



REVISTA

# + CIENCIA

## DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Año 10, N.º 29, Mayo-Agosto 2022



La Asociación Mexicana  
de Microscopía A.C.  
acompaña a  
+Ciencia  
en su aniversario

10

Un camino difícil, grata recompensa • El microscopio electrónico de transmisión y la biología celular • Microscopía electrónica de transmisión *in situ*  
 La microscopía electrónica de barrido en las ciencias agrícolas y pecuarias • Importancia de la caracterización microestructural por microscopía  
 electrónica de barrido en los materiales de construcción • La técnica de espectroscopía de dispersión de energía como auxiliar para conocer mejor los  
 materiales • ¿Preparar o no a los especímenes biológicos para estudiarlos con el microscopio electrónico de barrido? • Dile hoy al Li-Fi gracias a la  
 tecnología de materiales • Analizador de quimioluminiscencia: ¿se puede saber la concentración de óxidos de nitrógeno (NOx) en el aire? • De 1G al 5G,  
 la conectividad que nunca se detiene • La herramienta esencial • IFTTT • Creación de un generador de pulsos para uso en neurofisiología • No se va

# Programas de Posgrado de la **FACULTAD DE INGENIERÍA**

## TRIMESTRALES

Inicio: enero, abril, julio y octubre

- MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE GESTIÓN EMPRESARIAL
- MAESTRÍA EN LOGÍSTICA
- MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN E INTELIGENCIA ANALÍTICA
- MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

## SEMESTRAL

Inicio anual: agosto

- DOCTORADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

@PosgradosAnahuac

Posgrados Anáhuac

@Anahuac\_P

DESCUENTO A EGRESADOS  
**20%**

Facultad de  
Ingeniería

**CADIT**  
CENTRO DE ALTA DIRECCIÓN EN  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**GRANDES LÍDERES**

**Y MEJORES PERSONAS**

**Informes:**  
Centro de Atención de Posgrado y Educación Continua

55 54 51 61 77  
55 79 18 21 59

posgrado@anahuac.mx

anahuac.amx/mexico/posgrados

Campus Norte

## UNIVERSIDAD ANÁHUAC MÉXICO

RECTOR

Dr. Cipriano Sánchez García, L.C.

VICERRECTORES ACADÉMICOS

Dra. Lorena Rosalba Martínez Verduzco

Mtro. Jorge Miguel Fabre Mendoza

DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Mtro. Mario Buenrostro Perdomo

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Dr. Jose Pozón López

COORDINADORA DE PUBLICACIONES ACADÉMICAS

Mtra. Alma E. Cázares Ruiz



## Revista de la Facultad de Ingeniería

Año 10, N.º 29, Mayo-Agosto 2022

### DIRECTORA EDITORIAL

Dra. María Elena Sánchez Vergara

### COORDINACIÓN EDITORIAL

Sabrina Sofía Prieto Salazar

### ASESOR Y REVISOR DE CONTENIDO

P. Sergio Salcido Valle, L.C.

### COMITÉ EDITORIAL

Mtro. Mario Buenrostro Perdomo

*Director de la Facultad de Ingeniería*

Dra. María Elena Sánchez Vergara

*Coordinadora del Centro de Innovación Tecnológica*

Ana Paula Sánchez Grimaldo

Javier Arturo López Mendoza

Ernesto Pérez Deschamps

*Alumnos de Ingeniería Industrial*

José Martín Gálvez Leyva

Guadalupe Karla Velasco Gómez

Sabrina Sofía Prieto Salazar

Alin Deyanira Flores García

Alejandra Alcalá Haddad

*Alumnos de Ingeniería Biomédica*

Eric Fernando García Parra

Rolando Ademar Molina Velasco

*Alumnos de Ingeniería Mecatrónica*

Rolando Ademar Molina Velasco

*Alumno de Ingeniería Mecatrónica*

Óscar Poblete Sáenz

*Alumno de Ingeniería en Sistemas*

María José Canseco Juárez

*Alumna de Ingeniería Ambiental*

### CORRECCIÓN DE ESTILO

Adriana Sánchez Escalante

### CONCEPTO Y DISEÑO EDITORIAL

Daniel Hurtado Rivera

### FOTO DE PORTADA

Microscopía electrónica de barrido a colores de una

*Drosophila melanogaster*, la mosca de la fruta.

Foto: David Scharf/Science Source

+Ciencia. Revista de la Facultad de Ingeniería, año 10, número 29, mayo-agosto 2022, es una publicación cuatrimestral editada por Investigaciones y Estudios Superiores, S.C. (conocida como Universidad Anáhuac México), a través de la Facultad de Ingeniería. Avenida Universidad Anáhuac núm. 46, colonia Lomas Anáhuac, Huixquilucan, Estado de México, C.P. 52786. Tel.: 55 5627.0210. Editor responsable: María Elena Sánchez Vergara. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2021-100618205500-203, ISSN: en trámite. Cualquier información y/o artículo y/u opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Asimismo, el editor investiga sobre la seriedad de sus anunciantes, pero no se responsabiliza de las ofertas relacionadas con los mismos. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor.

# CONTENIDO

## 5 EDITORIAL

La coordenada (0,0)  
*Guadalupe Karla Velasco Gómez*

## 6 ¿SABÍAS QUE...?

Tronarse los dedos no produce artritis  
La mente puede desencadenar enfermedades físicas  
Una isla artificial generará energía para millones de hogares  
*Valentina Sabrina Dávila Millán*  
*Alejandra Alcalá Haddad*

## 8 CORRESPONDENCIA CIENTÍFICA

*Rolando Ademar Molina Velasco*

## 12 UNOS AÑOS DESPUÉS...

Un camino difícil, grata recompensa  
*Juan Carlos Leal Aguilar*

## 14 PROBLEMA CONCIENCIA

El modelo de la Torre Eiffel

## 16 CIENCIA EN LAS FRONTERAS

18 El microscopio electrónico de transmisión y la biología celular  
*Luis Felipe Jiménez García*  
*María de Lourdes Segura Valdez*

23 Microscopía electrónica de transmisión *in situ*  
*Arturo Ponce*

28 La microscopía electrónica de barrido en las ciencias agrícolas y pecuarias  
*Hilda Araceli Zavaleta Mancera*  
*Amelia López Herrera*

33 Importancia de la caracterización microestructural por microscopía electrónica de barrido en los materiales de construcción  
*Ing. Azucena Karen Alvarado Pérez*  
*Dr. Wilfrido Martínez Molina*  
*Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán*  
*Dr. Miguel Ávalos Borja*

36 La técnica de espectroscopía de dispersión de energía como auxiliar para conocer mejor los materiales  
*Dr. Miguel Ávalos Borja*  
*M. en C. Adriana Vázquez Pelayo*

40 ¿Preparar o no a los especímenes biológicos para estudiarlos con el microscopio electrónico de barrido?  
*Armando Zepeda Rodríguez*

## 45 1 IDEA = 1 CAMBIO

Dile hola al Li-Fi gracias a la tecnología de materiales  
*Yehudi Hernández Pedraza*

## 48 ¡MAQUINÍZATE!

Analizador de quimioluminiscencia: ¿se puede saber la concentración de óxidos de nitrógeno (NOx) en el aire?  
*Ximena Ocampo Suárez*

## 51 DE LA NECESIDAD AL INVENTO

De 1G al 5G, la conectividad que nunca se detiene  
*Andoni Joseph Villanueva Méndez*

## 53 CIENCIA POR ALUMNOS

La herramienta esencial  
*Óscar Poblete Sáenz*

## 56 UTILÍZALO

IFTTT  
*José Arturo Alfaro Ruiz*

## 58 ¡INTEGRANDO INGENIERÍA

Creación de un generador de pulsos para uso en neurofisiología  
*Nelia Díaz Ortega*  
*Bryan Cruz Justo*  
*Carlos Alberto Cuellar Ramos*

## 63 +PODCAST

No se va  
*Rolando Ademar Molina Velasco*

## 65 TRIVIA PARA FACEBOOK E INSTAGRAM

### CONTÁCTANOS EN:

<https://ingenieria.anahuac.mx/>  
<https://revistas.anahuac.mx/masciencia>

 @mascienciaanahuac

 @mas.ciencia

### SUSCRIPCIONES

[masciencia@anahuac.mx](mailto:masciencia@anahuac.mx)



# LA COORDENADA

## (0,0)

Es para +Ciencia un gusto, como en cada ocasión, traer a nuestros fieles lectores una nueva edición de nuestra revista. En este, el número 29, presentamos artículos de interés diverso, destacando en particular la participación especial de la Asociación Mexicana de Microscopía A.C., (AMM), como parte de la celebración de los 10 años de esta publicación. En las secciones “Ciencia a todo lo que da” y “Ciencia en las Fronteras” encontrarán interesantes artículos como el del microscopio electrónico de transmisión y la biología celular, de Luis Felipe Jiménez García y María de Lourdes Segura Valdez, la técnica de espectroscopía de dispersión de energía como auxiliar para conocer mejor los materiales del Dr. Miguel Ávalos Borja y la M. en C. Adriana Vázquez Pelayo y el interesante artículo sobre la microscopía electrónica de transmisión *in situ*, escrito por el Dr. Arturo Ponce. Por otro lado, también encontrarán los artículos sobre microscopía electrónica de barrido en las ciencias agrícolas y pecuarias de las doctoras Hilda Araceli Zavaleta Mancera y Amelia López Herrera. Finalmente, como una aportación más de la SMM se presenta el artículo sobre la importancia de la caracterización microestructural por microscopía electrónica de barrido en los materiales de construcción, de la ingeniera Azucena Karen Alvarado Pérez, el Dr. Wilfrido Martínez Molina, la Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán y el Dr. Miguel Ávalos Borja. Finalmente, cerramos este interesante tema de la microscopía con el artículo ¿Preparar o no a los especímenes biológicos para estudiarlos con el microscopio electrónico de barrido? del Dr. Armando Zepeda Rodríguez.

Como siempre, comenzamos con nuestra ya conocida sección de “¿Sabías que...?”, en la que Alejandra Alcalá Haddad y Valentina Sabrina Dávila Millán nos dan información fascinante sobre qué pasa cuando nos tronamos los dedos y otros temas interesantes y divertidos.

Continuamos con la sección de “1 idea = 1 cambio”, donde Yehudi Hernández Pedraza, alumno de Ingeniería Biomédica, nos habla de Li-Fi, una nueva tecnología de comunicación que permitirá la comunicación entre dispositivos 100 veces más rápido

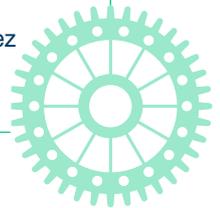
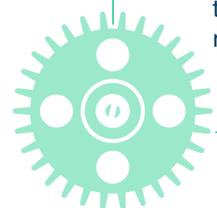
que el wifi. Para “¡Maquínízate!”, Ximena Ocampo Suárez nos explica cómo es que un analizador de quimioluminiscencia es utilizado para determinar la concentración del contaminante óxido de nitrógeno. En “Unos años después...” recibimos a Juan Carlos Leal Aguilar, quien fuera estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial para la dirección. Juan Carlos platica acerca de sus experiencias en la carrera y nos da consejos sobre la importancia que tiene para los estudiantes la priorización de actividades. También nos recuerda que, de alguna manera, todos los conocimientos adquiridos en la universidad los aplicaremos en la vida laboral.

Para la sección de “De la necesidad al invento”, Andoni Joseph Villanueva Méndez nos cuenta cómo ha sido la evolución de la red celular, desde la aparición del 1G en 1979, hasta la actual 5G. En “Utilízalo”, conoceremos la aplicación IFTTT y cómo ayuda a gestionar nuestras redes sociales, esto a cargo de José Arturo Alfaro Ruiz. Por otro lado, en la sección de “Ciencia por alumnos”, Óscar Poblete Sáenz, estudiante de Ingeniería en Sistemas y miembro de nuestro Comité, nos explica conceptos importantes acerca de la tecnología y el impacto de esta. En “¡Integrando ingeniería”, Nelía Díaz Ortega, Bryan Cruz Justo y Carlos Alberto Cuellar Ramos nos hablan de cómo fue el proceso que siguieron para desarrollar un generador de pulsos para uso en neurofisiología de bajo costo.

Finalmente, en nuestra sección “+Podcast”, Rolando Ademar Molina Velasco nos habla sobre el síndrome de la canción pegada. Además, no olviden que pueden resolver nuestro “Problema ConCiencia” y la trivia, haciéndonos llegar sus respuestas a través del Facebook o el Instagram de la revista, y así ganar uno de los estuches de herramientas que tenemos para ustedes.

Como siempre, agradecemos a nuestros lectores el apoyo que nos dan y les recordamos que esta revista es de todos ustedes. ¡Disfrútenla y festejen con nosotros sus 10 años ininterrumpidos de existencia!

Guadalupe Karla Velasco Gómez





VALENTINA SABRINA DÁVILA MILLÁN  
Ingeniería Industrial, 3<sup>er</sup> semestre

ALEJANDRA ALCALÁ HADDAD  
Ingeniería biomédica, 8.º semestre

## Tronarse los dedos **no** produce artritis



Imagen recuperada de: <https://www.ideal.es/sociedad/201504/01/investigador-dedica-anos-demostrar-20150327174206.html>

¿Te has preguntado qué sucede fisiológicamente cuando te truenas los dedos, o por qué se produce ese chasquido? Las articulaciones contienen una especie de funda que las rodea llamada cápsula sinovial, la cual a su vez contiene líquido sinovial, cuya función es lubricar esta unión entre los huesos y evitar el desgaste. Cuando se realiza una acción corporal que supere el rango de movimiento articular normal de cierta articulación, la cápsula sinovial se comprime, generando un vacío, lo que desencadena la formación de burbujas de ciertos gases que contenemos naturalmente en los tejidos, es decir, nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono. El típico sonido que se escucha al “tronarse

los dedos” es la implosión de estos gases (Hernández, 2021).

Con el afán de comprobar si era cierto lo que su madre siempre le repetía: “Deja de tronarte los dedos, te va dar artritis”, el doctor Donald Unger pasó 60 años de su vida crujiendo sus nudillos de la mano izquierda. Tras una rigurosa aplicación del método científico, comparó los niveles de artritis en ambas manos y observó que eran similares. Fue así como Unger ganó el Ig Nobel de Medicina en el año 2009, por demostrar que tronar las articulaciones no produce artritis. Este descubrimiento ha sido respaldado por estudios de la Universidad de Harvard, así que ¡puedes tronarte los dedos con tranquilidad! (Villatoro, 2020).



## La mente puede desencadenar enfermedades físicas

Todos tenemos a un amigo o conocido con tendencias hipocondríacas, es decir, que constantemente está pensando que va a enfermarse. En algunas ocasiones, estas creencias son tan fuertes que, efectivamente, el sujeto en cuestión desarrolla una enfermedad. ¿Por qué sucede esto? Claro, siempre nos han dicho que la mente es muy poderosa, pero ¿sabías que está comprobado científicamente? Un estudio del Instituto de Tecnología Technion-Israel descubrió a través de un experimento con roedores que la mente es capaz tanto de desencadenar enfermedades físicas como de contenerlas.

Esta investigación demostró que el cerebro guarda recuerdos de infecciones que se hayan presentado en el cuerpo, y convoca a las células que contienen esta memoria para que avise al sistema inmunológico de activarse. Estas conclusiones fueron obtenidas tras un experimento en el que se analizaron los cerebros de ratones que padecían colitis, observando y localizando la activación de dichas células cerebrales. Una vez que los ratones se habían recuperado del cuadro de colitis, se utilizó una herramienta genética para estimular de nuevo estas células, lo que dio como resultado la aparición de una inflamación intestinal en los ratones, similar a la causada por la colitis. Aunque esta investigación todavía tiene un largo camino para poder ser traducida a humanos, es un gran avance que podría ayudar a tratar otras afecciones inflamatorias y autoinmunes (Romero, 2021).

### Referencias

- Hernandez, S. (2021). Qué pasa cuando nos tronamos los dedos de las manos: ¿es malo? *Milenio*. <https://www.milenio.com/ciencia-y-salud/tronarse-los-dedos-por-que-suena-y-consecuencias>
- Villatoro, F. R. (2020). 2009 Ig Nobel, Medicina: Un artículo técnico corto gracias a 60 años crujiendo los propios nudillos de solo una mano. *La Ciencia de la Mula Francis*. <https://francis.naukas.com/2009/10/02/2009-ig-nobel-medicina-un-articulo-tecnico-corto-gracias-a-60-anos-crujiendo-los-propios-nudillos-de-solo-una-mano/>
- Romero, S. (2021). Los pensamientos pueden provocar enfermedades reales. *Muy Interesante*. <https://www.muyinteresante.es/salud/articulo/los-pensamientos-pueden-provocar-enfermedades-reales-141637138142>
- F. M. (2021). Dinamarca construirá la primera isla eólica artificial. *okdiario.com*. <https://okdiario.com/ciencia/dinamarca-construira-primera-isla-eolica-artificial-7855747>
- Field, T. (2009). Complementary and alternative therapies research. Washington, D. C.: American Psychological Association.

## Una isla artificial generará energía para millones de hogares

Dinamarca construirá la primera isla artificial en el parque eólico del Mar del Norte. Esta isla, con un potencial de 10 GW, podrá satisfacer las necesidades de electricidad de 10 millones de hogares europeos. La isla estará dedicada a la recolección y difusión de energías renovables. Funcionará a través de aerogeneradores que utilizarán los vientos marinos para generar energía. Este es un gran paso para alcanzar los objetivos sustentables que la Unión Europea ha fijado para el año 2050 (F. M., 2021).



Imagen recuperada de: <https://magnet.xataka.com/en-diez-minutos/isla-artificial-rodeada-molinos-viento-plan-dinamarca-para-ser-100-renovable>



Ilustración 1. Más de 400 niñas, niños y jóvenes participaron en este gran evento.

## RADIO ANÁHUAC Y +CIENCIA PRESENTES EN EL EVENTO NACIONAL DE FIRST LEGO LEAGUE

ROLANDO ADEMAR MOLINA VELASCO

Productor +Ciencia Podcast, Comité Editorial revista +Ciencia

Se eligieron ocho equipos conformados por niñas, niños y jóvenes de entre 4 y 16 años para representar a México en Estados Unidos, Australia y Brasil en los eventos de FIRST LEGO League, donde además de demostrar su creatividad y habilidades en programación, pondrán a prueba su resolución de problemáticas.

El pasado 18 y 19 de marzo se llevó a cabo el Evento Nacional de la Temporada 21-22 de FIRST LEGO League, el programa educativo más importante a nivel mundial de robótica y STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) en el Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México, donde participaron más de 400 niñas, niños y jóvenes de 4 a 16 años

provenientes de distintas partes de la República Mexicana.

“La contingencia demostró la urgencia por innovar las formas de enseñanza, así como el impulso que requiere el desarrollo de habilidades como el pensamiento analítico, aprendizaje activo y estratégico, resolución de problemas complejos, entre otras, en niñas y niños. Ahí está la relevancia de un programa con impacto a nivel mundial, como lo es FIRST LEGO League, que motiva a los estudiantes a cuestionar y resolver problemas del mundo real”, comentó Roberto Saint Martin, iniciador de la Fundación RobotiX.

Se contó con dos categorías: Explore y Challenge. En Explore, niñas y niños



mostraron sus proyectos mediante una maqueta y un póster que resumía su investigación. Para Challenge se califican cuatro áreas: Proyecto de Innovación, Diseño del Robot, Core Values y Juego del Robot, en donde los equipos tienen la oportunidad de competir en al menos tres partidas de dos minutos y medio cada una y su puntuación más alta es la que cuenta.



Platicamos con María José González y Diego Mendoza, miembros del equipo Nucleólicos, quienes representarán a México en Brasil.

“Es una experiencia que en realidad es muy satisfactoria, más que nada nos ayuda a la convivencia en equipo, desarrollar nuevas habilidades, el hambre de innovar nuestro mundo y, más que nada, conocernos a nosotros mismos”, comentó María José González. Diego Mendoza dijo: “Estoy seguro que entré con una forma de pensar diferente a la actual, me he llevado muchas experiencias y momentos felices con mis compañeros y sobre todo he aprendido, porque es algo muy interesante lo que se aprende en este tipo de eventos que se pueden aplicar en el día a día”.

En esta ocasión, los ganadores fueron:  
**Categoría Explore:** representarán a México en el World Festival en Houston.

- Orange Dragonfiles del Colegio Valle de Filadelfia en el Estado de México.
- GV Inc. Peques Innovadores de la Primaria Guadalupe Victoria en Guanajuato.

**Categoría Challenge:** quienes decidieron representar a México en el evento en Brasil.

- Nucleólicos de la Escuela Secundaria No. 12, Héroes de la Independencia, en el Estado de México.



Con estos eventos se busca crear un gran interés en la realización de proyectos con ideas innovadoras alrededor de necesidades actuales







## CIENCIA EN LA SEMANA DE INGENIERÍA 2022



Integrantes del Comité Editorial de la revista +Ciencia en la pecera de la Facultad de Ingeniería.

Se llevó a cabo la Semana de Ingeniería, que contó con importantes conferencistas de diversas empresas, así como también con la impartición de talleres, presentación de proyectos por parte de los estudiantes y concursos. +Ciencia estuvo presente con un stand en el que pudieron convivir miembros del Comité Editorial con estudiantes y maestros de la Facultad.



También durante la Semana de Ingeniería se tuvo la oportunidad de realizar eventos entre estudiantes como el de "Investigación de alumno a alumno" en el que Daniela Gonzalez Verdugo, Rafael Imanol Zubillaga Serrano y María Fernanda Bárcena Hernández (en la foto presentando su diploma), destacados jóvenes investigadores del Grupo de Investigación en Semiconductores Orgánicos de la Facultad de Ingeniería hablaron sobre sus proyectos de investigación científica sobre electrónica molecular.





