecuencia que se ven buscando opciones fuera de este sector profesional, mientras que los hombres se ven avanzando en él.

El estudio reveló que 8.6% de las encuestadas había sufrido acoso sexual. Además, 9.7% de los hombres y un 9.4% de las mujeres contestaron que le había ocurrido a una persona que conocían.

Para hacer frente a estas problemáticas, el estudio plantea diversas recomendaciones, entre las que destacan: atraer a las niñas a la ciencia y romper estereotipos; visibilizar a referentes femeninas; eliminar las situaciones que dificultan el desarrollo de la carrera científica; establecer criterios de evaluación libres de sesgos y más inclusivos; garantizar un entorno de trabajo igualitario, diverso e inclusivo; promover la conciliación a través de la corresponsabilidad institucional; así como garantizar una respuesta de tolerancia cero frente al acoso sexual y acoso por razón de sexo.

“Como reflejan los datos y resultados del informe, los factores son complejos, por tanto las medidas efectivas para atajarlos no pueden ser una o dos. Precisamos una estrategia bien estudiada, basada en un conocimiento profundo de la situación, y formulada a través de actuaciones en el corto, en el medio y en el largo plazo”, concluye Zulema Altamirano Argudo, directora de la Unidad de Mujeres y Ciencia del Ministerio de Ciencia e Innovación (fuente: SINC).



El reto es que a pesar de la pandemia que estamos atravesando, no nos quedemos estáticos y la ciencia y la tecnología sigan avanzando. Éste es el caso de un equipo internacional de investigación que ha desarrollado y validado un test genómico llamado HER2DX que predice el pronóstico de las pacientes con cáncer de mama HER2+ en estadios precoces y la probabilidad de responder a tratamientos farmacológicos administrados antes de la cirugía del tumor. Se trata de una herramienta que integra datos clínicos con genómicos.

Los autores, expertos del Clínico-IDIBAPS-UB, VHIO, la Universidad de Padua (Italia) y REVEAL GENOMICS han creado así el primer *test* genómico para esta enfermedad en el mundo. Ahora, un nuevo estudio, publicado en la revista *The Lancet EBioMedicine*, valida su fiabilidad.

El cáncer de mama HER2+ representa 20% de los tumores de mama diagnosticados. Se calcula que en Europa se contabilizan cada año más de 100,000 casos, lo que significa que, cada seis minutos, una mujer es diagnosticada con esta enfermedad.

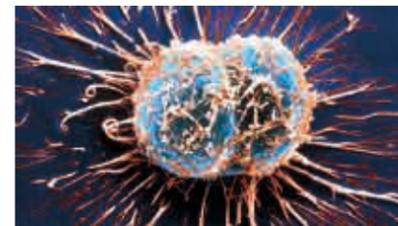
Los investigadores del Servicio de Oncología Médica del Hospital Clínico y de la Universidad de Carolina del Norte (EE UU) trabajan para describir la heterogeneidad biológica de la en-

fermedad e identificar pacientes con beneficios distintos a los tratamientos y con distintos riesgos de recaídas tras el diagnóstico.

“El objetivo es ayudar al especialista en oncología y a la paciente a tomar decisiones terapéuticas más acertadas. Para conseguirlo, fue necesario integrar datos clínicos y genómicos y validarlo en más de 1,000 pacientes”, afirman. “HER2DX es una herramienta innovadora que predice mejor el comportamiento del tumor de cada paciente comparado con la información disponible sin realizar el test”.

Hasta la fecha, no existían herramientas para predecir el riesgo de recaída y la supervivencia más allá del tamaño del tumor y la presencia de enfermedad en los ganglios axilares. “Por primera vez, en el contexto del cáncer de mama HER2+, hemos podido desarrollar una herramienta que lleva toda esta información a la práctica clínica, para conseguir que su tratamiento sea lo más personalizado y preciso posible. Este tipo de test son los que van a ayudar más al oncólogo en un futuro, ya que le permitirán profundizar y entender cada caso en concreto”, explica Ana Vivancos, jefa del grupo de Genómica del Cáncer del VHIO y cofundadora de REVEAL GENOMICS

Fuente: Prat, A., *et al.* (2021). Development and validation of the new HER2DX assay for predicting pathological response and survival outcome in early-stage HER2-positive breast cancer. *The Lancet EBioMedicine*.



El cáncer es una de las peores enfermedades que podemos padecer, pero hay buenas noticias al respecto, la doctora Lena Ruiz Azuara, investigadora de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), desarrolló un nuevo fármaco anticancerígeno basado en compuestos de cobre a los que les denominó casiopeínas.

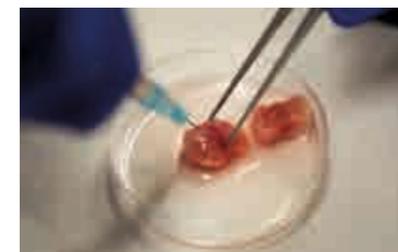
El estudio fue analizado para casos de cáncer de mama, cervicouterino, de colon y pulmón. Sus aplicaciones potenciales abarcan diversos tipos de leucemias y tumores neuronales.

Actualmente existen en el mercado mexicano alrededor de 50 fármacos empleados en quimioterapia anticancerígena. De éstos, sólo uno incorpora compuestos metálicos en su fórmula –el caso del platino, un metal precioso y muy escaso–, pero tiene un costo muy alto y efectos secundarios agresivos como daño al riñón y sordera. En cambio, los compuestos de cobre o casiopeínas atacan a las células tumorales con 80% de efectividad contra 20% de posibles efectos secundarios: baja los glóbulos rojos, pero es reversible al final del tratamiento, mencionó Ruiz Azuara. El grupo de investigadores está comprobando que las casiopeínas tienen mejores resultados, menores efectos secundarios y un precio más económico.

La investigación encabezada por la doctora Ruiz Azuara es innovadora a nivel mundial porque es la primera vez que un equipo de trabajo científico propone el uso del cobre como un elemento anticancerígeno. De acuerdo con la investigadora, hasta ahora, el cobre se ha empleado únicamente en el tratamiento de úlceras gástricas y artritis.

También se han generado patentes, publicaciones en revistas indexadas, citas en libros y preparación de capital humano: desde servicio social hasta doctorado. “Los estudiantes han aprendido a trabajar en el área de Química inorgánica medicinal, en donde no había experiencia en México”, aseguró la investigadora.

“Las casiopeínas van a ser el primer producto que pase a fase clínica de un compuesto inorgánico hecho en México. En todo el mundo ya se hace referencia a las casiopeínas”, concluyó la doctora Lena Ruiz Azuara, quien pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), con el nivel III (fuente: ciencia.mx).



Hablar de una cura para el cáncer es sin duda una excelente noticia tanto para quienes lo padecen como para quienes no. Pero, lo que hace falta en la ecuación es saber que lo tenemos en una etapa temprana, pues muchas veces éste avanza en silencio hasta que es demasiado tarde. Por eso,

en la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA), del IPN, la doctora Janna Douda busca desarrollar un sistema innovador para detección temprana de cáncer. Su trabajo está enfocado en sustancias que emiten luz. Son biomarcadores que pueden indicar un posible estado patológico en el organismo.

El método consiste en agregar a una muestra de sangre el biomarcador inorgánico y, posteriormente, irradiarlo con rayos ultravioleta para observar el cambio en la intensidad de luz. De esta manera, aplicando equipos de microscopía, se podrá observar si existen alteraciones en las muestras sanguíneas que manifiesten un posible cáncer.

“El objetivo de esta investigación es desarrollar nuevos y mejores métodos de diagnóstico clínico aplicando los avances recientes en nanotecnología. Los biomarcadores pueden ser una herramienta poderosa y rápida para el diagnóstico en etapas precancerosas”, informa la doctora Janna Douda, miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel I.

El grupo de trabajo busca que sea un método práctico, no invasivo y que el resultado pueda obtenerse en menos de una hora. Con un diagnóstico temprano, se podrá establecer un tratamiento oportuno y, por lo tanto, obtener un mejor pronóstico de recuperación del paciente. Hoy, el estudio se realiza para determinados tipos de cáncer, pero planean aplicarlo para, prácticamente, cualquier clase.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el cáncer es uno de los principales problemas de sani-

dad pública. Esta patología se ha tornado crítica y, de no implementarse mejores estrategias de prevención, se estima que en 2030 se presentarán, a nivel mundial, 11.8 millones de muertes por esta causa.

Mientras más temprano se detecte el padecimiento, su tratamiento será más eficiente, en especial el mamario, cervicouterino y de ovario en las mujeres o de próstata y colorrectal en los hombres (fuente: *cienciamx*).