# “UN CAMINO DIFÍCIL, GRATA RECOMPENSA”

JUAN CARLOS LEAL AGUILAR  
Ingeniería Industrial para la Dirección  
Generación 2011-2015



Desde el primer día dentro de la facultad te enfrentas ante muchos retos, desde saber meter tus materias, encontrar tu salón, empezar a hacer amigos o grupos de trabajo, son muchas cosas por las que pasas y te das cuenta de que estás ahí tú solo y que depende de ti qué tan llevadero hagas tu camino dentro de tu carrera universitaria.

Ingresé a la Universidad Anáhuac gracias a una beca deportiva (béisbol) que, si bien no es un deporte muy común dentro de la Universidad, cada año lográbamos calificar a los diferentes torneos que se organizaban tanto en las universidades públicas como pri-



vadas del país. Esto ocasionaba que los estudios fueran doblemente intensos, ya que muchas veces “perdía” clases por asistir a estos torneos y costaba trabajo retomar los temas vistos durante esos días de inasistencia a clases.

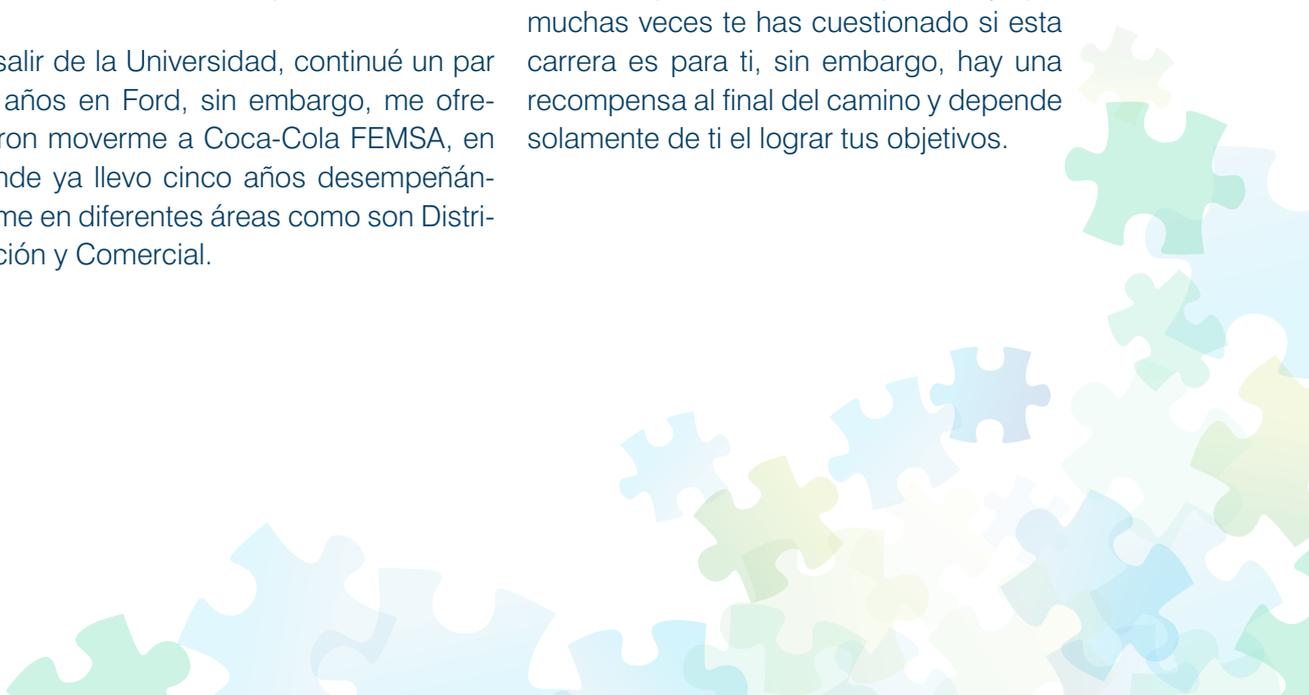
Fue a la mitad de carrera cuando logré entrar como becario en Ford Motor Company, y aunque me dio una satisfacción muy grande empezar con la vida laboral, te das cuenta que te acabas de echar en hombros una actividad adicional, ahora debes rendir en lo académico, deportivo y en lo laboral, por lo que el estrés y las responsabilidades van creciendo.

Al final, todas las piezas se van acomodando y todo va saliendo, evidentemente tu capacidad de priorizar y de sobrellevar todas tus actividades van mejorando y justo esa parte es la que considero más relevante a lo largo de la carrera universitaria. Son tantas las cosas que traemos en la cabeza que terminas expandiendo tus habilidades y desarrollando otras, pones en sintonía tus amistades, el trabajo, la escuela, la familia, tus tiempos libres, todo.

Al salir de la Universidad, continué un par de años en Ford, sin embargo, me ofrecieron moverme a Coca-Cola FEMSA, en donde ya llevo cinco años desempeñándome en diferentes áreas como son Distribución y Comercial.

Para todos los estudiantes de cualquier Ingeniería, no esperemos aplicar cálculo multivariado o cualquier “Rocket Science” en nuestros trabajos, lo que al final entiendo de haber llevado todas estas materias es justo para abrir nuestras mentes y saber que existen muchas formas de resolver los problemas que puedan salir en tu día a día. Hoy inconscientemente aplico temas de Ingeniería financiera, estadística, algoritmos y programación...

A lo que quiero llegar es que cuando eres estudiante cuestionamos todo y nos preguntamos: “¿Y esto de qué me va a servir en la vida?”. La respuesta es en todo, al final de una u otra forma terminamos aplicando en el día a día todo lo vivido en la carrera, sea algo tan técnico o no, pero lo que estoy seguro es que de no haber estudiado Ingeniería no sería la persona que soy hoy porque esta carrera desarrolló en mí habilidades que tal vez ninguna otra te desarrolla y por si fuera poco, ya que estás fuera, te das cuenta que un ingeniero puede trabajar en casi todas las áreas debido a su amplio campo de preparación. Sé que el camino es pesado y que muchas veces te has cuestionado si esta carrera es para ti, sin embargo, hay una recompensa al final del camino y depende solamente de ti el lograr tus objetivos.





## “EL MODELO DE LA TORRE EIFFEL”

La Torre Eiffel de París tiene 300 m de altura y está construida enteramente de hierro; su peso total es de 8,000,000 kg. Se desea encargar un modelo exacto de dicha torre, también de hierro, pero con la condición de que pese tan solo 1 kg. ¿Qué altura tendrá? ¿Será mayor o menor a la de un vaso de 15 cm?



Para ganarte un práctico premio solo necesitas:

- 1) Resolver el acertijo en una hoja de papel.
- 2) Tomarle una fotografía.
- 3) Enviar tu respuesta con procedimiento a cualquiera de las redes sociales que la revista tiene.

Facebook: mascienciaanahuac

Instagram: @mas.ciencia

### Referencia

Perelman, Y. L. (1974). *Matemáticas recreativas*. 1.a ed., vol. 1. Ediciones de Cultura Popular.

¡Anímate! Calcula y gana uno de los tres estuches de herramientas que el Comité editorial de la revista tiene para ti. A continuación, la fotografía del estuche que puedes obtener:



### Respuesta del problema ConCiencia anterior:

#### “LAS CURVAS CERRADAS”

La región B está dentro de la curva, se comprueba con el teorema sobre las curvas cerradas simples.

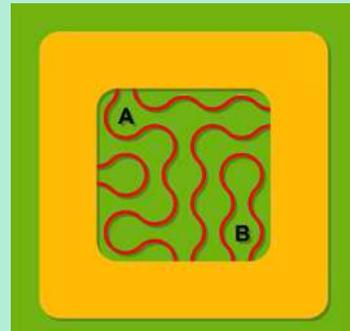


Imagen tomada de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37451402>

# ¿ERES EMPRESARIO, TIENES EN MENTE UN PROYECTO DE BASE TECNOLÓGICA Y NO CUENTAS CON SUFICIENTES RECURSOS PARA DESARROLLARLO?

La Universidad Anáhuac ofrece los servicios del Centro de Innovación Tecnológica Anáhuac (CENIT), destinados a empresas que quieran realizar proyectos de base tecnológica y que posteriormente requieran ser fondeados con presupuesto federal y estatal.

Para conocer un poco más acerca de todos los servicios que ofrece el CENIT visita la siguiente página:

<http://ingenieria.anahuac.mx/cenit/>



En ella encontrarás los diferentes tipos de servicios que puede realizar el CENIT, los cuales incluyen desde pruebas, análisis y uso de laboratorio, hasta asesoría y servicios especializados enfocados a la obtención de fondos dependiendo del proyecto a desarrollar.

Si estás interesado o deseas más información escribe un correo electrónico a:

[elena.sanchez@anahuac.mx](mailto:elena.sanchez@anahuac.mx)





## PRÓLOGO

La Asociación Mexicana de Microscopía A.C., (AMM) se fundó hace casi treinta años, en el mes de noviembre del año 1992. A partir de esa fecha, la AMM ha promovido y divulgado el uso de la microscopía en sus varios modos de operación, como una herramienta en diferentes campos del conocimiento, haciendo énfasis en las áreas de las Ciencias Biológicas y Médicas y la Ciencia de los Materiales. En esta ocasión, los miembros de la mesa directiva nos sentimos honrados en formar parte de la edición especial de la revista +*Ciencia* con motivo de su décimo aniversario. Esta revista de divulgación científica, desarrollada principalmente por estudiantes de la Facultad de Ingeniería, es editada por la Universidad Anáhuac México, Campus Norte. En este volumen especial de la revista +*Ciencia*, la AMM ha contribuido con artículos de divulgación relacionados con temas de actualidad de la microscopía electrónica de transmisión y de barrido y técnicas analíticas asociadas. Los temas que se han incluido como parte de esta colaboración tienen como objetivo dar a conocer los alcances de la microscopía electrónica a estudiantes, académicos y personas del sector industrial, interesadas en caracterizar muestras a nivel micrométrico y nanométrico. Los artículos forman parte de una serie de seminarios impartidos en las instalaciones de la Universidad Anáhuac México y en formato híbrido, durante el Curso Nacional “Perspectivas de la Microscopía Moderna en México”. Al mismo tiempo, aprovechamos la oportunidad para promover la serie de cursos mensuales que organiza la AMM y para la promoción de la edición XVI del Congreso del Comité Interamericano de Sociedades de Microscopía (CIASEM) a celebrarse en la Ciudad de Oaxaca del 24 al 28 de octubre de 2022 (<http://ciasem2022.com/>). Agradecemos a todos los lectores de la revista +*Ciencia* y a la hospitalidad por parte de la Universidad Anáhuac México, Campus Norte, en particular a la Dra. María Elena Sánchez Vergara y al Dr. Víctor Manuel López Sánchez por su apoyo brindado a la AMM.



18 El microscopio electrónico de transmisión y la biología celular • 23 Microscopía electrónica de transmisión *in situ* • 28 La microscopía electrónica de barrido en las ciencias agrícolas y pecuarias • 33 Importancia de la caracterización microestructural por microscopía electrónica de barrido en los materiales de construcción • 36 La técnica de espectroscopía de dispersión de energía como auxiliar para conocer mejor los materiales • 40 ¿Preparar o no a los especímenes biológicos para estudiarlos con el microscopio electrónico de barrido?



# EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE TRANSMISIÓN Y LA BIOLOGÍA CELULAR

LUIS FELIPE JIMÉNEZ GARCÍA, MARÍA DE LOURDES SEGURA VALDEZ  
UNAM, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Celular



Microscopio electrónico de transmisión. La columna central contiene lentes electromagnéticas y los electrones se producen en la parte superior del instrumento.

## Resumen

Desde su invención, el microscopio electrónico ha sido utilizado en el estudio de la estructura fina de la materia viva y no viva con un detalle de dimensiones de micrómetros y nanómetros, es decir, para el estudio de la ultraestructura. Los microscopios electrónicos pueden ser de barrido o de transmisión. En este trabajo se exponen algunas aplicaciones del microscopio electrónico de transmisión en las ciencias biológicas, haciendo énfasis en su papel en estudio de las estructuras de la célula que permitió la consolidación de la biología celular.



## Introducción

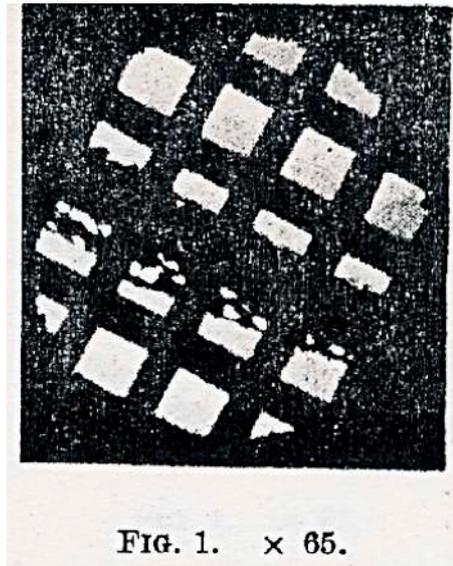
Los microscopios ópticos utilizan luz y lentes de vidrio para generar imágenes a partir de objetos con detalles de hasta  $0.2 \mu\text{m}$ . Si se utilizan electrones en lugar de luz y lentes electromagnéticas en lugar de las de vidrio, se pueden obtener imágenes de objetos cuyos detalles pueden ser mucho más pequeños, hasta de unos  $0.005 \mu\text{m}$ . Con la idea de superar la limitación que impone el uso de la luz como fuente de energía en un microscopio, se inventó el microscopio electrónico hace 90 años, en 1932. Gracias a su invento fue posible pasar de un análisis en la dimensión de micrómetros a la dimensión de fracciones de micra e incluso en el nivel de los nanómetros y angstroms. Al paso de los años, se desarrollaron los dos tipos de microscopios electrónicos que conocemos hoy en día, es decir: 1) el microscopio electrónico de transmisión (TEM, por sus siglas en inglés) y 2) el microscopio electrónico de barrido (SEM, por sus siglas en inglés). El TEM nos permite el estudio de la estructura interna de las muestras, en tanto que el SEM permite el análisis de la estructura de la superficie.

La capacidad del microscopio electrónico para obtener una resolución muy superior a la del microscopio óptico o de luz favoreció su utilización en el estudio de la estructura fina de la materia, tanto no viva como viva, en particular el estudio de la organización interna de la unidad estructural de los seres vivos, la célula.

## Primeros estudios de material biológico con el TEM

Desde el siglo XVII, tanto R. Hooke como A. van Leeuwenhoek observaron células con el microscopio óptico. Durante el siglo XIX, T.

Schwann y M. Schleiden postularon la Teoría Celular proponiendo que todos los seres vivos están formados por células. En efecto, esta fue la primera teoría robusta que fue configurando a la biología como una ciencia. Ello promovió el estudio de la estructura de una gran cantidad de especies biológicas con el microscopio óptico, fortaleciendo esa teoría. Sin embargo, debido a la limitación del poder de resolución de los microscopios, no fue posible avanzar en el conocimiento de su estructura fina que ayudara a comprender su función a mayor profundidad. Además, el material tenía que ser preparado para obtener rebanadas muy delgadas, de unas cuantas micras o micrómetros de espesor, por las que pudiera ser transmitida la luz que irradia a la muestra. Debido a falta de color en las muestras biológicas, fue necesario desarrollar también técnicas de tinción que facilitaran distinguir entre unos componentes de la célula y otros. Por ello, cuando se inventa el microscopio electrónico por Max Knoll y Ernst Ruska, se abre la posibilidad de estudiar a la célula en su estructura interna fina. En efecto, poco después de su invención a principios de los años 1930, Marton en Bélgica preparó la primera muestra biológica que observó con el microscopio electrónico de transmisión. El profesor Marton utilizó una rebanada de una hoja de la plata carnívora *Drosera intermedia*. Aunque solamente observó con 65 aumentos del tamaño real, la imagen resultante mostraba una resolución o nitidez muy superior a la lograda hasta entonces con los microscopios ópticos más potentes. En la imagen se observa una rejilla o soporte de la muestra y una sección de la hoja en donde se aprecian células de la epidermis.



Primera imagen de una muestra biológica registrada con el microscopio electrónico de transmisión en 1932. Se trata del corte de una hoja de una planta colocado sobre una malla de metal.

## Durante el siglo xx

La utilización del microscopio electrónico de transmisión también permitió por primera vez observar la estructura de los virus, hasta entonces solamente concebidos como entidades patógenas intangibles relacionados con la palabra veneno. Una de las primeras observaciones la realizó el profesor Thomas Anderson a principios de los años 1940, con los virus bacteriófagos T4. Las imágenes de la estructura del virus obtenidas con el TEM eran tan complejas que les sugirieron que parecían renacuajos. Desde entonces la microscopía electrónica de transmisión ha facilitado el estudio de la diversidad morfológica de los virus.

Posteriormente, siguieron estudios de la estructura de las células y de los tejidos. Muy pronto se notó que, para estudiar la estructura interna de las células con el TEM, era necesario llevar a cabo una preparación de la muestra que 1) generara cortes o rebanadas muy delgadas por las cuales los electrones pudieran ser transmitidos, que 2) eliminara restos de líquido,

debido a que las muestras se introducen en una cámara de vacío y que 3) fuera resistente al impacto de un haz de electrones acelerados. Adicionalmente, las muestras biológicas contienen mayormente átomos de número atómico bajo, por lo que son casi transparentes a los electrones, lo que hizo necesario añadirles de manera selectiva átomos de elevado número atómico, que añadieran contraste adicional a las muestras. Por lo anterior, se requirieron de varias décadas para lograr que las muestras a observar fueran cortadas en rebanadas muy finas, de unas fracciones de micrómetro de espesor —entre 30 y 90 nanómetros—, que fueran estables al impacto del haz de electrones y que se extrajera todo el líquido de ellas.

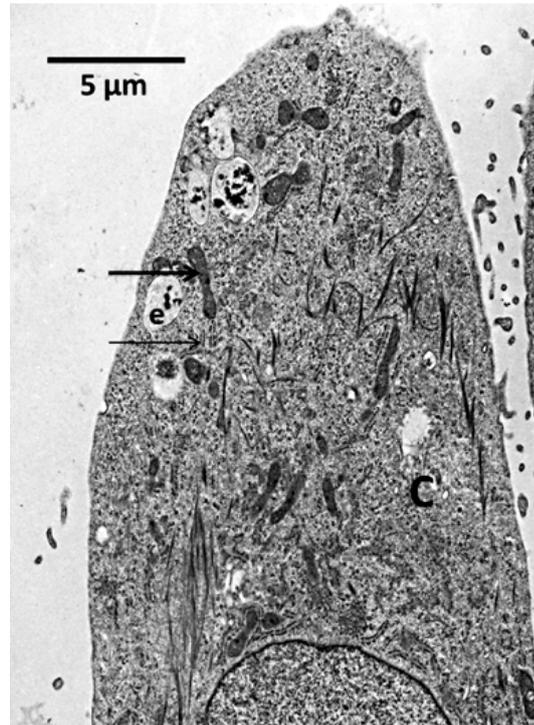
Así, surgió un procedimiento estándar para la preparación de muestras biológicas para su observación con el microscopio electrónico de transmisión. También, a lo largo del tiempo, se diseñaron variantes a ese procedimiento estándar, tanto para la observación de diferentes tipos de muestra como para el estudio de la composición y localización de moléculas específicas.

## La microscopía electrónica y la biología celular

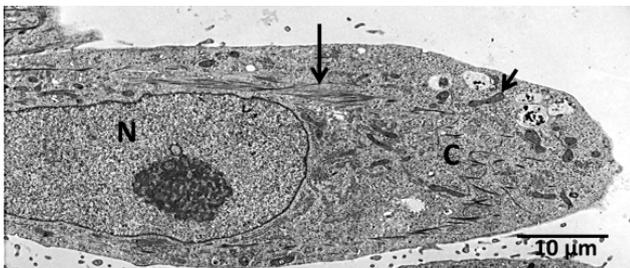
El uso de una técnica estándar para microscopía electrónica de transmisión en ciencias biológicas contribuyó definitivamente a conocer la estructura fina de la célula. Por ejemplo, se detalló la estructura de la mitocondria y se descubrió la presencia de las llamadas crestas mitocondriales, esenciales para entender la respiración celular. El retículo endoplásmico rugoso y el aparato de Golgi que, aunque fueron observados por primera vez en 1902 y 1898 respectivamente, fue hasta la década de los años 1950 que se confirmó su existencia con el uso del microscopio electrónico de transmisión. Asimismo, gracias al uso de este instrumento se confirmó la presencia de ve-



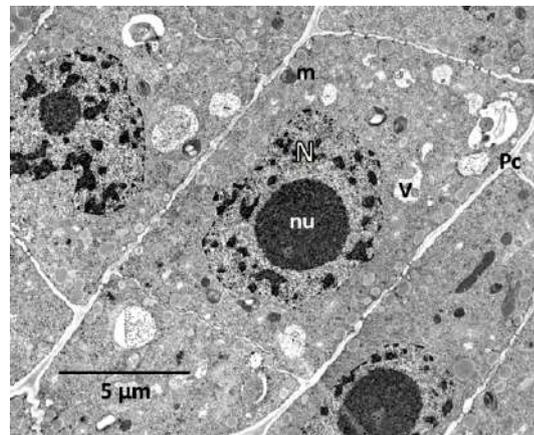
sículas y microvesículas relacionadas con el transporte de moléculas por la ruta secretora, de la que forman parte esos organelos. Del mismo modo, fue posible observar las partículas nanométricas relacionadas con diferentes eventos del metabolismo como la transcripción, la cadena respiratoria o el sustrato morfológico de la fotosíntesis, i.e, los tilacoides del cloroplasto. Asimismo, el procedimiento de observación de estructuras aisladas como la ATP sintasa, el DNA y el RNA o las proteínas. De manera notable, otros hallazgos como el descubrimiento del ribosoma por G. Palade y el retículo endoplásmico por K. Porter, realizados con el microscopio electrónico de transmisión, permitieron el surgimiento de la biología celular como una disciplina encaminada a estudiar la célula normal y la célula patológica. También se pudieron describir con este instrumento, los lisosomas, los microcuerpos o la estructura fina del nucléolo, organelo en donde se producen los ribosomas citoplásmicos en eucariontes, esenciales para la producción de proteínas en todos los seres vivos.