Y ya que hablamos de medicina y pandemia, según las conclusiones del estudio LONG-COVID-EXP-CM, publicado en la revista *Journal of Clinical Medicine*, la cantidad media de síntomas asociados a la COVID-19 experimentados por las mujeres, ocho meses después del alta, era de 2.25 frente a 1.5 en el caso de los hombres. Esto ocurría incluso cuando los cuadros clínicos causados por la infección aguda eran similares en el ingreso hospitalario.

El trabajo, realizado por investigadores de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) y la Universitat de València (UV), examina las diferencias de sexo en los síntomas relacionados con la enfermedad y sus efectos a largo plazo tras superarla y ser dados de alta en el hospital.

Hasta ahora, algunos trabajos sugerían que el sexo podría ser un factor específico. Este estudio investiga específicamente, con la mayor muestra usada hasta la fecha, esta disparidad y tiene en cuenta las diferencias en los síntomas de inicio asociados a la COVID.

Así, “la pandemia se ha relacionado con un aumento de la desigualdad de género. Reconocer que esta enfermedad afecta de manera diferente a mujeres y hombres es un paso crucial hacia una mejor comprensión de la fisiopatología y la naturaleza de las secuelas y síntomas postcovid y la promoción de soluciones de atención médica individualizadas”, destaca Esperanza Navarro-Pardo, profesora de la UV y participante en la investigación.

Según este estudio, el sexo no parece tener relación con el tipo de síntomas al comienzo de la enfermedad: en el momento del ingreso hospitalario, el cuadro clínico fue similar en ambos sexos, a excepción de la prevalencia de dolor de cabeza como síntoma inicial, que fue más común en ellas.

No obstante, en el estado de salud postcovid-19, hubo más síntomas de fatiga, disnea, dolor, pérdida de cabello, problemas oculares, depresión y mala calidad del sueño en las mujeres que en los hombres. El sexo femenino aparece, por tanto, como un factor de riesgo para algunos síntomas postcovid-19 concretos, como los citados anteriormente.

Las causas por las que el coronavirus afectaría más al sexo femenino a largo plazo serían las diferencias biológicas entre mujeres y hombres

en la expresión de algunas proteínas, como la enzima que produce angiotensina-2 (ACE2) –una sustancia que estrecha los vasos sanguíneos, por lo que puede causar presión arterial alta– o los receptores transmembrana –proteínas que se extienden por todo el espesor de la membrana plasmática de la células.

Además, otra de las causas podría ser la menor producción de interleucina-6 proinflamatoria –una molécula que estimula al sistema inmunitario– después de la infección viral en mujeres. Sin embargo, los autores insisten en que estos mecanismos subyacentes deben ser investigados en mayor profundidad.

Fuente: Fernández-de-las-Peñas, *et al.* (2022). Female Sex Is a Risk Factor Associated with Long-Term Post-COVID Related-Symptoms but not with COVID-19 Symptoms: The LONG-COVID-EXP-CM Multicenter Study. *J. Clin. Med.*



## COLABORADORES

### **Antonio Serguei Ledezma Pérez**

Licenciado en Biología por la UANE. Maestro en Polímeros por la UAdeC. Doctor en Materiales por el CINVESTAV-IPN. Miembro Conacyt de Evaluadores Acreditados (RCEA). Evaluador en el Programa Estímulos a la Investigación Conacyt. Experiencia en investigación y desarrollo de biopolímeros y biocementos, biopolímeros mediante rutas microbiológicas, biosensores, biosíntesis de nanoestructuras metálicas (Ag, Au, Cu) utilizando plantas del desierto. Investigador titular. Miembro del SNI, nivel I.

### **Felipe Robles González**

Químico farmacobiólogo por la UAdeC. Estudiante de la Maestría en Tecnología de Polímeros del CIQA.

### **Gamaliel Castañeda-Gaytán**

Biólogo por la UJED. Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Líneas de investigación: ecología térmica de reptiles y anfibios; ecología y biodiversidad del norte de México. Profesor-investigador en la FCB-UJED. Miembro del SNI, nivel I.

### **Gisela Muro-Pérez**

Bióloga por la UJED. Maestra en Ciencias en Suelos por el ITT. Doctora en Manejo de Recursos Naturales por la UANL. Su línea de investigación es la ecofisiología de especies vegetales en zonas áridas. Profesora-investigadora en la FCB-UJED. Miembro del SNI, nivel I.