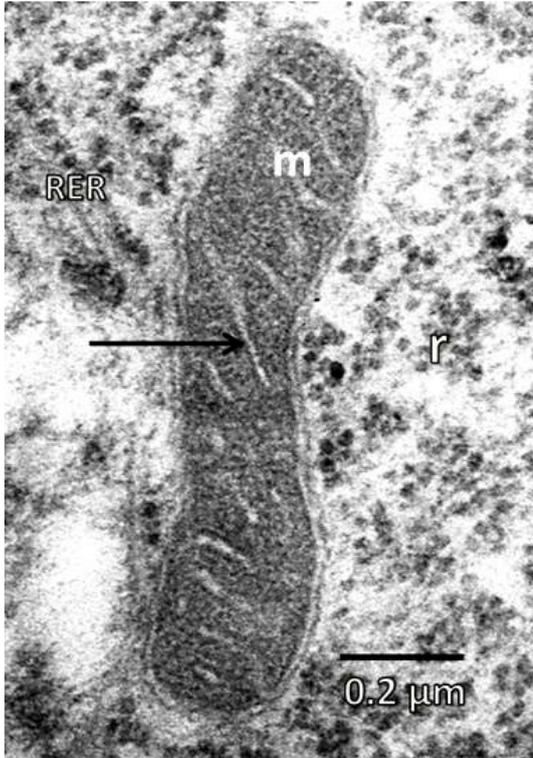
Ultraestructura a mayor aumento de citoplasma (C) de una célula humana muestra varios organelos y estructuras submicroscópicas como el retículo endoplásmico rugoso, que está señalado por la flecha delgada. También se observan mitocondrias (flecha gruesa) y endosomas. (e) El citoplasma contiene abundantes partículas que corresponden a los ribosomas.



Micrografía electrónica de una célula humana. En el núcleo (N) y en el citoplasma (C) se observan diferentes estructuras. En el citoplasma las flechas pequeñas señalan a las mitocondrias. La flecha más grande señala el citoesqueleto.



Micrografía electrónica de transmisión de una célula de la hoja de la planta teocintle (*Zea perennis*). Se observa la estructura interna que consta de núcleo (N) y nucléolo (nu), vacuola (V), mitocondria (m) y pared celular (Pc). La línea indica la escala de 5  $\mu\text{m}$  que permite calcular la longitud de la célula en unas 20  $\mu\text{m}$ .



Ultraestructura de una mitocondria (m). Este organelo está recubierto por dos membranas. La flecha señala una cresta mitocondrial en donde ocurre la cadena respiratoria. Fuera de este organelo hay retículo endoplásmico rugoso (RER) y ribosomas (r) en donde se lleva a cabo la síntesis de las proteínas

## ¿Qué contienen las estructuras submicroscópicas?

Adicionalmente al estudio de la estructura de las células y de los tejidos, la producción de mapas moleculares o químicos *in situ* ha sido un área de desarrollo. Para ello, se han producido variantes del procedimiento estándar de preparación de muestras. Combinadas con la utilización de marcadores químicos o con sondas moleculares como anticuerpos y secuencias de ácidos nucleicos, surgieron técnicas de localización de ácidos nucleicos y proteínas que han contribuido a la generación de mapas moleculares relacionados con la expresión génica. Tal es el caso de la inmuno-

microscopía electrónica y de la hibridación *in situ* ultraestructural de ácidos nucleicos. Con ello, es posible conocer la composición *in situ* de estructuras submicroscópicas celulares que contienen genes y los productos de su expresión, como las nanorribonucleoproteínas (nanoRNP).

## Perspectivas

Las nuevas técnicas como la criomicroscopía electrónica ya señalan un desarrollo sobre el conocimiento de las estructuras celulares a nivel de resolución molecular dentro de la célula, tanto procarionte como eucarionte. Sin duda, los avances se encaminan al conocimiento a nivel molecular de las estructuras celulares, así como a su composición de genes y sus productos de expresión, lo que permitirá el conocimiento de las funciones específicas en la vida de las células. Hoy en día el estudio de los territorios intracelulares relacionados con la organización de los genomas y sus productos en forma de RNA y/o proteínas son motivo de análisis.

Agradecemos el apoyo técnico de la Bióloga Sarai Cruz Gómez y del Biólogo Diego García Dimas, por la preparación de la muestra de teocintle.

## Referencias

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). *Molecular biology of the cell*, 6<sup>th</sup> ed. Garland Science.
- Fawcett, D. W. (1981). *The cell*, 2<sup>nd</sup> ed. Saunders.
- Marton, L. (1934). Electron microscopy of biological objects. *Nature*, 133, 911.
- Pollard, T. D., Earnshaw, W. C., Lippincott-Schwartz, J., & Johnson, G. T. (2017). *Cell Biology*, 3<sup>rd</sup> ed, Elsevier.
- Porter, K. R., & Bonneville M. A. (1973). *Fine structure of cells and tissues*, 4<sup>th</sup> ed. Lea and Febiger.



# MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE TRANSMISIÓN *IN SITU*

ARTURO PONCE

University of Texas at San Antonio, Department of  
Physics and Astronomy. San Antonio, Texas, 78249,  
United States. E-mail: arturo.ponce@utsa.edu

La aberración corregida en microscopía electrónica de transmisión (Cs-TEM por sus siglas en inglés) ha sido por las últimas dos décadas y media la tendencia en la microscopía moderna. Las compañías que fabrican microscopios electrónicos han apostado por el camino de implementar correctores de aberraciones para conseguir resoluciones por debajo de 1 Angstrom ( $<1 \text{ \AA}$ ). En este tiempo se han publicado artículos en revistas de alto prestigio donde la capacidad de resolver atómicamente la estructura de materiales ha contribuido de forma impactante en las ciencias básicas y aplicadas. Ejemplos como la detección de átomos aislados en capas monoatómicas de grafeno o la observación directa de la reconstrucción superficial de átomos en metales y semiconductores han revelado propiedades físicas y químicas de estos materiales funcionales. A este respecto podríamos preguntarnos: ¿Dónde está el límite de la resolución? Una respuesta asociada con las limitaciones de la detección de los electrones podría ser que estaría determinada por el radio del átomo de Bohr ( $\sim 0.5 \text{ \AA}$ ) donde otros campos fascinantes de la física, como la mecánica cuántica, juegan un papel importante. Sin embargo, en retrospectiva, los fenómenos que ocurren en los materiales pueden ser estudiados a resoluciones de menor escala. Uno de los primeros ejemplos de observación a menor escala es el realizado por Robert Brown, un botanista inglés en el año 1827, usando un microscopio óptico. Su hallazgo consistió en registrar el movimiento de granos de polen dispersos en una solución, en donde observó que las partículas se movían dinámicamente y el cual es conocido como el movimiento Browniano en reconocimiento al Robert Brown. Inicialmente, el botanista pensó que las partículas deberían dejar de moverse en algún momento, pero eso no ocurrió. La explicación a este fenómeno no vino sino hasta 1905 cuando Albert Einstein describió de forma elegante el movimiento Browniano, teoría que contribuyó significativamente para sentar las bases de la teoría cinética en termodinámica. Este ejemplo es tan solo un caso donde la capacidad de registrar



un fenómeno dinámico en un microscopio da lugar a la formulación de una teoría científica. A la escala nanométrica hay una infinidad de fenómenos por entender, especialmente en materiales funcionales, donde la respuesta física de los materiales es su propiedad fundamental. Algunos ejemplos como la respuesta magnética en materiales o entender el mecanismo de transporte de carga en películas delgadas tienen aplicaciones en dispositivos microelectrónicos. Otros ejemplos como la transformación de fases cristalinas en metales variando la temperatura o la medición de propiedades mecánicas y eléctricas en materiales confinados a la nanoescala están directamente relacionadas con el desarrollo de nuevas tecnologías en la era moderna. Para llevar a cabo estos estudios dinámicos en el microscopio electrónico de transmisión es necesario usar portamuestras especiales que permitan estimular a los materiales de forma externa y registrar su evolución de forma dinámica en el microscopio. La realización de

experimentos en tiempo real dentro de la columna del microscopio electrónico de transmisión es conocida como *in situ* TEM. Los experimentos *in situ* TEM son un reto debido a que el ancho permitido de la pieza polar (lente objetiva) está reducido a unos pocos milímetros, especialmente los microscopios de alta resolución. Adicionalmente, las muestras objeto de estudio deben ser “electrón-transparentes” lo cual implica que las muestras deben ser adelgazadas a espesores por debajo de 100 nm para poder ser atravesadas por los electrones y coleccionar las imágenes. ¿Qué tipo de experimentos son posibles de realizar dentro del microscopio electrónico de transmisión? Básicamente podríamos categorizarlos en cinco tipos de experimentos: mecánicos, eléctricos, ópticos, magnéticos y a temperatura variable. La figura 1 muestra una ilustración del microscopio electrónico de transmisión y la región donde se insertan los portamuestras, así como el tipo de respuesta colectada en las cámaras digitales.

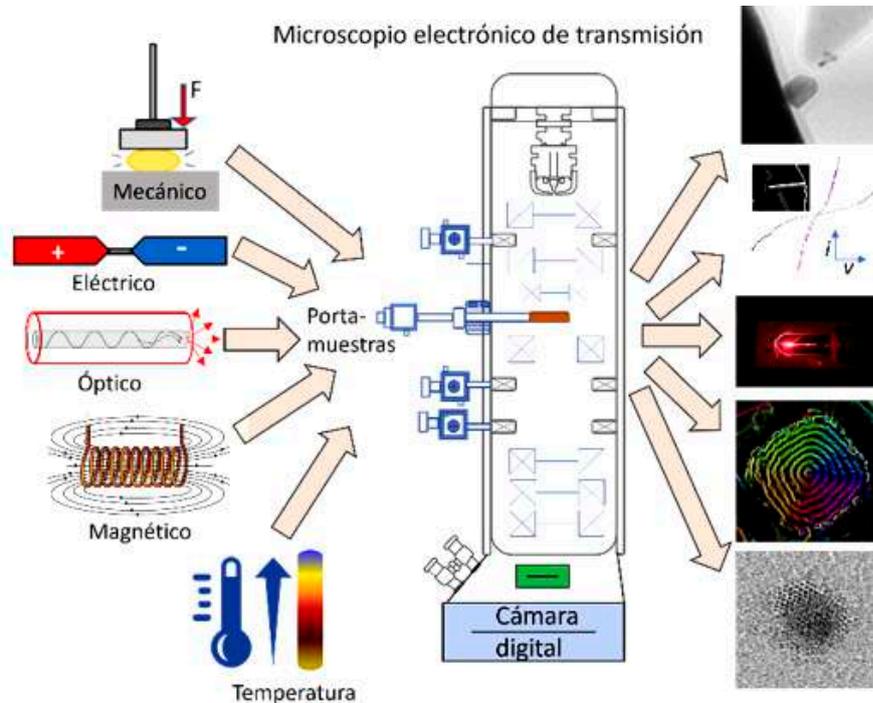


Figura 1. Diagrama esquemático de experimentos *in situ* TEM.



La alta resolución espacial que provee el microscopio electrónico de transmisión se colecta en el que se conoce como espacio real. Adicionalmente, se puede registrar el diagrama de difracción de electrones, análogo a los difractogramas que se obtienen por difracción de rayos X, conocido como el espacio recíproco. Los diagramas de difracción de electrones, a diferencia de los rayos X, se pueden colectar de regiones nanométricas de la muestra, entonces se graba no solo la imagen de la muestra sino su estructura en el espacio recíproco. Ambos espacios, real y recíproco, están directamente relacionados con la capacidad de resolución espacial del instrumento. Sin embargo, hay otro factor importante además del espacial y es el temporal. La resolución temporal depende de la rapidez con la que se registra la imagen o el difractograma. Antiguamente las imágenes eran grabadas en películas de emulsiones fotográficas en la que usaban unos pocos segundos de tiempo de exposición. Gracias al desarrollo de detectores digitales se ha podido colectar imágenes con mayor rapidez; sin embargo, sigue siendo un reto colectar imágenes a velocidades altas para monitorear por ejemplo la propagación de una grieta en un material que está siendo deformado mecánicamente. La propagación de defectos estructurales se lleva a cabo a velocidades cercanas a la velocidad del sonido ( $\sim 300$  m/s), dependiendo de cual material se estudie. Haciendo un cálculo aproximado, si uno quiere grabar los eventos que ocurren en una región de análisis de  $300 \text{ nm}^2$  a la velocidad del sonido, la cámara debería registrar aproximadamente miles de cuadros por segundo, dicha resolución temporal es un reto. Por otro lado, las cámaras usadas para detectar electrones son convencionalmente cámaras que convierten los electrones en luz a través de un dispositivo de centelleo en contraste con las cámaras de luz que son mucho más rápidas como son las cámaras de balística. Actualmente hay cámara de detección directa de

electrones, que permite grabar imágenes en el rango de milisegundos. La resolución temporal es importante en microscopía *in situ* porque la respuesta de los materiales al ser estimulados externamente debe grabarse en tiempo real. Finalmente, el último aspecto importante a considerar en la microscopía *in situ* es el control del daño por radiación con electrones. Los electrones son acelerados a energías muy altas, del orden de 200 mil volts, lo cual puede producir un deterioro en los materiales objeto de estudio. Por otro lado, los electrones se pueden usar como una fuente de radiación para generar un efecto en las muestras y hacer microscopía *in situ* con el mismo haz de electrones. Entonces la radiación puede controlarse reduciendo la densidad de corriente (número de electrones por área), pero la iluminación es pobre y los detectores requieren también una alta sensibilidad para registrar menores eventos de choques de electrones con el detector.

Las descripciones antes dadas, resolución espacial y temporal, y límite de detectabilidad configuran un instrumento sumamente costoso y complejo. No obstante, como mencioné anteriormente, la alta resolución es un factor que para la microscopía *in situ* TEM puede ser menor. Eso alienta a los microscopistas a mirar hacia la posibilidad de adquirir portamuestras capaces de realizar experimentos en los microscopios convencionales y en la actualización de los detectores. La microscopía *in situ* TEM es un campo abierto a explorar para el estudio dinámico de materiales. En la Universidad de Texas en San Antonio hemos enfocado nuestros esfuerzos en la realización de experimentos *in situ* para estudiar propiedades mecánicas, eléctricas y magnéticas en materiales fabricados a la nanoescala. La figura 2 (izquierda) muestra un esquema del portamuestras usado para los experimentos mecánicos/eléctricos, el cual consiste en una punta de microscopía de fuerza atómica (AFM) acoplada a un circuito eléctrico, esta punta es



deflectada mecánicamente y la fuerza se registra en controlador. La sucesión de imágenes se colecta en tiempo real y cada imagen (colectadas a 300 ms) se analiza para estudiar la deformación, para finalmente construir la curva esfuerzo-deformación. En experimento que se muestra a la derecha de figura 2 se combinan las pruebas *in situ* TEM mecánicas y eléctricas realizadas en un nanowire de plata. En ese trabajo hemos identificado un cambio en el compartimento eléctrico del nanowire de plata al mismo tiempo que está siendo deformado mecánicamente, hasta alcanzar su deformación plástica [1].

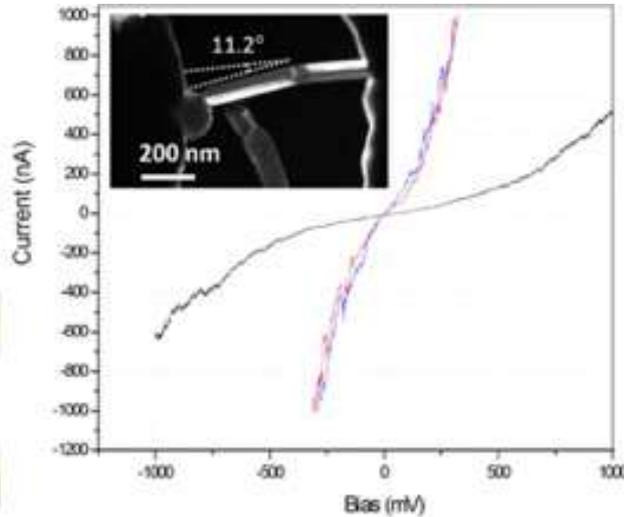
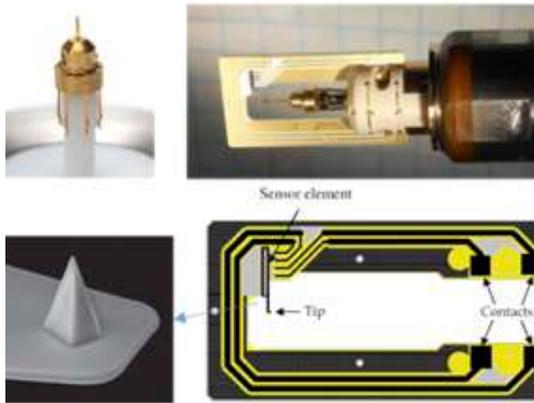


Figura 2. Experimento *in situ* TEM mecánico-eléctrico en nanowires de plata [1].

Otro campo que hemos estudiado desde hace unos años es el nanomagnetismo en materiales. Los materiales con propiedades magnéticas estudiados de forma tradicional de la tabla periódica son el hierro, el cobalto y el níquel. Pero al confinarlos a la nanoescala sus estados magnéticos dependen del tamaño y la forma de los objetos. Las aplicaciones son muy diversas, desde la fabricación de dispositivos de almacenamiento de memoria hasta el uso de nanopartículas en aplicaciones biomédicas. Describir el comportamiento magnético de dichos materiales se realiza con magnetometría *in situ* TEM. En esta técnica usamos un biprisma de electrones para obtener hologramas, las muestras son estimuladas magnéticamente con las bobinas magnéticas del lente objetivo hasta alcanzar su saturación magnética. La holografía con electrones permite registrar los potenciales magnetostáticos y electrostáticos de materiales a través de la recuperación de la fase de los electrones. Dicha fase recuperada permite visualizar los campos y dominios magnéticos a esta escala. El conjunto de imágenes de la figura 3 muestra los comportamientos magnéticos de diferentes materiales a la na-

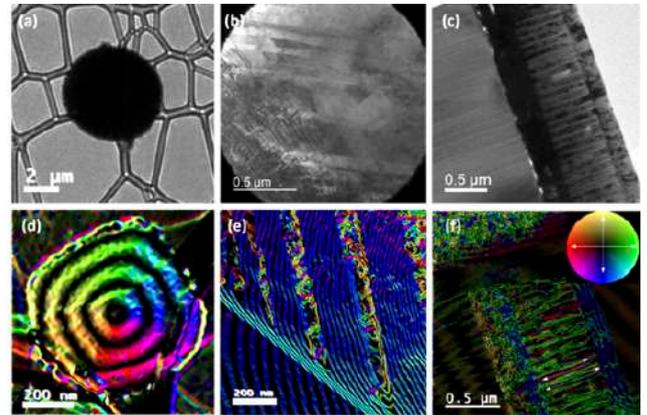


Figura 3. Micrografías de campo brillante tomadas por TEM: (a) nanoplate de permalloy (FeNi), (b) microestructura de material cerámico Ni<sub>2</sub>MnGa, (c) arreglo bidimensional de alambres de níquel. Respectivos comportamientos magnéticos registrados por holografía con electrones después de alcanzar la saturación magnética con el lente objetivo del microscopio: (d) estado de vórtice del nanoplate de permalloy, (e) dominios magnéticos en la microestructura y (f) contorno magnético en la dirección de los alambres de plata [2, 3].



noescala [2, 3]. Por ejemplo, el estado del disco de permaloy (FeNi) es un estado de vórtice, donde el campo se encuentra encerrado en el disco y no hay líneas de campo fuera de él.

En resumen, en este artículo he pretendido mostrar el panorama de experimentos que se pueden realizar dentro de la columna de un microscopio electrónico de transmisión con la idea de despertar el interés en estudiantes interesados en materiales funcionales y sus potenciales aplicaciones tecnológicas. Los avances en esta dirección, *in situ* TEM, seguirán siendo sin duda una tendencia en la microscopía electrónica de transmisión de la presente década y seguirá teniendo relevancia a futuro al mismo tiempo que se hacen desarrollos modernos respecto a la resolución espacial

y temporal, así como en los límites de detección de electrones. Finalmente, regresando al ejemplo observado por Robert Brown, la observación en tiempo real de fenómenos a la nanoescala nos ayudará a entender y describir propiedades físicas de los materiales funcionales y tener impacto en las nanociencias y nanotecnología.

#### Referencias

- [1] Ochoa *et al.* (2019). *Nanopart. Res.*, 21 (1).
- [2] Ortega *et al.* (2018). *Microsc. Microanal.*, S1, 24, 952.
- [3] Ortega *et al.* (2018). *AIP Advances* 8. 056813.

A continuación, presentamos algunas fotografías del Dr. Arturo Ponce, con sus brillantes estudiantes trabajando en el microscopio electrónico de transmisión de su institución.





# LA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN LAS CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

HILDA ARACELI ZAVALETA MANCERA, AMELIA LÓPEZ HERRERA

Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas,  
Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México.  
arazavaleta@colpos.mx, lopez.amelia@colpos.mx

## Resumen

En el presente ensayo se exploran algunas aplicaciones del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) en la investigación agrícola y pecuaria, dejando evidencia de la gran utilidad de esta técnica en la solución de problemas en el campo para la producción de alimentos inocuos y de calidad, de origen vegetal y animal. La aplicación de esta técnica se extiende a los estudios de poscosecha para el manejo, transporte y exportación de productos hortícolas. El potencial del MEB para el campo mexicano es enorme y prometedor.