### **Héctor Ricardo López González**

Licenciado en Ingeniería Química y doctorado en Tecnología de Polímeros por el CIQA y por el IT de Cd. Madero. Investigador titular A en el Centro de Investigación en Química Aplicada en Saltillo, Coahuila. Cofundador del Centro de Tecnología e Investigación de Viakable en el PIIT, en Apodaca, Nuevo León. Sus áreas de interés se centran en polímeros biobasados, bioelastómeros, catálisis Ziegler-Natta, biocompuestos poliméricos y biodegradabilidad de polímeros. Miembro del SNI, nivel I.

### **Hugo Alberto Barrera Saldaña**

Biólogo por la UANL. Doctor por la Universidad de Texas en Houston. Posdoctorado en la Universidad Louis Pas-

teur, Francia. Especialista en investigación clínica e innovación y comercialización en ciencia y tecnología. Premio Nacional de Ciencias 2019. Miembro del SNI y de las academias nacionales de Ciencias y de Medicina. Fundador de Innbiogem, S.C., y Vitagénesis, S.A.

### **Jaime Sánchez Salas**

Ingeniero Forestal por la UANL. Doctor en Ciencias, con especialidad en Ecología y Manejo de Recursos Naturales, por el Instituto de Ecología, A.C. Coordinador de la División de Ciencias Ambientales en el IPICYT. Su línea de investigación es la ecofisiología vegetal: ecología y ecofisiología de semillas, supervivencia y respuestas ecofisiológicas ante diversos tipos de estrés, e interacciones planta-planta y planta-animal. Miembro del SNI, nivel III.

### **Jorge Luis Tena García**

Licenciado en Ingeniería Mecánica, maestro y doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica por la UMSNH. Realiza estancia posdoctoral de investigación en el TecNM-ITC. Miembro del SNI, nivel Candidato.

### **Luis Enrique Gómez Vanegas**

Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Corrector de la revista *Ciencia UANL* y de *Entorno Universitario*, de la Preparatoria 16-UANL.

### **Luis Fabián Fuentes Cortés**

Licenciado en Ingeniería en Industrias Alimentarias por el ITESZ. Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica y doctor en Ciencias en Ingeniería Química por la UMSNH. Realizó estancias de investigación en la Universidad de Wisconsin y la UG, y posdoctoral en el ITESM. Profesor-investigador en el TecNM-ITC. Miembro del SNI, nivel I.

### **Luis Miguel García Alcalá**

Ingeniero en Sistemas Computacionales por el ITESZ. Ponente en diversos congresos. Desarrollador de software en la empresa Villa Avocado S.A. de C.V., Zamora, Mich.

### **Ma. del Carmen Nolasco Salcedo**

Informática y doctora en Educación por la Universidad Santander en Tamaulipas. Maestra en Computación Aplicada, mención Programación, por la Universidad Martha Abreu de las Villas, Cuba. Profesora-investigadora titular A, adscrita al Departamento de Ciencias Básicas en el Centro Universitario de la Ciénega, UdeG. Ha trabajado en un proyecto denominado Olimpiadas del Saber. Coordinadora del coloquio "Iniciándose en la investigación: jóvenes universitarios proactivos", y de la Semana de la Educación en Ciencias Computacionales (La Hora del Código).

### **Marco Antonio de Jesús Téllez**

Licenciado en Ingeniería Química Industrial por el IPN. Maestro y doctor en Tecnología de Polímeros por el CIQA. Posdoctorante en el CIQA. Líneas de investigación y desarrollo en síntesis de polímeros vía radicales libres, RAFT, ROP y condensación; obtención de polímeros biodegradables aplicados en la fabricación de dispositivos médicos, cristales líquidos, elastómeros líquido-cristalinos foto- y termo-actuadores, polímeros antifúngicos, polímeros conjugados con biomoléculas, nanocontenedores y su aplicación en liberación de fármacos. Miembro del SNI, nivel I.

### **María Aracelia Alcorta García**

Doctora en Ingeniería Física Industrial, con especialidad en Control Automático, por la UANL. Realizó estancia postdoctoral en la Universidad de California en San Diego. Catedrática en la FCFM-UANL. Fundadora del Posgrado en Ciencias con Orientación en Matemáticas, maestría y doctorado, en la UANL. Sus áreas de investigación son el diseño de filtros y controles óptimos de procesos no lineales estocásticos, especialmente *risk-sensitive*, Matemáticas aplicadas y educativas. Miembro del SNI, nivel I.

### **María Josefa Santos Corral**

Doctora en Antropología Social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología, cultura y estudios sociales de la innovación. Imparte las asignaturas de ciencia y tecnología para las RI en la Licen-

ciatura de Relaciones Internacionales y Desarrollo Científico Tecnológico y su Impacto Social en la Maestría de Comunicación.