## Introducción

### ¿Qué es un microscopio?

Alguna vez hemos usado una lupa para observar cosas más pequeñas de lo que el ojo humano ( $< 0.2$  mm) puede percibir. Así los microscopios fotónicos usan lentes de vidrio y la luz como fuente de iluminación. En contraste, los microscopios electrónicos usan lentes electromagnéticas y electrones ( $\bar{e}$ ) como fuente de iluminación, los cuales pueden observar objetos más pequeños que las bacterias ( $1 \mu\text{m}$ ), como los virus (100 nm) y nanopartículas. Recordemos que un nanómetro es unas mil millonésimas ( $0.000000001$  m) parte del metro ( $1 \times 10^{-9}$ ).

### ¿Qué es un Microscopio Electrónico de Barrido?

El Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) ilumina o bombardea la muestra con un haz de  $\bar{e}$  que la recorre de un lado a otro, y la imagen se genera cuando los  $\bar{e}$  secundarios, emitidos de la muestra, son captados por un detector y convertidos en una imagen analógica o virtual con una gran profundidad de campo que da impresión de ser 3D sin serlo (Figura 1).



Figura 1. Microscopio Electrónico de Barrido convencional JSM 5690 (JEOL, Japón), alto vacío, con EDS (INCAx-act, Oxford Instrument) acoplado. Resolución 3 nm. A y B (MEB de la Unidad de Microscopía Electrónica, COLPOS, Montecillo); C. Formación de la imagen en un MEB por  $e^-$  secundarios (imagen C tomada de [https://myscope-explore.org/2\\_9\\_howistheimagemade.html](https://myscope-explore.org/2_9_howistheimagemade.html)).

## ¿Por qué el MEB es una herramienta en la investigación agrícola y pecuaria?

El MEB aporta información valiosa sobre la micromorfología externa e interna de estructuras vegetales y animales, lo cual puede impactar en el estudio de plagas y enfermedades agropecuarias, hasta la tecnología poscosecha como se revisará a continuación.

### Caracteres estructurales

La estructura del polen puede ser usada para la identificación de plantas. Es conocido que el polen es fuente común de alergias causadas por proteínas que se ubican en la pared del grano de polen (Figura 2).

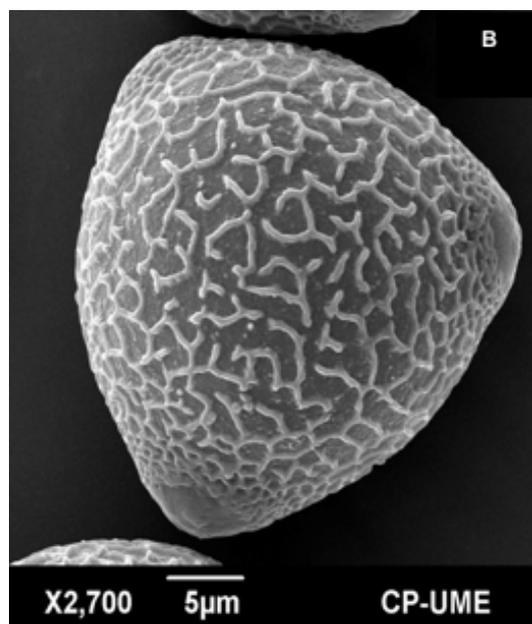
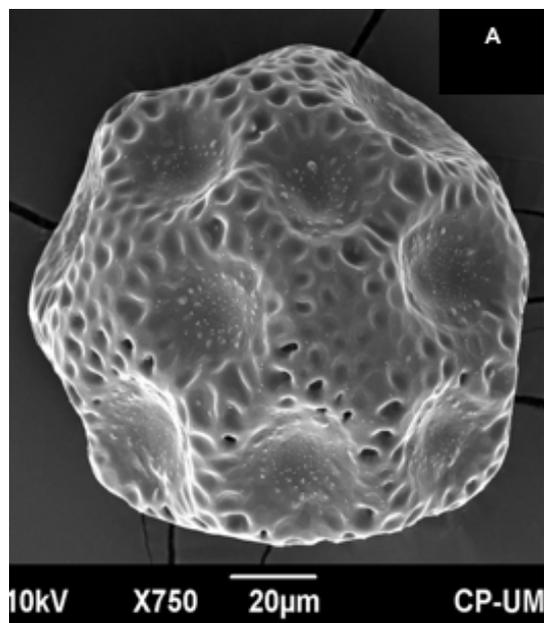


Figura 2. Microestructura de granos de polen. A. Grano de polen de nopal (*Opuntia* spp.); B. Grano de polen del árbol de Colorín (*Erythrina coralloides*) con Microscopía Electrónica de Barrido (JEM-6390) resolución de 3 nm. Imagen generada en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del Colegio de Postgraduados (COLPOS).

### Enfermedades en cultivos

El MEB es una herramienta valiosa para la observación, caracterización e identificación de los agentes causales de enfermedades en cultivos que ocasionan grandes pérdidas en el campo. Por ejemplo, México es el 2.º productor mundial de chile verde (*Capsicum annum*) con 3,324,260 ton anuales y hoy es el 1.º exportador mundial (1). El tipo de chile de mayor producción en el país es el jalapeño, seguido por el morrón y el poblano. Por ejemplo, con



técnicas moleculares y microscópicas se identificaron dos hongos que causan la pudrición en plántulas de chile poblano representando grandes pérdidas económicas (2) (Figura 3).

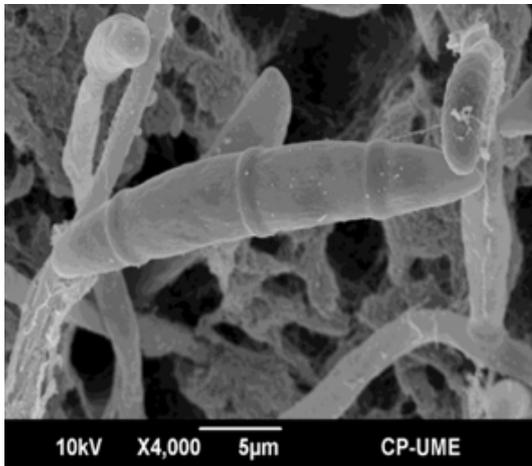


Figura 3 Micrografía electrónica de barrido de macroconidias de *Fusarium oxysporum* y *F. solani* hongos causantes de la pudrición de plántulas de chile poblano. (Cortesía: Hilda Victoria Silva Rojas y Maly N. Rivera-Jiménez, COLPOS, Montecillo).

## Plagas y parásitos de cultivos

Un insecto plaga que daña las plantaciones comerciales de soya (*Glycine max* L. Merr.) es el picudo de la soya, *Rhyssomatus nigerrimus* Fahraeus, un curculiónido que posee en sus antenas una diversidad de sensilas que le sirven para localizar a la pareja, alimento y sitios de ovoposición (3) (Figura 4).

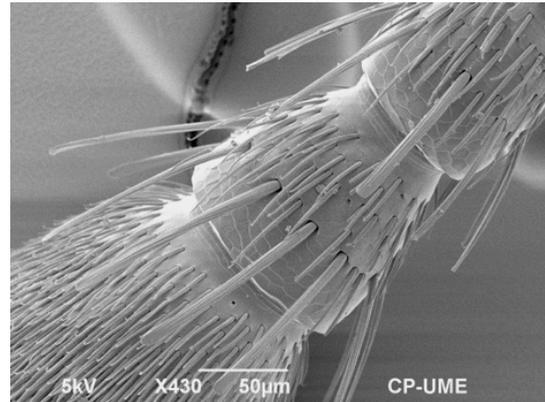


Figura 4. Antenas y sensilas de *R. nigerrimus*, observadas con Microscopía Electrónica de Barrido. Estas estructuras están formadas por un escapo, un pedicelo y un flagelo de nueve segmentos. Cortesía: Juan Cibrián-Tovar y Elsy María Delgado-García, COLPOS, Montecillo.

Los ácaros son arácnidos extremadamente pequeños (< 1 mm) que son parásitos y plagas de muchas plantas y cultivos como los *Tetranychus* spp que succionan los contenidos celulares de más de 1000 especies de plantas cultivadas y no cultivadas (Figura 5).

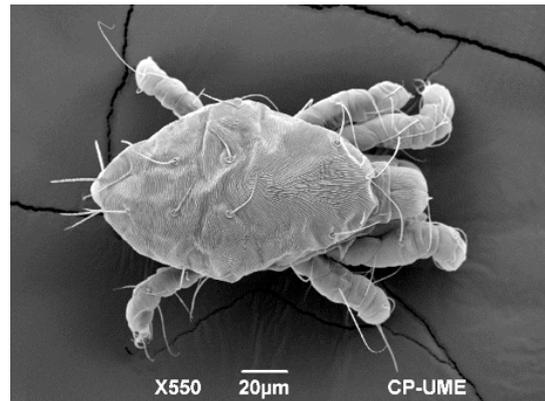


Figura 5. Larva del ácaro *Tetranychus urticae* de tamaño de 1/10 de mm. Con el MEB pueden distinguirse los pliegues en su cuerpo. Cortesía: Dr. Gabriel Otero Colina, Entomología, COLPOS, Montecillo.

## Enfermedades poscosecha

Un fruto mexicano de gran potencial es el mamey (*Pouteria sapota*), pero este requiere refrigerarse (13.°C) para su exportación debido a que presenta susceptibilidad a pudriciones internas inducidas por hongos. Con base en características morfológicas y moleculares, los hongos asociados a la pudrición del fruto se identificaron como *Pestalotiopsis paeoniicola* y *Lasiodiplodia theobromae* (4) (Figura 6).

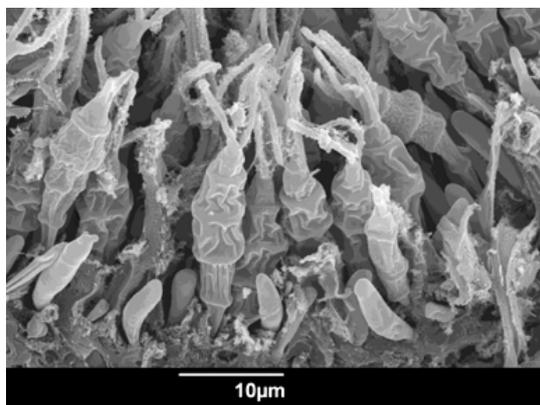


Figura 6. Fotografía MEB, de conidios y conidióforos de *Pestalotiopsis paeoniicola* causantes de pudriciones poscosecha en mamey. Cortesía: Daniel Nieto-Ángel y Rafael Gómez-Jaimes, COLPOS, Montecillo.

### Tecnología poscosecha de carne

La tecnología poscosecha tiene la finalidad de mejorar la calidad y vida en anaquel de la carne. El efecto de tratamientos físicos en la microestructura de carne (bovino). El ultrasónico de alta intensidad (HIU) modifica las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los productos cárnicos, donde la capacidad de retención de agua y la textura muscular son los más relevantes, propiedades relacionadas con el rendimiento, jugosidad y suavidad de la carne (5). El tratamiento con HIU desorganiza los arreglos fibrilares y miofibrilares e inhibe o mata microorganismos; este ultrasonido ablanda la carne y alarga su vida en anaquel (Figura 7A, 7B). Estas modificaciones estructurales pueden evaluarse con detalle en un MEB.

### Nutrición de rumiantes

La calidad nutricional de los pastos forrajeros disminuye con la edad. Es importante conocer la estructura vegetal de los pastos, así como los microorganismos ruminales que degradan la pared

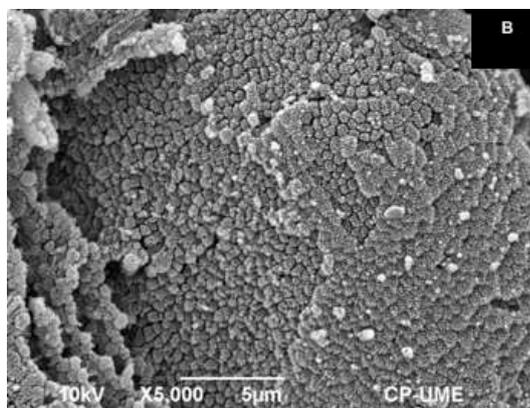
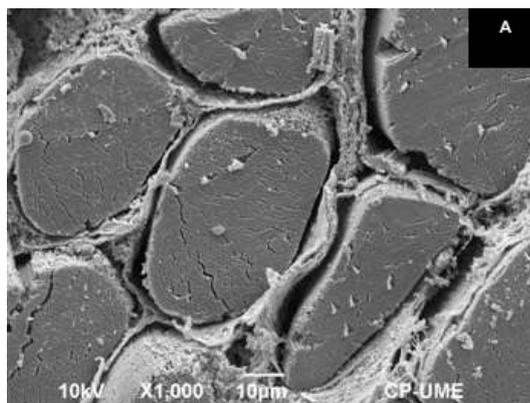


Figura 7. Efecto de ultrasonido en la microestructura de carne de bovino. A. Corte transversal mostrando fibras y espacios interfibrilares; B. Miofibrillas dentro de la fibra muscular. Cortesía: Luis Manuel Carrillo-López y Alma Delia Alarcón-Rojo, Universidad Autónoma de Chihuahua.

celular, afectando la digestibilidad y el potencial nutricional del pasto para el ganado. Con ayuda del MEB se ha caracterizado la degradación de estos pastos en el rumen de las vacas (*in situ*), lo que permite entender la interacción del microbiota bajo diversos tratamientos (6) (Figura 8).

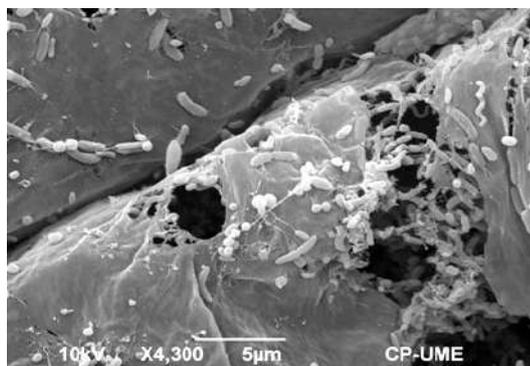


Figura 8. Imagen de MEB. Degradación de *Festulolium* por bacterias y levaduras después (48 h) de la ingesta por una vaca. Cortesía: Sergio S. González-Muñoz e Isaac Almaraz-Buendía, COLPOS, Montecillo y Universidad Autónoma de Hidalgo.



**Tecnología de alimentos:** también se han caracterizado encapsulados de proteínas, probióticos y diferentes compuestos que se emplean en la industria alimenticia humana y de rumiantes. Por ejemplo, la caracterización con MEB fue esencial para conocer el diseño y evaluación *in vitro* de microcápsulas acarreadoras de urea para mejorar la liberación y disponibilidad en el rumen de bovinos (7) (Figura 9).

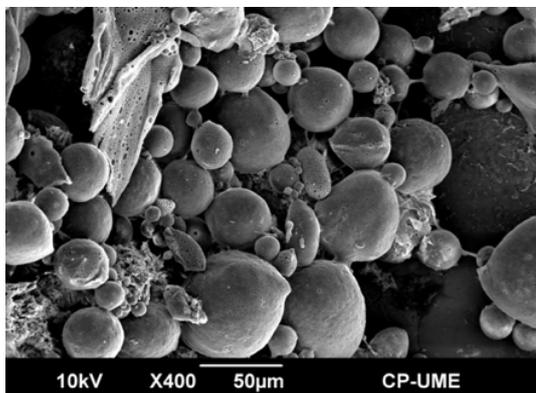


Figura 9. Micrografías obtenidas en MEB de microcápsulas acarreadoras de urea, encapsuladas con carbón activado y eudragit. Cortesía: J. Efrén Ramírez-Bribiesca y Raymundo Lira-Casas, COLPOS, Montecillo.

### Agradecimientos:

Los autores agradecen al Biol. Simón Morales Rodríguez, investigador del Colegio de Postgraduados, quien produjo las fotografías de Microscopía Electrónica de Barrido, en la Unidad de Microscopía Electrónica del Colegio de Postgraduados, SADER.

### Referencias

1. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021)
2. Rivera-Jiménez, M., Zavaleta-Mancera, H., Rebollar-Alviter, A., Aguilar-Rincón, V., García-de-los-Santos, G., Vaquera-Huerta, H. *et al.* Phylogenetics and histology provide insight into damping-off infections of 'Poblano' pepper seedlings caused by *Fusarium wilt* in greenhouses. *Mycological Progress* (2018), 17(11):1237-1249.
3. Delgado-García, E., Cibrián-Tovar, J., González-Camacho, J., Valdez-Carrasco, J., Terán-Vargas, A., Azuara-Domínguez, A. Caracterización Morfológica de las Sensilas Antenales de *Rhyssomatus nigerrimus* (Coleoptera: Curculionidae). *Southwestern Entomologist* (2016), 41(1):225-240.
4. Gómez-Jaimes, R., Nieto-Ángel, D., Téliz-Ortiz, D., Mora-Aguilera, A., Martínez-Damián, M., Vargas-Hernández, M. Evaluación de la calidad e incidencia de hongos en frutos refrigerados de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn. *Agrociencia* (2009), 43(1):37-48.
5. Carrillo-Lopez, L., Huerta-Jimenez, M., Garcia-Galicia, I., Alarcon-Rojo, A. Bacterial control and structural and physicochemical modification of bovine *Longissimus dorsi* by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry* (2019). 58: 104608.
6. González-Muñoz, S., Zavaleta-Mancera, H., Miranda-Romero, L., Loera-Corral, O., Pinos-Rodríguez, J., Campos-Montiel, R. *et al.* Histochemical changes in early and mature *Festulolium* and maturation's effects on rumen bacteria activity and *in vitro* degradation. *Grassland Science* (2018), 65(1): 23-31.
7. Lira Casas, R., Efrén Ramírez Bribiesca, J., Zavaleta Mancera, H., Hidalgo Moreno, C., Cruz Monterrosa, R., Crosby Galvan, M. *et al.* Designing and evaluation of urea microcapsules *in vitro* to improve nitrogen slow release availability in rumen. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (2018).



# IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL

## POR MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ING. AZUCENA KAREN ALVARADO PÉREZ<sup>1</sup>  
DR. WILFRIDO MARTÍNEZ MOLINA<sup>2</sup>  
DRA. ELIA MERCEDES ALONSO GUZMÁN<sup>2</sup>  
DR. MIGUEL ÁVALOS BORJA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, SLP

<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán

Los materiales de construcción son materias primas, productos y subproductos que sirven para la creación de obras civiles y edificaciones, sus características físicas y mecánicas son de gran importancia para garantizar el buen funcionamiento de la obra en cuestión a lo largo de su vida útil, sin generar costos extraordinarios de mantenimiento.

En años recientes se han probado con nuevas composiciones, aditivos, adiciones o sustituciones con el objetivo de desarrollar materiales de construcción más resistentes, durables y con menor impacto ambiental (1); estos nuevos materiales son rigurosamente ensayados para comprobar sus cualidades físicas y mecánicas, por tal motivo son sometidos a pruebas de compresión, tensión, flexión, resistencia a penetración de agentes externos, entre otros igual de importantes; sin embargo, este tipo de ensayos no aportan información sobre la morfología microestructural resultado de las modificaciones que se han realizado; siendo la microestructura la que proporciona las propiedades a la macroestructura (y no al revés), es importante conocerla, estudiarla y entenderla con el fin de tomarla en cuenta en las decisiones de diseño y aplicación de materiales.

Un instrumento que puede ser de gran utilidad para cumplir con este propósito es el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM, por sus siglas en inglés, Scanning Electron Microscope), que por su configuración (figura 1) puede detectar señales que nos permiten observar y caracterizar la superficie de los materiales estudiados, proporcionando información de la morfología y composición química (2).

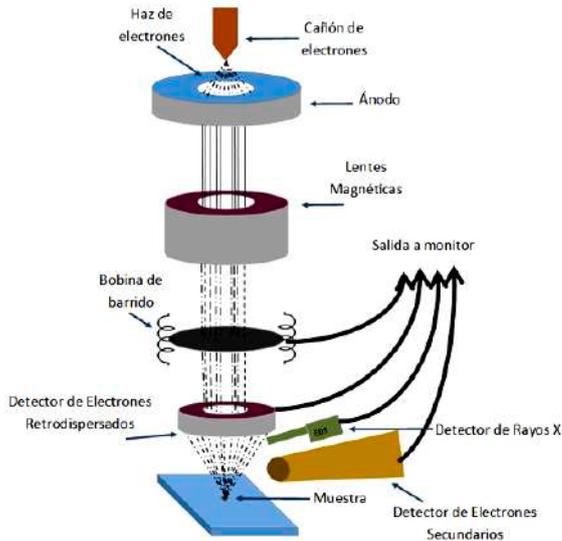


Figura 1. Esquema de un Microscopio Electrónico de Barrido.

Un ejemplo de la aplicación de este tipo de análisis en materiales de construcción se presenta en la figura 2; las micrografías corresponden a mortero base cemento portland (CP) con una edad de siete días, los cuales fueron elaborados según como lo señala el Ing. Fidel Bautista en su investigación “Evaluación de la durabilidad de matrices de cemento portland, con adición de mucílago de nopal”. La diferencia significativa entre la composición de cada una de las muestras que se presentan en las micrografías es que la etiquetada como (a) corresponde a una mezcla testigo que tiene los componentes típicos de un mortero (agua, CP y arena); en cambio, a las muestras (b) y (c) se les añadió mucílago (baba) de nopal como líquido de mezclado (3), esto con el fin de aumentar la resistencia a la infiltración de agentes agresivos externos y por ende aumentar su durabilidad.

La presencia de mucílago en las mezclas de mortero retrasa el proceso de endurecimiento y por ende aumentan los tiempos de fraguado (4); en las micrografías de la figura 2 es posible observar este fenómeno. En la figura 2a, correspondiente a la mezcla de mortero sin adiciones de mucílago, se puede apreciar la presencia de cristales con forma de “agujas”

alargadas que emergen de un núcleo más consolidado; estas formas son características del proceso de hidratación del CP. Por otro lado, en la figura 2b que corresponde a una mezcla con cierta adición de mucílago de nopal, los cristales con forma de agujas que se presentan son de menor tamaño y espesor; para el caso de la figura 2c, donde la mezcla tiene un porcentaje de mucílago mayor que en la muestra b, la formación de estas geometrías apenas es perceptible.

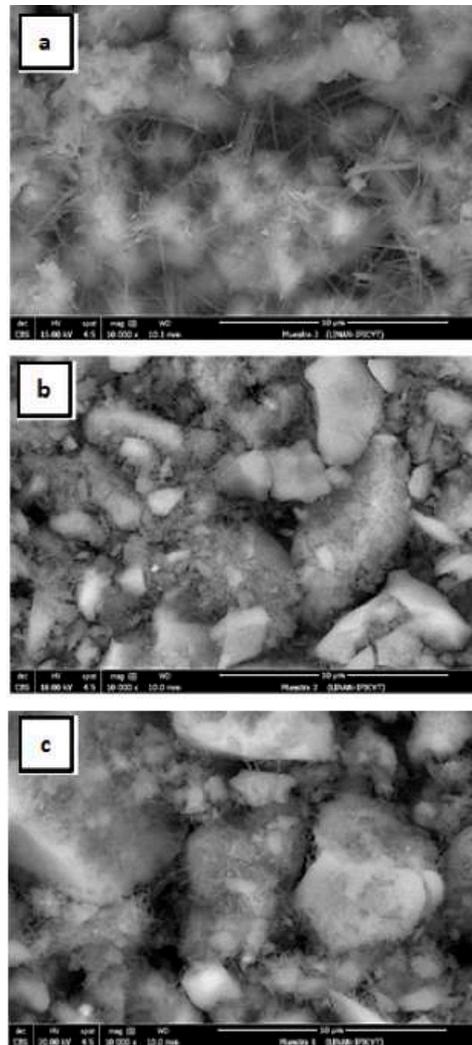


Figura 2. Micrografías de morteros base CP con edades de siete días, utilizando detector de electrones retrodispersados. a) mezcla de cemento, arena y agua; b) y c) mezclas de cemento, arena y mucílago de nopal, en donde b) tiene menor adición de mucílago que c).



Adicionalmente con la ayuda de un análisis elemental EDS (por sus siglas en inglés, Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) es posible verificar cuáles elementos químicos se encuentran presentes en las geometrías identificadas y mediante un análisis semi-cuantitativo conocer su porcentaje de presencia; de esta manera es posible corroborar que los cristales que se van formando tienen la misma composición en los tres casos. En la figura 3 se muestra un ejemplo de este tipo de análisis, en donde se observa la presencia de los elementos Ca, O, Si, C, Al entre otros, propios del CP y del agregado pétreo que se utilizó.

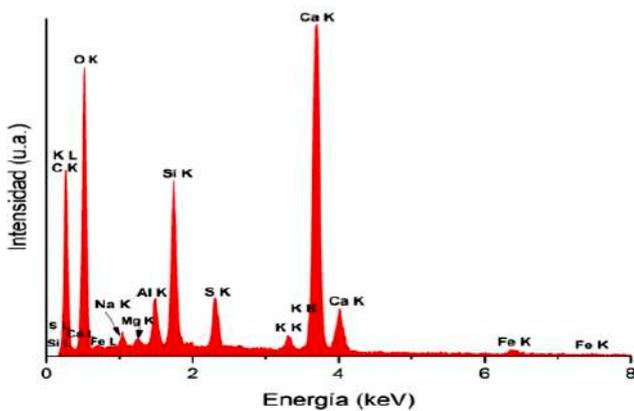


Figura 3. Espectro EDS de la muestra b (con adición de mucílago de nopal) a una edad de siete días.

Esta información es de gran importancia, ya que nos confirma que, aunque los tiempos de endurecimiento son más largos, la formación de las estructuras que dan las propiedades mecánicas y físicas deseables en los morteros base CP se siguen llevando a cabo, de igual manera nos indica que, debido al incremento en los tiempos de fraguado, se deben tomar medidas extraordinarias en los procesos constructivos tales como períodos más prolongados en el uso de moldes para garantizar el endurecimiento con la forma deseada.

El seguimiento en la evolución de la formación de las diferentes fases, resultado de la hidratación del CP, concluirá si la adición de mucílago es beneficioso para la mezcla de mortero o no; sin embargo, con este ejemplo podemos observar la importancia de la caracterización por medio de SEM en el diseño de materiales de construcción. Este tipo de análisis nos permite conocer de qué manera el cambio de composición, uso de aditivos o adiciones afectan la microestructura, modificando el comportamiento físico y la resistencia mecánica del material en general.

**Agradecimientos:** A la M. en C. Ana Iris Peña Maldonado por la obtención de las micrografías presentadas, al LINAN e IPICYT por las facilidades prestadas y al Conacyt por la beca otorgada.

#### Referencias

1. Khatib, J. (2016). *Sustainability of construction materials*. Second edition, Woodhead Publishing.
2. Zhou, W., et al. (2006). "Fundamentals of scanning electron microscopy (SEM)". *Scanning microscopy for nanotechnology*. Springer, 1-40.
3. Bautista-León, F. (2017). Evaluación de la durabilidad de matrices de Cemento Portland, con adición de Mucílago de Nopal [Tesis de licenciatura]. Morelia, UMSNH.
4. Ramírez-Arellanes, S., et al. (2012). "Propiedades de durabilidad en concreto y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural". *Materiales de Construcción*, 62(307): 327-341.



# LA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA DE DISPERSIÓN DE ENERGÍA COMO AUXILIAR PARA CONOCER MEJOR LOS MATERIALES

DR. MIGUEL ÁVALOS BORJA, M. EN C. ADRIANA VÁZQUEZ PELAYO  
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, SLP



Figura 1. Configuración de un SEM.  
Tomada de referencia 2.

La ciencia del siglo XXI requiere de un mayor conocimiento de los materiales tanto de nivel morfológico, como de la composición química de los mismos, y más aún, no solo de la composición química de los materiales, sino también de la distribución de los elementos. Por otro lado, los desarrollos tecnológicos modernos requieren el estudio de todos esos detalles en muestras de dimensiones cada vez menores. Un instrumento que nos ayuda a contestar todas esas preguntas es el microscopio electrónico de barrido (SEM, por sus siglas en inglés de Scanning Electron Microscope).



Este instrumento cuenta con una fuente de iluminación de electrones, en lugar de fotones (luz) y de lentes electromagnéticas en lugar de lentes de vidrio<sup>1</sup> (Figura 1<sup>2</sup>). Con estas modificaciones se logran ampliaciones mucho mayores que con un microscopio óptico. Por ejemplo, la figura 2 presenta una imagen de la traza de un indentador de dureza en el orden de micrómetros, en una muestra que contiene Ta, W, C y O. Podemos ver claramente la morfología de la muestra y la huella dejada por el indentador de diamante sobre esta, pero no conocemos ni la composición química ni la distribución de los elementos en la muestra.

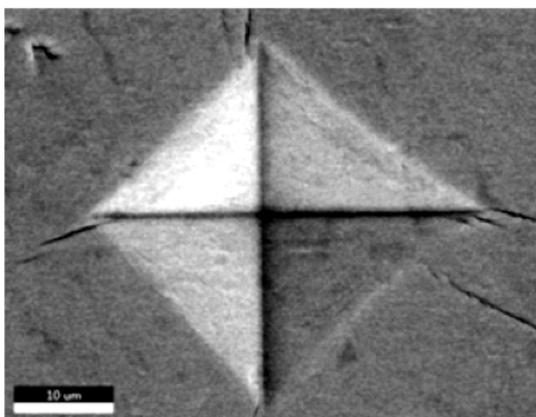


Figura 2. Huella de indentación de muestra de TaC.

En la figura 1 podemos observar la configuración de un SEM. En el microscopio se pueden detectar distintas señales que nos permiten determinar la morfología y la composición química de la muestra. Para elucidar la composición química se utiliza la Energía de Dispersión de rayos X (EDS, por sus siglas en inglés), en la cual se aprovechan los rayos X generados por el haz de electrones cuando interactúan con la muestra (Figura 3).

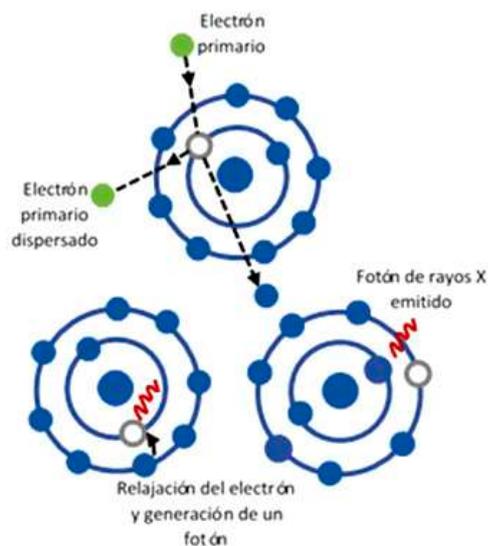


Figura 3. Generación de rayos X característicos de un elemento.

Dichos rayos X son característicos de cada elemento, porque dependen de la diferencia energética de los niveles electrónicos de los elementos de la tabla periódica y, por lo tanto, se pueden usar para hacer análisis químico. El análisis químico se realiza colectando todos los rayos X producidos por la muestra y graficándolos en función de la energía, como se muestra en la figura 4. La identificación de los elementos se lleva a cabo porque cada vez que un electrón incidente saca un electrón de un átomo de la muestra deja un hueco y dicho hueco (conocido como nivel atómico excitado), se desexcita cuando un electrón de un nivel superior baja a llenar el hueco referido y la diferencia de energía la descarga como un fotón de rayos X (Figura 4). Por ejemplo, si el hueco se realizó en el nivel más profundo del átomo (nivel K) y el electrón que llega a ocupar ese nivel proviene del nivel L, el rayo X emitido se etiquetará como  $K\alpha$  (Figura 5). Análogamente, si el hueco se hizo en el nivel L y el electrón que llena el hueco bajó del nivel N, el fotón emitido se llamará  $L\beta$ .

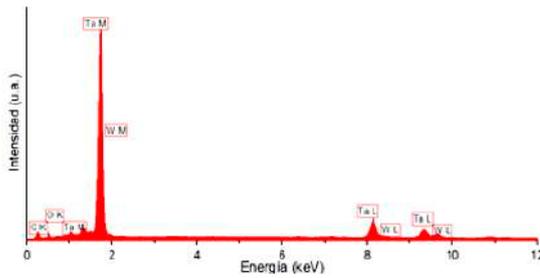


Figura 4. Espectro EDS de la muestra de la Figura 2.

Para ilustrar lo antes mencionado, la diferencia de energía entre los niveles L y K del carbón (C) es de 277 electrón volts (0.277 keV), el carbón tiene 6 electrones, por lo que solo habrá transición  $K\alpha$  y aparecerá a 0.277 keV en la gráfica de la figura 4 (llamado también espectro). Para el caso del oxígeno (O), dicha diferencia de energías es del orden de 0.515 keV y para el Tantalio (Ta) la transición  $K\alpha$  corresponde a 57.450 keV, la cual está fuera del intervalo del espectro, sin embargo, podemos observar que aparecen transiciones de menor energía como las L y M, esto ocurre debido a que los átomos de los elementos más pesados tienen muchos subniveles, por lo cual aparecen varias transiciones del tipo "Ta L" o "W L" (Figura 4).



Figura 5. Principales líneas de emisión de rayos X.

Como cada elemento tiene diferente número de fotones en el espectro de la figura 4, puede, en principio, suponerse que a mayor número de cuentas, corresponderá una mayor cantidad de átomos de dicho elemento. En teoría eso es

cierto, excepto por varios detalles, entre ellos, que la sensibilidad a fotones de baja energía se ve muy disminuida ya que dichos fotones tienen que atravesar algunas ventanas para llegar al detector y ser contados, por lo tanto, un pico pequeño en las bajas energías en realidad corresponde a una cantidad considerable de material. A partir de energías del orden de 1 keV este efecto no es tan importante. En la práctica, para hacer una cuantificación más precisa hay que tomar en cuenta la corrección ZAF, que tiene que ver con el número atómico (Z), la absorción de rayos X por el mismo material (A) y la fluorescencia (F). Por ejemplo, para el caso de la muestra a la que nos referimos, la cuantificación de los elementos C, O, Ta y tungsteno (W) se muestra en la figura 6, en la cual podemos observar el porcentaje atómico y el peso de cada elemento presente en la muestra.

Elemento	% Peso	% Atómico
CK	10.24	61.92
OK	0.59	2.68
Ta L	26.15	10.50
W L	63.01	24.89

Figura 6. Análisis cuantitativo de la muestra de la figura 2 considerando ZAF.

En los microscopios modernos, además de la morfología y el análisis químico cualitativo y cuantitativo, también se pueden tener imágenes que den una idea clara de la distribución de los elementos en la superficie de la muestra. Cuando el detector recibe señal de alguno de los elementos de interés se marca un punto en la pantalla de un color característico. Por ejemplo, en la figura 7b el equipo marca con un puntito blanco cada vez que el haz de electrones, en su viaje por la muestra, se encuentra con la presencia de carbono.

En la figura 7c marca con un punto rojo cada vez que encuentra oxígeno, y análogamente



marca en las figuras 7e y 7f la presencia de tántalo (puntos azules) y tungsteno (puntos verdes). Estos se conocen en el campo como los “mapas” de los elementos correspondientes, en este caso: C, O, Ta y W. La figura 7d sobrepone todas las imágenes en una sola, esto es que presenta los mapas químicos de los 4 elementos en cuestión de una sola imagen. Con esto nos damos cuenta claramente de la distribución química de los elementos, que en este caso en particular resalta la inhomogeneidad de la distribución del Ta en la muestra. Además, podemos observar que en las zonas donde se acumula el Ta, el W se percibe en menor cantidad. De esta manera, utilizando SEM y EDS podemos realizar una caracterización completa de los materiales que incluye: morfología, composición química cuantitativa y semicuantitativa y distribución espacial de los elementos en la superficie de la muestra.

**Agradecimientos:** Al Dr. Ignacio Becerril Juárez por la obtención del mapeo presentado, al LINAN por las facilidades prestadas y al Conacyt por la beca otorgada a AVP.

## Referencias

1. Zhou, W., Apkarian, R., Wang, Z. L. & Joy, D. (2007). “Fundamentals of scanning electron microscopy (SEM)”. *Scanning Microscopy for Nanotechnology: Techniques and Applications*. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-39620-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-0-387-39620-0_1)
2. Salman, A. (2020). Application of Nanomaterials in Environmental Improvement. *Nanotechnol. Environ.* 1-20. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91438>
3. Schneider, R. (2011). “Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDXS)”. *Surface and Thin Film Analysis: A Compendium of Principles, Instrumentation, and Applications*, second edition. <https://doi.org/10.1002/9783527636921.ch18>
4. Hodoroaba, V. D. Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS). (2019). *Characterization of Nanoparticles: Measurement Processes for Nanoparticles*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814182-3.00021-3>

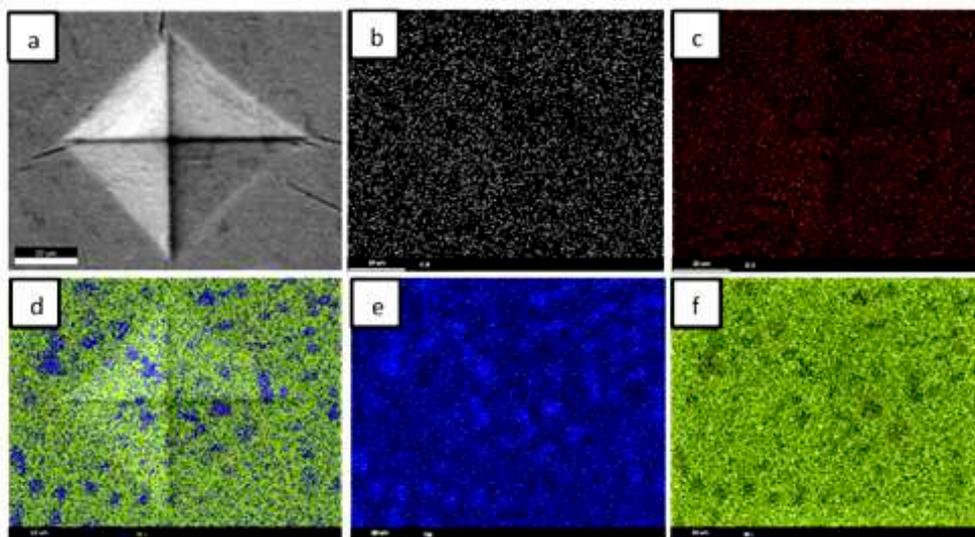


Figura 7. a) Huella de indentación, b) Mapeo del C, c) Mapeo del O, d) Mapeo de la distribución de los elementos en la muestra, e) Mapeo de Ta y f) Mapeo de W.



# ¿PREPARAR O NO A LOS ESPECÍMENES BIOLÓGICOS PARA ESTUDIARLOS CON EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO?

ARMANDO ZEPEDA RODRÍGUEZ

La microscopía electrónica revela maravillas ocultas a simple vista, con electrones se crean imágenes magnificadas a partir de estructuras mili, micro y nanométricas, mostrando espectaculares detalles de la morfología celular y sobre todo de la textura de las superficies vistas a través del SEM.

Con el advenimiento del microscopio electrónico de barrido (SEM) en la segunda mitad del siglo xx, científicos de diversas disciplinas contribuyeron tanto al desarrollo de los mismos microscopios como a la búsqueda de métodos eficientes para resolver los inconvenientes que presentaban organismos y células para poder ser analizados en las exigentes condiciones de vacío de las columnas de los microscopios electrónicos. El estado de hidratación y el bajo número atómico de la composición química de la materia viva fueron, en un principio, grandes inconvenientes. En esa época, ambas configuraciones de los microscopios electrónicos de transmisión (TEM) y SEM se utilizaron como fuente de iluminación termo-electrones originados en un filamento de tungsteno (W) calentado y sometido a una diferencia de potencial eléctrico para emitir electrones acelerados que, en algún momento de su trayectoria, entrarían en interacción con el material orgánico.



Algunas de las características que hacen diferente al SEM respecto del TEM en su diseño son: 1. Tiene una columna con lentes electromagnéticas, generalmente más corta y carece de lentes proyectoras; 2. La diferencia de potencial eléctrico tiene un máximo de 30 kilo electrón volts; 3. Una de las lentes está diseñada especialmente para producir que el haz de electrones se mueva con un desplazamiento cíclico y repetitivo, que recorre una superficie determinada línea por línea en un sistema de coordenadas (X, Y, Z).

La interacción entre el haz de electrones y la superficie del espécimen genera una zona de inestabilidad por colisiones llamada volumen de interacción de la que emergen dos tipos de señales: electrones y rayos X. La información que brindan esas señales es colectada por detectores específicos para cada señal producida (Reyes, 2019).

Si la muestra por analizar está libre de agua y su composición química está conformada por elementos de medio o alto número atómico, entonces quedaría libre de daño al interactuar con los electrones del haz principal. En otro caso, si la muestra es orgánica y sin preparación previa, al ser impactada por el haz de electrones se presentarían daños irreversibles en el espécimen, sin la posibilidad de obtener información morfológica ni de su composición química (figura 1).

Por todo lo expuesto anteriormente, la materia orgánica requiere de un intenso y minucioso protocolo para conferirle al espécimen estabilidad mediante la fijación, eliminar el estado líquido y conferirle conductividad eléctrica. Todas estas medidas están dirigidas a preservar sin alteraciones la morfología integral de los especímenes biológicos ante el impacto de los electrones, además de optimizar todos los beneficios que la microscopía electrónica de barrido ofrece (figura 2).



Figura 1. Imagen en que se observa el daño causado a un espécimen mal preparado para SEM.

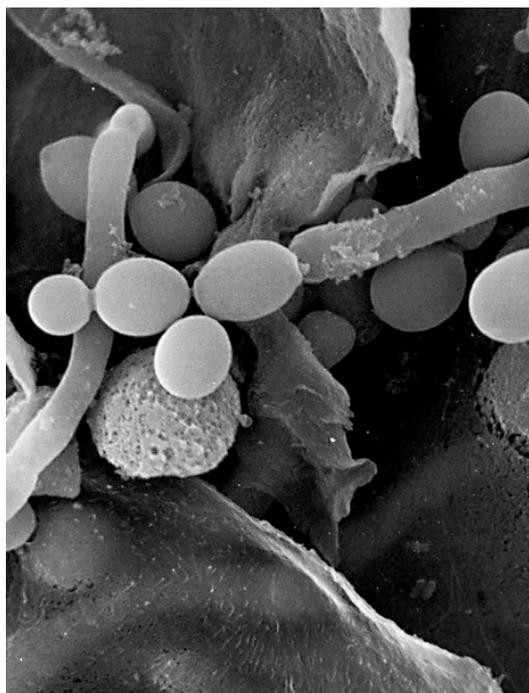


Figura 2. Esporas de *Cándida sp.* observada en SEM. Morfología característica de las esporas sin alteraciones morfológicas.



Actualmente es posible poner bajo el haz de electrones de un SEM todo tipo de material orgánico como son pequeñas muestras de animales, vegetales u órganos; tejidos, células y organelos celulares; hongos e incluso bacterias y virus, todos ellos con proporciones importantes de agua en su estructura.

El protocolo general a partir del cual se pueden procesar cualquiera de los materiales orgánicos antes mencionados es el siguiente:

Tabla 1. Protocolo de preparación para especímenes biológicos

PROCESO	
1	Selección y limpieza
2	Lavado
3	Fijación
4	Lavado
5	Postfijación
6	Lavado
7	Deshidratación
8	Desecación
9	Montaje
10	Recubrimiento por evaporación
11	Recubrimiento por ionización

Todos y cada uno de los procesos mencionados en la tabla anterior son esenciales y determinantes para conseguir el objetivo de preparar especímenes biológicos con alto grado de calidad sin alterar la forma y las características propias de cada ejemplar procesado.