### **Omag Cano Villegas**

Biólogo por la UJED. Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas por la UACH. Doctorando por la UJED. Realizó estancia de investigación nacional en el IPICYT, y estancia internacional en el United States Geological Survey-Wetland Aquatic Research Center.

### **Pedro César Cantú-Martínez**

Doctor en Ciencias Biológicas por la UANL. Doctor Honoris Causa, con la Mención Dorada Magisterial, por el OIICE. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista *Salud Pública y Nutrición (RESPyN)*. Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

### **Ramón Enrique Díaz de León Gómez**

Licenciado en Ingeniería Química por la UAdeC. Doctor en Tecnología de Polímeros por el CIQA. Investigador titular C en el Centro de Investigación en Química Aplicada en Saltillo, Coahuila. Sus áreas de interés se relacionan con la síntesis por coordinación y caracterización de elastómeros de base biológica de la familia de los terpenos. Miembro del SNI, nivel I.

### **Saraí Vega Rodríguez**

Doctora en Ciencias Químicas por la UASLP. Profesora en la FCQ-UASLP. Su área de estudio es la Química teórica computacional, específicamente el modelado molecular de reacciones químicas con métodos de estructura electrónica, para entender y predecir mecanismos de reacción. Miembro del SNI.

# Lineamientos de colaboración

## Ciencia UANL

La revista *Ciencia UANL* tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial.

En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas: ciencias exactas, ciencias de la salud, ciencias agropecuarias, ciencias naturales, humanidades, ciencias sociales, ingeniería y tecnología y ciencias de la tierra. Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades.

Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje claro, didáctico y accesible, correspondiente al público objetivo; no se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados, según sea el caso se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

### Criterios editoriales (difusión)

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiéndose por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no haya sido publicada o enviada a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores, en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación.
- El artículo debe ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Debe considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deben contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deben presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptan modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras y carta firmada por todos los autores (formato en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas (incluyendo figuras y tablas).
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, además de cinco palabras clave.
- En el apartado de referencias se deberá utilizar el formato Harvard para citación.
- Material gráfico incluye figuras, imágenes y tablas, todas las imágenes deberán ser de al menos 600 DPI.

### Criterios editoriales (divulgación)

- Sólo se reciben para su publicación materiales originales e inéditos. Los autores, al enviar su trabajo, deberán manifestar que es original y que no ha sido postulado en otra publicación.
- Se aceptarán artículos con un máximo de tres autores.
- Los contenidos científicos y técnicos tienen que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. Se recomienda sugerir bibliografía breve, para dar al lector posibilidad de profundizar en el tema. El formato no maneja notas a pie de página.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias utilizadas en el texto; éstas deberán citarse en formato Harvard.
- Los artículos deberán tener una extensión máxima de cinco cuartillas y una mínima de tres, incluyendo tablas, figuras y bibliografía. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable de Ciencia UANL una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Los autores deberán proponer por lo menos tres imágenes para ilustrar su trabajo.
- Las figuras, dibujos, fotografías o imágenes digitales deberán ser de al menos 600 DPI.
- En el caso de una reseña para nuestra sección Al pie de la letra, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.
- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos en la primera cuartilla: título del trabajo, autor(es), institución y departamento de adscripción laboral (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios), dirección de correo electrónico para contacto.
- Los autores deberán incluir, por separado, cinco ideas clave de su manuscrito.

### Notas importantes

- Sólo se recibirán artículos por convocatoria, para mayor información al respecto consultar nuestras redes sociales o nuestra página web: <http://cienciauanl.uanl.mx/>
- Todas las colaboraciones, sin excepción, serán evaluadas. Todos los textos son sometidos a revisión y los editores no se obligan a publicarlos sólo por recibirlos. Una vez aprobados, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:  
revista.ciencia@uanl.mx  
o bien al siguiente dirección:

Revista Ciencia UANL. Dirección de Investigación, Av. Manuel L. Barragán, Col. Hogares Ferrocarrileros, C.P. 64290, Monterrey, Nuevo León, México.

Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:  
Tel: (5281)8329-4236. <http://www.cienciauanl.uanl.mx/>



RevistaCienciaUANL

RevistaCIENCIAUANL

Indexada en:



Actualidad Iberoamericana  
Índice Internacional de Revistas



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS  
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



CATÁLOGO "BIENESTAR LATINOAMÉRICA"