Antes de iniciar cualquier proyecto debemos recabar información fundamental respecto del material biológico con el que trabajaremos, como son las condiciones fisiológicas del entorno de ese material, pH y osmolaridad, entre otros, que servirán de referencia para preparar los reactivos que se utilizarán durante la

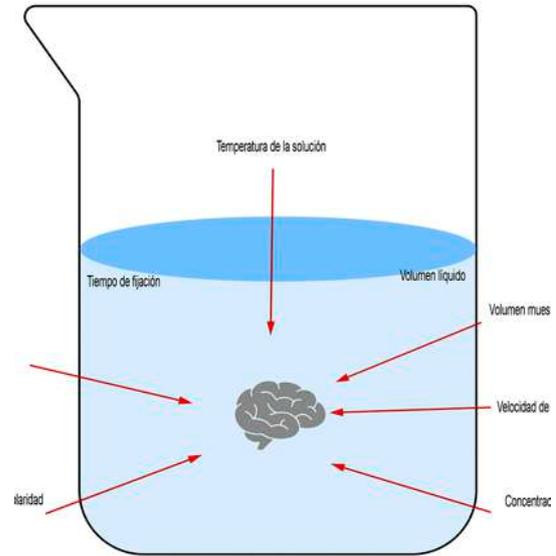


Figura 3. Representación de los factores más importantes para preservar el estado nativo de un espécimen biológico

técnica (figura 3) con características semejantes a las de su entorno (Echlin, 2009).

Ahora revisaremos los puntos del proceso. En el punto número uno, se refiere a la selección del método de obtención de la muestra y eliminar todo aquello que esté sobre su superficie y que impida el contacto con los reactivos, mediante lavados, agitación amable o bien por sonicación e incluso por métodos enzimáticos. El punto número dos del procedimiento, se aplica para eliminar todas las partículas y residuos de soluciones que quedaron del proceso anterior, utilizando un buffer o amortiguador isotónico con las características fisiológicas de la muestra. Punto tres, la fijación primaria es un proceso en el que se presenta una amplia gama de características y de variantes. Lo primero que hay que considerar como prioridad es que debe realizarse en el menor tiempo posible, debido a que cuando el espécimen vivo se aísla de sus condiciones vitales, se desencadenan procesos de autólisis. Los fijadores suspenden esos procesos autolíticos inmovilizando



los componentes celulares para preservar el estado nativo de ese sistema biológico, además participan otros factores que determinan la eficiencia del fijador. En la figura 3 se ejemplifica la participación de esos factores (Bozzola, 1999). Punto cuatro, para eliminar los residuos de fijador se repite el lavado con solución amortiguadora como en el punto número dos.

Punto cinco, de la posfijación, también conocida como fijación secundaria. El propósito de este proceso es estabilizar las membranas biológicas con tetra óxido de Osmio que tiene alta reactividad y afinidad por sus lípidos, después de cumplirse el tiempo de acción del segundo fijador, se pasa al punto número seis en el que se eliminan los residuos del osmio con lavados con el amortiguador inicial. Dada su alta volatilidad se recomienda utilizarlo bajo condiciones extremas de bioseguridad con equipo de protección como mascarillas de media cara o cara completa con cartuchos que filtren vapores orgánicos. Respecto del punto siete, la deshidratación, el objetivo de este proceso es reducir la tensión superficial mediante el reemplazo del agua de la estructura biológica por un agente deshidratante como el etanol, cuando el agua haya sido sustituida por etanol absoluto, inmediatamente se pasa al siguiente proceso; punto ocho desecado por la técnica de Punto crítico, cuyo objetivo es reemplazar el etanol absoluto por bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en estado líquido en condiciones controladas de temperatura y presión en un desecador de Punto crítico, en este equipo el  $\text{CO}_2$  es llevado a sus constantes críticas ( $32^\circ\text{C}$  y 1072 PSI) en las que el  $\text{CO}_2$  cambia de su estado líquido a su estado gaseoso sin cambiar su densidad (Douglas, 2001). En una siguiente etapa, el gas contenido tanto en la muestra como en su entorno se liberará lentamente, cumpliendo el objetivo de eliminar todo ves-

tigio de agua (tensión superficial cero) de la materia orgánica. Este método fue introducido por Anderson en 1970.

Para el punto nueve, los especímenes desecados se colocan sobre una platina de material no magnetizable (aluminio, bronce o carbono) adheridos con pegamento conductor a base de carbono o plata. Finalmente, los puntos diez y once se refieren al proceso de recubrir la superficie de los especímenes con elementos químicos que sean buenos conductores eléctricos como el carbono, oro o bien aleaciones de oro-paladio u oro-platino.

Las evidencias de haber utilizado este protocolo a lo largo de la historia demuestran que es altamente confiable y, sobre todo, eficiente, conservando la morfología nativa de todo tipo de especímenes biológicos.

El desarrollo de técnicas de preparación evolucionó paralelamente con los avances tecnológicos de los microscopios, el tipo de filamentos, las mejoras en las lentes electromagnéticas y el tipo de detectores dieron resultados muy importantes en la magnificación y resolución, particularmente en los microscopios electrónicos de alto vacío (HVSEM).

El siguiente reto fue observar en los microscopios de barrido especímenes biológicos con cada vez menos preparación al material orgánico. A partir de la última década del siglo xx las compañías fabricantes de microscopios electrónicos hicieron modificaciones en los sistemas de vacío, así conocimos los microscopios de bajo vacío (LVSEM) y después lanzaron al mercado los microscopios conocidos como ambientales (ESEM), con presión en la cámara del espécimen muy cercana a la ambiental. Con todos estos esfuerzos, se han logrado observaciones de especímenes vivos y en medios líquidos, aunque sólo por



tiempos cortos y con resoluciones por debajo de las expectativas (Schatten, 2008).

Ya iniciado el siglo XXI, los fabricantes incorporaron nuevas tecnologías en las cámaras del espécimen de los microscopios como nuevos y múltiples detectores y micro manipuladores, además de un cañón de iones de Galio para manipular materiales no biológicos (microscopios de doble haz); sin embargo, cada vez se realizan más esfuerzos por aprovechar esos recursos en el trabajo con especímenes biológicos hidratados aunque hasta el momento los tiempos de observación en la cámara del espécimen son muy cortos, por lo que debemos esperar a que esta restricción pueda ser superada hasta obtener mejores resultados.

Por otro lado, para TEM se han desarrollado importantes avances tecnológicos para observar experimentos en material biológico *in vivo* y en tiempo real, expuestos al haz de electrones. Sin duda, en años próximos veremos importantes aplicaciones en los microscopios electrónicos de barrido.

## Referencias

- Bozzola, J. J. & Russell, L. D. (1999). *Electron microscopy: Principles and techniques for biologists*. 2<sup>nd</sup> ed. Jones and Bartlett Publisher.  
<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2020.25.69610>
- Douglas, B. (2001). Critical Point Drying of Biological Specimens for Scanning Electron Microscopy. *Methods in Biotechnology*, vol. 13, Supercritical Fluid Methods and Protocols. Edited by: JR Williams and AA Clifford. Humana Press Inc.
- Echlin, P. (2009). *Handbook of sample preparation for scanning electron microscopy and X-Ray microanalysis*. Springer Science.
- Hawkes, P. W. & Spence, J. C. (2007). *Science of Microscopy*, vol. 1. Springer Science.
- Reyes, G. J. Breve reseña histórica de la microscopía electrónica en México y en el mundo. *Mundo Nano*, 13 (25), 79-100.
- Schatten, H., Pawley, J. B. (2008). *Biological Low-Voltage Scanning Electron Microscopy*. Springer Science.
- An introduction to electron microscopy. (Published on Jul 15, 2010). FEI Co.

*Si quieres encontrar los secretos del universo,  
piensa en términos de energía, frecuencias  
y vibración.*

Nikola Tesla



# DILE HOLA AL LI-FI

## GRACIAS A LA TECNOLOGÍA DE MATERIALES

YEHUDI HERNÁNDEZ PEDRAZA  
Ingeniería biomédica

Actualmente las personas tienen un ritmo de vida muy acelerado en comparación con épocas pasadas, y todo lo que engloba el “cambio” solía ser lento y hasta cierto punto temido y evitado a toda costa. Debido a este ritmo de vida tan rápido y meramente efímero, las personas tratamos de establecer un equilibrio entre nuestra vida laboral o académica con nuestra vida personal, en donde ambas tienen su fundamento en la constante comunicación entre los distintos grupos de personas. Dicho lo anterior, es importante reconocer que, nuestra realidad hoy en día y como tal nuestras vidas, giran en torno a la tecnología, específicamente a los múltiples dispositivos que tenemos a nuestro alcance y a la red o sistema que establece y permite la conexión entre dichos dispositivos y por ende, comunica a los individuos alrededor del mundo. Esta red fue introducida el 21 de septiembre de 1998 y es conocida como wifi que significa Wireless Fidelity según la IEEE (1), que propiamente es una tecnología que respondió ante la necesidad del ser humano de poder interconectar inalámbricamente los dispositivos electrónicos tales como computadoras, celulares, televisores, consolas de videojuegos, etc. Con la conexión wifi estos dispositivos pueden navegar por Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica y así realizar miles de actividades.

El wifi, hablando de estándares tecnológicos, es una herramienta que opera en una banda de 2.4 GHz o 5 GHz, lo que permite una operatividad con canales relativamente limpios y que proveen de



Imagen tomada de: <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/como-gestionar-wifi-conexion-lenta-614421>

una velocidad de intercambio de datos considerablemente alta; es decir, gracias a estos parámetros es que podemos realizar una búsqueda de información en Internet y acceder a ella en cuestión de milisegundos.

La cuestión con la potencia de conexión del wifi es que se puede ver afectada por factores externos, o bien, agentes físicos como paredes, puertas, árboles, montañas, etc. y esto se debe en gran parte a la composición de los materiales de los puntos de acceso, ya que estos determinan la capacidad de velocidad, transmisión y el alcance de la interconexión dispositivo-punto de acceso. Esta tecnología ha sido excelente y nos ha permitido progresar como sociedad gracias a las facilidades que nos brinda pero, como se mencionó, estamos en una época de constantes cambios, por lo que tenemos que innovar para mejorar aún más nuestras condiciones.

### **Tecnología Li-Fi**

Recientemente un equipo de científicos de Caltech realizó investigaciones y han publicado información relevante en la revista *Science* (2) mencionando el desarrollo de un nuevo material especializado de solo 3 átomos de espesor y que podría permitir la introducción de la tecnología Li-Fi al mundo comercial. El

Li-Fi (Light Fidelity) es un sistema tecnológico de transmisión de datos bidireccionales que fue presentado por primera vez al mundo por el ingeniero Harald Haas durante una conferencia TED (3) y que, de acuerdo con múltiples pruebas, es 100 veces más rápido que su antecesor, el óptico wifi.

Para entender el funcionamiento de esta conexión es importante mencionar que la luz existe en forma de onda y posee una propiedad electromagnética conocida como polarización, la cual define la dirección en la cual vibran las ondas y es muy útil porque permite manipular la luz de formas muy específicas y darles una aplicación tecnológica.

### **Fósforo negro**

El estudio realizado en Caltech fue realizado por Harry Atwater, profesor de Física Aplicada y Ciencia de los Materiales, y con su equipo de investigadores que, en conjunto, desarrollaron dicho material conformado por tres capas de átomos de fósforo, capaz de polarizar la luz y que cuenta con las características de ser sintonizable, preciso y extremadamente delgado.



Fósforo negro

Imagen tomada de: <https://www.efe.com/efe/espana/efefuturo/fosforo-negro-un-nuevo-material-para-revolucionar-la-electronica/50000905-2519702>

El material está fabricado a partir del fósforo negro, siendo este similar al grafeno en cuanto a propiedades. La peculiaridad del fósforo negro es que, a diferencia del grafeno, cuen-



ta con una estructura cristalina con capas de relieve similares a un cartón corrugado lo que le confiere propiedades ópticas anisotrópicas (anisotropía quiere decir que las propiedades del material dependen del ángulo); esto significa que si la polarización de la luz es alineada a lo largo de las corrugaciones, tiene una respuesta o trayectoria diferente a la que está alineado perpendicularmente a las corrugaciones. Asimismo, lo que hace especial al fósforo negro es que este también actúa como un material semiconductor, haciendo que las estructuras fabricadas con este material puedan controlar la polarización de la luz cuando se les aplique una señal eléctrica.



Tecnología Li-Fi  
Imagen tomada de: <https://fractaliasystems.com/es-la-tecnologia-lifi-el-futuro-del-wifi/>

Gracias a este grandioso material es que la tecnología de Li-Fi puede ser una realidad en la que todas las personas tengan disponible una conectividad de mucha calidad, contando con una increíble velocidad de entre 15 MB/s–20 GB/s, un amplio alcance y disminución del consumo de energía, ya que mientras iluminas un espacio cualquiera, obtienes acceso a Internet.

Como mencionó Atwater: “No hay ninguna razón por la que no pueda sentarse en un futuro Starbucks y hacer que su computadora portátil reciba una señal de luz para su conexión inalámbrica en lugar de una señal de radio. Aún no está aquí, pero cuando llegue, será al menos cien veces más rápido que el Wi-Fi” (4).

#### Referencias

- (1) Springer, J. (2019). The Role of 5G Technology in Future Mobility Services. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1(1), 24. [https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/other/e2e-presentations/2019/S4-1\\_Springer-DT.pdf](https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/other/e2e-presentations/2019/S4-1_Springer-DT.pdf)
- (2) Courty, J. (2021). Física Cotidiana. *Física cotidiana: De la mecánica clásica al principio de incertidumbre a través del día a día*, 105(1), 68. [https://www.investigacionyciencia.es/revistas/temas/fisica-cotidiana-842?utm\\_source=web&utm\\_medium=buscador&utm\\_campaign=Temas+lyC+105](https://www.investigacionyciencia.es/revistas/temas/fisica-cotidiana-842?utm_source=web&utm_medium=buscador&utm_campaign=Temas+lyC+105)
- (3) Haas, H. (2011, July). *Wireless data from every light bulb*. TED Global.
- (4) EUROPRESS. (2021). Un material de tres átomos que controla la luz abre camino al Li-Fi. *Notimérica*, 12.
- (5) Tsonev, D., Videv, S., Haas, H. (2013, 18 de diciembre). Light fidelity (Li-Fi): towards all-optical networking. *Proc. SPIE (Broadband Access Communication Technologies VIII)*, 9007 (2). <https://doi.org/10.1117/12.2044649>



## ANALIZADOR DE QUIMIOLUMINISCENCIA: ¿se puede saber la concentración de óxidos de nitrógeno (NOx) en el aire?

XIMENA OCAMPO SUÁREZ  
Ingeniería Ambiental, 6.º semestre

La contaminación del aire es un serio problema ambiental que afecta la calidad de vida de las personas. El aire está formado por una mezcla de diversos gases, donde predomina el nitrógeno y el oxígeno. Sin embargo, la calidad y concentración de este fluido —vital para la vida en la Tierra— puede ser modificada de forma negativa por la presencia de otros compuestos.

Dichos compuestos pueden ser identificados según su naturaleza, ya sea por actividades antropogénicas o como producto de reacciones químicas. Los contaminantes más abundantes en cuanto a concentración en el aire son los siguientes: ozono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y partículas suspendidas.





Para este caso en particular, platiquemos de los NOx (óxidos de nitrógeno) y de cómo gracias a los avances tecnológicos es posible determinar su concentración en el aire. El óxido de nitrógeno se refiere a la combinación de los gases: óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), por facilidad de interconversión mutua que presentan cuando hay oxígeno. (Ambientum, 2019). Las altas concentraciones de NOx son un peligro no sólo para el medio ambiente, sino para nuestra salud.

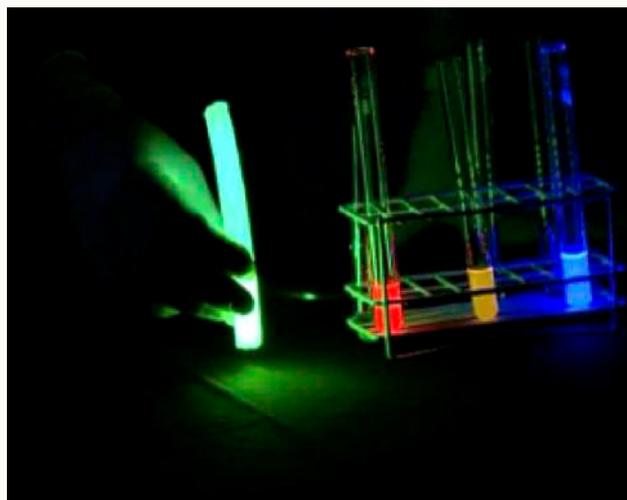


NOx factor ambiental dañino para la salud.  
Imagen tomada de: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-45330500>

Es por eso que, con el paso de los años, se ha buscado establecer normas y regulaciones para tener un mejor control sobre lo que respiramos. Una de las técnicas establecidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-CCAM-004-ECOL/1993 para medir el dióxido de nitrógeno en el aire es mediante el método de quimioluminiscencia en fase gaseosa.

### ¿Qué es la quimioluminiscencia?

¿Quimiolumini... qué? La quimioluminiscencia se define como la emisión de radiación electromagnética producida por una reacción química (García-Campaña, Baeyens, *et al.* 2001).



Ejemplificación de una reacción química de quimioluminiscencia.  
Imagen tomada de: <http://canal.uned.esvideo/5a6f9e7fb1111faf5b8b4648>

### ¿Cómo está compuesto?

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-CCAM-004-ECOL/1993 un analizador de quimioluminiscencia debe estar compuesto por los siguientes componentes:

1. Controladores de flujo de aire y de flujo de NO.
2. Medidores de flujo de aire y de flujo de NO.
3. Regulador de presión para el cilindro con NO patrón.
4. Generador de ozono: dispositivos clave pues es el encargado de producir niveles de ozono que sean suficientes y estables en la reacción con el NO para producir concentraciones NO<sub>2</sub> en el intervalo requerido.
5. Válvula: debe ser de vidrio, de teflón o de algún otro material inerte.



6. Cámara de reacción: la cámara construida de vidrio, de teflón o de algún material inerte, para llevar a cabo la reacción cuantitativa del ozono con un exceso de NO.
7. Cámara de mezclado: la cámara de vidrio, teflón o cualquier otro material inerte, diseñada para lograr una mezcla completa de los productos de la reacción con el aire diluyente.
8. Múltiple de salida: el sistema debe tener un desfogue diseñado para asegurar que haya presión atmosférica en el múltiple y evitar la entrada de aire.



Analizador de quimioluminiscencia CL-1200i.  
Imagen tomada de: <https://gaamsa.com/item/cl-1200i/>

## ¿Cómo funciona un analizador de quimioluminiscencia?

El método de referencia permite medir la concentración de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) en el aire ambiente de forma indirecta, por la determinación fotométrica de la intensidad de la luz a longitudes de onda superiores a 600 nanómetros (nm), que resulta de la reacción de quimioluminiscencia del óxido nítrico (NO) con el ozono ( $\text{O}_3$ ) generado dentro del mismo instrumento. En este método se reduce cuantitativamente el  $\text{NO}_2$  a NO por medio de un convertidor. El NO que existe normalmente en el aire junto con el  $\text{NO}_2$  pasa sin cambiar a través del convertidor, causando una concentración resultante total de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) igual a  $\text{NO} + \text{NO}_2$ . Se mide también una muestra del

aire de entrada sin que haya pasado a través del convertidor. Esta última medición de NO se resta de la primera medición ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) para dar la medición final de  $\text{NO}_2$ . Las mediciones de NO se pueden hacer de manera conjunta, utilizando un sistema dual o en forma cíclica, con el mismo sistema, cuando la duración del ciclo no sea mayor de un minuto (DOF, 1993).

A grandes rasgos, la función del analizador es producir una reacción entre la muestra de aire y ozono. La longitud de onda correspondiente a la radiación emitida es detectada y registrada por un dispositivo de lectura. La intensidad de las longitudes de onda detectadas, que sean superiores a 600 nm, dará un indicio de la concentración de  $\text{NO}_x$  en la muestra.

## Conclusión

Por más increíble que parezca por su nanotamaño, sí es posible medir la concentración de cierto compuesto en el aire, en este caso contaminante, para así tomar las medidas más acertadas y evitar las consecuencias para la salud y el medioambiente.

Como amantes de la ciencia, apoyemos el desarrollo tecnológico, amigable con el ambiente, y metodologías y normas más estrictas con el fin de mantener una buena calidad del aire.

## Referencias

- Ambientum. (2019, 5 de julio). ¿Qué son las emisiones  $\text{NO}_x$ ?. <https://www.ambientum.com/ambientum/contaminacion/que-son-emisiones-nox.asp>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (1993). Norma Oficial Mexicana NOM-CCAM-004-ECOL/1993. 6 de julio de 2021. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4794244&fecha=18/10/1993](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4794244&fecha=18/10/1993)
- García-Campaña, A. M., Baeyens, Wrg., Zhang, X., Alés, F., Gámiz, L. (2001, 6 de julio). Quimioluminiscencia: una interesante alternativa para la detección analítica en sistemas de flujo. *Ars Pharmaceutica*, 42, 81-107. Editorial Universidad de Granada.



# DE 1G AL 5G, LA CONECTIVIDAD QUE NUNCA SE DETIENE

ANDONI IOSEPH VILLANUEVA MÉNDEZ  
Ingeniería Industrial, 4.º semestre

Hoy en día utilizar el celular se ha vuelto una actividad muy común entre todos. Sacar el celular de la bolsa, mandar un mensaje de texto, hacer una llamada, ver un video, revisar el correo, escuchar música, ver historias en Instagram, en fin, nuestra comunicación inmediata gira alrededor de este dispositivo que, aunque a veces se tarde en descargar un archivo de internet o no cargue un video en alta definición, cada vez se vuelve más rápido logrando que los tiempos al navegar por internet sean casi nulos, causando que tengamos toda la información al alcance de nuestra mano de forma instantánea. Sin embargo, no siempre fue así.

Lanzado por Nippon Telegraph and Telephone en 1979, el 1G se presentó por primera vez a los ciudadanos de Tokio, provocando que cinco años después se tuviera la primera cobertura nacional a nivel mundial. Con la idea de una densa red de "células" hexagonales con transceptores en el centro, los ingenieros de Bell Labs de AT&T diseñaron planes para una red móvil que se extendiera por todo Japón, con el fin de que cada celda tuviera una torre que recibiera ondas de radio de teléfonos cercanos y transmitir las a un operador de centralita, quien tiempo después sería reemplazado por interruptores electrónicos. Una vez que la llamada fuera enrutada a través de

líneas físicas, se lograba la comunicación en el otro extremo.

No obstante, esta invención no fue suficiente, ya que las llamadas sólo se podían mantener siempre y cuando la persona se mantuviera dentro de los límites de cobertura de la torre, provocando que muchas de las tareas y actividades se vieran restringidas. Buscando una solución, el ingeniero eléctrico Amos E. Joel Jr., en 1972, ideó un sistema para que las personas que llamaran permanecieran conectadas incluso cuando estas se movieran de una celda a otra, alcanzado así un "traspaso" de una torre a la siguiente.

Desde 1973, diez años antes del lanzamiento de la 1G en América del Norte, se contaba con el prototipo del teléfono celular que sería presentado por Motorola hasta el año de 1983 con el nombre de DynaTAC, brindando no solo flexibilidad entre torres, sino comunicación sin importar en donde sea que se estuviese.

Fue en el 1990 que el mundo conoció la 2G, con el cual no solo se podía llamar a quien tuviera una línea telefónica, sino que ahora se podía enviar mensajes cortos (SMS), gracias a que aparecieron los primeros servicios de datos de baja velocidad que mi-



Teléfono celular DynaTAC del año 1983 de Motorola.

graron los sistemas de radio analógicos a totalmente digitales.

Pero como todo, en una sociedad altamente activa, la demanda de una mayor accesibilidad fue creciendo, empujando que se aumentaran los anchos de banda que dieron pie a la creación de la 3G, que soportaba la conectividad a internet y, por lo tanto, se pudiera transferir audio y video, imágenes, mensajes de texto y algo que no se había visto en décadas anteriores: el buzón de voz.

No es una sorpresa que nueve años después la 4G irrumpiera la escena introduciendo grandes mejoras a la velocidad de datos, brindando la posibilidad de visualizar videos sin interrupciones a todos los usuarios, gracias al establecimiento de una verdadera banda ancha móvil de alta velocidad.

Hoy en día hablamos de 5G, que emplea la nueva tecnología de última generación para conectar a todos los usuarios con dispositivos a la red de una forma más confiable a veloci-

dades mucho más rápidas y estables, dado que se pueden transferir datos a más de un gigabit por segundo, a diferencia de las redes anteriores que ofrecían velocidades de 50 megabits por segundo.

Los ingenieros de nuestros tiempos esperan que la 5G pueda conectar más que solo teléfonos, sino que también pueda enlazar sensores integrados presentes en tanto maquinaria como instrumentos médicos, cumpliendo así la visión de muchos que llamamos The Internet of Things.

Llegar a estos niveles de conectividad y de velocidad no fue una tarea fácil, se requirieron de muchos años de análisis, estudios y experimentación para conseguir los dispositivos encargados de mantenernos unidos y comunicados a pesar de toda circunstancia.

Es un hecho que la 5G revolucionará la forma en la que vemos y empleamos la tecnología en nuestra vida cotidiana, por lo que la verdadera pregunta radica si ¿estamos listos para esta transformación?

## Referencias

- Girao, D. (2020, 28 de agosto). Diferencias entre el 3G, 4G y 5G en los móviles. Evolución y futuro. <https://www.movilzona.es/2020/08/28/diferencias-redes-3g-4g-5g-evolucion-futuro/>
- Conceptos Básicos de Redes Móviles – ¿Qué necesito saber? (n.d.). <https://www.temastecnologicos.com/redes-moviles/>
- Flores, J. (2020, 4 de diciembre). Qué es el 5G y cómo nos cambiará la vida. [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-es-5g-y-como-nos-cambiara-vida\\_14449](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-es-5g-y-como-nos-cambiara-vida_14449)
- Cisco. ¿Qué es 5G? (2020, 26 de marzo). [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/solutions/what-is-5g.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/what-is-5g.html)



# LA HERRAMIENTA ESENCIAL

ÓSCAR POBLETE SÁENZ  
Ingeniería en Sistemas, 4.º semestre



Tipo de tecnologías.

Imagen recuperada de: <https://www.cic.es/wp-content/uploads/2017/01/Industria-4.0-la-revoluci%C3%B3n-industrial-1.jpg>

Desde sus comienzos, la tecnología llegó para ayudar al ser humano, dando soluciones rápidas, sencillas y eficientes a problemas que se presentan en su día a día. De igual manera es utilizada para crear y/o perfeccionar instrumentos, utensilios, artefactos y conocimientos que permiten modificar el entorno y adaptarse a él.

Los usos de la tecnología pueden ser profundos o de poca importancia, pero en cada caso están destinados a tener un objetivo y función claros. Esto lleva a que la tecnología pueda clasificarse dependiendo del parámetro que le corresponda dentro de un amplio grupo de formas. A continuación, se explicará de forma breve cada uno de los tipos de tecnología que existen:



- Tecnología limpia: tecnología que usa los recursos proporcionados por el medio ambiente en su justa medida y sin alterarlo de forma nociva.
- Tecnología de materiales: amplio grupo que abre paso a las tecnologías aplicadas en campos como la física y la medicina. En este grupo están tecnologías como la electrónica, la nuclear y la química.
- Tecnología blanda: tecnología no tangible, vinculada con la administración, la gestión o la logística.
- Tecnología dura: grupo de tecnologías técnicas que entran en juego en la producción de materiales y otros elementos tangibles.
- Tecnología fija: tecnologías que no suelen sufrir cambios ni modificaciones salvo en ocasiones específicas, como cuando se desarrolla una mejora para aumentar su rendimiento. Si bien hay tecnologías que pueden utilizarse en distintas funciones, la fija reduce su efectividad a un mismo objetivo. Algunas de estas tecnologías incluyen a la industria del cemento o la de la siderurgia.
- Tecnología flexible: se considera como un grupo expansible en el cual se combinan materiales, conocimientos y todo tipo de herramientas de trabajo. Su utilidad incluye una amplia variedad en los procesos en los que puede ser utilizada (VIU, 2018).
- Tecnologías de operación: aquellas que se obtienen a medida que las técnicas y los progresos tecnológicos van evolucionando con el tiempo. Es un híbrido de distintas tecnologías, que se crea combinando conocimientos y recursos, así como usando distintos dispositivos.
- Tecnologías de equipo: tecnología que engloba los procedimientos tecnológicos que se aprovechan en distintas industrias de fabricación, investigación o desarrollo. También incluye las herramientas en conjunto, así como los procesos y conocimientos utilizados para realizar este tipo de trabajos.
- Tecnologías de producto: combina los conocimientos y las herramientas que permiten la creación de un producto específico. Da resultados concretos, que aprovechan el contexto para llevar a cabo una fabricación tecnológica o un servicio que haga uso de rasgos y elementos tecnológicos personalizados.



Tecnología como necesidad.  
Imagen recuperada de: <https://inmobiliare.com/tecnologia-e-inclusividad-una-necesidad-en-la-industria/>

Además de las anteriores categorías, otra manera de definir sus características y agruparlas, es clasificándolas como tecnologías de operación, equipo y producto.

Una vez analizados los conceptos anteriores, es posible coincidir en la idea de que la tecnología llegó para ayudar en todo tipo de circunstancias, ámbitos y sectores. No obstan-

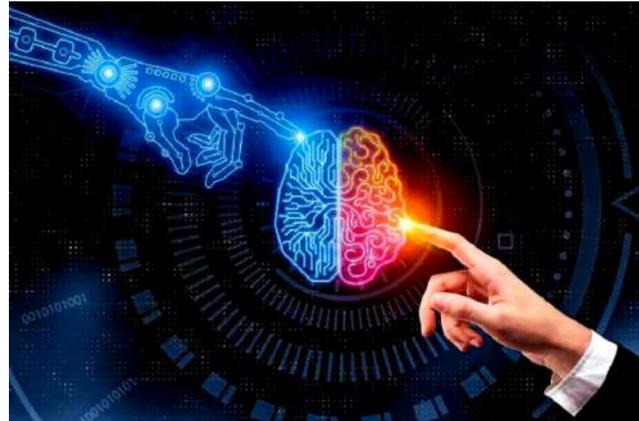


te, la tecnología siempre ha sido presentada como una herramienta avanzada y facilitadora de diferentes actividades, procesos, productos y problemas, nunca como una necesidad.

Por lo consiguiente, para hablar de una necesidad es necesario definirla. De acuerdo con la Real Academia Española, se le llama *necesidad* al estado de un ser que se halla en carencia de un elemento y su consecución resulta indispensable para vivir en un estado de bienestar pleno (RAE, 2019). Considerando esta definición y comparándola con la situación actual, es posible comprender que el uso de la tecnología se acerca más a ser una necesidad que una simple herramienta.

Los avances logrados en el área de las telecomunicaciones han permitido que el hombre se desempeñe con más eficiencia y es ésta última la que en gran medida ha motivado a las empresas, instituciones y organizaciones a establecer mayores retos tecnológicos entre sus colaboradores. De esta forma, se ha llegado a alternativas de gran impacto a través del tiempo, como son el internet, la robótica, los trenes de alta velocidad, los medios aéreos sofisticados, la telefonía celular, la televisión por cable, entre otros múltiples mecanismos de última vanguardia (Rueda-López. J. J., 2007).

Si algo ha sido notorio durante el lapsus pandémico es que, si no fuera por la tecnología, el ser humano hubiera estado incomunicado, el entretenimiento sería considerablemente reducido, la economía se vería aún más afectada, la productividad estaría completamente frenada y probablemente la espera de un tratamiento y de una vacuna hubiera sido eterna. Estos son ejemplos que ayudan a comprender que la tecnología actualmente se ha convertido en una necesidad por el valor que le aporta a la humanidad, sobre todo en situaciones complicadas como las que se han vivido.



La tecnología en la vida del ser humano.  
Imagen ecuperada de: <https://www.usn.edu.mx/blog/2020/10/02/que-son-las-tecnologias-habilitadoras/>

En conclusión, es posible aseverar que el concepto de normalidad ha cambiado desde la introducción de la tecnología en la cotidianidad. La vida, en un futuro a corto plazo, será revolucionada por el efecto de las crecientes tecnologías multidisciplinares (a nivel social, económico, político y personal). Esto lleva a entender que los efectos de la tecnología pueden dar pie a mejoras significativas en la calidad de vida, la globalización, la renovación del pensamiento.

## Referencias

- Rueda-López, J. J. (2007). La tecnología en la sociedad del siglo XXI: Albores de una nueva revolución industrial. *Aposta, revista de ciencias sociales*. <https://www.redalyc.org/pdf/4959/495950225001.pdf>
- VIU. (2018). Los tipos de tecnología más representativos que debes conocer. Universidad Internacional de Valencia. <https://www.universidadviu.com/los-tipos-tecnologia-mas-representativos-debes-conocer/>
- RAE. (2019). Definición de necesidad. <https://dle.rae.es/necesidad>



# IFTTT

JOSÉ ARTURO ALFARO RUIZ  
Ingeniería Industrial, 7.º semestre



IFTTT. Imagen recuperada de: <https://internetpasoapaso.com/ifttt/>

¿Te ha pasado que estás muy ocupado realizando tareas y se te olvida alguna reunión o un trabajo que tenías que hacer de manera urgente? Bueno, IFTTT te resolverá todos esos problemas.

## ¿Qué es?

IFTTT significa “If this, then that” que al traducirlo a español es “Si esto, entonces eso”, por lo cual nos lleva a intuir que se trata de una aplicación en donde nosotros como usuarios podemos programar y crear por días y horas publicaciones y acciones para contenido digital en internet, de tal forma que si llegara a pasar determinada acción en una página, automáticamente se replicará en otra. Básicamente esta aplicación y/o página web nos permite conectar diferentes servicios en línea, para así automatizar cualquier tipo de tarea que se encuentre asociada con IFTTT.

Esta aplicación la puede usar cualquier usuario de redes sociales que busque tener más seguidores, más interacciones, *likes* y reacciones, pero principalmente está enfocada y diseñada para creadores de contenido en internet, los llamados *influencers*, así como también para personas que tienen negocios y llevan las redes sociales de estos.

Esta herramienta te permite gestionar y crear conexiones en aplicaciones como:

- Facebook
- Twitter
- Instagram
- Tumblr
- YouTube
- Spotify
- Twitch
- Discord



De igual forma, te da la opción de gestionar y crear estas conexiones en servicios de almacenamiento en la nube como son:

- Google Drive
- Dropbox

Entonces, todo esto te permitirá automatizar cada actividad de las redes sociales todos los días, ahorrando así tiempo al realizar manualmente todas estas tareas. Así es como esta aplicación está diseñada para ayudarte a mantener tu presencia en diferentes redes sociales sin actualizarse constantemente de forma manual.

### ¿Cómo funciona?

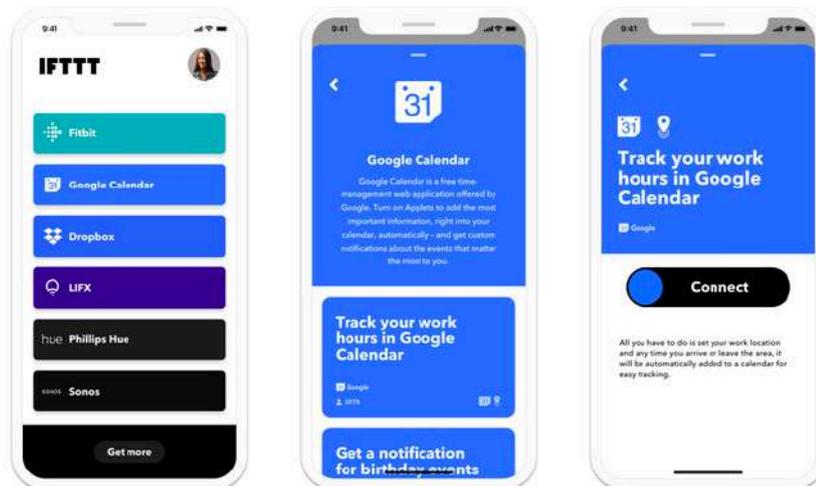
Esta genial aplicación se encuentra principalmente disponible en la tienda de App Store y en Google Play, pero también se puede acceder desde la página en internet.

El funcionamiento de este servidor y/o aplicación requiere inicialmente crear una cuenta. También puedes registrarte con alguna red social, todo esto con el fin de hacer más fácil su uso, por ejemplo, Google o Facebook.

Enseguida del registro, encontrarás en la parte superior un navegador donde tendrás que escribir y buscar el nombre de las aplicaciones que deseas gestionar (se pueden buscar dos aplicaciones a la vez), las tienes que seleccionar y al abrirlas te aparecerá una barra que dice “Turn on”, la cual tendrás que activar para el funcionamiento de estas aplicaciones. Por último, IFTTT te pedirá acceso y autorización para el uso de estas aplicaciones. Te pedirá permiso para poder leer tus mensajes, ver tu perfil, así como publicar y hasta leer mensajes privados.

### Referencias

- S.A. (2020). Everything works better together. IFTTT. <https://ifttt.com/>
- Peñalba, I. (2019). La mejor aplicación para automatizar tareas se renueva: así es el nuevo IFTTT. *El Español*. [https://www.elespanol.com/elandroidelibre/noticias-y-novedades/20190726/mejor-aplicacion-automatizar-tareas-renueva-nuevo-ifttt/416709874\\_0.html](https://www.elespanol.com/elandroidelibre/noticias-y-novedades/20190726/mejor-aplicacion-automatizar-tareas-renueva-nuevo-ifttt/416709874_0.html)
- Albornoz, F. (2020). IFTTT ¿Qué es, para qué sirve y cómo utilizarlo para crear automatismos en social media? Internet paso a paso. <https://internetpasoapaso.com/ifttt/>



Funcionamiento de IFTTT.

Imagen recuperada de: [https://www.elespanol.com/elandroidelibre/noticias-y-novedades/20190726/mejor-aplicacion-automatizar-tareas-renueva-nuevo-ifttt/416709874\\_0.html](https://www.elespanol.com/elandroidelibre/noticias-y-novedades/20190726/mejor-aplicacion-automatizar-tareas-renueva-nuevo-ifttt/416709874_0.html)



## CREACIÓN DE UN GENERADOR DE PULSOS PARA USO EN NEUROFISIOLOGÍA

NELIA DIAZ ORTEGA, BRYAN CRUZ JUSTO, CARLOS ALBERTO CUELLAR RAMOS  
Ingeniería Mecatrónica, 10.º semestre

La neurofisiología comprende el estudio de la fisiología del sistema nervioso. Particularmente, en medicina se emplean diversos aparatos electrónicos para establecer un diagnóstico y estudiar a las neuronas y sus prolongaciones, los cuales transmiten pequeñas corrientes eléctricas que constituyen la base del funcionamiento del sistema nervioso central y periférico.

Una forma de evaluar el funcionamiento del sistema nervioso consiste en la aplicación de pulsos eléctricos con duración de alrededor de 1 milisegundo (ms) de duración para excitar a un nervio periférico ubicado, por ejemplo, en la pierna, para producir una respuesta refleja que viaja a la médula espinal, donde se procesa la información producto de la excitación y posteriormente “sale” a través de otro nervio periférico para hacer contacto con un músculo. La respuesta obtenida se denomina reflejo “H”, en honor a su descubridor el neurólogo alemán Johann Hoffmann.

En el Laboratorio de Análisis del Movimiento de la Escuela de Ciencias del Deporte, el reflejo “H” se estudia en sujetos sanos y en sujetos que presentan alguna patología, como, por ejemplo, la lesión de la médula espinal, esclerosis múltiple y la *diabetes mellitus* tipo 2. Para producir el reflejo “H” se requiere de un estimulador eléctrico de corriente constante para producir los pulsos eléctricos y un generador de pulsos que “comande” al estimulador eléctrico. Este generador de pulsos debe dar la orden para que el estimulador genere una cantidad determinada de pulsos o tren de pulsos, con un cierto tiempo entre pulsos (frecuencia) y con un determinado número de repeticiones de trenes de pulsos.



En el mercado existen numerosos modelos de generadores de pulsos, sin embargo, es posible construir uno en una versión más económica que logre solventar las necesidades de los protocolos que se realizan en un laboratorio convencional de neurofisiología. El objetivo de este proyecto consistió en construir un generador de pulsos para comandar mediante una entrada tipo BNC (trigger) un estimulador eléctrico de corriente constante marca Digitimer® DS8R, el cual tiene aprobación de la FDA para uso en humanos. Los requerimientos para el generador de pulsos fueron: generar pulsos con frecuencias de 0.1 a 10 Hz mediante trenes de 5 a 10 pulsos con intervalos entre trenes de 30 s. La salida debe enviar un pulso tipo TTL para comandar al estimulador eléctrico. También se buscó que el generador de pulsos tuviera una interfaz amigable para facilitar su uso entre los investigadores y alumnos que realizan sus proyectos de investigación en el Laboratorio de Análisis del Movimiento.

El proyecto se gestionó en diversas etapas, las principales fueron: programación, simulación, diseño del dispositivo, circuito físico, implementación e integración física, fase piloto y finalización.

Se comenzó con el proceso de programación en donde fue necesario usar un microcontrolador, el cual facilita la generación de señales de salida en general y en este caso, específicamente las requeridas para esta aplicación. Se decidió llevar a cabo el proceso a través de un PIC, el modelo elegido fue el PIC16F887.

Las ventajas de usar el PIC16F887 es su disponibilidad de pines de entradas y salidas de las señales, la fácil programación de este en lenguaje C y el bajo costo que representa en comparación con otros microcontroladores. Además, al formar parte de la familia PIC16F, permite que cualquier otro PIC de esta familia lo pueda sustituir.

Se realizó el diseño y la simulación del generador de pulsos en Proteus 8 Profesional, obteniendo una configuración de pines del PIC como se muestra en la figura 1.

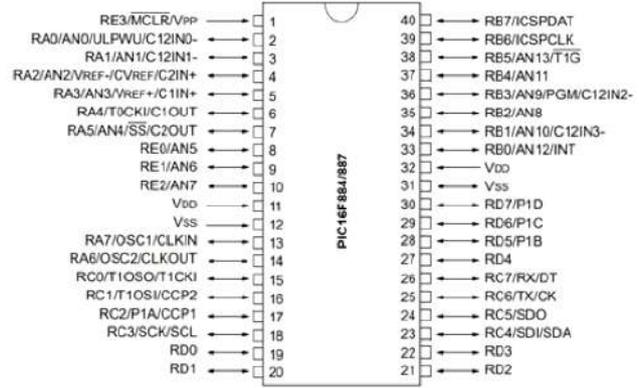


Figura 1. Diagrama de pines del PIC16F887.

Adicionalmente, cuenta con siete botones N/A que nos permiten variar los valores de las señales. Cada botón se encuentra en configuración pull-up con una resistencia de 1kΩ como se puede observar en la figura 2.

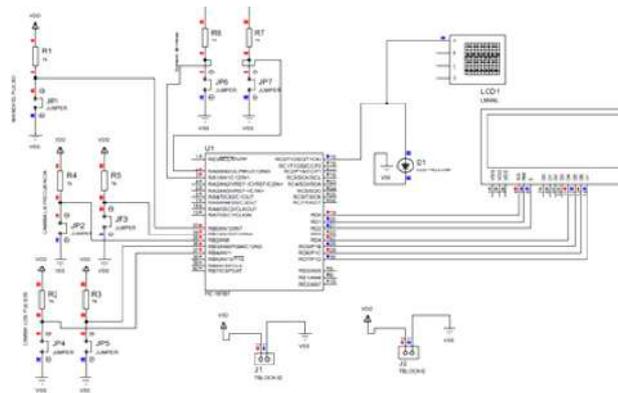


Figura 2. Diseño en proteus del circuito.

Los siete botones se encuentran conectados al siguiente número de pin del PIC y tienen la siguiente funcionalidad:

- Botón 1 - pin 22 (B0): manda el pulso previamente configurado.



- Botón 2 - pin 34 (B1): aumenta la frecuencia del pulso.
- Botón 3 - pin 35 (B2): disminuye la frecuencia del pulso.
- Botón 4 - pin 36 (B3): aumenta el número de pulsos.
- Botón 5 - pin 37 (B4): disminuye el número de pulsos.
- Botón 6 - pin 3 (A1): aumenta el número de tren de pulsos.
- Botón 7 - pin 2 (A0): disminuye el número de tren de pulsos.

Se agregó también un display de 20x4 para hacer la interfaz con el usuario más amigable, dicho display muestra los valores de las variables con las que se está operando como la frecuencia, el número de pulsos y el número de tren de pulsos. La intensidad de la luz se regula con ayuda de un potenciómetro y en la pantalla se muestra una imagen como la observada en la figura 3.

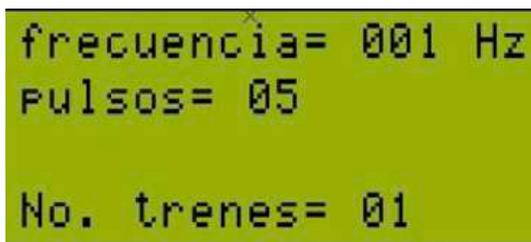


Figura 3. Pantalla de generador de pulsos.

El display se encuentra conectado a los siguientes pines del PIC:

- RS: pin 19 (D0)
- RW: pin 20 (D1)
- E: pin 21 (D2)
- D4: pin 27 (D4)
- D5: pin 28 (D5)
- D6: pin 29 (D6)
- D7: pin 30 (D7)

Los valores aceptados de frecuencia oscilan de entre 1 a 100 Hz y el número de pulsos y de tren de pulsos pueden ir configurados con valores de 1 hasta  $\infty$ .

La señal mandada se puede comprobar por medio de un osciloscopio o por simulación, arrojando como resultado una gráfica como la mostrada en la figura 4, donde se puede observar mediante las instrucciones ejemplo de la figura 3, se genera un solo tren de cinco pulsos de 1 Hz cada uno.

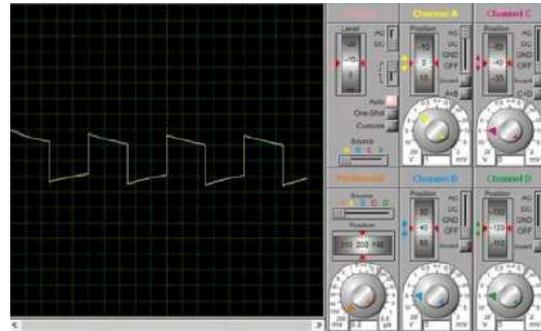


Figura 4. Pulsos en el osciloscopio.

Finalizada y comprobada la parte de programación, se pasó al diseño en 3D del PCB y del layout. Esto es opcional, pero ayuda de manera significativa en la implementación física.

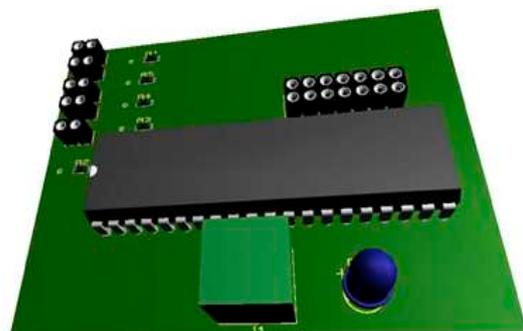


Figura 5. Modelo 3D del circuito.

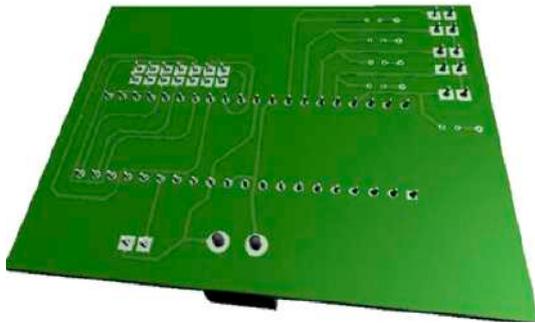


Figura 6. Pistas del circuito.

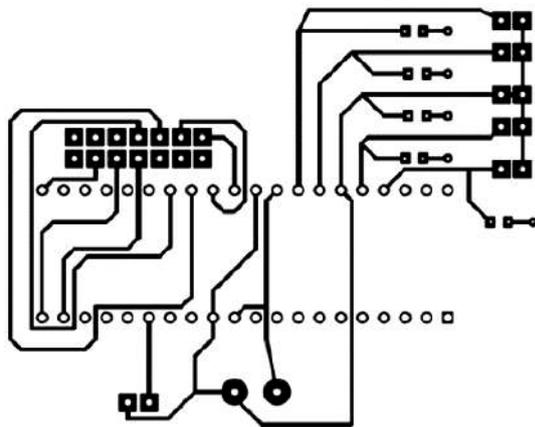


Figura 7. Pista PCB a imprimir.

Posteriormente, se llevó a cabo la implementación física que requirió para su ejecución el uso de los siguientes materiales:

- Placa fenólica de 10x15 cm
- 7 botones no enclavables N/A
- 7 resistencias de  $1k\Omega$
- 1 display LCD 20x4
- 1 gabinete
- Cable calibre 22
- Conector BNC
- 1 potenciómetro de  $1k\Omega$

Debido a una limitante en instrumentos y materiales disponibles en el momento de la realización, se recurrió a realizar el circuito en una placa fenólica previamente perforada y se decidió seguir la acomodación del diseño PCB con ayuda de cables.

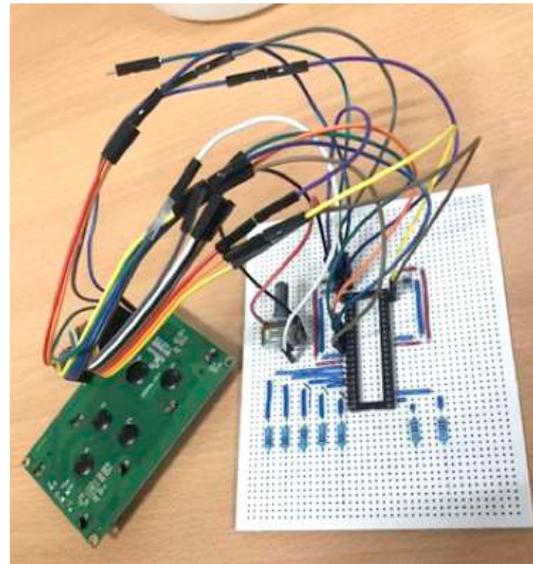


Figura 8. Conexiones físicas.

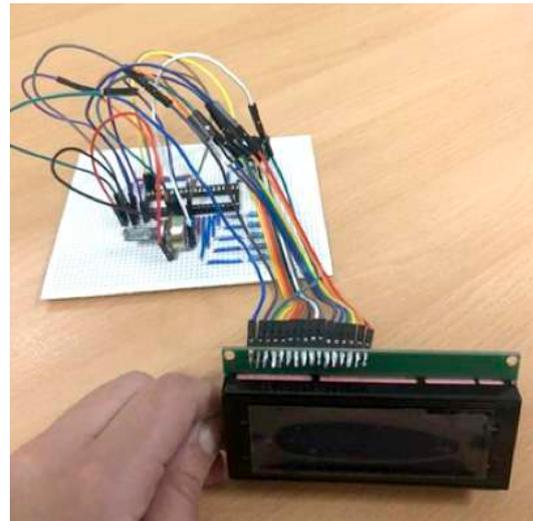


Figura 9. Conexiones físicas.

Dicho circuito se colocó dentro de un gabinete de plástico, el cual fue perforado para lograr embonar en la caja el display, los 7 botones, el puerto para el cable BNC y la conexión a la alimentación de la corriente.

El resultado final de la integración del circuito y la caja perforada se muestra en la figura 10.



Figura 10. Implementación física del generador de pulsos.

Finalmente, se hicieron las pruebas necesarias. Se realizó la conexión con el equipo que trabajará colaborativamente el generador de pulsos y se comprobó su correcto funcionamiento en general y de cada uno de los parámetros por individual.

El generador a través de la HMI y sus siete botones es capaz de modificar el número de pulsos a mandar, el número de tren de pulsos y la frecuencia de estos. Para hacer uso del generador de pulsos es necesario alimentarlo a través de su cable a una fuente de 5V y conectar el generador de pulsos al estimulador eléctrico a través del BNC.

El costo por elemento utilizado para la creación del dispositivo se despliega en la tabla 1:

Tabla 1. Costo del dispositivo por elemento

Elemento	Costo
PIC16F887	\$150
Placa fenólica	\$89
Cables dupont	\$79
7 botones	\$56
Gabinete	\$200
7 resistencias 1k $\Omega$	\$14
Potenciómetro 1k $\Omega$	\$9
Pantalla LCD 16X4	\$165
<b>Total</b>	<b>\$762</b>

Se calcula que el costo aproximado de este dispositivo es de \$762 pesos, por lo que podría considerarse un dispositivo relativamente barato para la función que cumple y adaptable a las nuevas necesidades que se vayan presentando, ya que se podría cambiar la programación del microcontrolador simplemente extrayendo el PIC y cargándole un programa diferente.

Agradecemos al coordinador del Laboratorio de Análisis de movimiento de la Facultad de Ciencias del Deporte, el Dr. Carlos Alberto Cuellar Ramos, por la oportunidad de conocimiento brindada, ya que gracias a la necesidad presentada y a la propuesta de soluciones, se logró implementar un dispositivo mecatrónico que cumpliera los requerimientos de control necesarios a un costo accesible.



# NO SE VA

ROLANDO ADEMAR MOLINA VELASCO  
Ingeniería Mecatrónica, 6.º semestre

Durante la pandemia ocasionada por la COVID-19 una de las aplicaciones con crecimiento exponencial fue TikTok. Sus efectos van más allá de divertirnos y entretenernos, también han nacido y renacido canciones gracias a la *app*. Aun en estos tiempos tan difíciles (donde además se vive una sobresaturación de información), TikTok permite que millones de personas tengan su propio espacio, su propio algoritmo, su propio ritmo. “No se va” de Morat es una de las canciones que han renacido durante este 2022, “este audio tiene más de 50 mil videos, hasta el 3 de marzo (del 2022) tenía como 92 mil escuchas, en menos de 1 mes que salió este trend tenía casi 500 mil escuchas en promedio, creció un 290% en estos 28 días” (Juan Pablo Villamil, 2022). Actualmente, esta canción es la más popular de la banda en Spotify, pero ¿a qué se debe esto? Quitando el factor del algoritmo de TikTok (uno de los más sofisticados para redes sociales que existen actualmente), es el (no tan conocido) síndrome de la canción pegada o *earworm* (gusano musical).



Earworm.



Según un estudio de la profesora en Psicología de la Universidad de Bucknell, Andrea R. Halpern, los *earworm* son fragmentos de canciones que se repiten, una y otra vez en nuestra mente. “Quédate otra vez, quédate toda la noche” se escucha en nuestra mente, no solo porque nos ha salido varias veces ese audio en TikTok, sino porque es una sola frase melódica que, de forma inconsciente, genera un eco final que da una sensación de conclusión, lo que conlleva a que se repita de nuevo. Esta melodía es tan fuerte que los instrumentales quedan totalmente ignorados, lo que permite cantar la canción independientemente de que suene o no la música de fondo.

La Universidad de Londres investigó también este síndrome y nos muestra que al menos el 90% de la población experimenta este síndrome mínimo una vez a la semana; el 85% considera normal esta repetición y el restante lo cree molesto. Lo más relevante de todo esto, es que no importa el ritmo de la música, cualquiera puede estar en tu cerebro y repetirse, por eso TikTok es muy variado en estilos musicales. Esa canción puede estar pegada horas y existen varias maneras de combatir este síndrome, masticando chicle o escuchando la canción completa.

Como dato curioso y, para terminar, las canciones infantiles tienen a convertirse en gusanos musicales: ¿Baby Shark eres tú? Así que cuando veas que esa canción “No se va”, lo mejor es que con mucha paciencia digas: “¿A dónde vamos?”; para al fin librarte de esa canción.

¿Quieres ver como la ciencia se relaciona con muchos temas cotidianos? No te pierdas +Ciencia Podcast, disponible en todas las plataformas de streaming.

#### Referencias

- @moratbanda (202, 8 de abril). ¡Para que entiendan un poco nuestra sorpresa! #storytime #story #NoSeVa [Video]. TikTok. <https://www.tiktok.com/@moratbanda/video/7084418254650838315>
- Alayo, F. ¿Oído a la música? *Revista Dedomedio*, 26-30. <https://es.scribd.com/document/183983642/Reportaje-sobre-el-sindrome-del-gusano-auditivo>
- Colado, P. (2016, 11 de febrero). ¿Qué es un gusano auditivo? *Muy Interesante*. <https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/que-es-un-gusano-auditivo-641455186512>
- Halpern, A. R., y Bartlett, J. C. (2011). The Persistence of Musical Memories: A Descriptive Study of Earworms. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 28 (4), 425-432. <https://doi.org/10.1525/mp.2011.28.4.425>



## Trivia

¡Ha llegado el momento de repasar la teoría!  
Las respuestas son de opción múltiple.

1) ¿Cuál fue el primer animal en viajar al espacio?

- a. Un perro
- b. Un grupo de moscas
- c. Un chango
- d. Una mariposa



2) ¿Cuál fue el primer elemento sintético creado en un laboratorio?

- a. Neptunio
- b. Polonio
- c. Francio
- d. Tecnecio



3) ¿En qué año fue puesto en órbita el primer satélite?

- a. 1957
- b. 1975
- c. 1937
- d. 1973





## Trivia

4) ¿Qué se inventó primero: el teléfono o la bombilla?

- a. La bombilla
- b. El teléfono

5) ¿Cuánto pesó la primera computadora del mundo?

- a. 30 toneladas
- b. 23 toneladas
- c. 27 toneladas
- d. 50 toneladas

Manda tus respuestas  
al Facebook o al Instagram  
de +Ciencia:



mascienciaanahuac



@mas.ciencia

### Referencias

- Newsome, B. (2020, 17 de junio). Engineering Trivia. Fizzics Education. <https://www.fizzicseducation.com.au/trivia/engineering-trivia/>
- Purdue University. (2022). Materials Engineering Trivia Quiz. Materials Engineering - Purdue University. <https://engineering.purdue.edu/MSE/aboutus/quiz>

### RESPUESTAS

de la **Trivia** pasada:

Pregunta 1: "c", John Atanasoff

Pregunta 2: "b", La dilatación del tiempo y la contracción de longitud

Pregunta 3: "a", Verdadero

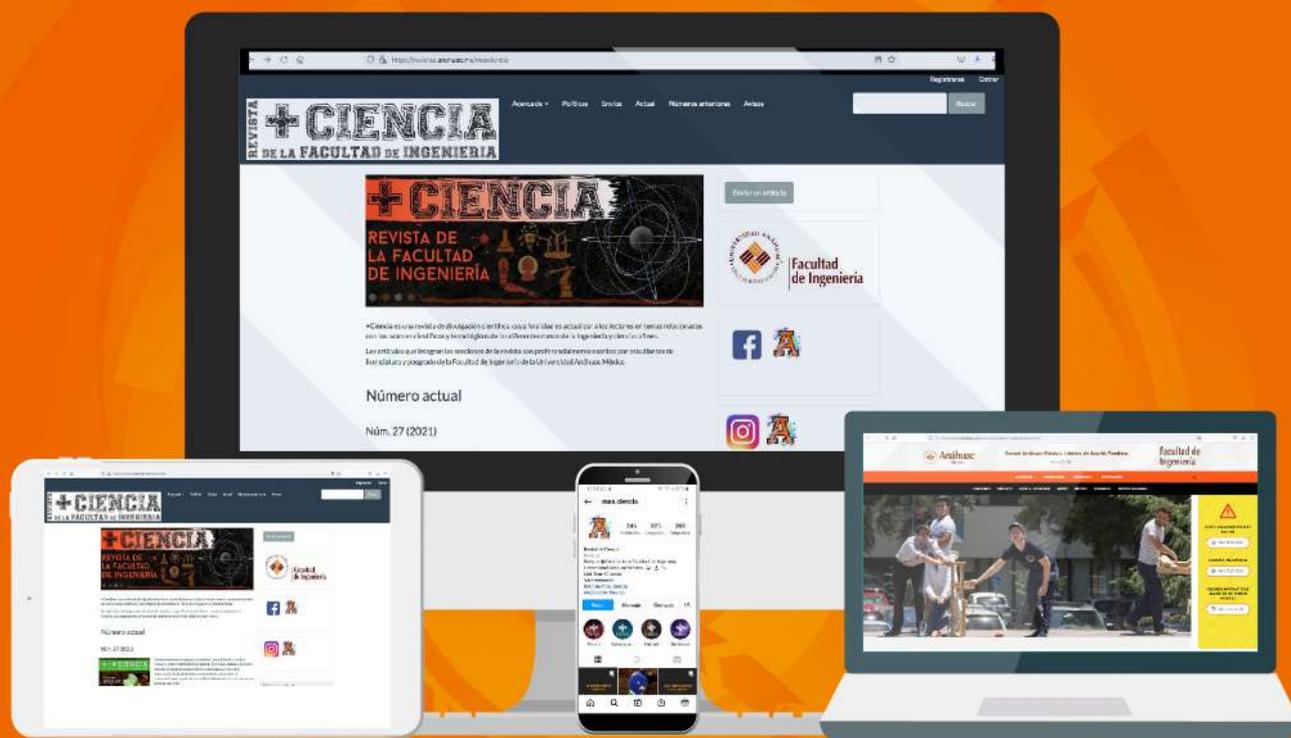
Pregunta 4: "c", Principio de Bernoulli

Pregunta 5: "c", Etiopía



# ¿Te interesa escribir un artículo para la revista **+Ciencia**?

Consulta las instrucciones para los autores en:  
<http://revistas.anahuac.mx/masciencia>  
Email: [masciencia@anahuac.mx](mailto:masciencia@anahuac.mx)



¿Tienes alguna empresa o actividad en el ramo ingenieril y te interesa anunciarte?

¿Quieres suscribirte a la revista **+Ciencia** por un año?

**Contáctanos en:**

 [masciencia@anahuac.mx](mailto:masciencia@anahuac.mx)

 [@mas.ciencia](https://www.instagram.com/mas.ciencia)

Programas de Posgrado de la  
**FACULTAD DE  
INGENIERÍA**

**TRIMESTRALES**

Inicio: enero, abril, julio y octubre

- MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE GESTIÓN EMPRESARIAL
- MAESTRÍA EN LOGÍSTICA
- MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN E INTELIGENCIA ANALÍTICA
- MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE



**SEMESTRAL**

Inicio anual: agosto

- DOCTORADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

 @PosgradosAnahuac

 Posgrados Anáhuac

 @Anahuac\_P

DESCUENTO A EGRESADOS  
**20%**

Facultad de  
Ingeniería

**CADIT**  
CENTRO DE ALTA DIRECCIÓN EN  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**GRANDES LÍDERES**

**Y MEJORES PERSONAS**

**Informes:**  
Centro de Atención de Posgrado y Educación Continua

 55 54 51 61 77  
55 79 18 21 59

posgrado@anahuac.mx

anahuac.amx/mexico/posgrados

Campus Norte

# Conoce Proyecta Trasciende

Tenemos 44 opciones  
para respaldar tus sueños.

¡Inicia tu proceso en línea desde casa  
escaneando este código!



## LICENCIATURAS

Actuaría  
Administración Pública y Gobierno  
Administración Turística  
Administración y Dirección de Empresas  
Arquitectura  
Artes Visuales  
Biotecnología  
Comunicación  
Derecho  
Dirección de Empresas de Entretenimiento  
Dirección de Restaurantes  
Dirección del Deporte  
Dirección Financiera  
Dirección Internacional de Hoteles  
Diseño de Moda e Innovación  
Diseño Gráfico  
Diseño Industrial  
Diseño Multimedia  
Economía  
Finanzas y Contaduría Pública  
Gastronomía  
Historia  
Inteligencia Estratégica  
Lenguas Modernas y Gestión Cultural  
Médico Cirujano  
Médico Cirujano Dentista  
Mercadotecnia Estratégica  
Música Contemporánea  
Negocios Internacionales  
Nutrición  
Pedagogía Organizacional y Educativa  
Psicología  
Relaciones Internacionales  
Responsabilidad Social y Sustentabilidad  
Teatro y Actuación  
Terapia Física y Rehabilitación

## INGENIERÍAS

*Engineering Management*  
Ingeniería Ambiental  
Ingeniería Biomédica  
Ingeniería Civil  
Ingeniería Industrial para la Dirección  
Ingeniería Mecatrónica  
Ingeniería Química  
Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de Información

## LICENCIATURA EMPRESARIAL

Administración de Negocios

### CAMPUS NORTE

+52 (55) 56270210 ext. 8214 o 8635

### CAMPUS SUR

+52 (55) 56288800 ext. 227 o 801

@vidanahuac

Preuniversitario Vida Anáhuac

Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la Secretaría de Educación Pública por Decreto Presidencial publicado en el D.O.F. el 26 de noviembre de 1982.

Grandes líderes y mejores personas

ANÁHUAC

